

Florian Sprenger (Hg.)

AUTONOME AUTOS

Medien- und kulturwissenschaftliche
Perspektiven auf die Zukunft der Mobilität



[transcript] Digitale Gesellschaft

Florian Sprenger (Hg.)
Autonome Autos

Florian Sprenger (Dr. phil.) ist Professor für Virtual Humanities am Institut für Medienwissenschaft der Ruhr-Universität Bochum. Nach seiner Promotion an der Ruhr-Universität Bochum zu Medien des Immediaten war er PostDoc am Digital Cultures Research Lab der Leuphana Universität Lüneburg, Visiting Scholar an der Stanford University sowie Juniorprofessor für Medienkulturwissenschaft an der Goethe-Universität Frankfurt am Main. Er erforscht die Transformationen digitaler Kulturen, die Geschichte künstlicher Umgebungen und die Virtualität der Automatisierung.

Florian Sprenger (Hg.)

Autonome Autos

Medien- und kulturwissenschaftliche Perspektiven
auf die Zukunft der Mobilität

[transcript]

Diese Publikation wurde im Rahmen des Fördervorhabens 16TOA002 mit Mitteln des Bundesministerium für Bildung und Forschung im Open Access bereitgestellt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 Lizenz (BY-SA). Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell, sofern der neu entstandene Text unter derselben Lizenz wie das Original verbreitet wird. (Lizenz-Text:

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>)

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z.B. Schaubilder, Abbildungen, Fotos und Textauszüge erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

Erschienen 2021 im transcript Verlag, Bielefeld

© **Florian Sprenger (Hg.)**

Umschlaggestaltung: Kordula Röckenhaus, Bielefeld

Umschlagabbildung: © ftothansel / stock.adobe.com

Druck: Majuskel Medienproduktion GmbH, Wetzlar

Print-ISBN 978-3-8376-5024-2

PDF-ISBN 978-3-8394-5024-6

EPUB-ISBN 978-3-7328-5024-2

<https://doi.org/10.14361/9783839450246>

Buchreihen-ISSN: 2702-8852

Buchreihen-eISSN: 2702-8860

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier mit chlorfrei gebleichtem Zellstoff.

Besuchen Sie uns im Internet: <https://www.transcript-verlag.de>

Unsere aktuelle Vorschau finden Sie unter www.transcript-verlag.de/vorschau-download

Inhalt

Autonome Automobilität

Eine medien- und kulturwissenschaftliche Einführung

Florian Sprenger 9

Verkehrswende und Automatisierung

Hybride Kontrolle

Technostrukturen, Risiko und Vertrauen in der Betaphase

Cordula Kropp 85

Vom individuellen Autofahren zu Mobilitätsgemeinschaften

Für ein relationales Verständnis von Mobilität
und Verkehr als *commons*

Julia Bee 117

Auto-Mobilitätsmanagement?

Über eine gelebte Vision Zero, repetitive Fortschrittsversprechen
und gerechte Mobilität

Jutta Weber 147

Autonome Autos und Künstliche Intelligenz

Das Automobil als Sehmaschine

Fabian Kröger 167

Achtung! Hunde auf der Fahrbahn

Reinforcement Learning und die Modellierung autonomer Agenten

David Kasprawicz 187

Simulierte Unfälle

Testfahrten autonomer Autos

Hannah Zindel 211

Die Fußgänger:innen der autonomen Kraftfahrzeuge

Eine informatische Dispositivanalyse

Tobias Matzner 229

Neue Umgebungen des Fahrens

Fahren und Kontrollieren

Automatisierte Mobilität als programmatischer Kreislauf

Jan Distelmeyer 259

»Nahtlose Autonomie«

Nissans Vision von Interventionen durch Mobilitätsmanager:innen

Sam Hind 283

Kranke Karten und elektronische Horizonte

Zur Stellung geografischer Informationssysteme im Kontext
des autonomen Fahrens

Max Kanderske 315

Automobile Subjektivitäten

Assistenz für wen?

Autonomes Fahren zwischen Norm und Variabilität

Robert Stock/Jan Muggenburg 339

Bildschirm-Kamera-Autos

Selbstfahrende Automobile im filmischen Imaginären

Sonia Campanini 359

Vom Fahrzeug zum Fahrding

Ein Heideggerianischer Kommentar
zur Automatisierung des Fahrens

Suzana Alpsancar 377

Feindfahrt mit Aufklebern

Stefan Rieger 403

Autorinnen und Autoren..... 425

Autonome Automobilität

Eine medien- und kulturwissenschaftliche Einführung

Florian Sprenger

Ein Automobil ist ein Objekt, das sich selbst bewegt – eine Maschine, die die Kraft ihrer Fortbewegung eigenständig produziert und in Bewegung verwandelt. Als ein französischer Neologismus kommt der Begriff *Automobil* von griechisch *autos* für *selbst* oder *eigen* und lateinisch *mobilis* für *beweglich*. Autonom (von *nomos* für *Regel* oder *Gesetz*) wird ein Automobil, wenn es die vorgegebenen Regeln dieser Bewegung so umzusetzen in der Lage ist, dass es sich in einer unbekanntem Umgebung sicher bewegen und eigenständig Lösungen für definierte Szenarien finden kann. Ein solcher Automat (von der Wurzel *-men* für *nach etwas streben* oder *willens sein*) bewegt sich aus eigenem Antrieb und seine Intentionalität steht (in einem eingeschränkten Sinn) so unter seiner eigenen Macht, dass er vorgegebene Ziele eigenständig umzusetzen in der Lage ist. Er kann die Leistungen menschlicher Fahrer:innen teilweise oder zukünftig sogar komplett durch eigene Kapazitäten ersetzen. Dieser Prozess der schrittweisen Durchsetzung von Fahrassistenzsystemen möglicherweise bis hin zu vollständig autonomen Fahrzeugen ist derzeit in vollem Gange: Autopiloten zur Fahrt auf Autobahnen bieten eine Reihe von Herstellern bereits an, fahrerlose Autos werden in Prototypen unter eng definierten Bedingungen und mit Sicherheitsfahrern vor allem in den USA getestet und Waymo bietet seit Mitte 2018 einen autonomen Fahrdienst ohne Sicherheitsfahrer:innen an.¹ Die Automatisierung des Straßenverkehrs ist ein schrittweiser Prozess,

1 Etwa 70 Hersteller testen derzeit vor allem im Silicon Valley, aber auch in Arizona und Florida ihre Technologien. Im Fall von Waymo, das als erstes Unternehmen einen autonomen Fahrdienst anbieten darf, werden die Daten der Sensoren über einen Real-Time-Feed an eine Zentrale übertragen, von der aus menschliche Unterstützung geleistet werden kann. Das Angebot unterliegt jedoch dem *geofencing*, d.h. es ist räumlich streng begrenzt, weil nur für ein beschränktes Gebiet ausreichende Karten und Tests vorliegen. In Europa sind vor allem die Projekte von VW in Hamburg, BMW in

den zahlreiche Faktoren beeinflussen, der keineswegs homogen abläuft, oft auch an die Grenzen des Möglichen stößt und dessen Zukunft nicht absehbar ist – nicht zuletzt, weil die von unterschiedlichen Herstellern vorangetriebenen Strategien des »autonowashing« den Anschein erwecken, als seien alle technischen Probleme bereits gelöst.²

Autonomes Fahren meint im Folgenden die durch Fahrassistenzsysteme ermöglichte Semi-Autonomie spezifischer Elemente des komplexen Vorgangs des Fahrens, während das Fahren ohne Fahrer:innen bei vollständiger Autonomie als fahrerlos bezeichnet wird. Um autonome und schließlich fahrerlose Fahrzeuge zu entwickeln, verfolgen unterschiedliche Hersteller unterschiedliche Strategien. Es lassen sich grob zwei Varianten beobachten: Während die traditionellen Autohersteller schrittweise Fahrassistenzsysteme verbessern, versuchen vor allem die aus der IT-Branche stammenden Firmen wie Waymo (Google), Uber, Lyft, vielleicht auch Apple und mit Abstrichen Tesla, möglichst direkt ein vollständig autonomes Auto zu entwickeln, allerdings auf der Basis von modifizierten Serienmodellen etablierter Hersteller (mit der Ausnahme von Tesla). Während es den Autounternehmen um eine stufenweise Verbesserung eines bestehenden Produkts geht, zielen die IT-Unternehmen auf eine ›Verweltlichung‹ des Datenkapitalismus in einer vorhandenen Industrie. Hinter diesen Strategien stehen unterschiedliche Finanzierungsmodelle und Mobilitätsziele, aber auch abweichende Annahmen über zukünftige Entwick-

München, Volvo in Göteborg, Nissan in London und AIMotive in Ungarn zu nennen. Technikgenealogisch reichen diese Projekte bis zu Versuchen mit elektronischen Leitlinien auf Highways in den 1950er Jahren zurück. Bereits 1994 fuhren im Kontext des mit 700 Millionen Euro geförderten EU-Projekts Eureka-Prometheus sogenannte Roboterautos 1000 Kilometer über Autobahnen in Frankreich. 2010 wurde ein von einem Forschungsteam der TU Braunschweig entwickeltes Fahrzeug als weltweit erstes autonomes Fahrzeug für den Straßenverkehr mit vorgeschriebener menschlicher Aufsicht zugelassen. (Zur Geschichte autonomer Fahrzeuge im 20. Jahrhundert und zur Kontinuität von Imaginationen fahrerlosen Fahrens, die bis in die 1920er Jahre zurückreichen vgl. Kröger, Fabian: »Automated Driving in its Social, Historical and Cultural Contexts«, in: Maurer, Markus et al. (Hg.): *Autonomous Driving. Technical, Legal and Social Aspects*, Berlin: Springer 2016, S. 41-68 sowie Wetmore, Jameson M.: »Reflecting on the Dream of Automated Vehicles. Visions of Hands Free Driving over the past 80 years«, in: *Technikgeschichte* 87/1 (2020), S. 69-94.)

- 2 Dixon, Liza: »Autonowashing: The Greenwashing of Vehicle Automation«, in: *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 5/8 (2020), S.100-113.

lungen vor allem in Bezug auf Nutzfahrzeuge und Fahrdienstleistungen.³ Die IT-Firmen zielen insbesondere auf die Etablierung neuer Geschäftsmodelle im Taxi-Sektor, was private Autos, wie sie von anderen Herstellern verkauft werden, unter Umständen überflüssig machen könnte. Diese Entwicklung ist bereits weit fortgeschritten: Waymo, Lyft, Cruise und Uber haben in ausgewählten nordamerikanischen Städten mit dem Ausbau experimenteller autonomer Fahrdienste begonnen. Im Gegensatz zu den klassischen Automobilherstellern und Tesla sind diese Angebote durch *geofencing* beschränkt, was für Taxifahrten kaum eine Rolle spielt, für private Autos hingegen schon. Finanziell sind diese Projekte zutiefst defizitär. Die Schätzungen für die bisherigen Investitionen der Industrie liegen im dreistelligen Milliardenbereich, ohne dass ein serienreifes autonomes Auto entwickelt worden wäre. Der geschätzte Marktwert liegt incl. Fahrdienstleistungen bei 550 Milliarden Dollar für 2026. Serienmäßige Fahrassistenzsystemen hingegen haben sich als überaus lukrativer Markt herausgestellt.⁴

Die Realisierbarkeit fahrerlosen Fahrens wird jedoch von Industrie, Consulting-Firmen, Mobilitätsforscher:innen, Ingenieur:innen und Wissenschaftler:innen unterschiedlich bewertet. Die größten Erfolge hat das autonome Fahren bislang auf Autobahnen als exklusiven Kraftfahrzeugorten ohne Gegenverkehr und nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmer:innen. Ob in verwinkelten Gassen, chaotischen Straßensituationen und von zahlreichen unausgesprochenen Regeln bestimmten Umgebungen außerhalb Nordamerikas jemals vollständig autonomes Fahren möglich sein wird, ist keineswegs sicher. Das Nachdenken über die Zukunft des Verkehrs ist daher notwendigerweise von Spekulationen über die Fortentwicklung der Technik begleitet, die nie neutral sind, sondern divergente Vorstellungen dessen mit sich bringen, was Technik ist, wie sie sich zum Menschen verhält und wie sie gesellschaftlich und kulturell eingebettet werden kann.

Kaum eine Alltagshandlung ist derart reguliert und reglementiert wie das Autofahren. Die Herausforderung der Automatisierung besteht nicht nur darin, ein fahrerloses Auto zu entwickeln, das in allen Situationen angemessen

3 Zu den technischen Hintergründen der unterschiedlichen Strategien vgl. Dickmanns, Ernst D.: »Developing the Sense of Vision for Autonomous Road Vehicles at UniBWM«, in: Computer 50/12 (2017), S. 24-31.

4 Siehe <https://www.alliedmarketresearch.com/autonomous-vehicle-market> vom 17.03.2020.

reagiert, sondern ihm auch all diese Gesetze, Regeln und Höflichkeiten beizubringen, die mehr oder weniger reibungsfreien Straßenverkehr ermöglichen. Im Zuge dieser Entwicklung, die keineswegs bruchlos ist und von zahlreichen Schwierigkeiten begleitet wird, verschiebt sich das Verhältnis der drei selbstbezogenen Begriffe Automobil, Autonomie und Automat: der Mobilität, der Regeln der Bewegung und der Intentionalität des sich selbst bewegenden Objekts Auto. Von den kulturellen und sozialen Auswirkungen dieses technischen und ökonomischen Prozesses, von Automobilen, Autonomie und Automation, handeln die Beiträge dieses Buches – und auch von der Möglichkeit, ihre Zukunft anders zu denken als die Automobilindustrie.

Das Auto – ob autonom oder nicht – wird in den folgenden Texten nicht nur als technisches, sondern auch als soziales und kulturelles Objekt fokussiert und zugleich defokussiert. Der Grund für diese widerstrebig Bewegung liegt in der Vermutung, dass das Auto in der Zukunft des Verkehrs nicht länger den Status haben kann, den es in westlichen Ländern in den letzten einhundert Jahren hatte. Das Auto wird, diese Prognose sei gewagt, im Zuge der anstehenden Transformationen des Verkehrs als Fortbewegungsmittel zwar nicht verschwinden, aber seine Rolle als energieverbrauchendes, psychodynamisches, ökonomisches, politisches und schließlich autonomes Objekt muss in vielerlei Hinsicht (nicht nur im Kontext der Automatisierung) neu ausgehandelt werden – ein Vorgang, den Weert Canzler und Andreas Knie auf den treffenden Begriff *Autodämmerung* gebracht haben.⁵ Eine Gesellschaft, deren Gravitationszentrum das Auto bildet, steht den Herausforderungen des Klimawandels und der Urbanisierung bereits heute hilflos gegenüber – nicht zuletzt, weil diese Herausforderungen durch die Dominanz dessen, was Mimi Sheller und John Urry das »System der Automobilität« genannt haben, mit hervorgebracht worden sind, es aber nicht ihre Lösung sein kann.⁶

5 Vgl. Canzler, Weert/Knie, Andreas: *Autodämmerung*. Experimentierräume für die Verkehrswende, Heinrich-Böll-Stiftung 2019, <https://www.boell.de/de/2019/03/12/autodammerung> vom 20.01.2020.

6 Dieser Begriff der Automobilität steht im Zentrum der von Sheller und Urry begründeten Mobility Studies, deren Ansatz Katharina Manderscheid treffend zusammenfasst hat: »Mit der Verwendung des Mobilitäts- anstelle des Verkehrsbegriffs betont diese Forschungsrichtung, dass der Gegenstand umfassender zu denken ist und neben der physischen Bewegung von Menschen und Gütern im Straßenraum auch virtuelle, symbolische und imaginierte Bewegungen sowie die damit verknüpften Bedeutungen und gesellschaftlichen Sinnhorizonte meint.« (Manderscheid, Katharina: »Auto-

Um zu verstehen, wie es zum gegenwärtigen Status Quo der Automobilität und ihrer Automatisierung kommen konnte, ist ein genauer Blick auf das Auto als technischen wie kulturellen Gegenstand nötig. Was ist heute ein Auto? Und was könnte ein autonomes Auto in Zukunft sein? Wie verhalten sich die Dispositive der Mobilität und die Infrastrukturen des Verkehrs zu den gegenwärtigen Transformationen der Medien der Fortbewegung? Welche Narrative und politischen Programme werden mit dieser Veränderung verhandelt? Für kommende Gesellschaften wird das Auto, in welcher Form auch immer, nicht länger das Objekt sein können, in dem sie sich spiegelt – doch dass sie sich bis heute im Auto spiegelt, dass es als Projektionsfläche für menschliche, vor allem männliche Imaginationen der Vollkommenheit dient, sollte man deswegen nicht außer Acht lassen. Diese gleichzeitige Zentrierung und Dezentrierung des Autos als Element gesellschaftlichen Selbstverständnisses, welche die Beiträge dieses Bandes durchzieht, nimmt das Auto als technisches Objekt im historischen Moment seiner Transformation in den Blick. Wann, wenn nicht heute, kann man über eine Welt ohne Autos spekulieren?

Die aufgeworfenen Fragen stellen sich zu einem Zeitpunkt, an dem unklar ist, wie autonomes Fahren in Zukunft aussehen und ob es jemals in der versprochenen Form möglich sein wird.⁷ Die Diskrepanz zwischen dem, was beworben und imaginiert wird, dem, was technisch möglich und dem, was sozial und kulturell gewollt oder wünschenswert ist, sollte stets im Blick behalten werden. Eine Stärke der hier versammelten medien- und kulturwissenschaftlichen Ansätze besteht darin, das Imaginäre der Automobilität miteinzubeziehen und sie nicht als gegeben zu betrachten. Welchen Status das Auto in Zukunft haben wird und wie es sich zu alternativen Formen der Fortbewegung verhält, die bislang eher als Abweichungen von der normierenden Kraft der Automobilität behandelt wurden, steht keineswegs fest. Die gesellschaftliche Akzeptanz verkehrsbedingter Kosten, Unfälle und Todesfälle sinkt kontinuierlich, während die generelle Skepsis am bestehenden System der Automobilität steigt.⁸ Damit einher geht jedoch auch Widerstand gegen eine

logische Koppelung. Eine quantitativ-praxistheoretische Perspektive auf Mobilität«, in: *Swiss Journal of Sociology* 45/2 (2019), S. 161-183, hier S. 162f.)

7 Für eine Auflistung der Aspekte einer positiven bzw. einer skeptischen Perspektive auf die Automatisierung vgl. Dangschat, Jens S.: »Automatisierter Verkehr – was kommt da auf uns zu?«, in: *Zeitschrift für Politikwissenschaft* 27/4 (2017), S. 493-507.

8 Vgl. Canzler, Weert: *Taumelnde Giganten. Gelingt der Autoindustrie die Neuerung?*, München: Oekom 2018.

Veränderung des automobilen Status Quo. Das Nachdenken über die Zukunft des Autos aktiviert daher eine Vielzahl utopischer wie dystopischer Potentiale.⁹ Die versammelten Ansätze beziehen solche Zukunftsvisionen auf die Gegenwart des Verkehrs und reflektieren zugleich die Politiken des der Fortbewegung. Denn in jedem Fall ist offensichtlich, wie fundamental sich die Bedingungen von Mobilität derzeit verändern, wenn man für die kommenden Jahrzehnte von einer Mischung semi-autonomer, autonomer und konventioneller Fahrzeuge auf Straßen ausgeht, die als Räume der Teilhabe aller Verkehrsteilnehmer:innen neu definiert werden, während die Wende in ein post-fossiles Zeitalter lange gehegte Privilegien verunsichert.

In jedem Fall sollte man sich gerade angesichts der Dringlichkeit des Abschieds von fossilen Brennstoffen, des Verkehrskollapses in Großstädten und den Potentialen und Risiken der Automatisierung davor hüten, in die Falle der Pfadabhängigkeit zu tappen und den systemischen Lock-In in die Automobilität als unwiderruflich zu nehmen. Autofahren erscheint heute in weiten Teilen westlicher Gesellschaften als normale, normierte und normalisierende Form der Fortbewegung, die alle Alternativen als anormal erscheinen lässt.¹⁰ Diese ›falsche Notwendigkeit‹ des Autofahrens verdeckt, dass es eine soziale wie kulturelle Praxis und eine politische Handlung ist.¹¹ Alternativen zum Status Quo sind im Verlauf der Durchsetzung dieses Systems der Automobilität zunehmend undenkbar geworden. Genau diese Setzung möchte dieser Band aufbrechen.

Die Entwicklung autonomer Autos birgt in dieser Hinsicht das Potential, die gegenwärtige Konstellation dominanter Automobilität zu unterlaufen und durch neue Formen der Mikromobilität, d.h. der möglichst fugenlosen, intermodalen Verschränkung unterschiedlicher Verkehrsmittel und heterogener Mobilitätsformen auf der Grundlage digitaler Medien und geringen

9 Vgl. Popan, Cosmin: *Bicycle Utopias. Imagining fast and slow cycling futures*, London: Routledge 2019.

10 Zu den politischen Versuchen, diese Alternativlosigkeit in der Nachkriegszeit durch steuerliche Vorteile, die strikte Regulierung des öffentlichen Nahverkehrs, städtebauliche Maßnahmen, die Straßenverkehrsordnung und ein Narrativ der Modernisierung herzustellen, vgl. ebd. sowie zu dieser systemischen Dominanz und ihrem Lock-In: Kuhm, Klaus: *Moderne und Asphalt. Die Automobilisierung als Prozess technologischer Integration und sozialer Vernetzung*, Pfaffenweiler: Centaurus 1997.

11 Rajan, Sudhir C.: »Automobility, Liberalism, and the Ethics of Driving«, in: *Environmental Ethics* 29 (2007), S. 77-90, hier S. 90.

Transaktionskosten zu ersetzen. Im Raum des Möglichen steht aber auch eine Zementierung der Dominanz des Autos, dessen Automatisierung zu einem Zerfall des öffentlichen Nahverkehrs zugunsten von noch mehr Autos führen könnte.¹²

Das Nachdenken über die Zukunft des Autos ist entsprechend immer ein Nachdenken über zukünftige Formen des Zusammenlebens und eine Kritik der Ökonomien der Automobilität.¹³ Nicht zuletzt deswegen ist die Beschäftigung mit diesem Thema so aufgeladen, weil sie eine lange gehegte und infrastrukturell wie institutionell zementierte Hierarchie in Frage stellt. Kritik an der Autokultur ist – vor allem in Deutschland – Kritik am Wirtschaftsmodell. Mobilität ist, wie Mimi Sheller eindrücklich unterstreicht, eine zentrale Voraussetzung von Teilhabe an demokratischen Kulturen.¹⁴ Ihre Veränderungen sind mithin stets an gesellschaftliche und kulturelle Veränderungen gebunden, werden aber in dieser Hinsicht nicht ausreichend reflektiert. Auch deswegen ist die Spekulation ein angemessenes Verfahren, um über das Auto nachzudenken.

Schon heute ist es nicht immer leicht, eine klare Linie zu ziehen zwischen den versprochenen Zukunftsszenarien der Autohersteller – die mitunter direkten Einfluss auf den Aktienkurs haben –, dem Stand der Technik und den Warnungen der Kritiker.¹⁵ Doch aus kulturwissenschaftlicher Sicht ist die Frage, ob, wann und in welcher Form autonomes Fahren etabliert sein wird¹⁶, nur zweitrangig – und angesichts der Tatsache, dass Entwicklungen von heute morgen schon veraltet sein können, weil Hype und Machbarkeit nicht immer unterscheidbar sind, auch gar nicht beantwortbar. Wenn Verkehr Kultur ist und die Automatisierung Bestandteil grundlegender Trans-

12 Diese Tendenz ist bereits heute in einigen US-amerikanischen Städten zu beobachten, die in der Hoffnung auf eine baldige Durchsetzung fahrerloser Autos Investitionen in den öffentlichen Nahverkehr kürzen.

13 Zu möglichen Szenarien der Zukunft des Verkehrs vgl. Kingsley, Dennis/Urry, John R.: *After the Car*, Cambridge: Polity Press 2009.

14 Vgl. Sheller, Mimi: *Mobility Justice. The Politics of Movement in an Age of Extremes*, London: Verso 2018.

15 Zu kritischen Positionen etwa: Victor Luckerson: »The Long and Lucrative Mirage of the Driverless Car«, *The Ringer* 2019, <https://www.theringer.com/tech/2019/5/16/18625127/driverless-cars-mirage-uber-lyft-tesla-timeline-profitability> vom 20.01.2020.

16 Vgl. Litman, Todd: »Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implications for Transport Planning«, *Victoria Transport Policy Institute* 2019, https://www.vtpi.org/avi_p.pdf vom 22.12.2019.

formationen von Mobilität, dann stellen sich zunächst andere Fragen – nicht zuletzt auch nach den Imaginationen zukünftigen Verkehrs, die von Advokaten wie von Kritikern der Automatisierung befeuert werden.

Betrachtet man die Versprechungen, die von den Herstellern, aber auch einer unüberschaubaren Menge an Artikeln, Filmen und Werbeclips sowie Reports und Whitepapers über selbstfahrende Autos und die Zukunft des Straßenverkehrs formuliert werden, lassen sich drei wiederkehrende Schwerpunkte identifizieren¹⁷: Autonome Autos sollen erstens für alle Verkehrsteilnehmer:innen, besonders aber für die Insassen, sicherer sein und die meisten Unfälle vermeiden, zweitens ihren Energieverbrauch (vor allem im Verbund mit Elektromotoren) durch optimierte Nutzung verbessern und drittens – im Kontext der Sharing-Ökonomie – den Gesamtverkehr reduzieren und die Überlastung von Innenstädten aufheben. In anderen Worten: Autonome Autos sollen grün, sicher und lebenswert sein. Visioniert wird eine »era of crash-free roadways through deployment of innovative lifesaving technologies«¹⁸. Alle diese Versprechungen laufen darauf hinaus, dass automobiler Verkehr strukturell so bleibt, wie er ist, aber »besser« wird. Die Automobilindustrie reagiert damit auf Probleme, die sie selbst geschaffen hat. Im Jahr 2016 gab es weltweit rund eine Milliarde Autos und 1,35 Millionen Verkehrstote, d.h. einen Todesfall alle 24 Sekunden, ein Viertel davon Fußgänger:innen und Radfahrer:innen.¹⁹ Der Straßenverkehr ist für ein Fünftel des globalen CO₂-Ausstoßes verantwortlich. Städte weltweit drohen, unter der Last zunehmenden Verkehrs zu kollabieren. Für all diese massiven Probleme scheint

-
- 17 Für besonders deutliche Beispiele vgl. Google: »What we are driving at 2010«, <https://googleblog.blogspot.com/2010/10/what-were-driving-at.html> vom 20.01.2020; Heineke, Kersten/Kampshoff, Philipp/Mkrtchyan, Armen et al.: Self-driving car technology. When will the robots hit the road? McKinsey 2017, <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/self-driving-car-technology-when-will-the-robots-hit-the-road> vom 20.01.2020 sowie Bertoncello, Michele/Wee, Dominik: »Ten ways autonomous driving could redefine the automotive world«, McKinsey 2015, <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/ten-ways-autonomous-driving-could-redefine-the-automotive-world> vom 01.06.2015.
- 18 National Highway Traffic Safety Administration: Automated Driving Systems 2.0. A Vision for Safety, NHTSA 2017, https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/13069a-ads2.0_090617_v9a_tag.pdf vom 16.09.2017.
- 19 Allerdings mit massiven regionalen Unterschieden: Auf 100.000 Menschen kommen in Afrika 26,6 Verkehrstote, in Europa 9 (vgl. World Health Organization: Global status report on road safety, WHO 2018, https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/ vom 20.01.2020).

die Automatisierung des Straßenverkehrs Lösungen bereitzuhalten, die es zu prüfen, zu historisieren und auf ihre Alternativen zu befragen gilt – vor allem dann, wenn die vorgeschlagene Lösung auf ein Immer-weiter-so der ökonomisch bewährten Automobilität hinausläuft.

Die Vermarktungsstrategien rund um das autonome Auto greifen auf das zurück, was Evgeny Morozov *solutionism* genannt und als Selbstbegründung der Technologiekonzerne des Silicon Valley identifiziert hat. Die Entwicklung neuer Technologien wird dabei durch ihr vermeintliches Potential, soziale Probleme zu lösen, evident gemacht. Diese wiederum werden als technisch lösbar definiert – mit Lösungen, die sich im Hinblick auf die Probleme des Straßenverkehrs – Unfälle, Umweltzerstörung, räumliche Zergliederung – anbieten, aber stets in Maßnahmen der Verbesserung des bestehenden Systems resultieren.²⁰ Die Zukunft des Verkehrs ist in diesen Debatten, wie Sy Taffel am Beispiel von Tesla gezeigt hat, in einer Spannung gebunden: Auf der einen Seite steht der *technological solutionism* des Silicon Valley, für den die Fortentwicklung digitaler Technologien alle Probleme lösen wird, auf der anderen Seite die Herausforderungen des Anthropozäns, die letztlich als Möglichkeit der Erschließung neuer Märkte behandelt werden.²¹

Ein Szenario, in sich die Dispositive der Mobilität grundlegend ändern und das Auto nur noch eine Nebenrolle spielt, ist in den industrienahen Imaginationen autonomer Mobilwelten hingegen nur selten vorgesehen. Die vielen Schichtungen politischer, ökonomischer, sozialer und auch psychologischer Pfadabhängigkeit scheinen zu mächtig. Ein kultur- und medienwissenschaftliches Nachdenken über autonome Autos ist jedoch immer auch ein Nachdenken über Alternativen zum Status Quo, indem es Imaginationen der Zukunft auf ihre Gewordenheit hin befragt. Der vorliegende Sammelband

20 Vgl. Morozov, Evgeny: *To save everything, click here. Technology, solutionism, and the urge to fix problems that don't exist*, London: Penguin 2014. Jack Stilgoe hat darauf hingewiesen, dass viele Probleme mit politischen Regulationen – etwa einprogrammierten Geschwindigkeitslimits, Steuern oder automatischer Atemanalyse zur Verhinderung von alkoholisiertem Fahren – lösbar wären, was aber im Gegensatz zu neuen Technologien mehr Widerstände hervorrufen würde (vgl. Stilgoe, Jack: *Who's Driving Innovation? New technologies and the collaborative state*, Cham: Springer 2020, S. 25).

21 Vgl. Taffel, Sy: »Hopeful Extinctions?«, in: *Culture Unbound* 10 (2018), S. 163-184. Julia Hildebrand hat die Motive des *technological sublime* untersucht, die autonomen Autos in Werbeclips zu Konzeptfahrzeugen von Nissan und Chrysler zugesprochen wird: Hildebrand, Julia M.: »On Self-Driving Cars as a Technological Sublime«, in: *Techné: Research in Philosophy and Technology* 23/2 (2019), S. 153-173.

präsentiert entsprechende kultur- und medienwissenschaftliche, aber auch philosophische, soziologische und von den Science and Technology Studies inspirierte Ansätze und bildet damit eine Alternative zu den ingenieurwissenschaftlichen, juristischen sowie ethischen Debatten, die bislang dominieren.²² Das Verständnis einer so fundamentalen Veränderung unseres Alltagslebens kann nur in einer transdisziplinären Perspektive gelingen, die das Auto als Bestandteil eines Dispositivs ernst nimmt, das auf dessen Dominanz ausgerichtet ist. Die Beschäftigung mit der Automatisierung des Straßenverkehrs ist eng mit den Narrativen der Verkehrswende verwoben und muss immer wieder spekulativ gewendet werden.

Diese Einleitung gibt einen ersten Überblick über das Forschungsfeld, identifiziert die sich aus medien- und kulturwissenschaftlicher Sicht stellenden Herausforderungen – auch über den Horizont des Bandes hinaus – und stellt einige begriffliche und konzeptuelle Vorschläge vor, mit denen sich das Feld kartieren lässt. Im ersten Teil wird dabei das Auto als Medium beschrieben, anschließend das Verhältnis von Automat, Autonomie und Automobil geklärt, im dritten Teil die neue Verschränkung von Mensch und Maschine in den Blick genommen, um im vierten Teil auf dieser Grundlage eine Reihe von Transformationen der Mobilität zu fokussieren.

1. Rekonfigurationen des Autos

Ein autonomes Auto ist ein sich in seiner Umgebung orientierendes und zur Interaktion mit ihr fähiges, technisches Objekt. Um autonome Autos zu verstehen, reicht es nicht mehr, sie als Verkehrsmittel zu beschreiben, die allein der Fortbewegung dienen. Sie sind nicht nur Kraftmaschinen, sondern zugleich Medien, Computer, Interfaces, adaptive Systeme, datenverarbeitende Maschinen und kontext-sensitive Umgebungstechnologien, aber auch Finanzierungs- und Schuldobjekte. Sie reagieren auf das Verhalten sowohl von Insassen als auch von Passant:innen und projizieren es in die Zukunft.

22 Die Fokussierung der ethischen Debatten auf das Trolley-Problem lenkt von anderen Fragen ab, wie Tobias Matzner gezeigt hat – Fragen des von autonomen Autos hervorgerufenen Unfalls, des Umgangs mit Daten und der Entscheidbarkeit von Dilemmata (vgl. Matzner, Tobias: »Autonome Trolleys und andere Probleme. Konfigurationen Künstlicher Intelligenz in ethischen Debatten über selbstfahrende Kraftfahrzeuge«, in: Zeitschrift für Medienwissenschaft 21 (2019), S. 46-55).

Wie klassische Autos sind sie Assemblagen von menschlichen und technischen Akteuren, setzen ihr Zusammenwirken aber unter neue Bedingungen. Sie sind außerdem psychodynamische Objekte, die als Projektionsfläche kultureller Aushandlungen dienen. Autonome Autos benötigen daher eine neue Beschreibungssprache, die sie erstens als in Infrastrukturen eingebettete technische Gegenstände, zweitens als Elemente digitaler Kulturen und drittens als Objekte des Begehrens ernst nimmt. Ein rein instrumenteller Technikbegriff kommt hier an seine Grenzen.

Autos können in mehrfacher Hinsicht als Medien beschrieben werden: Als Transportmittel dienen sie der Vermittlung zwischen Orten; sie sind Medien für den Wechsel sozialer Rollen und von Ekstase- sowie Tranceerfahrungen; als Gehäuse sind sie Lebensräume; als Objekte des Begehrens vermitteln sie soziale wie psychische Aushandlungen; als technische Instrumente übertragen sie Kräfte und Kommandos. Mit der Automatisierung kommt eine weitere mediale Dimension hinzu: Autos sind nunmehr datenverarbeitende Maschinen, die stets im Wechselspiel mit ihrer Umgebung stehen. Sie operieren auf der Basis hochkomplexer Software: Während eine Boeing 787 über 6,5 Millionen Zeilen Code verfügt, sind es für ein modernes Auto der Luxus-Klasse – wohlgermerkt kein autonomes Fahrzeug – geschätzte 100 Millionen Zeilen.²³ Ein semi-autonomes Auto produziert durch die Vielzahl an Sensoren extreme Datenmengen und benötigt leistungsfähige Prozessoren, die in der Lage sind, diese Daten in Echtzeit zu verarbeiten. Abhängig vom Automatisierungsgrad sammeln Autos ständig und überall Daten, die, wie der Beitrag von Max Kanderske zeigt, einerseits der Manövrierung und Navigation dienen, aber auch an die Hersteller weitergeleitet werden, die sie zur Optimierung des Fahrverhaltens, zur Aktualisierung von Verkehrsdaten und Karten sowie zur kommerziellen Auswertung bzw. zum Weiterverkauf nutzen können.²⁴ Autos sind heute als »bundle of services«²⁵ zunehmend untereinander und mit Plattformen vernetzt: Gesetzlich vorgeschrieben ist bereits die automatische Notfallassistentz. Navigation ist auf aktuelle Verkehrsdaten ange-

-
- 23 Vgl. US Government Accountability Office: »Vehicle Cybersecurity. DOT and Industry Have Efforts Under Way, but DOT Needs to Define Its Role in Responding to a Real-world Attack«, GAO (2016), S. 8, <https://www.gao.gov/products/GAO-16-350> vom 25.04.2016.
- 24 Vgl. Stayton, Erik: »Sensing, Seeing, and Knowing. The Human and the Self-Driving Car«, in: *Spectator* 31/1 (2016), S. 8-24, hier S. 10.
- 25 Alvarez León, Luis F.: »Eyes on the Road. Surveillance Logics in the Autonomous Vehicle Economy«, in: *Surveillance & Society* 17/1 (2019), S. 198-204, hier S. 203.

wiesen. Der *Vehicle-to-Vehicle*-Kommunikation stehen zwar noch bedeutende Hindernisse entgegen – mangelnde Bandbreite, Latenz, fehlende Standards und Netzabdeckung –, doch auch in diese Richtung werden die Entwicklungen vorangetrieben.²⁶

Die Rekonfigurationen des Autos betreffen weitaus mehr als nur die Veränderungen eines technischen Objekts, denn dieses Objekt kann weder von den Infrastrukturen losgelöst werden, die seine Bewegung ermöglichen, noch von den Begehren, die an es geknüpft sind. Das Auto ist nicht nur eine überaus komplexe Maschine, sondern ein Komplex aus Maschinen ebenso wie eine Wunschmaschine, die Erfahrung und Begehren bündelt. Sein Betrieb setzt Straßen und Verkehrssysteme sowie Netzwerke der Energieversorgung, der Produktion und der Reparatur voraus. Es hat die Architektur von Städten im 20. Jahrhundert auf fundamentale Weise geprägt und kann nur funktionieren, weil ein massiver Betriebsapparat auf seine Mobilität ausgerichtet ist. »What is key is not the ›car‹ as such, but the system of these fluid networks.«²⁷ Genauso wie die Einführung des Autos im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts vom Ausbau des Straßennetzes und der lokalen Verfügbarkeit von Kraftstoff abhängig war, so ist auch heute die Etablierung autonomer Fahrzeuge in eine Reihe infrastruktureller Transformationen eingebettet.

Technisch betrachtet hat ein autonomes Fahrzeug mit den Ende des 19. Jahrhunderts entwickelten ersten Kraftfahrzeugen, die durch Maschinenkraft bewegt wurden und die Körperbewegungen der Fahrenden in mechanische Vorgänge zur Steuerung übersetzten, nicht mehr viel gemein – auch wenn die ersten Versuche zur Automatisierung, wie Fabian Krögers Beitrag zeigt, schon in den 1950er Jahren begannen. Nicht nur zur Orientierung in seiner

-
- 26 Die Vernetzung von Autos untereinander steht derzeit noch vor großen Herausforderungen, die mit der Etablierung des Mobilfunkstandards 5G und den höheren Datenübertragungsraten bei besserer Abdeckung in einigen Jahren gelöst werden könnten. Zum Internet der Dinge vgl. Engemann, Christoph/Sprenger, Florian: Internet der Dinge. Über smarte Objekte, intelligente Umgebungen und die technische Durchdringung der Welt, Bielefeld: transcript 2015.
- 27 Urry, John: »The ›System‹ of Automobility«, in: *Theory, Culture & Society* 21/4-5 (2004), S. 25-39, hier S. 26. Zur ersten Formulierung dieser Thesen vgl. Sheller, Mimi/Urry, John: »The City and the Car«, in: *International Journal of Urban and Regional Research* 24/4 (2000), S. 737-757. Zur Aktualisierung von Urrys und Shellers Argumenten unter dem Vorzeichen der Automatisierung vgl. Bissell, David et al.: »Autonomous Automobilities«, in: *Current Sociology* 68/1 (2018), S. 116-134.

Umgebung, sondern auch zur Organisation seiner Funktionen ist das Auto auf Daten angewiesen. Bereits seit gut zwei Jahrzehnten werden serienmäßig produzierte Fahrzeuge durch Software im sogenannten *drive-by-wire*-Verfahren gesteuert, das aus der Flugzeugtechnik (*fly-by-wire*) übernommen wurde.²⁸ Das Fahrzeug kommt dabei ohne eine Übertragung mechanischer Kräfte von den Bedienelementen aus, weil die Befehle elektronisch über einen sogenannten CAN-Bus (Controller Area Network) übertragen werden, der die entsprechenden Kommandos zentral verteilt und den Zustand aller Komponenten überwacht. Dutzende oder gar hunderte von Mikroprozessoren übernehmen unterschiedliche Aufgaben vom Fensterheber und die Kupplung über Sensoren und Lenkung bis hin zu Fahrassistenten und Navigationssystemen. Diese Subsysteme funktionieren zwar meist autark, sind aber miteinander über den CAN-Bus verknüpft. Dieses Prinzip der Steuerung, das komplett auf elektronischer Regelung und digitaler Datenverarbeitung beruht, unterscheidet sich, technisch betrachtet, radikal von der mechanischen Kraftmaschine, die das Auto einmal war, selbst wenn der Antrieb der gleiche geblieben sein mag. An die Stelle der Übertragung von Kraft treten Daten, die Kräfte kybernetisch kontrollieren und regulieren. Dieser Prozess, der in der Automatisierung von Fahrassistenzsystemen kulminiert, ist den nunmehr User:in zu nennenden Fahrer:innen meist im Verborgenen geblieben. Er wird allenfalls deutlich, wenn das Auto nicht mehr einfach repariert werden kann, weil der Schaden in der Software liegt, das Fahrzeug Updates braucht oder gehackt wurde – geklaut werden können manche dieser Autos aufgrund von kryptographischer Sicherung allerdings nur noch mit Spezialwissen.

Autonome Autos und Fahrassistenzsysteme sind nicht nur für aktuelle Information über den Straßenzustand und Staus ständig *in need for updates*.²⁹ Fahrassistenzsysteme sind immer im Modus der Optimierung – sie werden nie als fertige Produkte ausgeliefert. Dies betrifft insbesondere Daten über das Fahrzeugverhalten, die Umgebung und kritische Reaktionen, die gesammelt und zentral ausgewertet werden, um der Verbesserung der Leistung

28 Vgl. Schmitt, Vernon R./Jenney, Gavin D./Morris, James W.: *Fly-by-wire. A historical and design perspective*, Warrendale: Society of Automotive Engineers 1998, sowie Hind, Sam: »On ›Living in a Box‹. Distributed Control and Automation Surprises«, in: *Technikgeschichte* 87/1 (2020), S. 43-68.

29 Vgl. Stilgoe, Jack: »Machine Learning, Social Learning and the Governance of Self-Driving Cars«, in: *Social Studies of Science* 48 (2017), S. 25-56.

durch Machine Learning zu dienen.³⁰ Updates schalten neue Funktionen frei oder schließen Sicherheitslücken. Jedes semi-autonome Auto ist in diesem Sinn im Experimentalstadium und lernt dazu – jedoch nicht allein, wie Jack Stilgoe unterstrichen hat: »Self-driving cars learn as a fleet, rather than as individual robots.«³¹ Die Daten, die das Auto sammelt, indem es sich orientiert und bewegt, haben also mehrere Funktionen: Sie betreffen die sensorische Erfassung der Umgebung des Fahrzeugs, dessen eigenen Zustand sowie Verhaltensweisen und -muster von Passagieren und anderen Verkehrsteilnehmer:innen, die als Big Data analysiert werden können. Das Auto verbraucht Energie und produziert Daten, die selbst wiederum zu einer Ware geworden sind – nicht nur für die Autohersteller, sondern auch für die Stadtplanung, die Werbeindustrie oder die Polizei. Zugleich muss die Welt, in der sich selbstfahrende Autos bewegen, maschinenlesbar sein. Die Automatisierung des Verkehrs setzt eine Verwandlung der Welt in das voraus, was von der Maschine erkannt werden kann. Die Welt dieser Maschine ist eine Welt der Daten und ein *environment* der Adaption an ständige Veränderungen. Das bedeutet auch, dass Straßen so hergerichtet werden müssen, dass sie in Zukunft selbstfahrenden Autos Orientierung ermöglichen – angesichts der Tatsache, dass von den 100 Millionen Meilen Straßen weltweit nur 30 Millionen Meilen asphaltiert sind, ein kaum zu bewältigendes Upgrade von Infrastrukturen.

Versteht man ein autonomes Auto mit dieser Neuperspektivierung als datenverarbeitendes Medium, wird seine Involviertheit in die Gegenwart digitaler Kulturen deutlich. Mithin stellen sich all jene Fragen, die digitale Kulturen umtreiben: nach Überwachung und Kontrolle, nach Datensammlung und Datenhandel, nach Entscheidungsmacht und Handlungsmacht, nach Privatem und Öffentlichem. Wenn nicht nur Haushaltsgeräte oder Medizintechnik, sondern auch Autos als langfristig benutzte Gegenstände mit Software ausgestattet werden, treffen sehr unterschiedliche Lebens- und Entwicklungszyklen aufeinander, wie der Informatiker Ross Anderson gezeigt hat.³² Während die Softwareentwicklung und insbesondere das Be-

30 Auch hier gibt es unterschiedliche Strategien: Während traditionelle Hersteller mit wenigen Testfahrzeugen unterwegs sind, sammelt jedes Auto von Tesla diese Daten, weshalb der Konzern über einen enormen Vorsprung an Daten verfügt.

31 Ebd., S. 9. Vgl. auch Stilgoe, Jack: »Seeing like a Tesla. How can we anticipate Self-Driving Worlds?«, in: *Glocalism* 3 (2017), S. 1-20.

32 Vgl. Anderson, Ross: »Making security sustainable«, in: *Communications of the ACM* 61/3 (2018), S. 24-26.

reitstellen sicherheitsrelevanter Updates und Patches in Zyklen von wenigen Jahren oder gar Monaten operiert, werden Autos oft für zwanzig Jahre und mehr verwendet (insbesondere wenn man den Gebrauchtmrkt im globalen Süden berücksichtigt). Üblicherweise wird ein Softwareprodukt nach einigen Jahren aufgegeben und durch eine neue Version ersetzt, weil Updates zu teuer werden. Die Softwareentwicklung müsste für autonome Fahrzeuge, ähnlich wie für medizinische Produkte und langlebige Haushaltsgeräte, ihren Horizont auf andere Zeiträume erweitern und damit ihre Entwicklungs- und Vertriebswege fundamental verändern.³³ Ein heute programmiertes Auto müsste also im Jahr 2040 noch funktionsfähig sein und Updates bekommen. Dies bringt eine ganze Reihe von Herausforderungen für die IT-Sicherheit (im Sinne sowohl von *safety* als auch von *security*) mit sich, die wiederum Probleme der Nutzung privater Daten und ihres Schutzes aufwerfen.³⁴ Welche Kosten mit der langfristigen Bereitstellung von Softwareupdates verbunden sind, ist derzeit ebenso unklar wie die Frage, auf welche Weise die raschen Veränderungen von Programmiersprachen, Standards, Formaten und Interfaces mit dem Gebrauchshorizont abgeglichen werden können. Unter Umständen, so Anderson, wird sich dies als limitierender Faktor für die weitere Entwicklung herausstellen.

Tabelle 1

Perception	Prediction	Planning	Action
Sensorik	Algorithmen	Mikroentscheidungen	Motorik
Umgebung	Wahrscheinlichkeit	Zukunft	Reaktion/Bewegung

Der Prozess der Automatisierung umfasst all diese unterschiedlichen technischen Entwicklungen und ist daher schwer zu fassen.³⁵ Die Aktionen

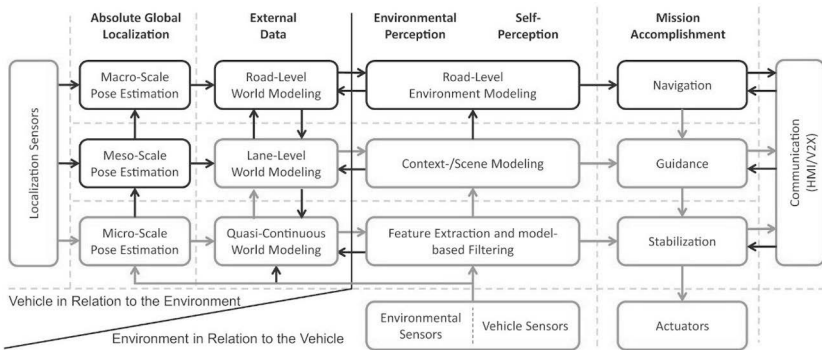
33 Dies regelt auch eine 2019 verabschiedete EU-Gesetzgebung, die Verbrauchern das Recht zugesteht, für einen angemessenen Benutzungszeitraum Updates und Patches für Gebrauchsobjekte verlangen zu können. Vgl. Europäisches Parlament: Directive 2019/771 for the Sale of Goods, EU 2019, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/XT/PDF/?uri=CELEX:32019L0771&from=EN> vom 22.05.2019.

34 Vgl. Hornung, Gerrit/Gooble, Thilo: »Data Ownership« im vernetzten Automobil«, in: Computer und Recht 31 (2015), S. 265-273.

35 Zu den aktuellen Problemen der KI im Bezug auf autonomes Fahren vgl. Mary L. Cummings: »Rethinking the maturity of artificial intelligence in safety-critical set-

autonomer Autos können jedoch heuristisch in vier Schritte unterteilt werden, welche die meisten dieser Technologien zusammenfassen und in Tabelle 1 eine grobe Orientierung geben. Die Aktionen eines autonomen Autos bestehen, abstrakt gesprochen *Perception*, *Prediction*, *Planning* und *Action*. An ihrem Zusammenspiel wird die Vielfalt der eingesetzten Technologien und die Herausforderung ihrer Verschränkung deutlich. Die Sensorik erfasst mittels unterschiedlicher Technologien (optischen Kameras, Laser, Lidar, Sonar, Gyroskop etc.) die Umgebung, die Filteralgorithmen berechnen auf der Basis von Sensordaten Wahrscheinlichkeiten über die Gestalt der Umgebung und mögliche Ereignisse, die wiederum die Basis von Mikroentscheidungen sind, die aus den Wahrscheinlichkeiten mögliche Zukünfte extrahieren, welche schließlich motorisch in Bewegungen oder Reaktionen umgesetzt werden. Die Anwendungsmöglichkeiten reichen je nach Ausstattung des Fahrzeugs von der Berechnung des Abstands zu anderen Verkehrsteilnehmer:innen bis hin zum 360 Grad-Modeling.

Abbildung 1: Beispiel für die Architektur eines autonomen Autos.



Matthaei, Richard und Markus Maurer: »Autonomous Driving: A Top-Down-Approach«, in: *Automatisierungstechnik* 63/3 (2015): 155-167, hier S. 159.

Auf dieser Grundlage kann man zwischen einer strategischen, einer taktischen und einer operationalen Ebene unterscheiden. Diese Unterteilung und die entsprechende Abbildung wurde im Kontext eines Forschungsprojekts zur

tings«, <https://hal.pratt.duke.edu/sites/hal.pratt.duke.edu/files/u39/2020-min.pdf> vom 16.02.2021.

Architektur selbstfahrender Autos an der TU Braunschweig entworfen.³⁶ Die drei Ebenen entsprechend den oberen drei Zeilen. Darunter liegt die sensorische Ebene der Datensammlung. Während die strategische Ebene die Navigation des Autos zwischen zwei Orten betrifft und die operationale Ebene die Ausführung von Fahrmanövern, wird auf der taktischen Ebene das Auto in seiner Umgebung verortet und die Situation analysiert. Während auf allen Ebenen notwendigerweise Algorithmen im Spiel sind, bestehen diese auf der strategischen Ebene im Berechnen von Routen, auf der operationalen Ebene im Steuern und Manövrieren des Fahrzeugs, auf der taktischen Ebene hingegen im Erstellen einer Probabilistik virtueller Welten und der entsprechenden Handlungsoptionen. Mit den avanciertesten dieser Technologien wird das Auto also zu einer Maschine, die eher ein Roboter als ein Auto ist, aber doch als Bestandteil des Straßenverkehrs ein Kraftfahrzeug bleibt. Diese beiden Entwicklungslinien zusammen zu denken, ist eine der Aufgaben einer medienkulturwissenschaftlichen Perspektive.

2. Die Autonomie der Automaten

Die drei eingangs erläuterten Begriffe – Automobil, Autonomie und Automat – sind von einer Selbstbezüglichkeit geprägt. Ein autonomes Automobil ist als Automat mit den angedeuteten Verfahren in der Lage, die Ergebnisse der eigenen Operationen in seine fortlaufenden Prozesse einzuspeisen und die Regeln, die seine Fahrmanöver bedingen, erneut anzuwenden. Doch die Autonomie eines selbstfahrenden Autos liegt keinesfalls darin, die Regeln seines Verhaltens zu setzen, seine eigenen Zwecke hervorzubringen und die mit ihnen einhergehenden ethischen Fragen zu reflektieren. Autonomie steht hier also immer in Kontext von regelgeleitetem und reguliertem Verhalten, das keineswegs eine Autonomie im Kantischen Sinn der Selbstdeterminati-on des Individuums umfasst. Die gesellschaftliche Akzeptanz selbstfahrender Autos hängt hingegen an der Umsetzung ethischer Kriterien, denn die Maschine entscheidet im Zweifelsfall über Leben und Tod von Menschen. In dieser Hinsicht stellt die Autonomie selbstfahrender Autos die Souveränität des Menschen in Frage, weil solche Maschinen jene Eigenmächtigkeit zu zeigen

36 Im Kontext dieses Forschungsprojekts war das selbstfahrende Auto *Leonie* 2010 das erste Fahrzeug, das auf öffentlichen Straßen fahren durfte – mit einem menschlichen Begleiter.

scheint, die den Menschen vor anderen Lebewesen und Dingen auszeichnen soll. Unweigerlich stellt sich also für jede Beschäftigung mit autonomen Autos die Frage, was die Rede von ihrer Autonomie und die Anwendung dieses ursprünglich politischen Begriffs bedeutet.³⁷ Diese Frage betrifft nicht nur die technische Umsetzung, den gesellschaftlichen Status und die ethische Relevanz autonomer Autos, sondern auch ihr Verhältnis zum Menschen. Entsprechend gilt es, anhand einer Klärung der drei Begriffe Autonomie, Automobil und Automat die Souveränität der Maschine und mithin das kontrastierende Selbstverständnis des Menschen zu reflektieren, um die ethischen und juristischen Debatten konzeptuell zu erden und neue Fragen zu stellen.³⁸

Technisch betrachtet gibt es klare Bedingungen für den Automatisierungsgrad von Fahrzeugen. Die *Society of Automotive Engineers* hat fünf Stufen der Automatisierung festgelegt, die weltweit als Richtlinie dienen (Abbildung 2). Zählt man auch Servolenkungen und Bremskraftverstärker hinzu, gibt es kaum noch Fahrzeuge ohne einen Grad an Automatisierung. Die teilweise Automatisierung der Stufen 1 und 2 umfasst über die Verstärkung von Kommandos hinaus die partielle Übernahme von menschlichen Leistungen etwa durch Spurhalte- oder Abstandsassistenten, Einparkhilfen, Lichtassistenten, Müdigkeitswarner und Auffahrschutz, aber auch automatische Notrufsysteme, die nach der Auslösung eines Airbags einen Notruf mit Positionsangabe absetzen.³⁹ Der Fahrer/die Fahrerin muss auf diesen Stufen immer die Kontrolle über das Fahrzeug behalten – auf Stufe 1 im sogenannten *hands on*-Modus, in dem er/sie das Auto ununterbrochen steuert, auf Stufe 2 im *hands off*-Modus, in dem das Auto kurzzeitig selbst die Steuerung oder

37 Vgl. dazu ausführlicher Sprenger, Florian: »Microdecisions and Autonomy in Self-Driving Cars. Virtual Probabilities«, in: *AI & Society* 7/5 (2020), S. 176-190.

38 Vgl. zum aktuellen Stand der ethischen Debatten der Roboterethik Loh, Janina: *Roboterethik. Eine Einführung*, Berlin: Suhrkamp 2019. Zu den Schwierigkeiten der ethischen Diskussionen T. Matzner: »Autonome Trolleys« und Simanowski, Roberto: »Todesalgorithmus«, in: *Merkur* 821 (2017), S. 75-82. Zu den juristischen Debatten vgl. Borges, Georg: »Haftung für selbstfahrende Autos«, in: *Computer und Recht* 32 (2016), S. 272-280

39 Zur Einführung in die Technik vgl. Pendleton, Scott/Andersen, Hans/Du, Xinxin et al.: »Perception, Planning, Control, and Coordination for Autonomous Vehicles«, in: *Machines* 5/6 (2017), S. 1-54; Liu, Shaoshan/Li, Liyun/Tang, Jie et al.: *Creating autonomous vehicle systems*, San Rafael, California: Morgan & Claypool 2018 sowie Rasheed Husain/Zeadally, Sherali: »Autonomous Cars: Research Results, Issues, and Future Challenges«, in: *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 21/2 (2019), S. 1275-1313.

Abbildung 2: SAE-Level der Autonomie



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

	SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver’s seat”		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	
What do these features do?	These are driver support features			These are automated driving features		
	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions	
	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions
Example Features						

For a more complete description, please download a free copy of SAE J3016: https://www.sae.org/standards/content/J3016_201806/

Society of Automotive Engineers: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Standard J3016_202104, 2021.

einzelne ihrer Aspekte übernimmt, die Aufmerksamkeit des Fahrers/der Fahrerin aber konzentriert bleiben muss, etwa bei einem Tempomat oder beim selbstständigen Einparken. In der EU ist rechtlich vorgeschrieben, dass bei aktiviertem Spurhalteassistent die Hände am Lenkrad bleiben, was von den meisten Herstellern mechanisch geprüft wird.⁴⁰ Aufgrund der Sicherheitsvorteile von Fahrassistenzsystemen und gesetzlicher Regelungen, die in der EU-Notrufassistenten vorschreiben, werden heute kaum noch Neuwagen verkauft, die nicht mindestens Stufe 1 entsprechen.

40 Bereits das international gültige, von den Vereinten Nationen verabschiedete Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr von 1968 schreibt vor, dass beim Fahren stets mindestens eine Hand am Lenkrad sein muss. 2016 wurde diese Vereinbarung geändert, um Rechtssicherheit für Fahrassistenzsysteme zu schaffen. Vgl. United Nations: Report of the sixty-eighth session of the Working Party on Road Traffic Safety, UN 2014, <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp1/ECE-TRANS-WP1-145e.pdf> vom 11.07.2021.

Ab Ebene 3, die derzeit von einer Handvoll Fahrzeugmodellen für streng definierte Situationen etwa auf Autobahnen umgesetzt wird, soll das Auto in der Lage sein, Fahrfunktionen so weit zu übernehmen, dass der Fahrer/die Fahrerin zumindest kurzzeitig unbeteiligt sein kann: *eyes off*. Angeboten werden heute bereits Stau-Autopiloten, die die Steuerung des Fahrzeugs in spezifischen Situationen autonom regulieren, jedoch nicht ohne Befehl die Spur wechseln können.⁴¹ Die Grundlage dafür ist ein konstantes Monitoring der Fahrzeugumgebung, der Straße und anderer Verkehrsteilnehmer:innen, um auf Veränderungen zeitkritisch reagieren zu können. Abstandshalter, die nicht nur ein Warnsignal abgeben oder bei Kollisionsgefahr bremsen, sondern den gesamten Fahrvorgang incl. Bremsen und Beschleunigen übernehmen, zählen zu dieser Stufe.

Ab Stufe 4 beginnt die hochgradige Automatisierung – *minds off* –, in der das Auto zwar auf den Fahrer/die Fahrerin als Instanz für kritische Situationen angewiesen ist, aber alle seine Aufgaben – Steuern, Bremsen, Beschleunigen, Signale geben etc. – eigentätig leisten kann. Auf dieser Stufe potenziert sich das bislang ungelöste Problem, dass der Fahrer/die Fahrerin seine Aufmerksamkeit in Sekundenbruchteilen fokussieren muss. Auf Stufe 5 schließlich – *steering wheel optional* – soll das Auto in der Lage sein, alle Situationen gänzlich ohne Fahrer:in zu meistern. Hersteller könnten dann auf Interfaces und Steuergeräte verzichten und die Gestalt des Autos radikal verändern. Waymo bietet seit 2018 einen fahrerlosen Taxidienst auf diesem Level an, allerdings nur in durch *geofencing* räumlich begrenzten, genau kartographierten Gebieten ausgewählter Städte der USA. 2021 hat der Deutsche Bundestag mit einem neuen Gesetz die juristischen Grundlagen für autonomes Fahren auf deutschen Straßen geschaffen.⁴²

41 Als erstes Unternehmen bietet Tesla bereits seit 2016 einen Autopiloten für Autobahnfahrten im Betamodus an, der allerdings ständige Aufmerksamkeit erfordert. Tesla bezeichnet mit Autopilot die Verschränkung unterschiedlicher Fahrassistenzsysteme: des Aufprallwarnsystems, des Notbremssystems, des automatischen Spurwechsels, der Traffic-Aware Cruise Control und des Autosteer-Spurhalteassistenten. Autopilot meint hier also autonomes Fahren auf Stufe 2 und keineswegs fahrerloses Fahren.

42 Bundesregierung: »Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren«, BMVI 2021, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Gesetze/Gesetze-19/gesetz-aenderung-strassenverkehrsgesetz-pflichtversicherungsgesetz-autonomes-fahren.pdf?__blob=publicationFile vom 17.03.2021.

Die abgebildete Tafel unterschiedlicher Automatisierungsgrade und ihrer Abhängigkeit von den Fahrenden macht zwar die Komplexität ihrer Verschränktheit – *hands, eyes* und *mind* – sowie die einzelnen technischen Schritte der Delegation von Aufgaben deutlich, erklärt aber noch nicht die Bedingungen der Autonomie, die hier kategorisiert wird. Es gilt also, diesen vielschichtigen Begriff näher in den Blick zu nehmen. Die Autonomie technischer Systeme hat dem Technikphilosophen Christoph Hubig zufolge drei Dimensionen: *Erstens* beschreibt Hubig eine operative Autonomie, deren Freiheitsgrade in der Wahl der Mittel liegen, ohne dass die Zwecke und Ziele des Handelns ebenfalls frei wären. Ein solches System muss anhand vorgegebener Sollwerte eine Situation analysieren und kann über die Mittel zu ihrer Lösung entscheiden. Maschinen mit operativer Autonomie sind also nicht deterministisch, weil sie in der Wahl ihrer Mittel nach Maßgabe von Effizienz, Sicherheit oder Geschwindigkeit frei sind. Sie sind jedoch determiniert, weil diese Maßgaben und die Ziele, zu denen die Mittel eingesetzt werden, vorgegeben sind. Ein Tempomat, der eine definierte Geschwindigkeit umsetzt, ist demzufolge nicht operativ autonom, während Brems- und Spurhalteassistenten operativ autonom agieren können, weil sie die Situation erkennen und unterschiedliche Mittel in unterschiedlichen Graden in Abhängigkeit von variablen Umgebungsfaktoren einsetzen können. *Zweitens* identifiziert Hubig eine strategische Autonomie, in der nicht nur die Wahl der Mittel vom System übernommen wird, sondern auch »die Wahl von Zwecken unter den vorgegebenen Zielen, und zwar nach Maßgabe von deren Verwirklichungschancen und -risiken«⁴³. Ein derart autonomes System ist zur Planung und Durchführung von Abläufen in der Lage, weil ihm nicht nur unterschiedliche Mittel zur Verfügung stehen, sondern es auch, abhängig von vorgegeben Zielen, die optimalen Zwecke zu ihrer Erreichung auswählen kann. Ein Beispiel für strategische Autonomie ist ein Autopilot-System, das nicht nur einzelne Aspekte des Fahrens, sondern in einem gegebenen Rahmen, z. B. auf einer Au-

43 Hubig, Christoph: »Haben autonome Maschinen Verantwortung?«, in: Hartmut Hirsch-Kreinsen/Anemari Karačić (Hg.): *Autonome Systeme und Arbeit. Perspektiven, Herausforderungen und Grenzen der Künstlichen Intelligenz in der Arbeitswelt*, Bielefeld: transcript 2019, S. 275-297, hier S. 282; Hubig, Christoph: *Die Kunst des Möglichen III. Grundlinien einer dialektischen Philosophie der Technik: Macht der Technik*, Bielefeld: transcript Verlag 2015, S. 131f. Vgl. dazu Alpsancar, Suzana: »Wer handelt mit unsichtbaren Schnittstellen?«, in: Michael Andreas/Dawid Kasproicz/Stefan Rieger (Hg.): *Unterwachen und Schlafen. Anthropophile Medien nach dem Interface*, Lüneburg: Meson Press 2018, S. 105-134.

tobahn, den gesamten komplexen Prozess leisten und unterschiedliche Mittel für unterschiedliche Zwecke zum Einsatz bringen kann, z. B. überholen, ausweichen oder auf der Spur bleiben. Dabei kann dem Menschen weiterhin ein Grad an Eingriffsmöglichkeiten zugesprochen werden, ohne dass das System seine strategische Autonomie verlieren würde. *Drittens* schließlich betrifft die moralische Autonomie die Setzung von Prinzipien und Zielen des Handelns. Ihre Anerkennung und Rechtfertigung geht über das Erkennen und Umsetzen hinaus. Hubig betont, dass bei operativer und strategischer Autonomie »dasjenige, was die handlungsförmige Aktion im eigentlichen Sinne zur Handlung macht, nämlich nicht nur die Vorstellung (Repräsentation) des Handlungsschemas, sondern die Anerkennung seiner Wert- und Zielbindung im Zuge seiner Rechtfertigung, außen vor bleibt.«⁴⁴ Für semi-autonome bis hin zu fahrerlosen Autos der Stufe 5 gilt Autonomie also nur im ersten und zweiten Sinn. Damit wird deutlich, dass sie keineswegs vollständig unabhängig vom Menschen sind und die Zuschreibung von Handlungsmacht genauen Kriterien folgen sollte, weil selbstfahrende Autos in komplexe Aushandlungen von Verhaltensoptionen eingebunden sind, deren Ziele sie nicht selbst festlegen können. Ihre Autonomie ist in diesem Kontext keine intentionale Selbstsetzung eines freien Willens, sondern eine situative Handlungsfähigkeit, die das Auto in die Lage versetzt, sich adaptiv an neue Situationen anzupassen und variable Lösungen zur Umsetzung definierter Ziele zu finden.

Autonom ist ein Fahrzeug im Sinne Hubigs also nur, wenn es zwar die Mittel zur Erreichung eines Ziels frei wählen kann, dieses Ziel ihm aber ebenso von außen gegeben wird wie die Regeln der Anwendung der ihm zur Verfügung stehenden Mittel. Mit dieser engen Fassung der Autonomie autonomer technischer Systeme stellen sich weitreichende Fragen über die gesellschaftliche Dimension dieser Autonomie sowie der Projektionen, die automobilen Autonomie einen weitaus mächtigeren Status zusprechen als sie de facto hat.

Wie vor allem die Science and Technology Studies sowie die Mobility Studies gezeigt haben, ist die Annahme einer »vollen« Autonomie, d. h. einer gänzlichen Unabhängigkeit des Autos vom Menschen, irreführend, weil jedes im Hubig'schen Sinne autonome technische System sowohl auf menschliche Arbeit in Form von Kontrolle, Wartung und Herstellung als auch auf eine

44 C. Hubig: Die Kunst des Möglichen III, S. 132. Vgl. dazu auch Heßler, Martina: »Technik und Autonomie«, in: Hartmut Hirsch-Kreinsen/Anemari Karačić (Hg.): Autonome Systeme und Arbeit. Perspektiven, Herausforderungen und Grenzen der Künstlichen Intelligenz in der Arbeitswelt, Bielefeld: transcript 2019, S. 247-274.

Instanz der Zielsetzung und Anerkennung von Verhaltensregeln angewiesen ist. Technische Autonomie – in allen drei von Hubig beschriebenen Dimensionen – ist stets in ein Geflecht von menschlichen und nicht-menschlichen Akteuren sowie Institutionen mit unterschiedlichen Interessen eingebunden, die den Rahmen festlegen, in dem etwas – in unterschiedlichen Graden – autonom agieren kann.⁴⁵ Die Faszination für autonome Automaten sollte die vielfältigen Arbeitsprozesse (und Ausbeutungsverhältnisse) nicht verdecken, die ihnen zugrundeliegen: Programmieren, Rechtsprechen, Reparieren, Schweißen, Testfahren, Tanken oder Laden. Entsprechend kann man das Zusammenwirken dieser Netzwerke von Akteuren beschreiben, um zu erklären, wie Autonomie als Handlungspotential zustande kommt und von welchen Vorleistungen sie abhängt. Das Ziel insbesondere der Science and Technology Studies liegt im Nachweis, dass in den Rekonfigurationen der Mensch-Maschine-Interaktion Handlungsmacht ein Effekt der Interaktion und nicht deren Voraussetzung ist: eine »reconceptualization of autonomy and responsibility as always enacted within, rather than as being separable from, particular human-machine configurations.«⁴⁶ Es geht nicht zuletzt darum, das Narrativ der Autonomie sowie seine Imaginationen und Versprechungen zu analysieren, um zu zeigen, wie sehr die vermeintlich autonome Technologie an soziale Aushandlungen und menschliche Entscheidungen gebunden ist.⁴⁷

So bedeutsam die Beschreibung dieser Verflechtungen menschlicher und nicht-menschlicher Akteure auch ist, so wichtig ist es ebenfalls, jene Aspekte dieser Technologien zu beschreiben, die die Kapazitäten des Menschen unterlaufen und ihn als entscheidende Instanz in Frage stellen. Fahrassistenzsysteme sind in der Lage, Situationen zu lösen, die der Mensch aufgrund seiner sensorischen, motorischen oder kognitiven Kapazitäten nicht zu verarbeiten in der Lage ist. Sie bieten in vielen Fällen nicht nur unterstützende Hilfsleistungen für die Fahrer:innen, sondern können etwas, was dieser nicht kann.

45 Vgl. Both, Göde/Weber, Jutta: »Hands-Free Driving? Automatisiertes Fahren und Mensch-Maschine Interaktion«, in: Eric Hilgendorf (Hg.): Robotik Im Kontext von Recht und Moral, Baden-Baden: Nomos 2014.

46 Weber, Jutta/Suchman, Lucy: »Human–Machine Autonomies«, in: Nehal Bhuta/Susanne Beck/Robin Geiß et al. (Hg.): Autonomous Weapons Systems. Law, Ethics, Policy, Cambridge: Cambridge University Press 2016, S. 75-102, hier S. 76.

47 Die deutschsprachige sozialwissenschaftliche Mobilitätsforschung stellt ähnliche Fragen, konzentriert sich aber auf verkehrspolitische Debatten (vgl. Canzler, Weert/Knie, Andreas/Ruhrort, Lisa et al.: Erloschene Liebe? Das Auto in der Verkehrswende. Soziologische Deutungen, Bielefeld: transcript 2018).

Menschliche Subjekte fahren nicht immer vorsichtig, vorausschauend und effizient. Sie haben Begehren, ein Unbewusstes und kollektive Vorstellungen. Sie reflektieren jedoch – manchmal – was sie tun. Autonome Autos überschätzen sich hingegen nicht und verfügen über eine strikte Risikoregulierung – sie fahren keine Autorennen, sind nie betrunken, schneiden niemals Radfahrer:innen und werden vor einer roten Ampel nie ungeduldig. Sie haben jedoch Schwierigkeiten, Regeln zu übertreten, um einem Rettungsfahrzeug Platz zu machen, auf Anweisungen eines Verkehrspolizisten zu reagieren oder verkleidete Menschen zu kategorisieren. Fahrassistenzsysteme reagieren schneller, sind nie abgelenkt, können Entfernungen nicht nur schätzen und machen doch Fehler. Diese Gegenüberstellung von Kapazitäten zeigt jedoch bereits die Übergänge und Friktionen, die sich aus dem Zusammenwirken von Mensch und Maschine ergeben.

Um die Auswirkungen dieser Technologien zu verstehen, ist es wichtig, sie nicht nur vom Menschen her zu denken, sondern auch in den Blick zu nehmen, wie sie dessen Fähigkeiten unterlaufen und wie Maschinen mit Maschinen interagieren. Denn auch wenn man die Gemachtheit der Autonomie unterstreicht, stellt sich die Frage nach jenen Bereichen, in denen ein autonomes Fahrzeug über die Kapazitäten menschlicher Fahrer:innen hinausgeht und Formen des Verkehrs etabliert, die nicht als Fortsetzung der herkömmlichen Erscheinungsformen erklärt werden können. Die Perspektive der Science and Technology Studies kann in diesem Sinn mit einer medienwissenschaftlichen Betrachtung der nicht vollständig autonomen, aber operationsfähigen Eigenmacht der Technik verknüpft werden. Dies betrifft insbesondere die Sensordaten und ihr Verhältnis zur Welt, die Verschränkung von Sensortechnik und Filteralgorithmen zur Virtualisierung der Fahrzeugumgebung, die Zeitlichkeit von Mikroentscheidungen und die Kommunikation von Fahrzeugen untereinander.⁴⁸ Ihre Temporalität liegt weit unter der menschlichen Reaktionszeit, ihre Sensorik erfasst den menschlichen Sinnen Unzugängliches (aber auch umgekehrt), ihre motorischen Reaktionen sind effektiv

48 Vgl. Sprenger, Florian: Epistemologien des Umgebens. Zur Geschichte, Ökologie und Biopolitik künstlicher Environments, Bielefeld: transcript 2019, S. 479-504. Vgl. zum Überblick über die Forschung zum autonomen *decision-making* Swarting, Wilko/Alonso-Mora, Javier/Rus, Daniela: »Planning and Decision-Making for Autonomous Vehicles«, in: Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems 1/1 (2018), S. 187-210.

und zuverlässig, ihre Navigation tadellos und in Zukunft sollen Fahrzeuge in der Lage sein, untereinander Informationen auszutauschen.

Das Unterlaufen menschlicher Kapazitäten betrifft insbesondere die Temporalität der Interaktion im Straßenverkehr, die der Grund für viele Unfälle ist – bis hin zu der Zuspitzung, dass autonome Autos noch sicherer wären, wenn sie nicht mit der Unsicherheit menschlichen Verhaltens konfrontiert wären. Die Verschränkung avancierter Sensortechnologien, leistungsfähiger Filteralgorithmen und Machine Learning, die semi-autonome und selbstfahrende Autos auszeichnet, sorgt dafür, dass sie auf eine grundlegend andere Weise als die menschliche Sinneswahrnehmung ihre Umgebung registrieren können und in ihrer zeitkritischen Adaption an Veränderungen unter der menschlichen Reaktionsschwelle bleiben. Die Effizienz von Notbremssystemen zeigt dies deutlich: Nicht selten wäre in dem Moment, in dem Fahrer:innen intervenieren könnten, der Unfall schon geschehen. Damit ist jedoch nicht impliziert, dass autonome Systeme dem Menschen schlicht überlegen sind und ihn überflüssig machen. Nicht nur rechtlich ist derzeit seine ständige Aufmerksamkeit und Reaktionsfähigkeit erforderlich, wie schwierig dies auch immer umzusetzen sein mag.⁴⁹ Gerade im Hinblick auf die Beurteilung von Situationen, das vorausschauende Erkennen von Gefahren oder die Kategorisierung von Objekten ist der Mensch der Maschine (noch?) überlegen – wenn auch offensichtlich alles andere als fehlerfrei. Selbstfahrende Autos werden, das zeigen auch Hubigs Analysen, den Menschen nicht durch die Maschine ersetzen. Stattdessen gilt es, ihr neues Verhältnis als eine Verschränkung ihrer Kapazitäten zu durchdenken, ohne dabei die Produktivität und Eigenmacht der Maschine aus dem Blick zu verlieren.

Im Anschluss an diese Überlegungen stellt sich die Frage, was es bedeutet, dass ein autonomes Fahrzeug ›besser‹ fahren könnte als menschlicher Fahrer:innen. Mark Andrejevic hat darauf hingewiesen, dass die Annahme, ein automatisierter Prozess könne menschliche Aufgaben effektiver erledigen als ein Mensch, eine idealisierte Vorstellung der optimalen Durchführung dieser Aufgabe impliziert. Dieses Optimum wiederum erscheint als grundsätzlich unerreichbar. Die Annahme, dass der Mensch durch die technische Überwindung seiner Schwächen optimierbar wäre, bedeutet Andrejevic zufolge nicht nur die Ineinssetzung eines Idealbilds des Menschen mit der Ma-

49 Vgl. Banks, Victoria A./Eriksson, Alexander/O'Donoghue, Jim et al.: »Is partially automated driving a bad idea? Observations from an on-road study«, in: Applied Ergonomics 68 (2018), S. 138-145.

schine, sondern auch eine Antizipation der »automation of subjectivity«⁵⁰, weil Subjektivität unter diesen Vorzeichen nur noch anhand der Maschine gedacht werden könne. Dies gilt, wie Andrejevic zeigt, für unterschiedliche Anwendungsgebiete vom *high frequency trading* über *predictive policing* bis hin zu Gesundheitsalgorithmen. Am autonomen Fahren wird besonders deutlich, dass unter diesen Prämissen menschliches Verhalten als von »uncertainty, unpredictability, inconsistency, or resistance«⁵¹ geprägt erscheint und, so die Behauptung, allein durch technische Optimierung beherrschbar gemacht werden kann. Als Fehlerquelle für die »systems of control, management and governance«⁵² kann menschliches Verhalten, so das Versprechen, durch Automatisierung effektiv ausgeschaltet werden. Der Automat erscheint damit als das Gegenteil des Menschen oder vielmehr als seine Optimalform: sicher, vorhersagbar, konsistent und fügsam. Der Mensch hingegen kann in diesem Kontrast nur noch als das Gegenteil und somit als Risiko erscheinen. Doch ein genauer Blick auf die Verschränkungen von Mensch und Maschine sowie auf deren Eigenmacht führt die Komplexität der Autonomie von Automaten vor. Die mit der Automatisierung des Straßenverkehrs einhergehenden eigenen Formen von Gewalt, Unfällen und Störungen lassen die gekoppelte Idealfigur von Mensch und Maschine fragwürdig erscheinen. Will man also das Verhältnis von Mensch und Maschine reflektieren, gilt es, sie nicht nur gegen- oder füreinander aufzurechnen, sondern die neuen Effekte hervorzuheben, die aus ihrem Zusammentreffen resultieren.

In einer Wendung dieses Gedankens haben Robert Sparrow und Mark Howard darauf hingewiesen, dass in dem Moment, in dem autonome Autos sicherer fahren als Menschen, das Fahren eines Autos durch Menschen – zunächst für Fahrzeuge mit Autopilot, dann für alle Fahrzeuge – aufgrund des nunmehr zu hohen Risikos verboten werden müsste, auch wenn dieses Risiko gegenwärtig gesellschaftlich akzeptiert wird.⁵³ Würden menschliche Fahrer:innen in einem autonomen Auto bei manueller Steuerung einen Unfall verursachen, so wäre dies fahrlässig und entsprechend zu ahnden. Parallel

50 Andrejevic, Mark: *Automated Media*, New York: Taylor & Francis 2019, S. 1.

51 Ebd., S. 2.

52 Ebd.

53 Sparrow, Robert/Howard, Mark: »When human beings are like drunk robots: Driverless vehicles, ethics, and the future of transport«, in: *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 80 (2017), S. 206-215.

würde der Druck wachsen, manuell gesteuerte Fahrzeuge ganz abzuschaffen – abgesehen davon, dass manuelle Fahrzeuge höhere Versicherungs- und Mietkosten haben würden, wenn ihre Unfallquote höher liegt als die autonomer Autos. Entsprechend arbeiten Sparrow und Howard die Implikationen des ethischen Imperativs heraus, die größtmögliche Verkehrssicherheit durch Umgehung des Menschen zu garantieren.

Die bis hierhin erläuterten Perspektiven stimmen darin überein, die Autonomie eines autonomen Fahrzeugs nicht auf eine dem Bewusstsein gleichzusetzende Instanz zurückzuführen. Das Auto ist also kein anthropomorpher Roboter mit einem Elektronengehirn seine Agency beruht vielmehr auf der Verteilung von Kapazitäten auf unterschiedliche Systeme, der Interaktion mit der menschlichen und nicht-menschlichen Umgebung sowie der Verschaltung dieser distribuierten Elemente von Handlungsmacht. In diesem Sinn kann auf Katherine Hayles' Beschreibung komplexer technischer Systeme als »cognitive assemblages« zurückgegriffen werden.⁵⁴ Autonome Autos erscheinen dann als verteilte Systeme aus technischen und menschlichen Akteuren, deren Zusammenwirken kognitive Kapazitäten herausbildet. Mit diesem Ansatz gelingt es Hayles, die nicht-menschliche Zeitlichkeit ihrer Operationen als Grundlage einer Form der Kognition zu erfassen, die nicht über Bewusstsein läuft, sondern in einer »functionality by which parts connect«⁵⁵ besteht. Die Möglichkeit technischer Autonomie besteht für Hayles darin, kognitive Kapazitäten auf eine Vielfalt von technischen wie organischen Instanzen zu verteilen und so eine distribuierte Handlungsmacht hervorzubringen, die nicht auf eine letzte Instanz des Bewusstseins zurückgerechnet werden kann, sondern aus dem Zusammenspiel heterogener Elemente entsteht. Autonomie ist in diesem Kontext ein Effekt des orchestrierten Zusammenwirkens verteilter Systeme. Ein autonomes Auto agiert und reagiert nie als Einheit, sondern durch das Zusammenwirken einer Vielfalt technischer Subsysteme, der Infrastrukturen der Straße sowie der Menschen in- und außerhalb des Fahrzeugs.⁵⁶ Aufgaben und Entscheidungskompetenzen sind auf unter-

54 Hayles, N. Katherine: »Cognitive Assemblages: Technical Agency and Human Interactions«, in: *Critical Inquiry* 43/1 (2016), S. 32-55.

55 Ebd., S. 32.

56 Max Bense hat bereits 1970 das Auto als eine transklassische, informationsverarbeitende und kommunizierende Maschine beschrieben, die aus der Kopplung von Ich und Auto entsteht. Bense, Max: »Auto und Information. Das Ich, das Auto und die Technik«, in: ders., *Ausgewählte Schriften (= Poetische Texte, Band 4)*, Stuttgart: Metzler 1998, S. 291-293.

schiedliche Akteure verteilt, die gemeinsam eine »cognitive assemblage« bilden. Hayles liefert so eine Beschreibungssprache, um die nicht-bewusste Kognition technischer Systeme zu beschreiben, die nicht einfach Daten verarbeiten, sondern erst durch ihre kognitiven Kapazitäten jene Agency und Autonomie erlangen, die es ihnen ermöglicht, mit ihrer Umgebung und den in ihr enthaltenen Kontingenzen zu interagieren.

Autonomie ist auf allen fünf erläuterten Stufen eng an die Fähigkeit gebunden, sich in einer unvorhersagbaren, dynamischen und komplexen Umgebung zu orientieren, zu bewegen und auf Veränderungen zu reagieren. Um operational und strategisch autonom zu agieren, muss ein Fahrzeug in der Lage sein, zeitkritisch zu erkennen, was um es herum geschieht. Während die medienhistorische Verortung dieser Umweltlichkeit autonomer Fahrzeuge an anderer Stelle im Kontext einer kurzen Geschichte autonomer Fahrzeuge bereits näher beschrieben wurde,⁵⁷ ist es an dieser Stelle wichtig, darauf hinzuweisen, dass im Wechselverhältnis von Fahrzeug und Umgebung eine weitere Form der Autonomie liegt, die mit den von Hubig erläuterten Formen nicht vollständig erfasst ist. Diese Autonomie ist nicht ohne Heteronomie zu denken und liegt in einem Verhältnis der gleichzeitigen Un-/Abhängigkeit, das man als »ökologische Relation« beschreiben kann. Unter diesem Stichwort fasst der Systemtheoretiker Edgar Morin die gleichzeitige Abhängigkeit und Unabhängigkeit komplexer Systeme von ihrer Umgebung.⁵⁸ Die Autonomie von Organismen wird, so Morin mit Bezug auf den Physiologen Claude Bernard, durch ihre Abhängigkeit von der Umgebung konstituiert. Als lebende und damit sterbende, also entropische Wesen sind Organismen auf Energiezuflüsse aus ihrer Umgebung angewiesen, um ihre Organisation aufrechtzuerhalten und sich von dieser Umgebung zu lösen. Weil sie unabhängig sind, sind sie von ihrer Umgebung abhängig. Um unabhängiger zu werden, ist der Zufluss von Energie nötig, was die Abhängigkeit steigert. Abhängigkeit und Unabhängigkeit, Autonomie und Heteronomie bilden für Morin keine Dichotomie, sondern sind operational miteinander verschränkt. Autonomie ist, wie Morin betont, nicht substantiell zu verstehen, sondern relativ und damit relational.⁵⁹ Diese Relation gilt, wie Morin andeutet, auch für komplexe technische Systeme: desto autonomer ein selbstfahrendes Auto ist,

57 Vgl. F. Sprenger: Epistemologien des Umgebens, S. 484-497.

58 Morin, Edgar: Die Methode. Die Natur der Natur, Wien: Turia + Kant [1977] 2010, S. 241.

59 Morin, Edgar: »Ist eine Wissenschaft der Autonomie denkbar?«, in: Trivium 20 ([1981] 2015), S. 2-9, hier S. 4.

desto komplexer werden seine Verschränkungen mit der Umgebung, denn es benötigt neben dem Energiezufluss immer mehr Information über deren Gegebenheiten und muss auf immer mehr Faktoren reagieren. Hebt man in diesem Sinn die gleichzeitige Un-/Abhängigkeit eines autonomen Fahrzeugs von seiner Umgebung hervor, wird deutlich, dass seine Autonomie auf seiner Verschränktheit und Wechselwirkung mit der Umgebung, eben auf ihrer ökologischen Relation beruht. Selbstfahrende Autos sind in diesem Sinn operativ und strategisch autonome Umgebungstechnologien, weil sie durch die Kombination von Sensorik und Filteralgorithmen virtuelle Umgebungsmodelle erzeugen, an die sie sich adaptieren, indem sie sich bewegen und mit ihnen interagieren.

3. Menschen und Maschinen

Die wohl fundamentalste Veränderung, die mit der Automatisierung des Straßenverkehrs einhergeht, betrifft das Verhältnis von Mensch und Maschine. Damit ist nicht nur die angedeutete Neuverteilung von Handlungsmacht in einem Geflecht menschlicher und technischer Akteure gemeint – dass Autos also Aufgaben von Menschen übernehmen –, sondern auch eine Veränderung des menschlichen Selbstverständnisses: Wenn autonome Autos eigenständig agieren, (Mikro-)Entscheidungen treffen und dabei unter Umständen präziser und schneller als Menschen operieren, während sie über das Leben von Menschen bestimmen, wird es notwendig, über ihre Souveränität zu diskutieren. Diese Herausforderung geht über juristische und ethische Debatten hinaus, weil sie das Selbstverständnis des Menschen im Wechselspiel mit der Technik betrifft. Autonome Autos können in diesem Sinn nicht länger als passive Instrumente verstanden werden, die von Menschen zu bestimmten Zwecken verwendet werden. Zugleich sind sie jedoch nicht so autonom, dass sie gänzlich unabhängig von Menschen operieren können. Sie müssen weiterhin gebaut, programmiert und repariert werden. In dieser Spannung liegt die Faszinationskraft solcher Maschinen, aber auch die Notwendigkeit, ihren Einfluss zu verstehen. Und dies wiederum führt zu einer Auseinandersetzung mit unserem Verständnis von Technik, das die Medien- und Kulturwissenschaften auf den Plan ruft.

Das Zusammentreffen von Menschen ist stets von der Kontingenz geprägt, dass die Folgehandlungen nicht feststehen und die Intentionen des Gegenübers unbekannt sind. Dem Straßenverkehr sind in dieser Hinsicht eine

»hohe Interaktionsdichte und eingeschränkte Interpretations- und Korrekturmöglichkeiten«⁶⁰ eigen, die in der Notwendigkeit resultiert, jene Mehrdeutigkeiten zu reduzieren, die das Aufeinandertreffen von Menschen notwendigerweise mit sich bringt. Für ein autonomes Fahrzeug birgt dies gänzlich andere Herausforderungen als für einen Menschen.⁶¹ Sie bestehen in einem sicheren Umgang einerseits mit der Unsicherheit des autonomen Systems über sein *environment* sowie andererseits mit der Unvorhersagbarkeit des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer:innen. Sicherheit im Umgang mit dieser doppelten Unsicherheit (des Systems über seinen eigenen Zustand wie der Umgebung) ist eine zentrale Komponente der Autonomie des Fahrzeugs. Diese Kontingenz unterscheidet die Herausforderungen des Straßenverkehrs vom Einsatz autonomer Fahrzeuge etwa in der Raumfahrt, im Bergbau oder in der Landwirtschaft

Stellen wir uns unter der Prämisse der Verkehrstauglichkeit selbstfahrender Autos als Beispiel eine alltägliche Verkehrssituation vor, d.h. eine Mensch-Maschine-Interaktion unter dem Vorzeichen der Kontingenz: Ein Passant möchte einen Zebrastreifen überqueren, dem sich ein fahrerloses Fahrzeug nähert. In dieser Situation treffen nicht zwei Menschen mit unterschiedlicher technischer Ausstattung, sondern Mensch und Maschine zusammen.

Nehmen wir an, es ist dunkel und der Passant kann nicht erkennen, ob das Fahrzeug fahrerlos ist oder nicht. Er bleibt also kurz an der Bordsteinkante stehen und beobachtet das Auto, um zu erkennen, ob es ihm Vortritt gewährt. Die Unsicherheit darüber, ob es sich um ein autonomes Auto handelt oder nicht, erzwingt besondere Aufmerksamkeit auf die Interaktion mit dem Fahrzeug. Dessen algorithmisches Regelwerk ist so programmiert, dass Fußgänger:innen immer Priorität zugesprochen wird. Es erkennt den Zebrastreifen und registriert, dass auf dem Bürgersteig eine Person steht, die in Richtung der Fahrbahn blickt. Bereits dieser Akt ist, dies demonstriert der Beitrag von Tobias Matzner, technisch höchst voraussetzungsvoll und beinhaltet eine Vielzahl von Verarbeitungsprozessen: Je nach sensorischer Ausstattung wird die Person mit ihrer Umgebung von optischen Kameras, Laser, Sonar oder

60 Allert, Tilman: *Latte Macchiato. Soziologie der kleinen Dinge*, Frankfurt a.M.: Fischer 2017, S. 278.

61 Vgl. auch Klinger, Florian: »Naturalization«, in: Hans U. Gumbrecht/Florian Klinger (Hg.): *Latenz. Blinde Passagiere in den Geisteswissenschaften*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 2011, S. 235-264, hier 251f.

von einem Lidar-Modul (*Light Detection and Ranging*) gescannt.⁶² Diese Daten werden an einen Erkennungsalgorithmus übergeben, der durch Machine Learning anhand von Millionen ähnlicher Bilder gelernt hat, einen Menschen am Straßenrand zu identifizieren⁶³. Das Auto muss den Menschen von einem Verkehrsschild oder einer Mülltonne unterscheiden, was, wie Stefan Riegers Beitrag zeigt, nicht immer gelingt. Unter Umständen muss es Gehhilfen oder Rollstühle identifizieren und besonders bei Kindern (aber nicht nur bei ihnen) auf erratisches Verhalten vorbereitet sein. Welche weiteren Erkennungsmerkmale es kategorisiert – Alter, Geschlecht, Hautfarbe, Kleidung, Haltung – hängt von seiner Programmierung und der Sensorik ab, die Lichtreflexionen von Hautfarben unterschiedlich aufnimmt und entsprechend alles andere als neutral ist.⁶⁴ Dieser Akt der Registrierung ist keineswegs trivial, sondern eng verbunden mit der Fähigkeit des Fahrzeugs, die Person bei Bewegungen zu tracken und bei kurzzeitigen Sichthindernissen als identisch zu identifizieren – ein überaus komplexer Vorgang, denn das Auto verfügt nur über sensorische Daten und vorprogrammierte bzw. durch Machine Learning erworbene Kategorien.

In diesem Kontext werden die vielen Herausforderungen deutlich, die menschliches Verhalten an autonome Systeme stellt und für die es derzeit noch keine Lösungen gibt: Wie soll ein autonomes Auto auf gestische oder gar mündliche Anweisungen von Verkehrspolizist:innen oder auf einen Krankenwagen reagieren? Kann es eine Rettungsgasse bilden? Was soll ein leeres autonomes Auto im Fall eines nicht selbst verschuldeten Auffahrunfalls tun,

62 Lidar steht für *Light Detection and Ranging* und bezeichnet eine Methode, durch eine Kopplung einer großen Menge von Laserstrahlen mittels Reflexionen an Objekten optische Messungen von Abständen und Geschwindigkeiten durchzuführen. Ein Lidar-Modul rotiert normalerweise 10 Hertz und 1,3 Millionen Lesevorgängen pro Sekunde. Durch die Parallelisierung der Laserstrahlen entstehen sogenannte Punktwolken, die den dreidimensionalen Umriss eines Objekts abhängig vom Ausgangspunkt des Lidar-Moduls anzeigen. Im Gegensatz zu optischen Kameras kann Lidar also nicht nur die Form von Objekten erfassen, sondern liefert exakte Daten über deren Entfernung zum Fahrzeug und macht dadurch ihre Geschwindigkeit berechenbar. Da Lidar-Systeme sehr teuer sind, werden in vielen Fahrassistenzsystemen derzeit einfachere Laser- und Radar-Module verwendet.

63 Vgl. dazu ausführlich den Beitrag von Dawid Kasproicz.

64 Vgl. Wilson, Benjamin/Hoffman, Judy/Morgenstern, Jamie: »Predictive Inequity in Object Detection«, in: arXiv:1902.11097 [cs.CV] vom 21.02.2019 sowie Browne, Simone: *Dark matters. On the surveillance of blackness*, Durham: Duke University Press 2015.

wenn der Unfallgegner/die Unfallgegnerin Fahrerflucht begeht? Wie reagieren autonome Fahrzeuge auf Versuche, sie durch gefälschte Verkehrsschilder bewusst zu täuschen?⁶⁵ Wie soll das Auto reagieren, wenn Tempo 100 erlaubt ist, alle anderen Fahrzeuge aber 130 km/h fahren und es situativ sicherer wäre, die Regel zu übertreten, um im Verkehrsfluss zu bleiben? Wie verhält sich ein autonomes Auto bei einspurigen Fahrbahnen an Baustellen?⁶⁶ Wie reagiert das Fahrzeug, wenn an Halloween oder an Karneval Menschen als Verkehrsschilder oder Mülltonnen verkleidet an der Straße stehen? Die Einsatzgebiete für Machine Learning sind für solche komplexen Aufgaben derzeit beschränkt und es ist fraglich, ob es jemals möglich sein wird, die Kontingenzen der Interaktion an Orten, an denen keine Ampeln oder Zebrastreifen den Verkehr regeln, handhabbar zu machen.

Selbst wenn es dem Auto in der vorgestellten Situation gelingt, den Passanten als wartenden Menschen an einer zum Übergang vorgesehenen Position zu identifizieren, ist damit über dessen Intentionen oder sein zukünftiges Verhalten noch nichts gesagt. Zwischen der Identifizierung der Umrisse einer Person und der Einleitung entsprechender Reaktionen liegt für das Auto der Entwurf von Szenarien möglichen Verhaltens und unterschiedlicher Wahrscheinlichkeiten. Seine Handlung ist nicht aus einem Guss, sondern kann gemäß seiner technischen Systeme grob in die vier erläuterten Schritte *Perception*, *Prediction*, *Planning* und *Action* unterteilt werden. Was dem Passanten als Auftakt einer Interaktion erscheint, ist für das Auto ein komplexer Vorgang des Datenabgleichs, der Berechnung von Wahrscheinlichkeiten, der Prognose von Verhalten und schließlich der motorischen Umsetzung. Die Subsysteme des Fahrzeugs müssen so zusammenwirken, dass es auf die Handlungen des Passanten kurzfristig reagieren kann, ohne dessen Intentionen deuten zu können. Das Auto sollte in jedem Fall bereit sein, auf unerwartete Handlungen der Person so zu reagieren, dass diese auch dann nicht zu Schaden kommt, wenn die Gefährdung selbstverschuldet ist. Für das Auto ist die Person in jedem Fall ein Hindernis, dessen Verhalten die nächsten Aktionen festlegt. Es kann keinen Menschen als Subjekt mit unvorhersehbaren Intentionen wahrnehmen, sondern nur als Element einer Klasse von Objekten registrie-

65 Vgl. Sitawarin, Chawin/Bhagoji, Arjun/Mosenia, Arsan et al.: »DARTS. Deceiving Autonomous Cars with Toxic Signs«, in: arXiv:1802.06430 [cs.CR] vom 31.05.2018.

66 Vgl. zu den beiden letzten Beispielen Rodney Brooks: »Edge Cases for Self-Driving Cars 2017«, <https://rodneybrooks.com/edge-cases-for-self-driving-cars/> vom 20.01.2020.

ren, die über einen hohen Kontingenzgrad zukünftiger Bewegungen verfügen.

Nehmen wir an, das Fahrzeug erkennt den Zebrastreifen und schließt aus der Haltung der Person, dass sie diesen überqueren will. Es verlangsamt also seine Geschwindigkeit – denkbar wäre auch ein optisches oder akustisches Signal für den Passanten⁶⁷ – und wartet auf eine Reaktion der Person. Wenn diese so reagiert wie vom Auto prognostiziert und die Straße betritt, wartet das Fahrzeug und nimmt erst Fahrt auf, wenn die Person die Straße verlassen hat. Wenn sie nicht so reagiert wie kalkuliert und beispielsweise trotz des Stoppens des Autos ebenfalls stehenbleibt, steigt die zu kalkulierende Unsicherheit: Kann sich das Auto darauf verlassen, dass die Person auch dann stehenbleibt, wenn es anfährt? Oder soll es noch einen Moment warten?

Das Slapstick-Potential dieser Situation sich aufschaukelnder Unsicherheit durch Kontingenzmaximierung ist kein Zufall: Als Filmgenre reflektiert Slapstick, wie Dinge geschehen und macht aus ihrer Mechanik einen Witz, indem die vermeintlich toten Dinge mit der Lebendigkeit des Menschen kontrastiert werden und beides ineinander übergeht. Etwa bei Buster Keaton oder Charlie Chaplin stellt Slapstick Dinge so dar, dass wir nicht entscheiden können, ob sie lebendig und beseelt oder tot und mechanisch sind. Im Herzen des Slapsticks findet ein Kampf mit den Objekten statt, der sich mit autonomen Autos an jeder Kreuzung wiederholen kann. Solche Begegnungen sind die Essenz des Slapstick: Die Verlebendigung der Dinge und die Mechanisierung des Lebendigen greifen ineinander über. Die Unheimlichkeit und Faszination autonomer Autos liegt nicht zuletzt in dieser Ununterscheidbarkeit, die vom Potential des technischen Objekts begleitet wird, die Fähigkeiten des Menschen zu übertreffen und in Zeiten zu reagieren, die Menschen unzugänglich sind.

Der ›Verlebendigung‹ des Autos in der imaginierten Szene liegt eine enge Verknüpfung von Sensorik, Datenverarbeitung, Entscheidungskalkülen und Motorik zugrunde, welche die Interaktion des Autos mit dem Passanten ermöglicht. Das beschriebene Geschehen ist nicht nur technisch überaus voraussetzungsvoll: vorausgesetzt werden die Kenntnis der Verkehrsregeln und die Absicht, sie einzuhalten, vorausgesetzt wird die zuverlässige Registrierung der Umgebung durch beide Interaktionspartner, vorausgesetzt werden auf beiden Seiten die Intentionen des jeweiligen Gegenübers, vorausgesetzt

67 Vgl. Elon Musk: »Teslas will soon talk to people if you want. This is real«, Twitter vom 12.01.2020, <https://twitter.com/elonmusk/status/1216198285792358400> vom 17.03.2021.

wird aber auch, dass das Gegenüber die eigenen Intentionen erkannt hat. Die unterschiedlichen technischen Systeme des Fahrzeugs – Sensorik, Algorithmen, Motorik – müssen aufs Engste verknüpft sein, um diese Voraussetzungen zu erfüllen. Dass der Passant warten muss, um nicht angefahren zu werden, setzt seine Unterordnung unter die Maschine voraus, deren Dominanz als gegeben genommen wird. Er ist und bleibt ein Hindernis. Selbst wenn autonome Autos noch so vorsichtig und rücksichtsvoll programmiert sind, wird sich an diesem basalen Machtgefälle nichts ändern. Selbst wenn autonome Autos also das Mensch-Maschine-Verhältnis im Straßenverkehr fundamental verändern sollten, haben sie Teil an jener Gewalt, die den Infrastrukturen des Verkehrs inhärent ist.

4. Die Dispositive der Mobilität und ihre Transformationen

Die Dispositive der Mobilität, deren Zentrum das Auto bildet, sind derzeit massiven Transformationen ausgesetzt, die Auswirkungen auf zahlreiche Formen des menschlichen Zusammenlebens haben.⁶⁸ Ein Dispositiv ist im Sinne Michel Foucaults ein »heterogenes Ensemble, das Diskurse, Institutionen, architekturelle Einrichtungen, reglementierende Entscheidungen, Gesetze, administrative Maßnahmen, wissenschaftliche Aussagen, philosophische, moralische oder philanthropische Lehrsätze, kurz: Gesagtes ebenso wie Ungesagtes umfasst. [...] Das Dispositiv selbst ist das Netz, das zwischen diesen Elementen geknüpft werden kann.«⁶⁹ In einem Dispositiv greifen heterogene Elemente ineinander und bilden gemeinsam eine Struktur, die Erfahrungen produziert und Subjekte formt. In einem

68 Vgl. J. S. Dangschat: »Automatisierter Verkehr«, S. 493-507.

69 Foucault, Michel: »Ein Spiel um die Psychoanalyse«, in: ders. (Hg.): *Dispositive der Macht. Über Sexualität, Wissen und Wahrheit*, Berlin: Merve 1978, S. 118-175. Zu einer anderen, soziologisch orientierten Forschung zu Dispositiven der Automobilität vgl. Manderscheid, Katharina: »Automobilität als raumkonstituierendes Dispositiv der Moderne«, in: Henning Füller/Boris Michel (Hg.): *Die Ordnung der Räume. Geographische Forschung im Anschluss an Michel Foucault*, Münster: Dampfboot 2012, S. 145-178. Der Dispositivbegriff wird an dieser Stelle stärker auf die zugrundeliegenden Materialitäten und ihre Verschränkung mit Subjektivierungsprozessen ausgerichtet, wie es auch Cotten Seiler angedeutet hat: Seiler, Cotton: *Republic of Drivers. A Cultural History of Automobility in America*, Chicago: University of Chicago Press 2009.

Dispositiv sind technische Veränderungen stets an ästhetische, psychosoziale und politische Veränderungen gebunden. Versteht man Mobilität als ein Dispositiv, muss man die unterschiedlichen Techniken, die zu ihrer Aufrechterhaltung notwendig sind, die durch sie ermöglichte Verteilung von Körpern im Raum und in der Zeit sowie die damit verbundenen Begehren zusammendenken. Damit ergänzen die Dispositive der Mobilität das von Urry und Sheller beschriebene System der Automobilität konzeptuell. Während mit letzterem der sich selbst verstärkende und eigene Ordnungen herausbildende Komplex aus Ökonomie, Ökologie, Psychologie, Technik, Konsum, Mobilität und Symbolik gemeint ist, liegt der Vorteil des Begriffs Dispositiv darin, keine direkten kausalen Abhängigkeiten zu implizieren – etwa, dass das Auto monokausal den Bau von Infrastrukturen erzwingt. Vielmehr benennt er ein Gefüge aus Dispositionen, die sich wechselseitig bedingen und als Struktur der Subjektivierung verstanden werden können.

Der Begriff des Dispositivs ist an dieser Stelle besonders geeignet, weil er keinen Mechanismus der Kontrolle oder der Repräsentation bezeichnet, sondern ein Instrument der Anordnung und Bewegung von Körpern – in den Worten Georges Canguilhem eine »Konfiguration fester Körper in Bewegung, die so beschaffen ist, dass die Bewegung die Konfiguration nicht zerstört.«⁷⁰ Eben diese Anordnung oder vielmehr die Ordnung der Anordnung verschiebt sich derzeit. Mit der Automatisierung und Autonomisierung des Verkehrs, der Etablierung von elaborierten Fahrassistenzsystemen und der voranschreitenden Entwicklung selbstfahrender Autos stehen nicht nur die Verhältnisse menschlicher und nicht-menschlicher Verkehrsteilnehmer:innen sowie die ethischen und juristischen Grundlagen des Straßenverkehrs in Frage, sondern auch die Bedingungen des Umgangs miteinander und die Grenzen des öffentlichen Raums. Die Dispositive der Mobilität umfassen weitaus mehr als die Strategien und Technologien der Bewegung zwischen zwei Orten: Es geht darum, wie Menschen mit Menschen oder mit Dingen zusammentreffen oder sich nicht begegnen und wie dabei Menschen zu sich bewegenden oder bewegten Subjekten werden. Verkehr ist Kultur, weil die Dispositive der Mobilität darüber bestimmen, was sich wo befindet und

70 Canguilhem, Georges: »Maschine und Organismus«, in: Georges Canguilhem (Hg.): *Die Erkenntnis des Lebens*, Berlin: August 2009, S. 183-233, hier S. 185. Vgl. dazu auch Panagia, Davide: »On the Political Ontology of the Dispositif«, in: *Critical Inquiry* 45/3 (2019), S. 714-746.

welche Wege nimmt, wer welche Transportmittel verwendet, wer aufeinandertrifft und wer nicht, wer ankommt und wer nicht und welche Wege zum Ziel führen. Deshalb ist Verkehr immer ein Machtverhältnis, das nicht von einer den Infrastrukturen inhärenten Gewalt zu trennen ist – jährlich 1,3 Millionen Verkehrstote weltweit zeugen davon. Veränderungen der Technologien und Medien des Verkehrs verändern die Reichweite und Freiheit unserer Bewegungen und mithin das, was wir tun können.⁷¹ Mobilität ist die Grundlage der Netzwerke, die Menschen und Dinge eingehen.⁷² Wenn sich die Formen der Fortbewegung für Milliarden von Menschen derart grundlegend ändern, dann sind damit zahlreiche gesellschaftliche, kulturelle und soziale Herausforderungen verbunden.

Die voranschreitende Automatisierung des Straßenverkehrs erfordert, die Infrastrukturen der Fortbewegung, die Temporalität maschinischer Autonomie, die neuen sensorisch-algorithmischen Kapazitäten, die Produktivität von Big Data und Machine Learning sowie die Interfaces der Steuerung ebenso in den Blick nehmen wie die Transformationen der sozialen, gesellschaftlichen und kulturellen Repräsentationen, die Verkehr inhärent sind. Diese beeinflussen auch die Aufteilung des öffentlichen Raums, geschlechtliche, ethnische sowie soziale Segregation und damit die Möglichkeiten von Teilhabe. Traditionsreiche Begriffe unseres Selbstverständnisses wie Sicherheit, Geschwindigkeit, Entscheidung, Unfall oder eben Automobil, Autonomie und Automation stehen unter diesen Vorzeichen zur Debatte. Den Horizont dieser Auseinandersetzungen bildet der Bedeutungswandel eines zentralen Objekts des Begehrens in westlich geprägten Industriegesellschaften: des Autos. Im Folgenden sollen einige der vielfältigen Dimensionen dieser Veränderung der Voraussetzungen menschlicher Fortbewegung angedeutet werden, um einen Überblick über die kultur- und medienwissenschaftlichen Fragestellungen zu geben, die daraus resultieren.

71 Zur Spannung zwischen Flexibilität und Zwang vgl. J. Urry: »The ›System‹ of Automobility«.

72 Vgl. Neubert, Christoph/Schabacher, Gabriele: Verkehrsgeschichte und Kulturwissenschaft. Analysen an der Schnittstelle von Technik, Kultur und Medien, Bielefeld: transcript 2011. Mimi Sheller hat im Kontext der Mobility Studies plädiert für »a mobile ontology in which movement is primary as a foundational condition of being, space, subjects, and power [...]« (M. Sheller: *Mobility Justice*, S. 9).

4.1 Ökonomien der Energie

Der Verbrennungsmotor und die Ausbeutung fossiler Energien – zusammengefasst unter dem Stichwort *Petrocultures*⁷³ – geraten trotz steigender Förderquoten zunehmend unter Druck, weil die Herausforderungen des Anthropozäns und des Klimawandels ein neues Durchdenken dessen erzwingen, was Verkehr heißt. Zwar steigen der Verbrauch und die Anzahl der Fahrzeuge weltweit kontinuierlich an, doch ist ein Rechtfertigungsvakuum für das Verbrennen fossiler Rohstoffe mit einer Petrochemie »maximaler molekularer Kontrolle«⁷⁴ entstanden. In der Konsequenz steht die Ineinsetzung von gesteigerter Mobilität und Wirtschaftswachstum in Frage. Die Überfüllung von Städten mit Autos senkt deren Gebrauchswert. Außer Flugzeugen und Containerschiffen benötigt kein anderes technisches Objekt derartige Mengen an Ressourcen wie das Auto. Noch vor jedem Tropfen Benzin oder Diesel entsprechen einem durchschnittlichen Fahrzeug statistisch 200 Quadratmeter Asphalt. Zu seiner Herstellung werden schon vor der ersten Fahrt durchschnittlich 45 Tonnen CO₂, 680 Kilogramm Stahl, 230 Kilogramm Eisen, 90 Kilogramm Plastik, 45 Kilogramm Gummi und 45 Kilogramm Aluminium gebraucht.⁷⁵ Um seine Energieversorgung werden Kriege geführt, obwohl der Verbrauch radikal reduziert werden müsste, um die gesteckten Klimaziele zu erreichen. Elektromotoren sind zwar weitaus effizienter und können mit erneuerbaren Energien gespeist werden. Sie machen die Sache aber nicht zwangsläufig besser, denn ihre Batterien enthalten zahlreiche seltene Erden, die unter widrigsten Bedingungen abgebaut werden und nur dann umweltschonender sind als Verbrennungsmotoren, wenn sie recycelt werden.⁷⁶ Dennoch birgt die Elektrifizierung des Straßenverkehrs – insofern sie Hand in Hand mit einer Umstellung auf erneuerbare Energien geht – große Potentiale. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die ersten semi-autonomen Autos

73 Vgl. Klose, Alexander/Steiniger, Benjamin: »Im Bann der fossilen Vernunft«, in: Merkur 835 (2018), S. 5-16; Wilson, Sheena/Carlson, Adam/Szeman, Imre: *Petrocultures. Oil, politics, culture*, Montreal: McGill-Queen's University Press 2017 sowie Mitchell, Timothy: *Carbon Democracy. Political power in the age of oil*, London: Verso 2013.

74 Steiniger, Benjamin/Klose, Alexander: *Erdöl. Ein Atlas der Petromoderne*, Berlin: Matthes & Seitz 2020, S. 72.

75 Vgl. K. Dennis/J. R. Urry: *After the car*, S. 45.

76 Elektromotoren haben jedoch einen Wirkungsgrad von über 90 %, während Diesel bei 33 % und Benzin bei 25 % liegt. Zum Elektromotor vgl. Daum, Timo: *Das Auto im digitalen Kapitalismus*, Berlin: Rosa-Luxemburg-Stiftung 2018.

fast ausnahmslos elektrische Antriebe haben. Der *solutionism* der Automation geht mit dem *solutionism* der Energiewende einher und resultiert in dem, was Lisa Dixon »autonowashing« genannt hat.⁷⁷

Die Automatisierung des Verkehrs zielt, wie Julia Bees Beitrag zeigt, zu- meist auf eine Fortsetzung des verkehrspolitischen Status Quo mit anderen Mitteln: Die Automatisierung soll die Zahl der Autos drastisch reduzieren und ihre Effizienz steigern, während zugleich Mobilität mit dem Auto reibungsloser, sicherer und selbstverständlicher werden soll.⁷⁸ Selbst, wenn sich die Geschäftsmodelle ändern, bleibt das Auto das primäre Handels- und Verkehrsobjekt. Wie diese Prognosen zur Zukunft des Verkehrs einzuschätzen sind, wird daher erst dann deutlich, wenn man sie in die gegenwärtigen Umstrukturierungen der Automobilindustrie einordnet. Denn das Auto ist nicht nur ein Verbraucher von Energie, es ist auch tief in der Geschichte des Kapitalismus verankert – als Konsumobjekt, als Produktionsweise und als Mobilitätsmittel.

Dies wird beim Blick auf die Rolle des Fordismus und die Etablierung eines Wirtschaftssystems deutlich, das zunächst in den 1930er Jahren den Aufschwung der USA zur Weltmacht fundiert und nach dem zweiten Weltkrieg

77 Vgl. L. Dixon: »Autonowashing«. Insbesondere Tesla setzt auf diese Verschränkung und stellt neben E-Autos auch Ladestationen mit Speicherzellen und Solaranlagen her. Tesla ist als Beispiel so interessant, weil es dem Konzern in kurzer Zeit gelungen ist, eigene Produktionswege und Produkte zu etablieren, die sich deutlich von denen traditioneller Herstellern unterscheiden. Diese sind, wie Weert Canzler und Andreas Knie beschrieben haben, technischen Innovationen gegenüber grundsätzlich avers eingestellt: »Einen Technologiepfad außerhalb des herrschenden Standes der Technik kann sich kein Hersteller auf Dauer leisten, weil er ohne die Sicherheit eines gemeinsamen Technikstands ein unübersehbares Risiko eingeht. Die nötigen Stückzahlen können nicht erreicht, die Kosten nicht reduziert, die Abläufe nicht standardisiert und die Aufsichtsbehörden nicht dauerhaft beruhigt werden.« W. Canzler/A. Knie: *Taumelnde Giganten*, S. 59.

78 Vgl. etwa Brenner, Walter/Herrmann, Andreas: *Die autonome Revolution. Wie selbstfahrende Autos unsere Welt erobern*, Frankfurt a.M.: Frankfurter Allgemeine Buch 2018; Davies, Alex: *Driven. The Race to Create the Autonomous Car*, New York: Simon & Schuster 2020 oder Lipson, Hod/Kurman, Melba: *Driverless. Intelligent cars and the road ahead*, Cambridge: MIT Press 2017.

insbesondere den wirtschaftlichen Aufschwung Deutschlands antreibt.⁷⁹ Alle diese Entwicklungen hängen am Auto als ökonomischem Produkt, standardisierter Maschine und Transportmittel sowohl für Waren als auch für Arbeitskräfte. Der Fordismus besteht nicht nur in der Etablierung einer auf dem Fließband beruhenden, überaus effizienten tayloristischen Produktionsweise, die durch die Standardisierung von Bauteilen weitreichende Folgen für die Industrialisierung von Arbeitsprozessen und für die Produktionskosten von Massenartikeln hat. Der Fordismus ist zugleich ein Wirtschaftsmodell, das sich – zumindest idealiter – selbst absichert und die Subjektivität der Arbeiter zu prägen versucht.⁸⁰ Die neue Massenproduktionsweise ermöglicht zu Beginn der 1920er Jahre jene Löhne, die es den nunmehr besser bezahlten, aber ungelerten Arbeitern erlauben, die von ihnen selbst hergestellten und durch die neue Produktionsweise massiv verbilligten Autos zu kaufen, somit Privatbesitz zu erwerben und zur Arbeit zu pendeln. Im Zuge der Etablierung dieser den eigenen Bedarf stillenden und ihn zugleich ausweitenden Ökonomie verändert das einer breiteren Masse zugängliche Auto die Strukturen von Arbeit und Leben, indem es Zuhause und Arbeitsplatz trennt und die Geschlechterverhältnisse in Familien verfestigt. »Automobility is not only well attuned to the demands of late modernity, it is also perhaps the most important modern development that could fulfill the unremitting liberal demand for individual autonomy.«⁸¹ In der resultierenden Mobilisierung durch Individualverkehr wird es für weite Teile der Arbeitnehmer unmöglich, ohne Auto ihrer Arbeit nachzugehen: »Automobility is thus a system that coerces people into an intense flexibility. It forces people to juggle fragments of time so as to deal with the temporal and spatial constraints that it itself generates.«⁸² Zugleich wird, wie Sudhir Rajan festgehalten hat, der automobile

79 Zum Überblick vgl. Hirsch, Joachim/Roth, Roland: *Das neue Gesicht des Kapitalismus. Vom Fordismus zum Post-Fordismus*, Hamburg: VSA 1986. Zur Geschichte der um das Auto errichteten Systeme der Arbeit, der Infrastruktur und des Alltags vgl. auch W. Canzler/A. Knie: *Taumelnde Giganten*.

80 Zur Kritik der dem Fordismus zugrundeliegenden Sozialpolitik und zum frühen Ende von Fords Ansatz in den späten 1920er Jahren vgl. Dorothea Schmidt: »Fordismus. Glanz und Elend eines Produktionsmodells«, in: *Prokla* 43 (2013), S. 401-420. Wie Schmidt ausführt, wurden die hohen Löhne eingeführt, um starke Schwankungen in der Belegschaft zu reduzieren und nur jenen Arbeitern angeboten, die sich in »geregelten« Familienverhältnissen befanden.

81 S. C. Rajan: »Automobility and the Liberal Disposition«, S. 113.

82 J. Urry: »The ›System‹ of Automobility«, S. 28.

Mensch auf neue Weise individualisiert, weil soziale Zusammenhänge wie nachbarschaftliche oder religiöse Gemeinschaften sowie Klassenverhältnisse als Markierungen von Individualität durch die zunehmende Mobilität in den Hintergrund treten. Automobilität ist entsprechend eingelassen in weitreichende Tendenzen der kapitalistischen Subjektivierung in der Moderne.⁸³

Das Wirtschaftsmodell des Fordismus endet spätestens mit den Wirtschaftskrisen der späten 1970er und 1980er Jahre. Ihm folgen flexiblere, auf den Finanzmarkt und nicht die Produktion ausgerichtete Formen, die sich ebenfalls in den Transformationen der Automobilindustrie dieser Zeit niederschlagen: Toyota etabliert in den 1970er Jahren neue Produktionsweisen, die außerordentlich erfolgreich sind, sich mit neoliberalen Organisationsformen verquicken lassen und als erste Instanzen einer Plattform-Ökonomie gelten.⁸⁴ Das Auto bildet weiterhin den Konvergenzpunkt von globalen Geldströmen. Als das wichtigste Industrieprodukt des 20. Jahrhunderts prägt es kapitalistische Produktionsweisen in Form des Fordismus ebenso wie ihre Fortentwicklung im Postfordismus und ist derzeit immer öfter Teil der sogenannten Sharing Economy. In dieser weltweit zumindest in urbanen Räumen immer stärkere Verbreitung findenden Nutzungsweise, die auf der Etablierung von Smartphones zur Lokalisierung beruht, liegen die prognostizierten Gewinnmargen weitaus höher als im klassischen Geschäftsmodell – vorausgesetzt, die Bevölkerung ist bereit, sich vom Besitz eines Autos und den damit einhergehenden Sicherheiten zu verabschieden.⁸⁵

Die Sharing-Ökonomie hat im Verkehrssektor zwar schon vor der Automatisierung Fuß gefasst, soll durch diese aber zum ›disruptiven Faktor‹ werden.⁸⁶ Ökonomisch gesehen macht es wenig Sinn, ein vollständig autono-

83 Vgl. auch K. Manderscheid: »Automobilität als raumkonstituierendes Dispositiv der Moderne« und C. Seiler: Republic of Drivers.

84 Zur Transformation des fordistischen Produktionsprinzips hin zu informationsgesteuerten Verfahren mit anderer Hierarchie vgl. Elis, Volker: »Von Amerika nach Japan – und zurück. Die historischen Wurzeln und Transformationen des Toyotismus«, in: Zeithistorische Forschungen 6 (2009), S. 255-275; Neubert, Christoph: »Onto-Logistik. Kommunikation und Steuerung im Internet der Dinge«, in: Archiv für Mediengeschichte 8 (2008), S. 119-133 sowie Steinberg, Marc: »From automobile capitalism to platform capitalism: Toyotism as a prehistory of digital platforms«, in: Organization Studies, angenommenes Manuskript vom 28.06.2021, <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/01708406211030681> vom 11.07.2021

85 Vgl. S. Taffel: »Hopeful Extinctions?«

86 Zu dieser Vision des Car Sharings vgl. Rojas, Raul: »Autopie. Autonome Fahrzeuge für Car Sharing«, in: Telepolis 2012, <https://www.heise.de/tp/features/Autopie-Autonomie>

mes Auto 23 Stunden am Tag zu parken, wenn es während dieser Zeit andere Fahrten erledigen könnte. Jede Minute Stillstand ist ein Verlust an potentiellen Einnahmen. Das Geschäftsmodell der Zukunft – von Tesla am sogenannten *Autonomy Day* 2019 bereits als Gegenwart verkündet⁸⁷ – könnte darin bestehen, nicht autonome Autos, sondern Mobilität zu verkaufen bzw. zu vermieten. Tesla will in Zukunft allen Besitzer:innen anbieten, gegen eine Gewinnbeteiligung ihr Auto in Zeiten des Nicht-Gebrauchs an Mieter:innen zu vermitteln. Dieser neue Wertschöpfungsmodus ist nur eines der zahlreichen Beispiele für die Suche nach neuen Geschäftsmodellen. Automobilkonzerne restrukturieren sich unter diesen Vorzeichen von Herstellern industrieller Maschinen zu Dienstleistern der Mobilität.⁸⁸ Damit ist nicht gemeint, dass sie aufhören, Autos herzustellen, sondern vielmehr, dass sie versuchen, neue Wege der Vermarktung ihres Produkts zu finden. Selbst wenn Car Sharing, wie eine Reihe von Studien ausgeführt hat, dazu führt, dass angefixte Kund:innen letzten Endes doch ein eigenes Auto wünschen, sich deren Anzahl nicht verringert und die CO₂-Emissionen konstant bleiben⁸⁹, verändern sich die Bedingungen der Ökonomie von Autos mit der Automatisierung. Man zahlt weniger für den Besitz des technischen Objekts als für Mobilität. Denkt man dieses – projizierte und keinesfalls unvermeidbare – Geschäftsmodell zu Ende, wird eine enorme Zentralisierung des Sharings im Kontrast zum Besitz deutlich, die Auswirkungen auf die private Nutzung von öffentlich finanzierten Infrastrukturen haben könnte. In diesem fiktiven Geschäftsmodell gehören in letzter Konsequenz alle Autos einigen wenigen Firmen, die eine kritische Infrastruktur dominieren, in der sich Autos autonom bewegen.

Fahrzeuge-fuer-Car-Sharing-3394013.html vom 22.12.2019 sowie T. Daum: Das Auto im digitalen Kapitalismus.

87 <https://www.youtube.com/watch?v=UcpoTTmvqOE> vom 17.03.2021.

88 Ziegler, Chris: »Automakers in the age of extinction«, in: *The Verge* 2016, <https://www.theverge.com/2016/2/5/10923198/automakers-versus-mobility-companies> vom 20.01.2020.

89 Vgl. Hülsmann, Friederike/Wiepking, Julia/Zimmer, Wiebke et al.: Wissenschaftliche Begleitforschung zu car2go mit batterieelektrischen und konventionellen Fahrzeugen, Öko-Institut e.V. 2018, <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/share-Wissenschaftliche-Begleitforschung-zu-car2go-mit-batterieelektrischen-und-konventionellen-Fahrzeugen.pdf> vom 20.01.2020 sowie Erhardt, Gregory D./Sneha, Roy/Cooper, Drew et al.: »Do transportation network companies decrease or increase congestion?«, in: *Science Advances* 5/5 (2019), S. 1-11.

Ian Bogost hat die Konsequenzen dieses Szenarios, in dem es keine privat besessenen, sondern nur noch geteilte Autos gibt, dargestellt und argumentiert, dass Fahrzeuge damit selbst zur Infrastruktur würden, die nur dann sichtbar sei, wenn sie nicht funktioniert.⁹⁰ Man würde nur noch auf Bestellung Autofahren – mit der Voraussetzung, die eigene Identität und Zahlungsfähigkeit offenzulegen. Wenn solche Autos nicht mehr besessen würden, sondern einigen wenigen weltweit agierenden Firmen gehörten, dann würden diese Firmen auch über die Straßen verfügen, auf denen nur noch ihre Autos fahren. Die Vielfalt unterschiedlicher Automodelle, die derzeit die Straßen füllt, wäre nicht mehr nötig. Unterschiedliche Farben wären nur ein Eingeständnis an etwas Abwechslung. Die Maximierung der Gewinnmargen pro Miete könnte, so Bogost, durch korrespondierende Services wie den Verkauf von Getränken oder Mahlzeiten an Bord gesteigert werden – aufgrund des Platzgewinns durch Elektromotoren und wegfallende Steuerkonsolen könnte das Auto in ein Café, ein Restaurant oder ein Büro verwandelt werden. Während sich über das Realisierungspotential dieser Szenarien trefflich streiten lässt, zielen Unternehmen wie Uber, Lyft oder Waymo, die selbst keine Autos herstellen, auf die Etablierung autonomer Taxis und die Zentralisierung dieses bislang mehr oder weniger dezentralen Geschäftsfeldes. Die Grundlagen dafür sind bereits heute durch die algorithmische Optimierung von Fahrstrecken und Belegungszeiten gegeben, lediglich die Ersetzung der Fahrer:innen steht noch aus.

Während der Besitz eines Autos den Ausschluss all jener bedeutet, die kein Auto finanzieren können oder wollen und andere Formen der Mobilität nutzen, erzeugt auch die Sharing Economy neue Formen der Ungleichheit. Sie hat technische Voraussetzungen, die erfüllt werden müssen und erfordert eine selektierende Registrierung aller Teilnehmer:innen, die wiederum Profilbildungen ermöglicht, deren Vermarktung Bestandteil des Geschäftsmodells ist. Unabhängig davon, ob diese Ökonomien letztlich in großem Maßstab etabliert werden – getestet werden sie bereits –, ist die Ökonomie des automatisierten Fahrens nur zu verstehen, wenn man sie als Bestandteil des

90 Vgl. Bogost, Ian: »How Driverless Cars Will Change the Feel of Cities«, in: The Atlantic 2017, <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/11/life-in-a-driverless-city/545822/vom-20.01.2020>. Vgl. auch Finn, Ed: »Phoenix will no longer be Phoenix if Waymo's driverless-car experiment succeeds«, MIT Technology Review 2018, <https://www.technologyreview.com/s/611420/phoenix-will-no-longer-be-phoenix-if-waymos-driverless-car-experiment-succeeds-vom-20.01.2020>.

Datenkapitalismus und der damit verbundenen Potentiale der Überwachung, Formen der Subjektivierung und Ökonomien der Ausbeutung versteht. Die Welten, die autonome Fahrzeuge technisch hervorbringen, sollten immer mit den Geschäftsmodellen ihrer Hersteller abgeglichen werden.

Der damit angezeigte Strukturwandel industrieller Gesellschaften hat Auswirkungen auf alle Arbeiten, die mit dem Auto verbunden sind.⁹¹ Weltweit ist das Steuern von LKWs einer der häufigsten Berufe – allein in den USA gibt es 3,5 Millionen Kraftfahrer:innen.⁹² Gerade das Fahren auf Autobahnen gehört zu den testweise bereits heute automatisierten Prozessen. Viele Prototypen selbstfahrender Autos sind vor allem als Taxis gedacht. Auch Straßenbahnen, Busse und Züge werden, so die Prognose, innerhalb der nächsten Dekaden zumindest im globalen Norden weitestgehend automatisiert sein.⁹³ Wenn Drohnen, wie beispielsweise von Amazon angestrebt, Pakete ausliefern sollen, dann stellen sich auch für die Logistikbranche neue Aufgaben, ebenso wie für Werkstätten, die zunehmend zu IT-Laboren werden müssen. Tankstellen müssen an neue Vertriebsnetze angeschlossen werden. Auf die Verkehrspolizei warten gänzlich neue Aufgaben. Fahren als Dienstleistung wird, so steht zu vermuten, in Zukunft immer öfter von Maschinen übernommen, die günstiger und effizienter sind als menschliche Fahrer:innen. Dieser Prozess ist mit zahlreichen Friktionen verbunden und könnte auch anders ablaufen als von den Stakeholdern intendiert: Im globalen Süden liegt der Jahreslohn für menschliche Fahrer:innen oft unter dem erwarteten Mehrpreis für ein autonomes Auto.⁹⁴ Menschliche Fahrdienstleistungen stehen also in direktem Konflikt mit den Kosten der Automatisierung

91 Vgl. Nikitas, Alexandros/Vitel, Alexandra-Elena/Cotet, Corneliu: »Autonomous vehicles and employment: An urban futures revolution or catastrophe?«, in: *Cities* 114/4 (2021), S. 1-14.

92 Solon, Olivia: »Self-driving trucks: what's the future for America's 3.5 million truckers?«, in: *The Guardian* 2017, <https://www.theguardian.com/technology/2016/jun/17/self-driving-trucks-impact-on-drivers-jobs-us> vom 20.01.2020.

93 Vgl. etwa R. Rojas: »Autopie«.

94 Derzeit ist die Computerhardware ein wesentlicher Kostenfaktor. Neben einem leistungsstarken Prozessor werden vier bis acht Grafikkarten benötigt. Das System muss doppelt vorhanden sein, um Redundanz herzustellen. Die Kosten für ein einzelnes System liegen üblicherweise im unteren fünfstelligen Bereich. Der Stromverbrauch beträgt etwa ein Drittel der Akkuleistung eines Elektrofahrzeugs. Bei Tesla kostete die Freischaltung der Autopilot-Funktion 2020 einen Aufpreis von mehr als 6000€ (Stand 2020).

sowie der damit einhergehenden Transformation kognitiver und mechanischer Arbeit – und fraglich ist, wie lange und zu welchen Kosten erstere letztere unterbieten können. In jedem Fall sind die von der Automatisierung des Verkehrs betroffenen Berufe zumeist schlecht bezahlte Aushilfsjobs, häufig sogar Teil der *Gig Economy*, weshalb ihr Verlust gesellschaftliche Stratifizierungsprozesse anheizen könnte.

4.2 Räume und Zeiten des Fahrens

Kaum eine Handlung definiert die Zugehörigkeit zu einer automobil definierten Gesellschaft mehr als das Berufspendeln zur Arbeit. Insofern selbstfahrende Autos insbesondere für diesen Zweck relevant sind, bei dem ›Fahrspaß‹ nicht an erster Stelle steht, ist die erwartete Zeitersparnis keineswegs ein Gewinn an Freizeit, sondern dem Diktat ihrer Nutzbarmachung unterworfen. Die Prototypen selbstfahrender Autos sind entsprechend Visionen fahrender Büros und Multimedia-Zentren, die eine sofortige Inanspruchnahme der freigewordenen Zeit in Aussicht stellen. So wird etwa der Prototyp FO15 von Mercedes Benz mit folgenden Worten beworben: »Das Automobil wird weit über seine Mobilitätsfunktion hinaus privater Rückzugsraum sein und einen wichtigen Mehrwert für die Allgemeinheit bieten.«⁹⁵ Der Gewinn für die Gesellschaft, den dieses Luxusfahrzeug aus Sicht seines Herstellers bietet, besteht in der gesteigerten Arbeitskraft seiner Passagiere. Die Ausweitung des privaten Rückzugsraums wird als Mehrwert für jene Öffentlichkeit dargestellt, von der sich die Fahrkapsel isoliert. Die Widersprüchlichkeit dieser Denkfigur offenbart die Spannungen, in die die Automatisierung den freigewordenen, gefahrenen und nicht länger fahrenden Menschen führt.

Die Annahme einer Zeitersparnis impliziert auch, dass die Zeit, die für das Steuern eines konventionellen Autos aufgewendet wird, als verlorene Zeit gilt. Auch wenn man die Erfahrung des Autofahrens nicht gleich unter das Diktat ihrer Effizienz setzt, zeigt sich eine tief greifende Veränderung durch die Automatisierung. Galt der Blick aus der Windschutzscheibe auf die vorbeiziehende Landschaft nach der Begeisterung der Anfangsjahre lange Zeit als Manifestation einer Deprivation der Sinne und einer Abstraktion vom

95 <https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/innovation/forschungsfahrzeug-f-015-luxury-in-motion> vom 24.03.2021.

Konkreten⁹⁶, könnte die Automatisierung des Verkehrs zu einer neuen Inanspruchnahme des Innenraums führen. Michael Dick hat die Beobachtung gemacht, dass das Autofahren zumindest auf den vorderen Sitzen zwei unterschiedliche Beobachtungspositionen mit sich bringt: Während der Blick in Fahrtrichtung durch die Windschutzscheibe das Auto zum Zentrum der Bewegung durch die Welt macht und immersiv wirkt, offenbart der Blick durch die Seitenfenster eine vorbeiziehende Landschaft, der der Beobachter/die Beobachterin distinguiert gegenübersteht.⁹⁷ Mit selbstfahrenden Autos verändern sich die inneren Oberflächen, die zu Bildschirmen werden und ein neues Blickregime etablieren. Die Prototypen selbstfahrender Autos etwa von Waymo, Nissan oder Chrysler zeigen, dass die Veränderungen des Innenraums mit einem veränderten Verhältnis des Autos zur Außenwelt einhergehen. Zugespitzt gesagt: Ist das aktive Fahren zumindest für Fahrer:innen ein Akt der Exploration, tritt die Welt für Gefahrene als Gegebene in Erscheinung, als Hintergrund einer Bewegung von A nach B, die von der Maschine erledigt wird. Der Blick kann entsprechend im Innenraum umherwandern und dort durch Anzeigen und Displays neu fokussiert werden.⁹⁸

Die Zeitersparnis resultiert in einer Freisetzung von Aufmerksamkeit, die unter dem Diktat einer neuen Ökonomie des Blicks steht. Die Interfaces des Autos müssen, damit beschäftigt sich der Beitrag von Jan Distelmeyer, nicht mehr primär auf die Selbstdiagnose des Autos ausgerichtet sein. Dennoch ist in den entsprechenden Automodellen eine Ausweitung zu beobachten: der Innenraum von Tesla-Fahrzeugen beispielsweise wird von einem riesigen Bildschirm auf der Mittelachse dominiert, der zugleich als Eingabegerät, als Landkarte und – unter festgelegten Bedingungen – als Unterhaltungsmedium dient.⁹⁹ Der Innenraum des Fahrzeugs wird, so könnte man diese Tendenz zuspitzen, im Ganzen als eine Benutzeroberfläche betrachtet.

Die genannten Prototypen deuten auf eine Fortsetzung der bereits seit längerem sichtbaren Aufrüstung von Fahrzeugen zu isolierten Kapseln hin, die über das Auto als eine Erweiterung des Zuhauses hinausgeht, wie es John

96 Vgl. Virilio, Paul: *Fahren, Fahren, Fahren*, Berlin: Merve 1978 und Bickenbach, Matthias/Stolzke, Michael: *Die Geschwindigkeitsfabrik. Eine fragmentarische Kulturgeschichte des Autounfalls*, Berlin: Kadmos 2014, S. 62.

97 Dick, Michael: »Auf den Spuren der Motive, Auto zu fahren. Die Perspektive der Fahrenden. Verkehrszeichen 18/4 (2002), S. 9-16, hier S. 12.

98 Vgl. Packer, Jeremy/Oswald, Kathleen F.: »From Windscreen to Widescreen«, in: *The Communication Review* 13 (2010), S. 309-339.

99 Vgl. zur Bildlichkeit der Autointerfaces ebd.

Urry bereits Anfang der 2000er Jahre beschrieben hat¹⁰⁰: Immer größere Autos mit ausgefeilten Soundsystemen, Lichteffekten, ergonomischen Elementen und einer effektiven akustischen und olfaktorischen Abschirmung versprechen, aus dem Auto eine eigene Welt zu machen, die vom Außen abgeschottet und unverletzbar dessen Durchquerung ermöglicht, ohne von der Welt kontaminiert zu werden. Die automobiler Erweiterung des Zuhauses geht, so kann man diese Entwicklung weiterdenken, in einer Kontinuität von Innenräumen auf, die wiederum in eine Tendenz der Privatisierung öffentlicher Räume integriert ist.¹⁰¹ Die sozial- und kulturhistorische Mobilitätsforschung hat argumentiert, dass der Erfolg des Autos im 20. Jahrhundert darin liegt, »das Individuum auch von den Zumutungen des Lebens in den öffentlichen Räumen der Moderne wenigstens zeitweise zu schützen«. ¹⁰² Die durch die Verkapselung des Innenraums geleistete Abschottung verbürgt eine individualistische Raumerfahrung – und hat während der Corona-Epidemie auch eine epidemiologische Dimension gewonnen.¹⁰³

Phänomene wie *road rage* und ungebundene Aggressivität im Straßenverkehr sind als Effekte der öffentlichen Privatsphäre des Autos gedeutet worden und hängen mit der im Straßenverkehr angelegten Überschreitung räumlicher Grenzen zusammen.¹⁰⁴ Der private und geschützte, vom Außen getrennte Innenraum des Autos erzeugt demnach eine räumliche Trennung bei gleichzeitiger Beobachtbarkeit der Welt, welche nur noch als Hindernis der privaten Fortbewegung wahrgenommen wird. Jede Überschreitung – die angesichts der Überlastung urbaner Infrastrukturen unvermeidlich ist – wird als territoriale Aggression gewertet. Die Anonymität des privaten Autoraums im öffentlichen Raum eröffnet die Möglichkeit, Aggressionen ungehindert auszuagieren. In einem selbstfahrenden Auto wäre, so zeigt der Beitrag von

100 Vgl. Seyfert, Robert/Roberge, Jonathan: *Algorithmenkulturen. Über die rechnerische Konstruktion der Wirklichkeit*, Bielefeld: transcript 2017.

101 Vgl. Laurier, Eric: »Civility and Mobility«, in: *Language & Communication* 65 (2019), S. 79-91.

102 Bernhard, Christoph: »Längst beerdigt und doch quicklebendig. Zur widersprüchlichen Geschichte der »autogerechten Stadt«, in: *Zeithistorische Forschungen* 14 (2017), S. 526-540, hier S. 537.

103 Vgl. Mom, Gijis: »Encapsulating culture. European car travel, 1900 – 1940«, in: *Journal of Tourism History* 3 (2011), S. 289-307.

104 Vgl. Berscheid, Anna-Lena: »Autonome Fahrzeuge und hegemoniale Männlichkeit in der Automobilkultur«, in: *Femina Politica* 23/2 (2014), S. 22-34.

Jutta Weber, die Abkapselung intensiviert bei gleichzeitiger Abnahme des Gefühls des Ausgeliefert-Seins an den umgebenden Verkehr, mit dem nur noch das Auto interagiert. Welche Formen der Aggression selbstfahrende Autos im öffentlichen Raum auf sich ziehen und welche Formen motorisierter Gewalt sie mit sich bringen – sowohl von ihren Insassen als auch von anderen Verkehrsteilnehmer:innen – wird sich zeigen.

Von Beginn an ist die Etablierung des Autos mit einer Verschiebung des Verhältnisses von öffentlichen und privaten Räumen verbunden. Peter Norton hat die komplexen Aushandlungsprozesse rekonstruiert, in denen in den 1920er Jahren mit der Entstehung des *motor age* der öffentliche Straßenraum in einen exklusiven Raum für Autos umgewidmet wurde. Er zeigt insbesondere, wie massiv sich das Selbstverständnis von Fußgänger:innen in dieser Zeit geändert hat. In diesem Prozess greifen infrastrukturelle, institutionelle und soziale Maßnahmen ineinander. Norton beschreibt, wie sich der Rahmen, in dem Automobilität verhandelt wird, in den 1920er Jahren vom Fokus auf Gerechtigkeit hin zu einem Fokus auf Freiheit verschiebt. »By casting the problem in terms of political freedom and market freedom, motordom found that it could sidestep difficult questions of justice, order and efficiency.«¹⁰⁵ Alles, was diese subjektive Freiheit einschränkt, wurde in der Folge als Repression begriffen – von Geschwindigkeitsbeschränkungen bis hin zu mit langsameren Verkehrsteilnehmer:innen geteilten Straßen. Mit dieser Umstellung verfestigt sich zugleich die Behauptung, dass Autos auf die Straße gehören, ja, dass ihnen die Straße gehört – etwas, das zuvor keineswegs selbstverständlich war. In der Folge galt und gilt es als wichtigstes verkehrspolitisches Ziel, den Verkehrsfluss nicht zu behindern bzw. durch infrastrukturelle Maßnahmen zu optimieren.

Um die Flächen bereitzustellen, die für das Fahren und Parken benötigt werden, mussten im Verlauf des 20. Jahrhunderts weite Teile des öffentlichen Raums, der zuvor allen Bewohnern einer Stadt zumindest potentiell gleichermaßen zustand (auch wenn dies de facto nie der Fall war), umgewidmet werden. »Virtually, every use of public space came to be defined in relation to the automobile [...].«¹⁰⁶ Diese Monopolisierung des Straßenraums wird schon bei der Einführung des Automobils beklagt: »Woher nimmt sich der Automobilist

105 Norton, Peter D.: *Fighting Traffic*, Cambridge: MIT Press 2008, S. 6.

106 Jain, Sarah S. L.: »Dangerous Instrumentality. The Bystander as Subject in Automobility«, in: *Cultural Anthropology* 19/1 (2004), S. 61-94, hier S. 64. Vgl. auch Freund, Peter/Martin, George: *Ecology of the Automobile*, Montreal: Black Rose Books 1994, S. 119

das Recht, die Straße, wie er sich rühmt, »zu beherrschen«, die doch keineswegs ihm, sondern der gesamten Bevölkerung gehört, diese auf Schritt und Tritt zu behindern und ihr ein Verhalten zu diktieren, das er nur auf eigenen, privaten Wegen fordern dürfte.«¹⁰⁷ Der gesamte Flächenverbrauch für Autos liegt für europäische Großstädte heute bei bis zu einem Viertel der Gesamtfläche, für nordamerikanische bei nahezu der Hälfte.¹⁰⁸ 15 Prozent der Fläche von Los Angeles sind allein für das öffentliche Parken reserviert.¹⁰⁹ Mit der Automatisierung könnte eine Umstrukturierung durch frei werdende Parkflächen einhergehen, denn ein autonomes Auto muss nicht geparkt werden, sondern kann allein an einen dezentralen Ort fahren – oder während seiner Nicht-Benutzung andere Aufgaben erledigen.

Während die Hoffnung geäußert wird, dass sich in der Folge mit der Nutzung von Parkhäusern und Garagen das Stadtbild fundamental verändern könnte, sind auch gegenteilige Szenarien denkbar.¹¹⁰ In Gegenden mit hohen Parkgebühren könnte es billiger sein, das Auto ohne Insassen herumfahren zu lassen, anstatt es zu parken. Ebenso wäre es durchaus rational, zwei autonome Autos zu besitzen, um im Fall des Besuchs einer Großveranstaltung eines vorzuschicken, um einen guten Parkplatz in der Nähe der Pick-up-Area zu reservieren, während man mit dem zweiten Auto erst kurz vor Beginn ankommen muss. Dieses Fahrzeug könnte dann eigenständig nach Hause fahren und das andere Auto direkt nach der Veranstaltung ohne Wartezeit zur Verfügung stehen.¹¹¹ Diese Szenarien zeigen, wie schwierig eine Prognose über das Fahrzeugaufkommen unter den Bedingungen der Automatisierung zu treffen ist. Eine Verbesserung der Situation ist keineswegs ausgemacht.

Derzeit ist der Raum des Verkehrs weder ausschließlich öffentlich noch ausschließlich privat – er steht allen automobilen Verkehrsteilnehmer:innen

sowie Jacobs, Jane: *The Death and Life of Great American Cities*, New York: Random House 1961.

107 Freiherr von Pidoll, Michael: *Der heutige Automobilmus. Ein Protest und Weckruf*, Wien: Manz 1912, S. 38.

108 Vgl. Horvath, Ronald J.: »Machine Space«, in: *Geographical Review* 64/2 (1974), S. 167.

109 Vgl. Chester, Mikhail/Fraser, Andrew/Matute, Juan et al.: »Parking Infrastructure«, in: *Journal of the American Planning Association* 81/4 (2015), S. 268-286.

110 Vgl. González-González, Esther/Nogués, Soledad/Stead, Dominic: »Parking futures: Preparing European cities for the advent of automated vehicles«, in: *Land Use Policy* 91/1 (2020) sowie Stein, Gregory M.: »The Impact of Autonomous Vehicles on Urban Land Use Patterns«, in: *Florida State University Law Review* 48 (2021).

111 Zu diesen Szenarien vgl. R. Brooks: »Edge Cases for Self-Driving Cars«.

zur Verfügung, ist jedoch, abgesehen vom öffentlichen Nahverkehr, nur privat nutzbar. Eine Öffentlichkeit, in der Menschen interagieren und kommunizieren, gibt es in diesem Raum nur in rudimentärer Form. Stattdessen beherrscht die Flächenkonkurrenz um diesen Raum zunehmend den Alltag. Dieser Prozess ist nicht zuletzt deswegen so spannungsgeladen, weil der Verlust an Privilegien für das Auto mit einer Privatisierung von bislang externalisierten Kosten verbunden ist.¹¹² Wie die Debatten um die Anhebung der Gebühren für das Anwohnerparken in deutschen Großstädten zeigen, ist die Inanspruchnahme des eigenen Parkplatzes im öffentlichen Raum derart habitualisiert, dass jede Angleichung an eine realistische Preisgestaltung (die weit über den üblichen Kosten liegt) oder die in anderen Ländern übliche Verpflichtung, bei der Anmeldung eines Autos einen Stellplatz vorzuweisen, als ein Affront erscheint.¹¹³

Weltweit versuchen Großstädte, sich angesichts des durch Nachverdichtung und explodierende Einwohnerzahlen drohenden Verkehrskollapses neu zu erfinden¹¹⁴, während zunehmende soziale Fluidität dafür sorgt, dass immer mehr Menschen ohne Verkehrsmittel ihrer Arbeit nicht mehr nachkommen können und die Anzahl an Autos weltweit weiterhin steigt. Die Fragmentierung sozialer Praktiken aufgrund ihrer durch die Verkehrspolitik der Nachkriegszeit hervorgerufenen räumlichen Distanzierung – Stichwort *suburbia* – hat zur Entstehung neuer Mobilitäten geführt, aber auch Segregation befördert.¹¹⁵ Transit- und Pendelquoten steigen unaufhörlich, während die

112 Vgl. Knie, Andreas/Canzler, Weert/Ruhrort, Lisa: Gutachten Autonomes Fahren im öffentlichen Verkehr. Chancen, Risiken und politischer Handlungsbedarf, Gutachten für Die Grünen 2019, https://www.gruene-hamburg.de/wp-content/uploads/2019/04/Autonomes_Fahren_Gutachten_030419.pdf vom 22.12.2019.

113 Vgl. zu den Quersubventionen und Kosten der Automobilität mit Zahlen für die USA Dutzig, Tony/Weissmann, Gideon: Who Pays for Roads? Frontier Group 2015, <https://frontiergroup.org/sites/default/files/reports/Who%20Pays%20for%20Roads%20vUS.pdf> vom 20.01.2020.

114 Newman, Peter/Kenworthy, Jeffrey: The End of Automobile Dependence, Washington, D.C.: Island Press 2015. Vgl. als historischen Text J. Jacobs: The Death and Life of Great American Cities.

115 Vgl. zur Geschichte dieser Entwicklung Easterling, Keller: Organization space. Landscapes, highways, and houses in America, Cambridge: MIT Press 1999. Die Geschichte der Rassensegregation ist vor allem in den USA ebenfalls mit der Geschichte des Autos verschränkt, vgl. Gilroy, Paul: »Driving While Black«, in: Daniel Miller (Hg.): Car Cultures, Oxford: Berg 2001, S. 81-104.

Infrastrukturen an ihre Grenzen geraten.¹¹⁶ Der marode Zustand vieler Teile westlicher Verkehrsinfrastrukturen stellt die Reichweite staatlicher Vorsorgeleistungen in Frage. Städte und Kommunen laborieren am verkehrspolitischen Fehler der Vergangenheit, andere Fortbewegungsformen wie den öffentlichen Nahverkehr, das Fahrradfahren oder das Laufen nur als Schwundstufen des Autos begriffen zu haben.¹¹⁷ Trotzdem zeigen sich erste Tendenzen eines Wandels, manifest etwa in der 2017 gefallenen gerichtlichen Entscheidung, dass die Vermeidung von Gesundheitsrisiken wichtiger ist als die Mobilität von Dieselfahrzeugen. Der Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs und des Radwegenetzes schreitet zumindest in jüngster Zeit in Europa – mal schneller, mal langsamer – voran und bringt festgefahrene Hierarchien durcheinander, was die Straßen zu Konfliktzonen der Gegenwart macht.¹¹⁸ Auf ihnen werden Verteilungskämpfe ausgefochten, die den knapper werdenden Raum ebenso betreffen wie die Macht über die eigene Fortbewegung sowie die Integrität und die Sicherheit des eigenen Körpers. Wenn für alle Verkehrsteilnehmer:innen gilt, Autonomie abgeben zu müssen – ob an automatisierte Systeme oder an andere Verkehrsteilnehmer:innen –, dann ist damit eine Psychodynamik aktiviert, die im sexualisierten Objekt des Autos konvergiert – und nicht selten kollabiert.

4.3 Ökonomien des Begehrens

Als technisches Objekt ist das Auto tiefgreifenden gesellschaftlichen und geschlechtlichen Stratifikationen unterworfen, die seine Gebrauchsformen und seine Begehrensstruktur prägen. Kaum eine Technologie ist derart in die Aufteilung von Geschlechterrollen (und ihre mögliche Unterlaufung) involviert

116 Vgl. Hannon, Eric/Knupfer, Stefan/Stern, Sebastian et al.: An Integrated Perspective on the Future of Mobility, Part 3. Setting the Direction Toward Seamless Mobility, McKinsey Center for Future Mobility 2019, <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/the%20road%20to%20seamless%20urban%20mobility/an-integrated-perspective-on-the-future-of-mobility-part-3-vf.pdf> vom 16.01.2021.

117 Vgl. Hein, Hartwig/Mautz, Rüdiger/Rosenbaum, Wolf: Mobilität und Alltag. Warum wir nicht vom Auto lassen, Frankfurt a.M.: Campus 2001.

118 Vgl. Ladd, Brian: Autophobia. Love and Hate in the Automotive Age, Chicago: University of Chicago Press 2011; Bee, Julia: »Lob des Fahrradfeminismus«, in: Zeitschrift für Medienwissenschaft 2018, <https://www.zfmedienwissenschaft.de/online/blog/lob-des-fahradfeminismus> vom 17.03.2021.

wie das Auto. Sarah Jain hat argumentiert, dass nicht nur die Repräsentation des Autos von Männlichkeitsphantasmen geprägt ist, sondern dass automobilen Technologien und ihre Praktiken im 20. Jahrhundert Heterosexualität organisiert haben.¹¹⁹ So hat das Auto seit der Nachkriegszeit eine häusliche Aufgabenteilung etabliert, das Familienleben restrukturiert und den fahrenden Mann als Familienoberhaupt affirmiert.¹²⁰ Es ist ein Hilfsmittel, das, wie der Beitrag von Jan Müggenburg und Robert Stock zeigt, zugleich Minoritäten und Menschen mit Behinderung Teilhabe verschaffen kann und neue Ausschlüsse produziert. Die affektive Verschränkung von Männlichkeit und Autos, die der mit dem Fahrzeug ausgeübten Gewalt oft zugrundeliegt, könnte sich mit autonomen Autos, die besser fahren als der idealste Mann am Steuer, verschieben, aber Männlichkeitsphantasmen in Opposition zur Maschine auch verstärken.¹²¹

An diesen Spannungen wird deutlich, dass das Auto als Objekt unterschiedlicher Begehren der Gegenstand sozialer Konflikte mit ganz unterschiedlichen Vorzeichen, aber auch Potentialen der Wiedereignung ist. »Though driving expresses a dominant subjectivity, its practice is inflected in countless ways.«¹²² Eben weil das Auto wie keine andere Technologie des 20. und 21. Jahrhunderts Mensch und Maschine verschränkt, kann es als »Träger

119 Vgl. Jain, Sarah S. L.: »Violent Submission. Gendered Automobility«, in: *Cultural Critique* 61 (2005b), S. 186-214.

120 Vgl. Manderscheid, Katharina: »From the Auto-mobile to the Driven Subject?«, in: *Transfers* 8 (2018), S. 24-43. Beispielsweise hat das Herumfahren von Kindern zur Schule, zum Sport oder zu Freunden nicht nur eine Transportfunktion, sondern auch eine Dimension des elterlichen – in diesem Fall zumeist mütterlichen – Selbstverständnisses als schützende, sorgende Instanz. Wird diese Aufgabe von einem autonomen Auto übernommen, verändern sich das Selbstverständnis der Eltern und ihre Beziehung zu den Kindern (vgl. zu diesem Beispiel Lutz, Catherine/Fernandez, Anne L.: *Carjacked. The culture of the automobile and its effect on our lives*, New York: Palgrave Macmillan 2010, S. 26).

121 Vgl. A.-L. Berscheid: »Autonome Fahrzeuge und hegemoniale Männlichkeit in der Automobilität«, Hildebrand, Julia M./Sheller, Mimi: »Media Ecologies of Autonomous Automobility«, in: *Transfers* 8 (2018), S. 64-85; Sheller, Mimi: »Automotive Emotions«, in: *Theory, Culture & Society* 21/4-5 (2016), S. 221-242. Zur Aneignung des Autos durch Frauen, insbesondere in den Anfangsjahren, vgl. Smith, Sidonie: *Moving Lives. Twentieth-century women's travel writing*, Minneapolis: University of Minnesota Press 2001 und Scharff, Virginia: *Taking the wheel. Women and the coming of the motor age*, Albuquerque: University of New Mexico Press 1999.

122 C. Seiler: *Republic of Drivers*, S. 9.

kollektiver Symbolik der Selbstbeschreibung moderner Gesellschaften«¹²³ vielfältig aufgeladen werden. Dies wird in zahlreichen (pop-)kulturellen Auseinandersetzungen durchgespielt: In Büchern von Jack Kerouacs *ON THE ROAD* über J.G. Ballards *CRASH* bis hin zu Stephen Kings *CHRISTINE*, in Filmen von *EASY RIDER* bis *THELMA & LOUISE*, von *THE FAST AND THE FURIOUS* bis *WEEKEND*, von *REBEL WITHOUT A CAUSE* bis *DEATH PROOF*.¹²⁴ Wer in westlich geprägten Kulturen aufwächst, hat bis zur Altersgrenze für die Fahrerlaubnis schon jeden möglichen Autounfall aus jeder erdenklichen Perspektive miterlebt. Die in diesen Filmen und im Fernsehen gesetzten oder neu ausgehandelten Rekonfigurationen vor allem von Männlichkeit sind jedoch, wie auch der Beitrag von Sonia Campanini zeigt, keineswegs eindeutig: »The car is a combination of hard, phallic, thrusting machine that enhances our capacity for movement and mastery, and comforting, warm, enclosing object that seems to enfold us softly within it. It thus incorporates meanings of both hegemonic masculine and feminine sexualities.«¹²⁵ Diese Vielfalt, Fragilität und Widersprüchlichkeit gilt es, für eine Analyse autonomer automobiler Identität zu berücksichtigen. All diese Aufladungen, Begehren und Konflikte stehen mit autonomen Autos, wie auch der Beitrag von Julia Bee zeigt, zumindest zur Disposition.

Neben dem Haus oder der Wohnung hat sich das Auto im Verlauf des 20. Jahrhunderts als wichtigster Konsumartikel und als Wirtschaftszweig etabliert. Es ist nicht nur ein ökonomischer Faktor mit ökologischen Auswirkungen, sondern fungiert als Statussymbol und manifestierte lange Zeit gesellschaftlichen Aufstieg. Das vermeintlich demokratisierende Moment des Autos liegt in der Tatsache, dass Autofahren und der Besitz eines Autos vor allem in Nordamerika, aber auch in Europa keinesfalls als Luxus, sondern als Existenzminimum begriffen werden. In seinem Auto ist jeder gleich, obwohl niemand das gleiche Auto auf die gleiche Weise an den gleichen Orten fährt. Damit erscheinen alle, die – aus welchen Gründen auch immer – kein Auto benutzen, als ungleich. Die dominante Symbolik des Autos legt bis heute

123 M. Bickenbach/M. Stolzke: Die Geschwindigkeitsfabrik, S. 108.

124 Vgl. Sachs, Wolfgang: *For love of the automobile. Looking back into the history of our desires*, Berkeley: University of California Press 1992 sowie Miller, Daniel: *Car Cultures*, Oxford: Berg 2001 und Wollen, Peter/Kerr, Joe: *Autopia. Cars and culture*, London: Reaktion Books 2003.

125 Lupton, Deborah: »Monsters in Metal Cocoons«, in: *Body & Society* 5/1 (1999), S. 57-72, hier S. 60.

fest, was in westlichen Kulturen als ›gutes‹, d.h. ökonomisch produktives Leben gilt – insbesondere für jene weißen Männer, die das Auto als Extension ihrer Identität und »großes, unzerstörbares Ersatz-Über-Ich«¹²⁶ sehen. Als Objekt der Identifikation verspricht das Auto einen Ausgleich von wahrgenommenen Mängeln, eine Erweiterung von Macht und eine Übersteigerung vermeintlicher Potenz, manifest in Adoleszenzritualen der Geschwindigkeit, die nicht mehr an das Alter der Protagonisten (aber an deren ökonomische Möglichkeiten) gebunden sind. Insbesondere der Autounfall ist als Kollision zweier Körper bei hoher Geschwindigkeit seit jeher libidinös besetzt.¹²⁷ Der Kult und Mythos der Geschwindigkeit, die Extension des männlich codierten Körpers durch die Technik und die Erfahrung von Grenzsituationen sowie Übergangsritualen tragen zu dieser Besetzung ebenso bei wie die Verschränkung psychischer und monetärer Ökonomien. Auch in der »anthropomorphen Souveränitätssymbolik«¹²⁸ des Fahrzeugdesigns wird diese Psychodynamik evident, die nicht nur geschlechtliche, sondern auch rassistische Abgrenzungen erzeugt. Der Todestrieb fährt nicht auf dem Beifahrersitz: »The culture of the car is a culture of death.«¹²⁹

Seit dem Beginn der Automobilität ist die Vorstellung bürgerlicher Freiheit, Unabhängigkeit und Individualität eng an die Möglichkeiten gebunden, die das Auto jenen bereitstellt, die zu seiner Nutzung privilegiert sind.¹³⁰ Es dient als Markierung von persönlicher Freiheit, Kontrolle und Wohlstand. So schreibt Otto Julius Bierbaum in einem Fahrbericht von 1903: »Wir werden selber bestimmen, ob wir schnell oder langsam fahren, wo wir anhalten, wo wir ohne Aufenthalt durchfahren wollen.«¹³¹ Als Manifestation individueller

126 Steffen, Katharina v.: Übergangsrituale einer auto-mobilen Gesellschaft. Eine kultur-anthropologische Skizze, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1990, S. 13. Vgl. dazu auch Balkmar, Dag/Mellström, Ulf: »Masculinity and Autonomous Vehicles«, in: *Transfers* 8 (2018), S. 44-63.

127 Vgl. M. Bickenbach/M. Stolzke: *Die Geschwindigkeitsfabrik*; Brottman, Mikita: *Car crash culture*, New York: Palgrave 2002 sowie Vidal, Ricarda: *Death and Desire in Car Crash Culture. A Century of Romantic Futurisms*, Oxford: Peter Lang Publishing Group 2013.

128 Poschard, Ulf: *Über Sportwagen*, Berlin: Merve 2002, S. 22.

129 Wollen, Peter: »Introduction. Cars and Culture«, in: ders./Joe Kerr (Hg.): *Autopia. Cars and culture*, London: Reaktion Books 2003, S. 10-20, hier S. 16.

130 Vgl. Packer, Jeremy: *Mobility without mayhem. Safety, cars, and citizenship*, Durham: Duke University Press 2008.

131 Bierbaum, Otto J.: *Eine empfindsame Reise im Automobil. Von Berlin nach Sorrent und zurück an den Rhein*, München: Müller 1903, S. 12.

Freiheit und als dominante Technologie in den liberalen Gesellschaften einer »republic of drivers«¹³² unterliegt das Auto einem von Sudhir Rajan herausgearbeiteten Mechanismus der Selbstverstärkung: Es verspricht eine Freiheit, die es selbst begehrenswert macht, weil es dem Begehren neue Freiheiten verspricht, »both as a product and as a producer of modernity«¹³³. Verkehr erscheint aus dieser Perspektive als ein Kollektiv von Individuen, die im Rahmen regulierter Möglichkeiten freie Entscheidungen treffen. Diese individualistische Aufladung von Automobilität ist, wie der Beitrag von Cordula Kropp zeigt, mit einer Ausblendung der Zwänge und Zerstörungen, der Stratifikationen und Diskriminierungen verbunden, die mit Automobilität von Beginn an einhergehen.¹³⁴

Das dem Auto zugesprochene Freiheitspotential resultiert in einer Spannung zwischen der Notwendigkeit, vorsichtig, vorausschauend und rücksichtsvoll zu fahren, um sich und andere nicht zu gefährden, und den Imaginationen der Geschwindigkeit, Selbstverwirklichung und Individualität, mit denen das Auto, wie Sonia Campaninis Beitrag zeigt, vor allem in Filmen und Werbung aufgeladen wird.¹³⁵ Mit autonomen Autos verändert sich diese Spannung grundlegend: Sie sind immer rücksichtsvoll, vorausschauend und halten sich an alle Regeln (verursachen aber trotzdem Unfälle), doch die Imaginationen des Fahrens können sie nur noch auf Umwegen erfüllen. Ihre Souveränität ersetzt die Souveränität menschlicher, zumeist männlich codierter Fahrer. Geschwindigkeit wird mit fahrerlosen Autos zumindest potentiell nicht mehr in Pferdestärken oder Beschleunigung gemessen, also in Verstärkungen der Kraft menschlicher Körper, sondern von der Zeit definiert, die eine Fahrt von A nach B braucht.

Selbstfahrende Autos werden derzeit zumeist mit den gleichen Attributen angepriesen wie normale Autos: als effiziente und komfortable Verkehrsmittel, die Individualität und Progressivität versprechen, letztlich befreiend wirken und, wie der Beitrag von Cordula Kropp zeigt, Vertrauen zur Technik und ihr Risiko in ein neues Verhältnis setzen.¹³⁶ Doch in Frage steht, was mit die-

132 Vgl. C. Seiler: Republic of Drivers.

133 S. C. Rajan: »Automobility and the Liberal Disposition«, S. 113. Entsprechend gilt die Aneignung des Autos auch für minoritäre Gruppen als Eintritt in eine liberale Subjektivität und dient der Einforderung von Bürgerrechten (vgl. C. Seiler: Republic of Drivers, S. 67f.).

134 Vgl. P. Gilroy: »Driving While Black«.

135 Vgl. S. S. L. Jain: »Violent Submission«, S. 189.

136 Vgl. J. M. Hildebrand: »On Self-Driving Cars as a Technological Sublime«, S. 153-173.

ser automobilen Subjektivität geschieht, wenn ein autonomes Auto Aufgaben des Fahrers besser bewältigen kann als dieser selbst. Wenn auch dem Auto Handlungsmacht und Entscheidungsfähigkeit zugesprochen werden, verändert diese Neuaushandlung des Verhältnisses von Mensch und Maschine auch das Selbstverständnis des fahrenden Menschen – und insbesondere jener weißen Männer, deren Normvorstellungen an das Auto gebunden sind.¹³⁷ Wenn der in dieser Psychodynamik zumeist männliche Fahrer Autonomie an jenes Objekt des Begehrens abgeben muss, aus dem er seine eigene Autonomie (oder zumindest deren Imagination) zieht, hat dies bisher kaum beachtete Konsequenzen für die zugrunde liegenden Subjektivierungsprozesse. Was Matthias Bickenbach und Michael Stolzke über den Unfall schreiben, könnte mit der Automatisierung zur Normalität werden: »Der Verlust über die Kontrolle des Wagens ist das Trauma des Verlusts der Selbstbestimmung.«¹³⁸ Automatisierung konstituiert ein neues Subjekt, das die Maschine nicht beherrscht, sondern der Assistenz bedarf und damit nicht mit den vor allem in der Populärkultur durchgespielten automobilen Subjektivitäten vereinbar ist. Ein autonomes Auto führt jedem Fahrer seine eigene Unzulänglichkeit vor. Dies erklärt auch die vielen Fälle von Vandalismus, absichtlichem Schneiden, »Erschrecken« und sonstiger Aggressivität gegenüber Testfahrzeugen, von denen Waymo berichtet.¹³⁹ Zugleich ermöglichen autonome Autos, wie Jan Muggenburs und Robert Stocks Beitrag zeigt, Menschen mit Behinderung eine neue Autonomie, die die Normalität autonomen menschlichen Verhaltens in Frage zu stellen erlaubt. Was bedeutet es also, wenn der Subjektivierungsmodus autonomer Autos darauf hinausläuft, dass sich alle Insassen eines solchen Autos grundsätzlich als assistenzbedürftig erfahren? Zu welchen Verwerfungen und Konflikten führt all das?

Mit der Ablösung des Autos als Statussymbol und der anstehenden Neuaufteilung des öffentlichen Raums sind schon heute massive Konflikte verbunden, die in einem Backlash dieser Entwicklung und der Affirmierung automobiler Identität resultieren. In ähnlicher Hinsicht haben Göde

137 Vgl. G. Both/J. Weber: »Hands-Free Driving?«, S. 16 sowie Göde Both: Keeping Autonomous Driving Alive. An Ethnography of Visions, Masculinity and Fragility, Leverkusen: Budrich Academic Press 2020.

138 M. Bickenbach/M. Stolzke: Die Geschwindigkeitsfabrik, S. 14.

139 Vgl. Randazzo, Ryan: »A slashed tire, a pointed gun, bullies on the road: Why do Waymo self-driving vans get so much hate?«, Arizona Central 2018, <https://eu.azcentral.com/story/money/business/tech/2018/12/11/waymo-self-driving-vehicles-face-harassment-road-rage-phoenix-area/2198220002> vom 11.07.2021.

Both und Jutta Weber beschrieben, dass das Entmündigungsnarrativ der Automatisierung auf einer strikten Trennung der aktiven Handlungsmacht des Menschen und der passiven Handlungsmacht der Maschine beruht, die durch die Automatisierung zuungunsten des Menschen verschoben wird.¹⁴⁰ Betrachte man hingegen Auto und Mensch nicht als separate Entitäten, werde mit ihrer Verschränktheit deutlich, dass Handlungsmacht zwischen Akteuren verteilt wird. In dieser Perspektive wird die Bedeutung der Objektophilie, der Macht der Geschwindigkeit und der Maschinisierung der Fortbewegung für das Begehren nach dem Auto deutlich – wie auch die Herausforderungen, die mit dessen Transformation einhergehen. Wenn das Auto als Maßstab der Selbstverwirklichung bemüht wird, kann sich in ihm ein Narzissmus manifestieren, der nicht im Verborgenen bleibt, sondern ständig sozialer Interaktion ausgesetzt ist. Das gesellschaftliche Imaginäre des Autos ist die »freie Fahrt für freie Bürger« – ein Slogan, den der ADAC in den 1970er Jahren im Zeichen der Ölkrise gegen ein allgemeines Tempolimit etabliert und der heute Teil des Grundsatzprogramms der AfD ist. Diese Freiheit kann nur durch Ausgrenzung und Unfreiheit für Nicht-Autofahrer:innen hergestellt werden. Welche Verschiebungen zwischen Freiheit und Unfreiheit die Automatisierung des Verkehrs mit sich bringt, hängt von den Ökonomien und Begehren ab, die sich mit ihr verändern werden.

Alle Verkehrsmittel, ob Autos, Motorräder, Busse, Fahrräder oder Fußgänger:innen, können, wenn sie sich auf der Straße begegnen, als gegenseitige Kritik verstanden werden – als Kritik nicht nur an den Optionen der Fortbewegung, sondern auch der dahinterstehenden Lebensformen und Zukunftsentwürfe. Auf diese Weise betrachtet, sind die alltäglichen Konflikte im Straßenverkehr nicht nur Resultate der infrastrukturellen Dimension unvereinbarter Räume, Geschwindigkeiten und Bewegungen. In solchen Konflikten stehen sich unterschiedliche Mobilitätskulturen gegenüberstehen, sind aber auch miteinander verschränkt. Die Zukunft dieser Konflikte und Verschränkungen, mithin die Ökonomien automobilen Begehrens, werden derzeit neu ausgehandelt.

4.4 Infrastrukturen, Körper und motorisierte Gewalt

Auch das Verhältnis fahrender und nicht-fahrender Körper zum Auto verändert sich im Zuge der Automatisierung. Ein klassisches Auto geht mit den

140 Vgl. G. Both/J. Weber: »Hands-Free Driving?«

Körpern der Fahrenden und Gefahrenen eine spezifische Verbindung ein, übt aber auch auf Körper, denen es begegnet, eine Wirkung aus. Damit sind unterschiedliche Machtverhältnisse und Subjektpositionen verbunden, aber auch neue Formen der Gewalt und des Unfalls, deren Veränderungen grob skizziert werden sollen.

Der geregelte Straßenverkehr konstituiert sich durch gesellschaftlich konventionalisiertes, vielfältig codiertes, reguliertes und körperlich diszipliniertes (und disziplinierendes) Verhalten unter ständiger gegenseitiger Beobachtung.¹⁴¹ Der Akt des Autofahrens ist eine Körpertechnik im Sinne des Anthropologen Marcell Mauss', die in zwei widerstrebenden Richtungen auf den fahrenden und steuernden Körper wirkt: Sie diszipliniert den Körper, die Wahrnehmung und die Affekte, kann sie jedoch auch massiv intensivieren.¹⁴² Körperhaltungen, Gesten, das Bedienen von Steuerungselementen und das Einhalten von Regeln müssen derart internalisiert sein, dass sie ohne bewusste Akte vonstattengehen. Der Fahrer/die Fahrerin bewegt das Auto mit minimalen Bewegungen und (theoretisch) maximaler Aufmerksamkeit. Er/sie wird zum Bestandteil eines Gefüges, das auf Reibungslosigkeit, hohe Geschwindigkeit und die Schnelligkeit von Reaktionen ausgerichtet ist. Sein/ihr Körper ist in eine entsprechende Position gezwungen, die keine abweichenden Bewegungen erlaubt. Der Fahrer/die Fahrerin ist derart mit der Fahrzeugtechnik verschränkt, dass seine/ihre Bewegungen mit den Bewegungen des Autos gekoppelt sind und beides mitunter als eine Einheit empfunden wird, welche die Schwächen des menschlichen Körpers durch technische Supplementierung aufhebt. Reize und Reaktionen sind dabei durch die Technik vermittelt an die Bewegungen des Fahrzeugs im Raum gebunden. Kapazitäten der Aufmerksamkeit werden in unterschiedlichen Graden okkupiert – von der subkutanen Gegenwärtigkeit des Fahr-Flows bis hin zur vollständigen Durchdringung des Autos als Extension des Rennfahrer:innen-Körpers.¹⁴³ Das disziplinierende Moment der Körpertechnik Autofahren wirkt subjektivierend.

141 Vgl. D. Lupton: »Monsters in Metal Cocoons«, S. 66.

142 Vgl. Mauss, Marcel: »Die Techniken des Körpers«, in: ders. (Hg.): *Soziologie und Anthropologie 2*, München: Fischer 1950, S. 197-220.

143 Vgl. McLuhan, Marshall: *Understanding Media. The Extensions of Man*, New York: Mentor 1964, S. 217f. sowie Schnapp, Jeffrey T.: »Three Pieces of Asphalt«, in: *Grey Room 11* (2003), S. 5-21. Zur Subjektivität des Fahrens vgl. Dant, Tim: »The Driver-Car«, in: *Theory, Culture & Society* 21/4-5 (2004), S. 61-79.

Die Interaktion zwischen Menschen und Maschinen im Auto wird, wie der Beitrag von Jan Distelmeyer zeigt, durch eine Vielzahl unterschiedlicher Interfaces vermittelt: Das Lenkrad, die Pedalen und der Schalthebel setzen Bewegungen des Körpers mechanisch oder elektronisch vermittelt in Bewegungen der Maschine um. Tachoanzeigen sowie Leucht- und Lichtsignale informieren über den aktuellen Status. Zahlreiche Schalter und Knöpfe erfordern eine Memorierung ihrer Funktionen, die zum Körpergedächtnis des Fahrens hinzutritt. Jede Handlung im Prozess des Autofahrens ist ein zeitkritischer Akt der Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Die zunehmende Durchsetzung von Fahrassistenten greift auf all diesen Ebenen ein: Abstandhalter, Spurhalteassistenten, Einparkhilfen und Tempomaten sind dann aufmerksam, wenn der Fahrer/die Fahrerin unaufmerksam ist. Sie haben keinen toten Winkel. Sie sind präziser als seine Wahrnehmung, unterlaufen die menschliche Reaktionsgeschwindigkeit und eröffnen einen Möglichkeitsraum, der allein dem automatisierten Fahrzeug zur Verfügung steht – wie Sam Hinds Beitrag zeigt, potentiell auch aus der Ferne. Diese neue Ökonomie der Aufmerksamkeit bringt zugleich eine neue Verteilung von Handlungsmacht zwischen menschlichen und nicht-menschlichen Akteuren mit sich, die zusammenwirken müssen, damit ein autonomes Auto fährt.¹⁴⁴

Für die Fahrer:innen semi-autonomer Fahrzeuge, die noch nicht so zuverlässig sind, dass sie alle Situationen bewältigen können, ergeben sich damit neue Herausforderungen: Angesichts der angestrebten Zuverlässigkeit des Autopiloten kann sich der Fahrer/die Fahrerin auf andere Dinge konzentrieren, muss aber ständig in Bereitschaft sein, um im Notfall einzugreifen.¹⁴⁵ Diese Konstellation ist denkbar ungeeignet für die Reaktionskapazitäten menschlicher Fahrer:innen, die ihre Aufmerksamkeit nicht teilen können. Die Ironie der Automation, von der Lisanne Bainbridge bereits 1983 spricht, liegt darin, dass Automatisierungsprozesse menschliche Arbeit zwar erleichtern (und damit verbilligen), aber auch langweiliger machen, weil nur noch

-
- 144 Vgl. Brown, Barry/Laurier, Eric: »The Trouble with Autopilots«, in: Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (2017), S. 416-429; Endsley, Mica R.: »Autonomous Driving Systems. A Preliminary Naturalistic Study of the Tesla Model S«, in: Journal of Cognitive Engineering and Decision Making 11 (2017), S. 225-238 sowie R. Sparrow/M. Howard: »When human beings are like drunk robots.«
- 145 Lisanne Bainbridge hat diese Beobachtung bereits 1983 als *Irony of Automation* beschrieben: Bainbridge, Lisanne: »Ironies of automation«, in: Automatica 19/6 (1983), S. 775-779.

eine Maschine überwacht werden muss. Da diese wiederum so präzise operiert, dass eingriffsrelevante Fehler nur überaus selten eintreten, während die Aufmerksamkeit des Menschen flüchtig ist, ist trotz der Arbeitserleichterung die Aufgabe der Maschinenkontrolle extrem anspruchsvoll. Sie erfordert ständige Aufmerksamkeit auf repetitive Abläufe. Für genau diese Aufgabe ist das menschliche Nervensystem nicht gut geeignet. Dies gilt insbesondere für das Fahren auf Automatisierungslevel 2 und 3, wo trotz der Autonomie ununterbrochene Aufmerksamkeit und kurzfristige Reaktionsfähigkeit notwendig sind. Akustische und optische Warnsignale, die visuelle Überwachung der fahrenden Person sowie berührungsempfindliche Sensoren am Lenkrad sollen die geteilte Aufmerksamkeit des Fahrers/der Fahrerin kanalisieren und in den entscheidenden Momenten aktivieren. Zahlreiche Studien haben auf die Gefahren dieser ironischen Spannung und die Unzulänglichkeit der Aufmerksamkeitskontrolle hingewiesen und die ersten tödlichen Unfälle mit autonomen Fahrzeugen belegen deren Dimension.¹⁴⁶ So zeigt sich, wie Victoria Banks und Neville Stanton ausgeführt haben, dass gerade das Fahren auf Level 2 von einem erhöhten Unfallrisiko begleitet ist, welches nur in dieser speziellen Konfiguration von menschlicher Aufmerksamkeit und Automation auftritt.¹⁴⁷

Die Körper im Inneren des Autos sind Teil eines Ensembles, welches wiederum in Infrastrukturen eingebettet ist, die alle anderen Körper zur Unterordnung unter das Auto zwingen. Die Verkehrsinfrastruktur ist spätestens seit den 1960er Jahren so ausgebaut, dass das Auto effektiv zur primären gewaltausübenden Instanz wird, ob der Fahrer/die Fahrerin dies will oder nicht.¹⁴⁸ Bei jedem Überqueren einer Straße sind Fußgänger:innen gezwungen, sich nach dem Auto zu richten und ihre Körper aus der Gefahrenzone zu bringen – auch wenn es im Straßenraum keine *safe spaces* gibt. Alle nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmer:innen werden durch infrastrukturelle Maßnahmen angehalten, sich dem Auto anzupassen – Verhaltensweisen, Subjektivierungen und Ökonomien westlicher Kulturen sind derart auf das Auto

146 Vgl. Banks, V. A./Eriksson, A./O'Donoghue, J. et al.: »Is partially automated driving a bad idea?« sowie Banks, Victoria A./Plant, Katherine L./Stanton, Neville A.: »Driver Error or Designer Error. Using the Perceptual Cycle Model to Explore the Circumstances Surrounding the Fatal Tesla Crash on 7th May 2016«, in: *Safety Science* 108 (2018), S. 278-285.

147 Vgl. Banks, Victoria A./Stanton, Neville A.: »Keep the Driver in Control. Automating Automobiles of the Future«, in: *Applied Ergonomics* 53 (2016), S. 389-395.

148 Vgl. Reichow, Hans B.: *Die autogerechte Stadt*, Ravensburg: Otto Maier 1959.

ausgerichtet, dass alternative Formen der Fortbewegung infrastrukturell benachteiligt oder gar verunmöglicht werden. Dies betrifft nicht nur die konkrete Bewegung von Körpern im Raum. Nicht an das Auto gebundene Formen mobiler Subjektivität sind im Regime der Automobilität lange Zeit abgewertet worden, wie etwa die aktuellen Debatten um Fahrradinfrastrukturen immer wieder vorführen. In diesem Sinn besteht das, was ich infrastrukturelle Gewalt nennen möchte, sowohl aus baulichen und architektonischen Maßnahmen, die Bewegungen regulieren, als auch aus dem Kräftefeld bewegter Körper, die aufeinander Macht ausüben. Wie Dennis Rodgers und Bruce O'Neill festgehalten haben, sind Infrastrukturen nicht nur Materialisierungen von Gewalt, sondern auch ihr Medium, weil sie nicht nur Körper zu Bewegungen zwingen, sondern Bewegungen organisieren, verstärken oder überhaupt erst ermöglichen – etwa in Form von Radwegen und Busspuren, Ampelschaltungen oder Pollern.¹⁴⁹

Unter dem Hashtag *#motorisiertegewalt* wird in den aktuellen Debatten um die Verkehrswende das rücksichtslose Verhalten mancher Autofahrer:innen diskutiert, die das Auto situativ als Waffe gegen schwächere Verkehrsteilnehmer:innen einsetzen.¹⁵⁰ Dieser Begriff wird bislang zumeist subjektivistisch eingesetzt, um zu markieren, wie Individuen motorisierte Gewalt ausüben oder ihr ausgesetzt sind, wenn sie die Masse (aber auch den Preis) ihres Autos zur Demonstration von Überlegenheit einsetzen. Versteht man motorisierte Gewalt, die zumeist geschlechtlich codiert und sozial stratifiziert ist, jedoch weniger subjektivistisch als infrastrukturell, wird deutlich, dass die Infrastrukturen des Straßenverkehrs Formen von Gewalt hervorbringen, aber auch hemmen können. Desto stärker andere Verkehrsteilnehmer:innen objektiviert und damit als fremd und anders empfunden werden, desto niedriger liegt die Hemmschwelle für aggressives Verhalten. Da Infrastrukturen alle Menschen als Objekte behandeln, sind sie zwar an diesem Prozess beteiligt, können ihn aber kanalisieren. Mit Blick auf automatisierte Autos verschiebt sich angesichts der ihnen eigenen Affektlosigkeit die Perspektive auf diese

149 Vgl. Rodgers, Dennis/O'Neill, Bruce: »Infrastructural Violence. Introduction to the special issue«, in: *Ethnography* 13 (2012), S. 401–412, hier S. 404.

150 Dieser Begriff, der vor allem auf Twitter Karriere gemacht hat, wurde vom Fahrradaktivist und Blogger Martin Herrndorf geprägt (vgl. <https://www.radkomm.de/ueber-motorisierte-gewalt/> vom 20.01.2020).

Gewalt, weil weniger ihre individuelle Ausübung als vielmehr ihre infrastrukturelle Bedingtheit sichtbar wird.¹⁵¹

Die in den Infrastrukturen des Verkehrs angelegte Gewalt ist mit dem bis heute vorherrschenden politischen Willen zur Automobilität verschränkt. Eine Beschäftigung mit der Automatisierung, die zugleich Alternativen zur gegenwärtigen Dominanz des Autos mitbedenken möchte, sollte daher ein Sensorium für die Machtgefälle zwischen unterschiedlichen Modi der Mobilität entwickeln. Diese Perspektive auf die strukturelle Dimension motorisierter Gewalt, die systemischen Rassismus und die Zerstörung von Lebensgrundlagen einschließt, mag die Hoffnung auf Straßenverkehr ohne Gewalt naiv erscheinen lassen, zeigt jedoch auch, dass gerade auf infrastruktureller Ebene durch verkehrspolitische Maßnahmen und technische Entwicklungen infrastruktureller Gewalt Vorschub geleistet, sie aber auch gehemmt werden kann. Die Automatisierung könnte diese Tendenzen in beide Richtungen verstärken.

Als Bestandteil der Verkehrsinfrastruktur haben autonome Autos trotz der einprogrammierten Rücksichtnahme und des sozialen wie ökonomischen Imperativs der Unfallverhinderung Teil an den Erscheinungsformen motorisierter Gewalt. Sie vermeiden zwar die Affektivität menschlicher Fahrer:innen, die in vielen Fällen motorisierte Gewalt manifestiert. Sie sind so programmiert, dass sie niemanden in Gefahr bringen und stets die sicherste Option wählen (auch wenn deren Auswahl schwierig bis unmöglich sein kann). Doch zugleich zeigen sie die strukturelle Dimension motorisierter Gewalt, die maschinisiertem Verkehr immer inhärent ist. Verkehr bringt unvermeidlicherweise Menschen in Gefahr. Jede Bewegung von Körpern mit unterschiedlicher Masse, Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung bringt das Risiko von Kollisionen mit sich. Selbst wenn das Risiko minimiert wird, bleibt ein unkalulierbarer Rest – selbst in einer Welt selbstfahrender Autos wird es Verkehrstote geben, auch wenn das Versprechen lautet, ihre Anzahl drastisch zu reduzieren. Dieses Versprechen, das alle Automatisierungsprojekte im Verkehrssektor eint, erweist sich bei näherem Hinsehen als Negation der Realität motorisierter und infrastruktureller Gewalt. Deren Formen der Ausübung und

151 Julia Bee hat in diesem Sinn auf die Affektivität von Infrastrukturen der Bewegung hingewiesen: »Verkehr besteht aus Affekten, Affekte sind essentiell für Verkehr, da Bewegung und Affekte das subkutane, virtuelle Feld des Prozesses beschreiben, welches in aktuellen Verkehrspraktiken sowohl abgeschöpft als auch produziert wird.« (J. Bee: Lob des Fahrradfeminismus.)

Relationen der Herrschaft verändern sich zwar mit autonomen Autos, würden aber keinesfalls verschwinden, weil sie auf das Auto als ausübendes Instrument angewiesen sind und ihre Wirkung infrastrukturell entfalten. Diese Gewalt ist nicht nur ein Effekt individuellen Verhaltens mit vielfältigen Ursachen, sondern ein struktureller Faktor jeglichen Straßenverkehrs, der sich mit pädagogischen Maßnahmen und Disziplinierungen allein ebensowenig bekämpfen, wie er sich mit avancierter Automatisierung aus der Welt schaffen lässt. Konflikte sind, wie Julia Bee argumentiert hat, dem Straßenverkehr nicht äußerlich, sondern notwendig für seine disziplinierende Funktionalität und mithin Bestandteil seiner Subjektivierungsformen.¹⁵²

4.5 Unfall und Geschwindigkeit

Mit der Übernahme menschlicher Kapazitäten durch die Maschine verändert sich auch der Status von Unfällen. Abseits der juristischen Fragen nach der Haftung bei von autonomen Autos verursachten Unfällen tritt insbesondere die Notwendigkeit hervor, den Unfall als integrativen Bestandteil der Verkehrsinfrastruktur zu betrachten. Autonome Autos könnten, so eine industrienahe Schätzung, 90 % aller auf menschliche Fehler zurückzuführenden Unfälle vermeiden.¹⁵³ Dennoch werden sie weiterhin in Situationen geraten, in denen es keine Verhaltensoption ohne Schaden gibt. Mit Paul Virilio kann man fragen, welche Art von Unfall diese neue Technologie in die Welt bringt.¹⁵⁴ Für die beteiligten Menschen ist ein Autounfall ein mitunter existenzielles Ereignis, für ein autonomes Auto bzw. den Hersteller eine Möglichkeit des Lernens. Die Besonderheit autonomer Fahrzeuge liegt darin, dass ihre Regeln zum Verhalten in komplexen Situationen nicht nur vorprogrammiert sind, sondern durch Machine Learning ständig optimiert werden. Eine Verbesserung ihrer Kategorisierungsalgorithmen, Entscheidungsmodule und Sicherheitsroutinen geschieht auf der Grundlage von Lernprozessen, die

152 Vgl. ebd.

153 Vgl. Heineke, Kersten/Kampshoff, Philipp/Mkrtchyan, Armen et al.: »Self-driving car technology. When will the robots hit the road?« McKinsey 2017, <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/self-driving-car-technology-when-will-the-robots-hit-the-road> vom 20.01.2020.

154 Vgl. P. Virilio: Fahren, Fahren, Fahren sowie Bissell, David: »Automation Interrupted. How autonomous vehicle accidents transform the material politics of automation«, in: *Political Geography* 65 (2018), S. 57-66.

von den Herstellern anhand der von Autos gesammelten Daten zentral in Rechenzentren durchgeführt werden. Machine Learning besteht darin, dass ein algorithmisches System Muster und Regelmäßigkeiten in einer großen Masse an unstrukturierten Daten selbsttätig erkennt und Klassifikationen vornimmt, also beispielsweise Objekte identifiziert, Projektionen zukünftigen Verhaltens mit vergangenen Situationen vergleicht oder die Konsequenzen von Entscheidungen über Reaktionen sammelt.¹⁵⁵ Welche Schwierigkeiten etwa bei der Klassifizierung von Fußgänger:innen entstehen, demonstriert der Beitrag von Tobias Matzner – und Stefan Rieger spielt die Konsequenzen von Fehlerkennungen durch. Der Algorithmus formuliert eine Hypothese, die Prognosen über das Auftreten wiederkehrender Ereignisse trifft. Wenn sich die Ergebnisse bewähren, fließen die veränderten Hypothesen in die operationalen Algorithmen des autonomen Systems ein. Die optimierten Algorithmen werden dann per Softwareupdate in die Flotte zurückgespielt, die mit jeder Fahrt neue Daten sammelt. Insbesondere das *reinforced learning* ist, wie Dawid Kasprovicz's Beitrag demonstriert, eine Grundlage der Modellierung von Verhaltensweisen unterschiedlicher Agenten, bei der sich immer wieder das Problem der Übersetzbarkeit zwischen Modell und Welt stellt – und mit- hin die Frage, wer was über wen lernt.

Die zur Optimierung notwendigen Daten, die auch die komplexen Wechselwirkungen der einzelnen Fahrzeugkomponenten umfassen, lassen sich nur bedingt in kontrollierten Testumgebungen erheben wie bei den vorgeschriebenen, streng regulierten Crashtests klassischer Fahrzeuge. Nur der reale Straßenverkehr bietet die zur Optimierung notwendige Komplexität und Unvorhersagbarkeit.¹⁵⁶ Die Daten vor allem über Ausnahmesituationen, die extrem selten vorkommen, müssen *in the wild* gesammelt werden. Im sogenannten *public shadow driving* werden autonome Fahrzeuge derzeit von zahlreichen Herstellern mit Sicherheitsfahrer:innen in festgelegten Gebieten ausgewählter Städte in den USA im Alltagsverkehr getestet.¹⁵⁷

155 Vgl. Engemann, Christoph/Sudmann, Andreas: Machine Learning. Medien, Infrastrukturen und Technologien der Künstlichen Intelligenz, Bielefeld: transcript 2018.

156 Vgl. dazu Marres, Noortje: »What if nothing happens? Street trials of intelligent cars as experiments in participation«, in: Sabine Maasen/Sascha Dickel/Christoph Schneider (Hg.): TechnoScience in Society. Sociology of Knowledge Yearbook, Nijmegen: Springer 2020, S. 111-130.

157 Die gesetzlichen Bedingungen und Sicherheitsmaßnahmen für Testfahrten sind genau definiert. Vgl. American Association of Motor Vehicle Administrators: Jurisdictional Guidelines for the Safe Testing and Deployment of Highly Automated Vehi-

Die vorgeschriebenen Sicherheitsfahrer:innen überwachen die nur bedingt verkehrsreifen Systeme und reagieren auf Fehlfunktionen oder auf Sicherheitsrisiken. Sie sollen eine zusätzliche Redundanz integrieren, damit im Falle eines Fehlers oder Versagens des autonomen Systems die Verkehrssicherheit gewährleistet bleibt – ähnlich wie in einem Fahrschulwagen der Fahrlehrer immer eingriffsbereit sein muss.¹⁵⁸

Öffentliche Straßen werden so zu privaten Experimentalräumen, die der Optimierung autonomer Systeme und der Validierung ihrer Verkehrstauglichkeit dienen.¹⁵⁹ Waymo beispielsweise hat als mit Abstand erfahrenstes Unternehmen eigenen Angaben zufolge bis Anfang 2020 zwanzig Millionen Meilen in Testfahrzeugen und zehn Milliarden Meilen in der von Mitarbeitern so *Car Craft* genannten Computersimulationen zurückgelegt – bei keinem einzigen tödlichen Unfall, aber einigen kleinen Zusammenstößen ohne Verletzte.¹⁶⁰ Tesla nutzt jedes Auto zur Sammlung von Daten, die für Softwareupdates eingesetzt werden. Wie der Beitrag von Hannah Zindel zeigt, kommt diesen Simulationen eine entscheidende epistemologische Funktion zu.

Gefahrensituationen müssen vom Auto nicht als Ausnahmen, sondern als Regelfall gelernt werden, weil Verkehr nur durch die ständige regelbasierte Vermeidung von Zusammenstößen funktionieren kann. Als Erfolgskriterium gilt dabei die Quote an Disengagements, d.h. manuellen Eingriffen von Testfahrer:innen. Beispielsweise müssen alle in Kalifornien testenden Unternehmen ihre Werte jährlich veröffentlichen. Seit 2015 liegt dabei Waymo mit Abstand auf dem ersten Platz, für 2018 mit 0,09 Disengagements pro 1000

cles 2018, <https://www.aamva.org/GuidelinesTestingDeploymentHAVs-May2018> vom 20.01.2020.

158 Vgl. Koopman, Philip/Osyk, Beth: »Safety Argument Considerations for Public Road Testing of Autonomous Vehicles«, in: International Journal for Advanced and Current Practices in Mobility 1 (2019), S. 512-523.

159 Dies zeigen auch die ersten beiden Unfälle mit autonomen Autos im Jahr 2016. Vgl. dazu ausführlich Sprenger, Florian: »Learning by Crashing. Unfälle autonomer Autos«, in: Merkur 853 (2020), S. 44-58.

160 Vgl. Madrigal, Alexis C.: »Inside Waymo's Secret World for Training Self-Driving Cars«, in: The Atlantic 2017, <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/08/inside-waymos-secret-testing-and-simulation-facilities/537648/> vom 20.01.2020. Inoffizielle Berichte sprechen von einer höheren Anzahl an Unfällen mit Verletzten (vgl. Duhigg, Charles: »Did Uber Steal Google's Intellectual Property?«, in: New Yorker 2018, <https://www.newyorker.com/magazine/2018/10/22/did-uber-steal-googles-intellectual-property> vom 20.01.2020).

Meilen, d.h. einem Eingriff alle 17847 Meilen, was in etwa der durchschnittlichen Jahresleistung eines PKW in Deutschland entspricht.¹⁶¹ Es gibt jedoch keine zuverlässigen Zahlen über Unfälle ohne Personenschäden bei Testfahrten.

Unter dem Titel *Driving to Safety* hat ein Report der Rand Corporation die Frage gestellt, wie viele Meilen an Testfahrten nötig sind, damit die Zuverlässigkeit eines autonomen Fahrzeugs und seine Überlegenheit gegenüber der Unfallquote menschlicher Fahrer:innen demonstriert werden können. Der Bericht zeigt, dass das Testen aller möglichen Situationen, mit denen ein autonomes Fahrzeug konfrontiert sein kann, im öffentlichen Verkehr weder finanziell noch zeitlich möglich ist.¹⁶² Um zu demonstrieren, dass autonome Fahrzeuge eine signifikant geringere Unfallquote als Menschen haben und damit ethisch erstrebenswert sind, müssten einhundert Fahrzeuge, die ununterbrochen im Einsatz sind, fünf Milliarden Meilen fahren, was 225 Jahre dauern würde. Diese Zahlen haben zur jüngsten Ernüchterung über die Potentiale autonomer Autos und den Horizont ihrer Marktreife beigetragen. So ließ John Krafcik von Waymo 2018 verlauten, dass vollständig autonomes Fahren auf Stufe 5 nie in allen Verkehrssituationen möglich sein werde.¹⁶³ Auch andere Hersteller haben ihre Prognosen der Markteinführung um gut zehn Jahre nach hinten verschoben. Das *public shadow driving* steht als Entwicklungsmethode zur Debatte und Waymo setzt seit 2018 ergänzend umfangreiche Simulationen aus der Luftfahrtindustrie und dem Militärsektor ein. Dennoch werden weiterhin Testfahrten durchgeführt, weil sie für die technische Entwicklung unabdingbar sind.

Im Zuge dieser Entwicklungen werden Unfälle zu technisch notwendigen Lernprozessen zur besseren Adaption. Alle anderen Verkehrsteilnehmer:in-

161 Herger, Mario: Disengagement Reports 2018 – Final Results, <https://thelastdrive.licenseholder.com/2019/02/13/update-disengagement-reports-2018-final-results> vom 17.03.2021.

162 Vgl. Kalra, Nidhi/Paddock, Susan M.: Driving to Safety. How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability? RAND Corporation 2016, http://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1478.html vom 17.03.2021. Ein Kritikpunkt an dieser Studie lautet, dass die Optimierung des Fahrzeugs durch Lernprozesse nicht berücksichtigt. Mit jedem Update verändert sich die Unfallwahrscheinlichkeit, weshalb man nicht von einer linearen Entwicklung ausgehen kann.

163 Tibken, Shara: »Waymo CEO: Autonomous cars won't ever be able to drive in all conditions«, in: cnet 2018, <https://www.cnet.com/news/alphabet-google-waymo-ceo-john-krafcik-autonomous-cars-wont-ever-be-able-to-drive-in-all-conditions> vom 20.01.2020.

nen werden zu Instrumenten im Labor des Machine Learning. Durch das *street testing* sollen Unfälle letztlich vermieden werden, weil das Fahrzeugmodell mit jedem Unfall optimiert wird. Autonome Autos stehen damit in einer langen Tradition des kontrollierten Unfalls unter Laborbedingungen, die nunmehr aufgrund der Notwendigkeit der Datensammlung auch in den Alltag übergreift. Jeder Unfall ist ein Anlass zur Optimierung, aber die Optimierung kritischer Reaktionen ist nur möglich, wenn kritische Situationen eintreten. Der der Unfallvermeidung integrierte Unfall ist kein tragisches Ereignis, sondern ein Instrument der Optimierung und ein Moment der Hoffnung, solche Unfälle in Zukunft vermeiden zu können. Die Opfer – statistisch in den allermeisten Fällen eben keine Autofahrer:innen – würden damit zu Geopferten, auch wenn sich die Gesamtzahl der Unfälle vermindern würde. Unfälle mit autonomen Autos sind also nicht nur eine ethische und juristische Herausforderung, sondern stellen auch Fragen an die kulturelle Integration dieser Technologien. Was bedeutet es über die ethische und juristische Ebene der Schuldzuweisung hinaus, dass Unfälle als Resultate von Programmierfehlern, falschen algorithmischen Kategorisierungen oder Sensorstörungen auftreten? Was bedeutet es, so fragen die Beiträge von Hannah Zindel und Tobias Matzner, wenn der öffentliche Verkehr zum Labor des Machine Learning wird?

Die Annahme, dass Autos – ob autonom oder nicht – potentiell unfallfrei sind und Unfälle nur durch unsachgemäßen Gebrauch, ergo Fehler der Fahrenden oder anderer Verkehrsteilnehmer:innen, verursacht werden, ist Sarah Jain zufolge eng in die Geschichte der juristischen und sozialen Aushandlung dieser neuen Technologie verwoben. Die Tatsache, dass Autos und ihre Infrastrukturen als solche gefährlich sind – viele Millionen Verkehrstote seit ihrer Einführung belegen dies –, ist vor allem im Prozess der Etablierung des Systems der Automobilität in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts systematisch verdeckt worden. In der Konsequenz wurden Haftungsrisiken zumindest in den USA im Gegensatz zum Schienenverkehr nicht auf Seiten der Hersteller verortet, sondern das Auto von Beginn an als neutrale, prothesenartige Technologie angesehen, der keine eigenständige Handlungsmacht zukommt. Anstatt das Auto wie eine Kutsche oder eine Waffe in die juristische Kategorie der ›dangerous instrumentality‹ einzuordnen, was spezielle Vorsichtsmaßnahmen und vor allem Haftung von Besitzer:innen und Herstellern impliziert hätte, wurde es, wie Jain zeigt, als Alltagsgegenstand gefasst, dessen falsche Anwendung kein spezielles Haftungsrisiko nach sich zieht. Das faktische Risiko wurde vergesellschaftet und trifft seitdem insbesondere Verkehrsteilneh-

mer:innen, die kein Auto verwenden. Dieses »Auseinanderfallen von Verursachern und Betroffenen des Risikos« hat Peter Itzen zufolge zur »Entskandalisierung des Problems [des Anstiegs von Unfällen] bei[getragen].«¹⁶⁴

Juristisch wird das Auto, wie Jain demonstriert, seit der Verhandlung von Haftungsrisiken zugunsten von Automobilisten aus Sicht des männlichen, weißen und privilegierten Fahrers als ein gewöhnliches Produkt beurteilt, dessen Gefährlichkeit in der Hand des souveränen Fahrers liege. Die Aufladung des Autos als Statussymbol und Projektionsfläche ist also ebenso juristisch verankert wie die souveräne Subjektivität des fahrenden Mannes. Zugleich wird die Gefährdung von unbeteiligten Passant:innen, vor allem von Frauen und Kindern, marginalisiert. Den Effekt dieser Normalisierungstendenz sieht Jain in der Entstehung eines disziplinären Modells einer Subjektivität, die das Auto beherrscht, wenn sie männlich und stark ist, oder ihm zum Opfer fällt, wenn sie weiblich und schwach ist. Das Auto selbst erscheint dabei lediglich als ein Instrument zur Ausübung dieser Subjektivität und nicht an sich oder als Bestandteil einer Infrastruktur gefährlich. »All the messy complications of accidental meetings, defective designs, and chaotic spaces become reduced to the body of the negligent driver, mother, or walker.«¹⁶⁵

Die von Peter Norton beschriebene De-Legitimisierung nicht-motorisierter Verkehrsteilnehmer:innen als Benutzer:innen öffentlicher Straßen beginnt in der Zwischenkriegszeit und geschieht vor allem in den USA auf der Basis einer Kooperation zwischen Vertretern der Automobilindustrie, Autobesitzer:innen und Stadtplaner:innen. In der Folge wird der öffentliche Raum als Verkehrsraum für die Minderheit von Autos umdefiniert und in diesem Zuge das Verhalten von Fußgänger:innen – parallel zur Umwidmung des Autos als ungefährlichem Werkzeug – als Selbstgefährdung betrachtet, sofern sie sich nicht dem Auto unterordnen. Insbesondere das sogenannte *jaywalking*, das Überqueren einer Straße an nicht an dafür vorgesehenen Stellen, dient dazu, die Straße als Ort des Autos zu definieren und den Fußgänger:innen die Verantwortung für ihre eigene Sicherheit zu übertragen.

Die aktuellen juristischen Debatten um autonome Autos und ihre Unfälle gewinnen vor dem Hintergrund dieser Geschichte der Vergesellschaftung von Risiko und der Privatisierung öffentlicher Räume an Brisanz, verhandeln sie

164 Itzen, Peter: »Aus Verkehrsunfällen lernen? Der Tod auf deutschen Straßen und die vergangenen Träume des 20. Jahrhunderts«, in: Zeithistorische Forschungen 14 (2017), S. 511-525, hier S. 524.

165 S. S. L. Jain: »Dangerous Instrumentality«, S. 75.

doch erneut die Frage nach der inhärenten Unsicherheit und Gefährlichkeit automobiler Technologien. Diese Gefahr kann nunmehr nicht länger einfach auf unsachgemäßen Gebrauch zurückgeführt werden, sondern legt die infrastrukturelle Dimension motorisierter Gewalt offen. Zwar sind die Haftungsrisiken bei Testfahrten geklärt und auch für Unfälle mit Autopilot gelten die für normale Fahrzeuge wirksamen Gesetze. Doch wenn man die Situation abseits von juristischen Detailfragen betrachtet, wird deutlich, dass auch Unfälle autonomer Autos an der Normalisierung infrastruktureller Gewalt mitwirken.

5. Fazit – Zur Zukunft der Mobilität

Als ein »ensemble of temporalities, materialities, socialities and geographies«¹⁶⁶ hat Automobilität in westlichen Ländern einen Status erreicht, der ihre Existenz als unproblematisch erscheinen lässt, weil die Verkehrsinfrastrukturen, die Psychodynamik des Autofahrens und die ökonomische Durchdringung derart normalisierend auf das System der Automobilität wirken, dass alternative Fortbewegungsmittel als störende Abweichung erscheinen. Die mögliche Etablierung semi-autonomen oder autonomen Verkehrs ebenso wie des Elektromotors (oder auch anderer alternativer Antriebe) ist zwar auf den Fortbestand dieses Systems ausgerichtet, führt aber paradoxerweise zugleich seine Fragilität vor Augen:

The regime of automobility is impossible because it is inherently fragile. It depends on a range of contingencies for its continued success, including the ability of geopolitical intervention and dominance to secure access to oil, the ability of planners and traffic engineers continually to provide for the mitigation of chronic congestion, the ideological success in rendering thousands of human deaths annually as »normal« and acceptable, the ability to overcome opposition to road building, the capacity to navigate the fiscal crisis of the state to generate sufficient funds to promote automobile use, and so on.¹⁶⁷

166 Furness, Zack: »Bicycles«, in: Peter Adey/David Bissell/Kevin Hannam et al. (Hg.): *The Routledge Handbook of Mobilities*, London: Routledge 2017, S. 316-325, hier S. 317.

167 Böhm, Steffen/Campbell, Jones/Land, Chris et al.: »Introduction. Impossibilities of Automobility«, in: Steffen Böhm/Jones Campbell/Chris Land et al. (Hg.): *Against automobility*, Malden,; Blackwell 2006, S. 3-16, hier S. 10.

Die derzeit zu beobachtenden Gewichtsverschiebungen dieser Faktoren im Zuge der Verkehrswende hängen auch, aber nicht nur mit den Versprechungen der Automatisierung zusammen, die unabhängig von ihrer Realisierbarkeit den Erwartungshorizont bestimmen. Trotz des beschriebenen systemischen Lock-Ins hängt Automobilität an kontingenten Faktoren. Die Vorzeichen zumindest einiger dieser Faktoren ändern sich derzeit. Die Automatisierung ist fraglos ein treibendes Element dieser Veränderungen, die unter den Begriff der Verkehrswende gefasst werden. Doch wohin diese Wende führt, ist offen.

Inwieweit automatisierte Fahrzeuge die normalisierende Tendenz der Automobilität verstärken oder abschwächen, wird die Zukunft zeigen. Sie könnten das System endgültig in einen Zustand des Lock-In bringen, aber auch dazu führen, Mobilität neu zu denken, anders zu organisieren, für mehr Teilhabe aller Verkehrsteilnehmer:innen zu sorgen und Ersatzräume für die mit dem Auto assoziierte Individualität zu schaffen. Vor allem für Menschen, die bisher aus unterschiedlichen Gründen nicht am Autoverkehr teilnehmen konnten, bietet die Automatisierung die im Text von Jan Müggenburg und Robert Stock untersuchten Möglichkeiten. Für beide Entwicklungen gibt es Gründe, aber es ist noch zu früh, eine Tendenz festzustellen. In jedem Fall helfen die hier versammelten Beiträge, die mit der Automobilität verschränkten externalisierten Kosten nicht nur finanzieller, sondern auch kultureller und sozialer Art sichtbar zu machen und damit das Nachdenken über Alternativen einzufordern. Die Abwendung von einer so mächtigen Quelle infantiler Lustbefriedigung ist jedoch nicht ohne Widerstände möglich. Vielmehr gilt es, die vielfachen Besetzungen des Autos sichtbar zu machen und neue, positive Identifikationsangebote zu schaffen.

In Debatten um den Liberalismus demokratischer Gesellschaften ist die Freiheit, die das traditionelle Auto verspricht, immer wieder mit der Autonomie des liberalen Individuums gleichgesetzt worden, das frei und rational (d.h. idealiter losgelöst von Traditionen oder gesellschaftlichen Zwängen) über seine eigenen Zwecke, Ziele und Werte entscheidet, um sich mit dem Auto räumlich und zeitlich unabhängig zu machen.¹⁶⁸ Besonders deutlich wird dies in den ersten Zeilen des *Manifests für Kraftfahrt*, das der ADAC 1965 veröffentlicht: »Das Automobil ist ein Gebrauchsgegenstand für jedermann zur Befriedigung von Alltagsbedürfnissen, wie sie in einer freien Welt

168 So etwa Lomasky, Loren: »Autonomy and automobility«, in: *The Independent Review* 2 (1997), S. 5-28.

zur fortschrittlichen Gestaltung unseres Lebens gehören.«¹⁶⁹ Diese Gleichsetzung automobiler und liberaler Freiheit ist tief im System der Automobilität verankert – vom Auto als psychologischer Projektionsfläche über die ökonomische Bedeutung der Automobilindustrie bis hin zur Ablehnung öffentlicher, d.h. staatlich regulierter Verkehrsmittel. Gerade im nordamerikanischen Kontext ist liberale Freiheit an Bewegungsfreiheit und die Möglichkeit der Eroberung des Raums gebunden. Für den ADAC folgt daraus die Notwendigkeit, die Bereitstellung angemessener Verkehrswege zum obersten Ziel der Politik zu erklären, um so jene »Zirkulationsfreiheit«¹⁷⁰ zu gewähren, die dem Liberalismus zugrunde liegt. Nur so könne »die Straße wieder zu einem Ort humaner Begegnung«¹⁷¹ werden. Unter den Konsequenzen dieser Verkehrspolitik der 1960er Jahre leiden deutsche Großstädte bis heute.

Peter Norton hat gezeigt, dass bereits in den 1920er Jahren Automobilität als eine Form der Freiheit definiert wird, was es ermöglicht, Fragen nach Gerechtigkeit und Gemeingütern beiseite zu schieben.¹⁷² Indem etwa Geschwindigkeitslimits schon zu dieser Zeit als Unterdrückung individueller Freiheit verhandelt werden und zugleich die Aufteilung des öffentlichen Raums der »Freiheit des Marktes«, aber nicht dem politischen Willen nach Mobilitätsgerechtigkeit überlassen wird, entsteht zunächst in den USA ein Freiraum, der sogleich von Subjektivierungsprozessen der Automobilität gefüllt wird. Damit werden alle Einschränkungen der Automobilität als Einschränkungen der Freiheit umcodiert und damit, wie Norton zeigt, die Straße zum exklusiven Ort des Autos, dem sich alle anderen Verkehrsteilnehmer:innen unterzuordnen haben: »By obstructing and endangering other street users of unquestioned legitimacy, cars violated prevailing notions of what a street is for.«¹⁷³ Aus all diesen Gründen muss sich Widerstand gegen das Automobil als Widerstand gegen den Fortschritt beweisen.

Mit autonomen Autos stellen sich in dieser Hinsicht neue Herausforderungen, weil sie zwar weiterhin mit dem Liberalismus kompatiblen Freiheitsversprechungen aufgeladen werden, aber diese Freiheit nicht mehr wie bisher auf das nunmehr gefahrene und nicht mehr fahrende Individuum übertragen

169 ADAC: »Manifest der Krafftahrt«, in: ADAC Motorwelt 11 (1965), S. 22.

170 Foucault, Michel: Sicherheit, Territorium, Bevölkerung. Geschichte der Gouvernementalität 1, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2004, S. 78.

171 ADAC: »Manifest der Krafftahrt«.

172 P. Norton: Fighting Traffic, S. 6.

173 Ebd., S. 7.

werden kann. Dieses gibt operative und strategische Autonomie an das Auto ab, um die Autonomie der eigenen Ziele aufrechtzuerhalten. Fraglich ist entsprechend, welche neuen Subjektivitäten autonomes Fahren gerade in liberalen Gesellschaften anbietet, vor allem, wenn seine Durchsetzung in ein angepasstes System der Automobilität eingebettet ist. In jedem Fall ist es notwendig, der dem Auto zugesprochenen Freiheit und Individualität neue Räume anzubieten und Strukturen zu schaffen, in denen Selbstverwirklichung nicht mehr an das Auto gebunden ist.

Entsprechend gilt es, vor diesem Hintergrund die ›freie Fahrt für freie Bürger‹, die automobil-liberalen Subjektivitäten gegenwärtig zugrunde liegt, auf ihre politischen, ökonomischen und ökologischen Konsequenzen und Ausschlüsse hinzu befragen. In der liberalen Aneignung und individualistischen Nutzung des Autos werden die Folgen der Automobilität für andere Verkehrsteilnehmer:innen, die Gesellschaft oder die Natur üblicherweise verdeckt. »[Mass mobility] gives and supports in everyone the illusion that each individual can seek his or her own benefit at the expense of everyone else.«¹⁷⁴ Die Durchsetzung eines Systems autonomer Automobilität könnte diese Illusion verstärken oder für neue Formen der Teilhabe sorgen.

Sudhir Rajan hat die Aporie herausgearbeitet, dass trotz der liberalen Aufladung des Autos Autofahren gerade aus liberalen Gründen unmoralisch ist, d.h. gegen den kategorischen Imperativ verstößt: Würden alle Menschen die automobilen Lebensweise westlicher Kulturen übernehmen und zu liberalen Subjekten, wären die Umweltschäden und Todeszahlen noch verheerender. Mit der Automatisierung gilt es, diesen Zusammenhang von Automobilität und Liberalismus sowie die jeder mobilen Freiheit zugrunde liegende Subjektivität neu zu durchdenken. Während Rajan 2006 nach post-liberalen Perspektiven auf Automobilität fragt, wäre es heute ergänzend notwendig, post-fossile Perspektiven auf Post-Auto-Mobilität zu entwickeln: Wäre Autofahren in einem fahrerlosen Auto noch eine Demonstration des Liberalismus? Welche Freiheit ist damit verbunden, das Auto selbst fahren zu lassen bzw. sich vom Auto fahren zu lassen? Wer wird für diese Freiheit unfrei gemacht? Welche Konsequenzen hat die damit verbundene Nutzbarmachung von Daten als neuem Rohstoff der Mobilität? Welche Subjektivierungsformen und Individualisierungspotentiale bringt autonomer Verkehr mit sich? Wie werden Subjekte in autonomen Autos und in Konfrontation mit ihnen geprägt? Wie

174 Gorz, André: *Ecology as politics*, London: Pluto 1983, S. 70.

wird die durch das Auto parallel zum Liberalismus vollzogene Individualisierung als abnehmende Bindung des Einzelnen an Bezugsgruppen neu formatiert? Diese Fragen werden in Zukunft weiter zu verhandeln sein.

Die Schriftstellerin Rachel Cusk hat in einem Essay mit dem Titel »Driving as Metaphor« den Gedanken formuliert, dass die Sehnsucht nach einer Welt ohne Autos, in der Kinder sicher auf der Straße spielen und jeder Mensch in seiner eigenen Geschwindigkeit lebt, weniger die Sehnsucht nach einer »guten alten Zeit« markiert. Vielmehr werde mit solchen Sehnsüchten die eigene Unzulänglichkeit betrauert, den Vorzügen und dem Komfort, die das Autofahren anbietet, nachgegeben zu haben, also einen automobilen Lebensstil wider besseren Wissens um dessen Gefahren und Nachteile gewählt zu haben, sich selbst also – uneingestanden – hilflos gegenüber dem Komfort des Autos zu fühlen, ihm aber dennoch nachzugeben. Deutlich werde dies an der voranschreitenden Trennung der Kapsel im Inneren von Autos vom Rest der durchfahrenen Welt.

In einer Welt selbstfahrender Autos, wie sie Cusk andeutet, würde dieses Gefühl des Verlusts an Freiheit und Komfort zugunsten des Wohlbehagens einer vermeintlich sicheren und besseren Welt in den Hintergrund rücken: »The car will become not an extension of the self but its container, and since others will likewise be contained, the problem of individuality may recede.«¹⁷⁵ Cusk zufolge liegt die größte Gefahr des Autoverkehrs in der Subjektivität und Unzugänglichkeit individueller Entscheidungen, die anderen Verkehrsteilnehmer:innen nur zustoßen, aber nicht geplant werden können. Verkehrsregeln sollen genau diese Entscheidungen – und damit die Subjektivität der Fahrenden – regulieren, können das Einhalten der Regeln aber nie sicherstellen. Automatisierte Mikroentscheidungen würden diese Risiken nicht nur verändern – und keineswegs aus der Welt schaffen –, sondern auch die Subjektivität der Fahrenden transformieren. Sie wären nicht länger die entscheidenden Instanzen, an denen sich die Möglichkeiten der Zukunft brechen. Menschen in Autos wären keine Fahrenden, sondern Gefahrene. Damit ist nicht nur der Wechsel von aktivem zu passivem Verhalten gemeint. Die aus den Dispositiven der Mobilität entstehenden Subjektivierungsformen unterscheiden sich, auch wenn Fahrende wie Gefahrene ein Auto benutzen, um ans Ziel zu kommen. Sie sind, so kann man schließen, unterschiedlichen Kraftfeldern ausgesetzt, die Affekte, Bewegungen, Körper, Wahrnehmungen und Infrastruk-

175 Cusk, Rachel: »Driving as Metaphor«, in: Coventry. Essays, London: Faber and Faber 2019, S. 3-22, hier S. 12.

turen verkoppeln, obwohl sie der gleichen Ökonomie unterworfen sind. Will man zu anderen Formen des Verkehrs gelangen und Verkehr mit autonomen Autos zu etwas anderem machen als einer Fortsetzung des Status Quo, muss man an all diesen Punkten ansetzen, also die Dispositive der Mobilität neu zusammensetzen und die Fragilität des Systems der Automobilität ausnutzen. Dafür braucht es nicht nur neue Technologien, eine neue Verkehrspolitik und eine Neuverteilung des öffentlichen Raums, sondern auch Wissen um die Fluchtlinien des Dispositivs – und um die unterschiedlichen Bedeutungen von Autonomie, Automaten und Automobilen.

Danksagung

Die Texte dieses Bandes hätten im Frühjahr 2020 auf einem Workshop am Bochumer *Center for Advanced Internet Studies* (CAIS) diskutiert werden sollen. Auch wenn dieser Workshop aufgrund der pandemischen Situation ins Virtuelle verlegt wurde, danke ich Michael Baurmann, Esther Laufer und Andrea Porsfeld für die umsichtige Unterstützung. Schaja Aenehsazy hat die Arbeit an diesem Band mit unermüdlichem Engagement unterstützt. Dem transcript-Verlag, insbesondere Gero Wierichs und Michael Volkmer, danke ich für die gewohnt vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Verkehrswende und Automatisierung

Hybride Kontrolle

Technostrukturen, Risiko und Vertrauen in der Betaphase

Cordula Kropp

Erstaunlich sicher, ruhig und zielsicher bewegt sich ein kleines Fahrzeug in der Größe ferngesteuerter Spielzeugautos durch die Beine der vielen Messebesucher. Geschickt umfährt es die Stände der »Autonomous Vehicle Technology Expo« in Stuttgart, hält gelegentlich an, weicht menschlichen und nicht-menschlichen Hindernissen aus, verfolgt scheinbar seinen eigenen Plan. Die Messebesucher:innen drehen sich um, kommentieren das vermeintlich selbstfahrende Fahrzeug und seine erstaunlichen Fähigkeiten, schenken ihm aber nicht allzu viel Aufmerksamkeit. Dass sich ein Fahrzeug autonom durch die Besuchermenge bewegt, deckt sich mit ihrer Einschätzung der technischen Entwicklung. Ein Prototyp in Spielzeuggröße gehört zum Erwartbaren auf der Messe. Überraschung macht sich erst breit, als erkennbar wird, dass das kleine Auto mitnichten selbst fährt, sondern vom Vertreter eines internationalen Technologieanbieters ferngesteuert wird, der seinerseits geschickt für die kollisionsfreie Fahrt sorgt und die Wege wählt. Nun wendet sich die Diskussion an den Kaffeetischen lebhaft den ethischen Implikationen der berühmten »Trolley-Problematik« zu, also den vermeintlich an autonome Fahrzeuge zu delegierenden Entscheidungsdilemmata über hypothetische Kollisionen mit beispielsweise entweder Fahrradfahrer:innen auf der richtigen Spur, Fußgänger:innen, die die Verkehrsregeln missachten, oder aber zu Lasten der Fahrzeuginsassen.

Die kleine Episode, beobachtet im Mai 2018, macht vieles deutlich: Die technologische Entwicklung und Durchsetzung selbstfahrender Fahrzeuge gilt als absehbar und unvermeidlich. Zugleich folgt die öffentliche Debatte einer technozentrischen Wahrnehmung, die von Entwicklungsoptimismus und einem einseitigen Fokus auf PKWs sowie der grundsätzlichen Annahme

geprägt ist, die Zukunft der Mobilität werde von algorithmischen Steuerungskapazitäten bestimmt. Demgegenüber erhalten Überlegungen zur politischen und gesellschaftlichen Gestaltung zukünftiger Mobilitätssysteme und Fragen ihrer notwendigen Anpassung an den Klimawandel nur geringe Aufmerksamkeit. Wie eine verantwortliche Steuerung autonomer Autos gestaltet werden kann – die unumgängliche Kernfrage im Umgang mit Konstellationen hybrider Kontrolle – wird als eine technische Angelegenheit betrachtet. Das autonome Fahren erscheint – obwohl die Technologie als »revolutionär« gilt – als eine Verlängerung der Gegenwart in die Zukunft. Medial wird vor allem die Machbarkeit diskutiert, während die Folgen und Risiken seiner Entwicklung für den öffentlichen Verkehr, für Siedlungs-, Stadt- und Umweltentwicklung nur wenige beschäftigen.¹

Anders in der Bevölkerung: Seit den medial viel beachteten Unfällen autonomer Fahrzeuge in den USA ist die Skepsis eher gewachsen. Dabei hat die deutsche Bevölkerung weniger die Unfallrisiken auf der Straße im Blick als jene, die im Zusammenhang mit der digitalen Steuerung stehen. Ihre Sorge gilt vor allem Datenschutzproblemen, gefolgt von Befürchtungen zu Systemausfällen und Cyberattacken.² Die Risikowahrnehmung folgt dabei den bekannten Mustern: Als riskant werden vor allem Technologien beurteilt, deren individueller Nutzen als gering wahrgenommen wird und umgekehrt. Während sich die Medien und die 2016 eingesetzte Ethik-Kommission »Autonomes und Vernetztes Fahren« (BMVI 2017) vor allem mit den ethischen Problemen maschineller Entscheidungen über Leben und Tod beschäftigen, konzentriert sich die Risikowahrnehmung in der Bevölkerung auf die nicht-gewünschten Folgen einer weitergehenden Digitalisierung und Automatisierung. Da sie sich noch nicht als Nutzer:innen der neuen Technologien sehen, geht es ihnen weniger um die einzelnen technischen Artefakte als um die Chancen und Risiken des Technologiewandels insgesamt. Dieser steht auch im Zentrum meiner Überlegungen zur gesellschaftlichen Einbettung des autonomen

1 Bormann, René et al.: Die Zukunft der deutschen Automobilindustrie. Transformation by Disaster or by Design? Bonn: Friedrich Ebert Stiftung 2018; Canzler, Weert/Knie, Andreas/Ruhrort, Lisa: Autonome Flotten. Mehr Mobilität mit weniger Fahrzeugen, München: oekom 2020; <https://www.agora-verkehrswende.de/vom12.3.2021>; vgl. auch den Beitrag von Julia Bee in diesem Band.

2 Hampel, Jürgen/Kropp, Cordula/Zwick, Michael: »Zur gesellschaftlichen Wahrnehmung des voll autonomen Fahrens und seiner nachhaltigkeitsbezogenen Implikationen«, in: TaTup Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis 27/2 (2018), S. 38-45, hier S. 41.

Fahrens mit einem Fokus auf Vertrauen, Risiko und Verantwortung. Welche Überlegungen, welche Erwartungen, Hoffnungen und Ängste treiben die Entwicklungen zu autonomer Mobilität in Deutschland, einem Land, in dem die Autoindustrie eine zentrale Rolle für Wirtschaft und Beschäftigung spielt. Und insbesondere: Wie werden die neuen Konstellationen verteilter Kontrolle und die mit ihnen einhergehenden Risiken in publizierten Zukunftsvisionen thematisiert und beurteilt? Und wie geht die moderne Gesellschaft mit der Herausforderung verteilter, teil-automatisierter Verantwortungszurechnung um?

Im ersten Abschnitt erläutere ich dafür die möglichen Veränderungen der Technostruktur durch autonomes Fahren in »geteilter Kontrolle«. Im zweiten wird die »Technostruktur der Automobilität« im Rückgriff auf technikoziologische Überlegungen konzeptionell eingeordnet und ihre Wirkung auf die Entwicklung des autonomen Fahrens im Rahmen einer Analyse von Positionspapieren aus den Jahren 2015 bis 2017 erkundet. Der dritte Abschnitt beleuchtet den Umgang mit Technikvertrauen und -verantwortung in der modernen Gesellschaft und dessen soziologische Bewertung. Im Ergebnis muss eingeräumt werden, dass der technisch definierte »Fortschritt« (erneut) von einer Verantwortungsfiktion flankiert wird, die bislang ohne organisatorische Entsprechung auskommt und die großen Fragen umgeht, wie die gegenwärtigen Technologiepfade an die absehbaren Klima- und Umweltkatastrophen angepasst werden können.

1. Kontinuitäten und Diskontinuitäten in der Verkehrsentwicklung

Auch wenn sich angesichts vieler offener Gestaltungsfragen noch wenig Belastbares über den autonomen Verkehr der Zukunft sagen lässt und ein erster Höhepunkt der Euphorie überschritten scheint³, ist doch absehbar, dass dessen Entwicklung, Erprobung und schließlich flächendeckende Einführung in vielen Punkten früheren Infrastrukturprojekten gleichen wird und insbesondere der Motorisierung des Verkehrs im letzten Jahrhundert. Wieder werden

3 Dangschat, Jens S.: »Automatisierter Verkehr – Was kommt da auf uns zu?«, in: Zeitschrift für Politikwissenschaften 27 (2017), S. 493-507; Fleischer, Torsten/Schippl, Jens: »Automatisiertes Fahren. Fluch oder Segen für nachhaltige Mobilität«, in: TaTup Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis 27/2 (2018), S. 11-15; W. Canzler et al.: Autonome Flotten.

im Namen des technischen Fortschritts zukünftige Entlastungs- und Effizienzpotenziale versprochen und eine Verbesserung der Teilhabemöglichkeiten in Aussicht gestellt. Durch autonomen Verkehr, so die heutigen Darstellungen, werde eine höhere Verkehrsdichte auf den Straßen, mehr Flexibilität im öffentlichen Verkehr und eine Inklusion von Menschen ohne Fahrerlaubnis möglich; zugleich werden sinkende Unfallzahlen und geringerer Ressourcenbedarf prognostiziert.⁴ Diskutiert wird auch, dass immer mehr Menschen auf ein eigenes Auto verzichten und stattdessen über ihre Smartphones ein verfügbares Fahrzeug rufen könnten (*vehicle-on-demand*), um sich, streckenweise gemeinsam mit anderen (*ride sharing*), zur Arbeit oder zu Einkaufsstätten bringen zu lassen, ohne dort parken zu müssen. Erwartbar ist schließlich, dass – wie schon in der Vergangenheit – die gewonnenen Freiheiten durch neue Zwänge im Gefolge der Technisierung wieder aufgezehrt werden. Zudem bleiben die heutigen Szenarien in den bestehenden Denk- und Wahrnehmungsmustern verhaftet, wie schon frühere Visionen selbstfahrender Fahrzeuge in den damaligen Sinnstrukturen.⁵

Demgegenüber wären für die Zukunft einer von Algorithmen geprägten Gesellschaft auch völlig neuartige »Mobilitätslösungen« mit weitreichenden Veränderungen vorstellbar, etwa die umfassende und durchdringende (»pervasive«) Einbettung von Datenstrukturen in alle Lebensbereiche, die bis hin zu einer kalkulierten Zuteilung von Bewegungsrechten im Umgang mit Ressourcenkriegen »after the car«⁶ führen könnte. Kritiker befürchten zudem, dass es zu einer Neuauflage der Planung autogerechter, nun aber auch automatisierungsgerechter Städte und Verkehrswege kommt, da die Technologie eine »Maschinenlesbarkeit« sowohl der Verkehrsumwelten als auch der weiteren Verkehrsteilnehmer:innen erfordere.⁷ Wieder einmal, so kann mit Jain

4 Maurer, Markus/Gerdes, Christian J./Lenz, Barbara et al.: Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg 2015; J. Dangschat: »Automatisierter Verkehr«

5 Kröger, Fabian: »Das automatisierte Fahren im gesellschaftlichen und kulturwissenschaftlichen Kontext«, in: Markus Maurer/Christian J. Gerdes/Barbara Lenz et al. (Hg.): Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg 2015, S. 41-68.

6 K. Dennis/J. Urry: After the Car. Cambridge: Polity Press 2009.

7 J. Dangschat: »Automatisierter Verkehr«, S. 501; Stilgoe, Jack: »Seeing like a Tesla. How can we anticipate self-driving worlds?«, in: Glocalism: Journal of Culture, Politics and Innovation 3 (2017), S. 1-20.

(2004) konstatiert werden, finden in der zukunftsorientierten Verkehrsplanung die nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmer:innen nicht die notwendige und angemessene Berücksichtigung. Wie schon durch die Motorisierung des Verkehrs wird es Gewinner und Verlierer geben, auch neue Standards, Erwartungsmuster und Selbstverständlichkeiten bezüglich der Erreichbarkeit, Zeitplanung, Lebens-, Siedlungs- und Freizeitformen und der übergeordneten Steuerung des Personen-, Güter- und Datenverkehrs. Auch bei der Automatisierung des Verkehrs werden die möglichen Komfortgewinne und technischen Zwänge sozial und räumlich ungleich verteilt sein, sodass Angeschlossene hier und Abgehängte dort daraus hervorgehen. Selbst das Gendinger der neuen Technologien verläuft in bekannten Bahnen: Während bei Youtube und in der Werbung der schnittige Mercedes F 015, »Luxury in Motion«, als maskulines Gefährt seinen vielbeschäftigten Insassen mit hoher Geschwindigkeit durch utopische Stadtlandschaften ins Office fährt, verhilft das eiförmige Google Car mit 20 Meilen pro Stunde Älteren, Kindern und Frauen ohne Fahrerlaubnis an ihre Vorortziele zu kommen.⁸

Zu den erwartbaren Kontinuitäten gehören insofern die weitere Verbreitung und Vertiefung des Pfades hin zu mehr individueller Mobilität, deren gesellschaftliche Rahmenbedingungen und ökologischen Kosten trotz drohender Klimakatastrophe ausgeblendet bleiben. Unverdrossen lassen sich in Deutschland Politikerinnen und Politiker mit den Ikonen des motorisierten Fortschritts ablichten und kommen gerne den Wünschen nach Förderung der notwendigen Investitionen und Infrastrukturen nach. Ohne die Technologiefolgen schon abschätzen zu können, haben sie die rechtlichen Rahmenbedingungen der Automatisierung des Fahrens vorausseilend geschaffen. Die Ansiedlung von Testflächen und Megafactories schreitet von der Hoffnung getrieben voran, als Gewinner aus dem Automatisierungswettbewerb hervorzugehen. Wie aber sieht die neue Technologie aus und welche Komponenten müssen für ihre erfolgreiche Etablierung im Verkehrssystem verändert werden?

Die sichtbarste Veränderung betrifft den 1968 in Wien von der UN-Kommission im internationalen »Übereinkommen für den Straßenverkehr« (*Convention of Road Traffic*) ausgehandelten Fahrzeugführerstatus. Bisher musste in den 74 ratifizierenden Staaten jeder Fahrzeugführer sein Fahrzeug

8 Manderscheid, Katharina: »From the Auto-mobile to the Driven Subject? Discursive Assertions of Mobility Futures«, in: *Transfers – Interdisciplinary Journal of Mobility Studies* 8 (2018), S. 24–43.

stets beherrschen.⁹ Um dies auch für automatisiertes Fahren rechtsgültig zu machen, lässt die im März 2016 in Deutschland in Kraft getretene Änderung des Übereinkommens Fahrerassistenzsysteme und automatisierte Fahrfunktionen zu, sofern die Fahrerin oder der Fahrer diese jederzeit übersteuern oder abschalten kann. Ohne Ausnahmegenehmigung betrifft diese Zulassung heute Automatisierungsgrade bis zur Stufe 3 (hochautomatisiert). Im Folgenden geht es vor allem um die Vollautomatisierung auf Level 4 (vollautomatisiert) und 5 (fahrerlos). Während Assistenzsysteme auf den unteren Automatisierungsstufen die Fahrenden teilweise bzw. unter spezifischen Bedingungen unterstützen, letztere aber die Fahrzeugumwelt selbst beobachten (müssen), übernehmen auf den Stufen 4 und 5 Multi-Sensor-Systeme und eine Bildauswertung in Echtzeit diese Beobachtung und die weitestgehend vollautomatische Lenkung zusammen mit der Routenauswahl mithilfe von Navigationssystemen.

Auf den Automatisierungsstufen 4 und 5 ergibt sich also eine Situation »geteilter Kontrolle« (*shared control*), in der Sensordaten, Soft- und Hardwaresysteme und gegebenenfalls intervenierende Insassen (Menschen) die Fahrzeugführung gemeinsam übernehmen: Mithilfe einer Reihe von Sensoren, Kameras und Laserscannern werden dabei Daten generiert, mit gespeicherten Umgebungskarten, GPS und *car-to-car*- sowie *vehicle-to-infrastructure*-Informationen abgeglichen und per Software mit Fahrzeuginformationen verknüpft, um ein Echtzeit-Abbild der Verkehrssituation zu berechnen. Beispielsweise erzeugen auf dem Dach vieler autonomer Fahrzeuge montierte, rotierende Lidar-Sensoren ein 360-Grad-3D-Modell der Umgebung und bestimmen über die Messung des vom Objekt zurückgestreuten Lichts auch die Geschwindigkeit bzw. die verbleibende Zeit bis zu einer möglichen Kollision (*time-to-contact*; TTC). Die automatisierte Umweltbeobachtung besteht also darin, dass selbstfahrende Fahrzeuge Daten aus verschiedensten Positionen sammeln, diese per Bildverarbeitungssoftware auswerten, mit bereits vorhandenen Umgebungsinformationen (bspw. zu Lichtsignalanlagen, Straßenklassen, benachbarten Schulen) verknüpfen und nach programmierten Objekthierarchien ordnen (etwa beweglich-unbeweglich, menschlich-nichtmenschlich), um mithilfe von Steuerungseinheiten

9 »Every driver shall at all times be able to control his vehicle or to guide his animals« (Art. 8, Abs.5) bzw. »Every driver of a vehicle shall in all circumstances have his vehicle under control so as to be able to exercise due and proper care and to be at all times in a position to perform all manoeuvres required of him« (Art. 13, Abs.1).

mögliche »Konfliktsituationen« zu kalkulieren und entsprechende Steuerbefehle an Fahrzeugkomponenten zu senden (Lenkung, Bremsanlage oder Motorsteuerung). Die Information wird zudem gespeichert und mit jeder weiteren Fahrt kontinuierlich angereichert. Die »intelligenten Systeme« sind dabei hochgradig von detaillierten und aktualisierten Umgebungsinformationen übergeordneter Systeme abhängig (GPS, Navigationssysteme, Wetterdaten etc.). Auch wenn die Nutzer:innen selbstfahrende Autos als ein »Gegenüber« wahrnehmen, über das sie in aller Regel personifiziert kommunizieren (»jetzt weiß er, dass er bremsen muss«), stecken dahinter zahllose komplex interagierende technische Systeme, die zu keinem Zeitpunkt »in einer Hand« liegen oder lagen. Schon heute arbeiten in einem handelsüblichen Fahrzeug auf Stufe 1 mehr als hundert Steuergeräte mit jeweils eigener Software nebeneinander. Umgekehrt können die Multiagentensysteme aber individuelle Nutzer:innen statistisch erkennen und aus deren Eigenschaften und Verhaltensweisen Schlüsse ziehen, an die sie sich interaktiv anpassen (etwa in der Auswahl von Fahroptionen).

Wie auch bei menschlichen Fahrer:innen wachsen die Anforderungen an Datenverarbeitung, Situationsanalyse und Handlungsentscheidung mit der Geschwindigkeit und schlechten Sichtbedingungen. Zudem müssen die quasi-statistischen Schritte der Problembearbeitung für unterschiedliche Fahrsituationen soweit flexibilisiert werden, dass auch weniger typische Ereignisse, wie etwa im Dunklen auf die Straße tretende Fahrradfahrer:innen oder weiße LKW-Planen im Gegenlicht, in die Verfahren zur Objektidentifikation und -verfolgung sowie in die Berechnung der nächsten Steuerungsschritte (Abbremsen) mit eingehen können. Die Unfälle des Tesla S im Mai 2016 oder des Uber-Volvos im März 2018 gingen allerdings darauf zurück, dass keine angemessenen Reaktionen erfolgten. In beiden Fällen wurde bezeichnenderweise die Verantwortung für die »tragischen Verluste« nicht den technischen Systemen zugeschrieben und die Unfälle führten auch nicht zu Rückrufaktion wegen fehlerhafter Autopiloten. Vielmehr wurde im Fall von Tesla die Verantwortung dem unglücklichen Fahrer Joshua Brown zugeschoben, der als technikaffiner früher Adopter, so Elon Musk, unzulässig ignoriert habe, dass sich der Autopilot von Tesla noch in einer »*public beta phase*« befinde.¹⁰ Im Fall des Uber-Unfalls stellten Autohersteller (Volvo) und Zulieferer (Aptiv, Mobileye) umgehend klar, dass schon die standardmäßige Ausrüstung mit einem

10 Stilgoe, Jack: »Machine learning, social learning and the governance of self-driving cars«, in: *Social Studies of Science* 48/1 (2017), S. 25-56, hier S. 26.

Notbremsassistenten den Unfall verhindert hätte, wäre dieser nicht deaktiviert gewesen, um »unnötig viele Fahrzeugmanöver«, so später der Betreiber, zu unterdrücken. Letzterer schwieg zunächst, unterbrach aber den Testbetrieb. Die Unfalluntersuchung stellte einen Softwarefehler heraus, durch den die tödlich erfasste, ein Fahrrad schiebende Fußgängerin Elaine Herzberg von dem Fahrzeug mehrfach falsch klassifiziert worden war. Die Sicherheitsfahlerin hatte die maschinelle Steuerungsleistung überschätzt und – abgelenkt durch ihr Smartphone – die drohende Kollision erst in den letzten Sekunden erkannt. Indessen geht die Erprobung autonomen Fahrens in einer »öffentlichen Betaphase«, also vor der Technikreife, abgestützt durch »wesentliche Programmverbesserungen«¹¹ auch im öffentlichen Raum in Deutschland weiter.

Die öffentlichen Reaktionsmuster entsprechen jenen, die Charles Perrow bereits im Vorwort seines 1984 erschienen Buches »Normale Katastrophen« über »Die unvermeidlichen Risiken der Großtechnik« beschrieben hat: Die Verantwortlichen »wissen«, dass sie Systeme mit einem immanenten Katastrophenpotenzial errichten. Sie versuchen eingetretene Unfälle zu verharmlosen, indem sie beteuern, diese werden sich nicht wiederholen, seien »ungewöhnlichen« Rahmenbedingungen und »menschlichem Versagen« oder »Bedienungsfehlern« anzulasten. In seinem »Leitfaden für die nächste Katastrophe« prognostiziert Perrow, dass sich »nach Abschluss einer Unfalluntersuchung kaum etwas ändern wird«.¹² Er kritisiert die unangemessene Responsabilisierung der menschlichen Handlungsträger trotz überkomplexer, »hochautomatisierter« Systeme. Diese erfolge, weil sich Menschen korrigieren ließen, »während fehlerhafte Systeme [...] völlig neu konzipiert oder aufgegeben werden müssen«.¹³

Aus heutiger Perspektive ist das Phänomen geteilter Kontrolle (*shared control*) zwischen Menschen, Maschinen und Programmen zu ergänzen: Für die automatisierten Systeme der Gegenwart sind nicht nur Komplexität und enge Koppelung als katastrophenbegünstigende Konstellation charakteristisch, sondern eine neuartig »verteilte Handlungsfähigkeit« in interaktiven,

11 <https://www.sueddeutsche.de/auto/uber-unfall-robotaxi-amerika-ursache-1.4670087> vom 18.03.2021.

12 Perrow, Charles: Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik, Frankfurt: Campus 1987, S. 10.

13 Ebd., S. 6.

sozio-digitalen Konstellationen.¹⁴ Diese Konstellationen werden jedoch nicht integriert und hierarchisch aufgebaut und koordiniert, sondern ergeben sich aus der Addition verschiedener digitaler Tools, privatwirtschaftlicher Service-Angebote und unterschiedlicher Zuständigkeiten und Nutzungsmuster. In der Folge ist beispielsweise ein Software-Update nicht unbedingt auf die anderen Komponenten abgestimmt, verfügen nicht alle Beteiligten zu jeder Zeit über die notwendigen Schnittstellenkenntnisse und führt der Ausfall eines einzigen Sensors zur Katastrophe, alles Merkmale, die zum tragischen Absturz der beiden Boeing-737-Max-Maschinen führten.¹⁵ Neu ist zugleich, dass die entgrenzten Laborsituationen nicht mehr von kritischer Forschung bloßgestellt¹⁶, sondern zur Verteidigung dieser Konstellationen herangezogen werden: So rechtfertigen die Betreiber die Unfälle explizit damit, dass die Technologien zwar schon im laufenden Betrieb sind, aber in ihrer Betaphase noch lernen müssten – und zwar, wie ein Blick in die Steueralgorithmen zeigt, in nicht überwachten Formen.¹⁷

Zunächst entstand das maschinelle Szenenverständnis automatisierter Fahrzeuge nämlich vor allem durch die Sensordatenfusion und deren Verknüpfung mit Umgebungsinformationen. Mithilfe von programmierten Situationsprädiktionen (Algorithmen) wurden mögliche Episoden und ihre zeitliche Entwicklung vorausberechnet und in ihrer Wahrscheinlichkeit bewertet, um daraus die weitere Handlungsplanung unter Unsicherheit (Messgrößen, Klassenunsicherheiten) abzuleiten. Die Systeme folgten also vorab programmierten Regeln, so genannten »*if-then-else*-Algorithmen«, um notwendige Aktionen unter klassifizierten Bedingungen zu wählen: bewegliches Hindernis beobachtet – möglicherweise Mensch – abbremsen. Maschinelles Lernen und die zugrunde liegenden künstlichen neuronalen

-
- 14 Rammert, Werner: »Technik als verteilte Aktion. Wie technisches Wirken als Agentur in hybriden Aktionszusammenhängen gedeutet werden kann«, in: ders. (Hg.): Technik – Handeln – Wissen, Wiesbaden: Springer 2016, S. 105-119, hier S. 115.
- 15 Kropp, Cordula/Wortmeier, Ann-Kathrin: »Intelligente Systeme für das Bauwesen: überschätzt oder unterschätzt?«, in: Ernst Hartmann (Hg.): Digitalisierung souverän gestalten. Innovative Impulse im Maschinenbau, Berlin: Springer Vieweg 2021, S. 98-118.
- 16 Krohn, Wolfgang/Weyer, Johannes: »Die Erzeugung sozialer Risiken durch experimentelle Forschung«, in: Soziale Welt 40/3 (1989), S. 349-373.
- 17 Unsupervised learning; zu Verkehrsunfällen als intendierte Lernmöglichkeiten vgl. Sprenger, Florian: »Learning by Crashing. Unfälle autonomer Autos«, in: Merkur 853 (2020), S. 44-55.

Netze agieren allerdings nicht nur im Modus solchen Regelfolgens, sondern Algorithmen werden auch von Algorithmen hervorgebracht: Sie erkennen Regelmäßigkeiten in Korrelationen, die nicht auf soziale Regeln wie die Straßenverkehrsordnung zurückgehen, von den Ingenieur:innen aber als weniger »willkürlich« als diese beurteilt werden¹⁸: häufiges Bremsen an dieser Stelle erfasst – Hindernisse möglich – ebenfalls bremsen. Angesichts der Vielfalt und Komplexität von Fahrsituationen erscheint dieses Regellernen künstlicher Intelligenz den »predict-and-provide-Modellen« überlegen: Die Software wird nun trainiert, um aus großen Mengen Echtzeitdaten (*big data*) Datensets und Muster zu extrahieren. Diese Datensets werden nicht nur aus der Umfeldbeobachtung generiert, sondern auch aus Daten aus dem Fahrzeuginnenraum: Nach dem erwähnten Unfall ersetzte Tesla beispielsweise den Zulieferer Mobileye durch Nvidia, der für die Datensammlung auch die Fahrzeugführerbeobachtung nutzt, also Informationen der nach innen gerichteten Dashcams. Das maschinelle Regellernen aus großen Datenmengen geht mit einer hohen Undurchsichtigkeit (*opacity*) einher und gilt als *black box*, da es in nicht mehr vollständig rekonstruierbaren Prozessen auf unzähligen Operationen aufbaut und überwiegend in von privatem Wettbewerb geprägten Settings stattfindet. In der Folge verstehen selbst Softwareingenieur:innen die erzeugten Schlüsse oder gar deren Ursachen und Gründe nicht mehr vollständig¹⁹. Dabei sind die Zurechnungen und Selektionen der automatisierten Verkehrssteuerung oder Informationsaufbereitung so wenig »objektiv« oder »optimiert«, wie bisherige Daten unabhängig von klassifizierenden Wahrnehmungsschemata und Deutungsverhältnissen existieren²⁰. Vielmehr werden diese Adjektive grundsätzlich herangezogen, um die Erfassung einer komplexen und unübersichtlichen Welt durch quantitative, standardisierte Indikatorensysteme zu legitimieren. Die »Ausübung algorithmischer Macht scheint dabei in der Lage, sich von der Legitimitätsfrage abzuschirmen und kommerzielle Interessen zu verstärken«, schreibt Steffen Mau.²¹

18 J. Stilgoe: »Machine learning«, S. 29.

19 Burrell, Janet: »How the machine ›thinks‹: Understanding opacity in machine learning algorithms«, in: *Big Data & Society* 3/1 (2016), S. 1-12; J. Stilgoe: »Machine learning«.

20 Kropp, Cordula: »Intelligente Städte: Rationalität, Einfluss und Legitimation von Algorithmen«, in: Sybille Bauriedl/Anke Strüver (Hg.): *Smart City. Kritische Perspektiven auf die Digitalisierung der Städte*, Bielefeld: transcript 2018, S. 33-42.

21 Mau, Steffen: *Das metrische Wir. Über die Quantifizierung des Sozialen*, Berlin: Suhrkamp 2017, S. 19.

Auch die Adjektive »autonom«, »selbstständig« und »selbstfahrend« oder gar »intelligent« sind systematisch irreführend, weil sie ein souveränes technisches Gegenüber suggerieren, aber die komplizierten soziodigitalen Arrangements dieser verteilten Handlungsträgerschaft verdecken. Letztlich ist unklar, »wer handelt und was funktioniert«²². Werner Rammert betrachtet deshalb die hochgradig interaktiven Konstellationen aus maschineller Technik, übergeordneten Software- und Hardwaresystemen und ihre Einpassung in von heterogenen Organisationen bestimmte Regelwerke und Routinen nicht mehr als integrierte Gesamtsysteme mit funktionalen Teilaufgaben, sondern spricht von neuen Formen paralleler und nicht-hierarchischer Abläufe in einer »fragmentalen« Aufgabenteilung.²³ Fragmental sind sie vor allem, weil die jeweiligen Operationen nicht in einem übergeordneten System (hierarchisch) koordiniert und (funktional) abgestimmt werden, sondern verteilt in unbenennbar vielen Prozessen und Perspektiven neben- und miteinander ablaufen. So ergibt sich eine geteilte und auch interdependente Kontrolle ohne koordinierte Abstimmung und Integration. Menschliche Bewegungen und Auswahlhandlungen sind in diesen Arrangements Knotenpunkte in einem Netzwerk aus Software, Datenbanken, Sensoren und intelligenten Systemen²⁴, so dass aus den Maschinen-Daten-Netzwerk-Menschen-Assemblagen des autonomen Verkehrs nicht nur neuartige Verkehrssysteme entstehen, sondern auch neuartige Cyborg-Gesellschaften. In der Cyborg-Gesellschaft kann die Unterscheidung zwischen Mensch und Maschine nicht mehr endgültig begründet und also Verantwortung nicht der Autonomie menschlicher Intentionalität zugerechnet werden, vielmehr verschieben sich die Zurechnungen von Handlungsfähigkeit relational und jenseits überkommener Dualismen.²⁵

22 W. Rammert: »Technik als verteilte Aktion«, S. 105-119.

23 Ebd., S. 118.

24 Lupton, Deborah: »Digital companion species and eating data: Implications for theorising digital data-human assemblages«, in: *Big Data & Society* 3/1 (2016), S. 1-5; C. Kropp/A.-K. Wortmeier: »Intelligente Systeme für das Bauwesen«.

25 Suchman, Lucy A.: *Human-machine reconfigurations: Plans and situated actions*, Cambridge: Cambridge University Press 2007; Beck, Susanne: »Jenseits von Mensch und Maschine«, in: dies. (Hg.): *Ethische und rechtliche Fragen zum Umgang mit Robotern, Künstlicher Intelligenz und Cyborgs*, Baden-Baden: Nomos 2012, S. 9-22; vgl. dazu den Beitrag von Sonia Campanini in diesem Band.

Schon heute haben Algorithmen und ihre Logik die Struktur aller sozialen Prozesse durchdrungen²⁶ und auch die Verkehrssysteme werden längst digital gesteuert. Zugleich schreitet die Zahl der verfügbaren Sensoren, Nutzerdaten und digitalen Steuerungsaufgaben sowie deren Vernetzung weiter voran und lässt unzählige neue Möglichkeiten der Nutzbarmachung von erfassten Zusammenhängen mehr oder weniger kausaler Natur entstehen.²⁷ Bei aller Diskontinuität gehört zu den befremdlichen Kontinuitäten, dass die tiefhängenden Früchte autonomer Mobilität, etwa eine automatisierte Bremsung vor roten Ampeln oder die Sicherstellung erlaubter Geschwindigkeiten, die schon heute ohne jede weitere Innovation möglich wären, nirgends mit ähnlich emphatischen Worten angekündigt werden wie etwa das fahrerlose Parken in Innenstädten. Diskontinuitäten wären dann weniger in der Technisierung zu sehen als in einer Anpassung der gesellschaftlichen Organisation von Verantwortung und in der gereiften Einsicht, dass die verheerenden Gesundheits- und Klimawirkungen von Abgasen und Emissionen, die absehbaren Ressourcenkonflikte, das Ende des »billigen Öls« sowie die verschärferten Flächennutzungskonflikte in Städten, in der Landwirtschaft und auf den Meeren mit Technologien des automatisierten Fahrens kaum gemildert oder gar gelöst werden.

2. Die Technostrukturen der Automobilität

Das Konzept der »Technostrukturen« vermag etwas Licht in die undeutliche Collage aus Kontinuitäten und Diskontinuitäten der Entwicklung zu bringen. Als Technostrukturen werden historisch, kulturell und ökonomisch *spezifische* Wege der Problemlösung bezeichnet, gegenüber denen auch strukturell andere Lösungsmöglichkeiten denkbar wären. Sie bilden sich in enger Wechselwirkung mit entsprechenden Naturverhältnissen, Arbeitsweisen, Sinn- und Konsumstrukturen sowie Formen des Wissens und Nicht-Wissens um einen technischen Code heraus. Im Verkehrsbereich haben sich um den

26 Roberge, Jonathan/Seyfert, Robert: »Was sind Algorithmenkulturen?«, in: Robert Seyfert/Johannes Roberge (Hg.): Algorithmenkulturen. Über die rechnerische Konstruktion der Wirklichkeit, Bielefeld: transcript 2017, S. 7-4; vgl. auch Kropp, Cordula (2020): Was zählt? Wer entscheidet? Zur informatisierten Herrschaft von Bewegungsdaten und Kontaktprotokollen. Soziopolis.de, 30.06.2020, <https://soziopolis.de/beobachten/gesellschaft/artikel/was-zaehlt-wer-entscheidet/> vom 26.07.2021.

27 C. Kropp: »Intelligente Städte«.

Code ›motorisierte Individualmobilität‹ inzwischen die Technostrukturen eines fossilen Kapitalismus mit zugehörigen Akkumulationsregimen und Governanceformen einer verallgemeinerten »Mobilmachung« verdichtet. John Urry spricht vom »System of Automobility«. ²⁸ Der Begriff der Technostruktur wird meist auf größere Infrastruktursysteme bezogen und betont deren gesellschaftsprägende Bedeutung und langfristige Pfadbildung (*lock-in*). In diesem Sinne charakterisiert Canzler ²⁹ die Technostruktur der Automobilität anhand einer »doppelten Pfadabhängigkeit«, die sich ›technisch‹ in der nur inkrementellen Innovationstätigkeit auf Seiten der Hersteller und Planer:innen manifestiere und ›sozial‹ in der Integration der Autonutzung bis in die individuelle Residenz-, Berufs- und Alltagsplanung zeige. Die Technostruktur der Automobilität führe auf der Ebene der Subjekte zu einem »automobilen Lebensstil« und auf der Ebene der Gesellschaft zum Syndrom des »Automobilismus« mit interdependenten Techniken, Infrastrukturen, Rollenerwartungen und Alltagspraxen.

Das Konzept rückt auch die gesellschaftlichen Regeln des Umgangs mit Technostrukturen in die Aufmerksamkeit. Diese Regeln tragen dazu bei, technische und kulturelle Funktionsbedingungen wechselseitig anzupassen und als gleichermaßen bestimmend und alternativlos erscheinen zu lassen. Rammert erkennt daher in Technostrukturen »eingeschriebene« gesellschaftliche Verhältnisse, Verhaltensweisen und Vorstellungen, ihnen »zugeschriebene« Wirkungen und Bedeutungen und mit ihrer Verfassung einhergehende, »vorgeschriebene« Handlungs- und Denkweisen. ³⁰ Im Sinne der Strukturierungstheorie beleuchtet er Technostrukturen zugleich als ermöglichende Ressource und restriktive Einschränkung in den sozialen Prozessen der Technikentwicklung und weitergehenden Technisierung.

Zur Automobilität gehört beispielsweise die Ideologie einer »freien Fahrt für freie Bürger« bei gleichzeitiger Abwertung der Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs als Transportmittel für Alte, Arme, Frauen und Kinder. Auch die Dominanz des Privatverkehrs ist nicht nur in der autogerechten Stadt, sondern auch in den durchgesetzten Denkmustern und Freizeitwelten davon geprägt. Dies gilt ebenfalls für die technischen Innovationskorridore, die in

28 Urry, John: »The ›System‹ of Automobility«, in: *Theory, Culture & Society* 21/4-5 (2004), S. 25-39.

29 Canzler, Weert: »Automobilität und Gesellschaft«, in: *Soziale Welt* 63 (2012), S. 317.

30 Rammert, Werner: *Technik aus soziologischer Perspektive 2: Kultur – Innovation – Virtualität*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag 2000, S. 71.

den Vorstellungen von autonomer Mobilität wieder sichtbar werden, sowie für die Triade von Individualverkehr, Eigenheim und Pendlerpauschale mit ihren polyzentrischen Raumstrukturen, dispersen Siedlungsweisen und sich wechselseitig verstärkenden Mobilitätsbedürfnissen. In der Folge produziert die motorisierte Individualmobilität eine Vielfalt langlebiger Verkehrsstrukturen aus Straßen- und Schienentrassen, Wasserstraßen, Brücken, Tunneln, Flugrouten bis hin zu Navigationssystemen, Lieferdrohnen und Lufttaxis der Zukunft und nimmt damit eine dominante und mehrfach privilegierte Position ein.³¹ Das Automobil verkörpert in Deutschland einen eigenwilligen Freiheitsbegriff. Es gilt als Symbol des Wirtschaftswunders, Bürgerrecht und wesentliches Konsumgut der sozialen Positionierung. Dennoch ist »um die Art und Intensität der Automobilität ein heftiger Streit zwischen einem lobbyistisch und parteipolitisch unterstützten ›Weiter so!‹ auf der einen Seite und der Forderung nach einer Verkehrs- und Mobilitätswende hin zur nachhaltigen Mobilität im Umweltverbund (ÖPNV, Fahrrad fahren und zu Fuß gehen) auf der anderen Seite entstanden.«³² Der als alternativlos deklarierte Ausbau der auf Automobilität gerichteten Technostrukturen wird durch die Suche nach Alternativen zunehmend in Frage gestellt.³³

Vor diesem Hintergrund ist interessant, welche technostrukturelle Prägung sich als Artikulation von typischen Hoffnungen, Erwartungen und Ängsten gegenüber autonomer Mobilität in Positionspapieren und Szenarien offenbart, welche Technikvorstellungen in den Zukunftsvisionen wichtiger Verbände zu Wort kommen und auch, ob eine diskontinuierliche Veränderung der von Kritikern als nicht zukunftsfähig beurteilten Technostrukturen dort thematisiert wird. Um eine Antwort auf diese Fragen zu geben, habe ich Szenarien zur Zukunft autonomer Mobilität aus den Jahren 2015 bis 2017 hinsichtlich ihrer soziotechnischen Vorstellungswelten (*sociotechnical imaginaries*) und Risikoerwartungen analysiert. Meiner Untersuchung lagen insgesamt 19 Dokumente zwischen vier und 360 Seiten zugrunde, die Verbände, Vereine

31 Canzler, Weert: »Der öffentliche Verkehr im Postfossilen Zeitalter. Sechs Thesen«, in: Oliver Schwedes (Hg.): Öffentliche Mobilität, Wiesbaden: Springer 2014, S. 229-240.

32 J. Dangschat: »Automatisierter Verkehr«, S. 494.

33 W. Canzler: »Der öffentliche Verkehr im Postfossilen Zeitalter«, Tils, Gabriele/Rehaag, Regine: »Nachhaltige Mobilität durch soziale Innovationen – Potenziale des Carsharing aus Sicht von Konsument/innen«, in: Melanie Jaeger-Erben et al. (Hg.): Soziale Innovationen für nachhaltigen Konsum, Innovation und Gesellschaft, Wiesbaden: Springer 2017, S. 169-189.

und Stiftungen aus Industrie, Wissenschaft und Politik sowie wirtschaftliche und politische Organisationen in diesen drei Jahren in Deutschland veröffentlicht haben³⁴. Für die Analyse habe ich mich am Konzept der *socio-technical imaginaries*³⁵ orientiert, mit dem das Zusammenspiel von Technostruktur und kulturellen Wertesystemen untersucht wird. Es beleuchtet die Ko-Produktion von Wissenschaft, Technik und Modernität in Visionen und kollektiven Symbolwelten einer Gesellschaft. Soziotechnische Vorstellungswelten legen als wirkmächtige Leitvorstellungen davon, wie technologische Entwicklungen zukünftig zu einem guten gesellschaftlichen Zusammenleben beitragen werden, historisch, national oder sektorspezifisch unterschiedliche Korridore in die Zukunft nahe und entfalten so Einfluss auf die Innovationspolitik, die laufenden Prozesse der Technikentwicklung und ihre materiellen Resultate. Jasanoff definiert soziotechnische Vorstellungswelten als »kollektiv geteilte, institutionell stabilisierte und öffentlich aufgeführte Visionen wünschbarer Zukünfte, die inspiriert von gemeinsamen Verständnissen der Muster sozialer Ordnung und sozialen Zusammenlebens durch wissenschaftlich-technischen Fortschritt erreichbar und unterstützt werden.«³⁶ Sie werden in der Innovations- und Technikforschung oft untersucht, weil sie aufzeigen, inwieweit kulturell verallgemeinerte Technostrukturen als »positive Fortschrittsvorstellungen«³⁷ die Technikentwicklung stärker als die im Detail

-
- 34 Die analysierten Dokumente wurden von großen Verbänden, Vereinen und Stiftungen (bspw. acatech, Verband der Automobilindustrie, Bertelsmann-Stiftung, Friedrich-Ebert-Stiftung, VDV – Die Verkehrsunternehmen etc.) sowie politisch-administrativen Organisationen (Ministerien, Bundestag etc.) in den Jahren 2015 bis 2017 veröffentlicht. In diesen Jahren fand das autonome Fahren, getrieben von den technischen Erfolgen großer amerikanischer IT-Konzerne, in Deutschland starke Aufmerksamkeit und galt, wie die einleitende Beobachtung aus dieser Zeit verdeutlichen mag, als unmittelbar bevorstehend. Seither hat sich die deutsche Automobilindustrie von einer raschen Implementierung vollautomatisierter Fahrzeuge abgewendet und verfolgt eher die Strategie einer schrittweisen Einführung über teilautomatisierte Assistenzsysteme.
- 35 Jasanoff, Sheila/Sang Hyun, Kim: »Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Power in the United States and South Korea«, in: *Minerva* 47/2 (2009), S. 119-146; Jasanoff, Sheila: »Future Imperfect: Science, Technology, and the Imaginations of Modernity«, in: dies./Sang-Hyun Kim (Hg.): *Dreamscapes of Modernity: Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power*, Chicago: The University of Chicago Press 2015, S. 1-33.
- 36 Ebd., S. 4, eig. Übers.
- 37 Ebd.

oft umstrittenen Technikleitbilder beeinflussen und auf geteilte Ängste reagieren. Auch die soziotechnischen Vorstellungswelten der automatisierten Zukunft wurden bereits mit einem Fokus auf Elektrofahrzeuge³⁸ und auf Nutzervorstellungen in der Automobilindustrie³⁹ untersucht. Methodisch lassen sie sich als Deutungsmuster der Zukunftserwartung und -rahmung⁴⁰ durch vergleichende Analysen erfassen.⁴¹

In den analysierten Dokumenten wird autonome Mobilität in diesem Sinne als ein hoch bewertetes Technologieprojekt erkennbar, das mit spezifischen Erwartungen und Versprechungen und nicht zuletzt mit der zukünftigen Rolle der Automobilindustrie in Deutschland verknüpft wird. Die Zukunft des autonomen Fahrens fand im Untersuchungszeitraum in Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft gleichermaßen große Resonanz. Von der dominanten Technostruktur geprägt, standen neue digitale Möglichkeiten, die unterstellten Interessen der Fahrzeugführer:innen, hohe Straßendichte und der internationale Wettbewerb im Mittelpunkt, während die bestehende Infrastruktur, die Interessen weiterer Verkehrsteilnehmer:innen oder urbane Verdichtungsräume seltener und dann oft mit Bezug auf zu vermeidende Unfälle angesprochen wurden. Nur zwei der analysierten Dokumente setzen sich überhaupt mit Möglichkeiten einer Reduzierung des Individualverkehrs auseinander. Abgesehen von grundsätzlichen Hinweisen, dass durch gezielte Besteuerung eine Umsteuerung hin zu einer effizienter oder nachhaltiger gestalteten Verkehrsweegeorganisation möglich werde, wird an keiner Stelle eine grundsätzliche Verkehrswende projiziert. Zwar finden die Möglichkeiten einer integrierten Automatisierung aller Verkehrsträger immer wieder Erwähnung, jedoch werden vor allem die Vorteile im motorisierten Privat- und Lieferverkehr euphorisch ausgeführt.

-
- 38 Wentland, Alexander: »Imagining and enacting the future of the German energy transition: Electric vehicles as grid infrastructure«, in: *Innovation: The European Journal of Social Science Research* 29/3 (2016), S. 285-302.
- 39 Graf, Antonia/Sonnberger, Marco: »Responsibility, rationality, and acceptance: How future users of autonomous driving are constructed in stakeholders' sociotechnical imaginaries«, in: *Public Understanding of Science* 29/1 (2020), S. 65-71.
- 40 Sh. Jasanoff: »Future Imperfect«, S. 24.
- 41 Im vorliegenden Fall wurden die Texte vergleichend in MaxQDa kodiert und sowohl entlang von vorab bestimmten Kategorien (Risikowahrnehmung, Verantwortungszuschreibung) inhaltsanalytisch ausgewertet als auch in Bezug auf Sinnzusammenhänge strukturierende Typisierungen rekonstruiert und entlang datenbasiert entwickelter Kategorien interpretiert.

Die Befunde zu den soziotechnischen Vorstellungswelten sollen im Weiteren nur mit Fokus auf Risiko, Vertrauen und Verantwortung referiert werden. Aber um es vorwegzunehmen: Risikothemen machen nur zwei Prozent des insgesamt kodierten Textkorpus aus. In den wenigen implizit oder explizit auf mögliche Risiken der Entwicklung bezogenen Statements überwiegen neben der routinemäßig angesprochenen Frage des Datenschutzes Hinweise auf menschliches Versagen und auf die Gefahr von verpassten Chancen durch eine zu langsame Entwicklung autonomer Mobilität. Für beides gilt die Einführung des autonomen Fahrens als Problemlösung, auch im Hinblick auf die wachsende Vielfalt der Verkehrsteilnehmer:innen. Sie wird als so gut wie unvermeidlich dargestellt und als Bewältigung heterogener Probleme wie dem Umgang mit einem wachsenden Verkehrsaufkommen, einer in ihrer Wettbewerbsfähigkeit herausgeforderten Automobilindustrie und der zunehmend individualisierten Gestaltung von Transportwegen gepriesen.

Der Blick auf mögliche Risiken richtet sich auf die erhoffte Verminderung von Unfällen im Straßenverkehr einerseits und die Entstehung neuartiger Risiken durch die vernetzten intelligenten Systeme und die damit verbundene Datennutzung andererseits. In der soziologischen Risikoforschung gelten ›Risiken‹ als umstrittene soziale Konstruktionen, die anders als Gefahren auf eine Entscheidung zurückgeführt werden und in der Folge in den mitunter konfliktreichen Risikoantagonismus zwischen Entscheidern und Betroffenen führen⁴². Wahrnehmung und Bewertung technischer Risiken unterliegen sozialen, institutionellen und kulturellen Bedingungen, deren Wandel mit folgenreichen Umwertungen einhergehen kann. So kann nicht ausgeschlossen werden, dass am Ende der Verkehrsautomatisierung menschliche Fahrer:innen als prinzipielles Risiko betrachtet und vom Verkehr ausgeschlossen werden⁴³. Risiken, so das Dilemma, werden erst zu einer sozial und politisch folgenreichen Tatsache, wenn sie als solche wahrgenommen werden: erst dass sie als Risiko wahrgenommen werden, macht sie zu einem.

Auch wenn es trivial erscheinen mag, so ist die deutlich sektorspezifische Risikowahrnehmung auch beim Thema autonomes Fahren bemerkenswert:

42 Beck, Ulrich: Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne, Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1986; Luhmann, Niklas: Soziologie des Risikos, Berlin: De Gruyter 1991.

43 Sparrow, Robert J./Howard, Mark: »When human beings are like drunk robots: Driverless vehicles, ethics, and the future of transport«, in: Transportation Research Part C: Emerging Technologies 80 (2017), S. 206-215.

Wirtschaftsverbände und -vereine setzen sich mit den Vorteilen der erwarteten Unfallminderung, mit unklaren Haftungsfragen und den kritischen Übergangszeiten auseinander, in denen durch die Koexistenz nicht automatisierter Verkehre die Vorteile und Effizienzgewinne nur bedingt erreichbar seien. Von Seiten der Politik werden »existenzielle Risiken« durch Funktionsstörungen der vernetzten intelligenten Systeme (»systemimmanente Risiken«) befürchtet, die durch Hackerangriffe und eine Aufweichung der Sicherheit in Netzwerklösungen im permanenten Wettlauf mit Angriffstechnologien erwartet werden. Zudem stellen die Datenhoheit und allgemein die informationelle Selbstbestimmung des zunehmend »gläsernen Fahrers« offene Fragen dar (Bewegungsprofile, Maschinen als dirigierende Instanz, Freiwilligkeit der Datenpreisgabe). Dieses Thema beschäftigt auch zivilgesellschaftliche Vereine und Stiftungen, die ihren Fokus vor allem auf die nicht-intendierten Nebenfolgen des automatisierten Verkehrs richten, wie etwa die befürchtete Verdrängung des öffentlichen Verkehrs als »Restverkehr« gegenüber der Zunahme der Automobilität, den Verlust der Entscheidungsautonomie über Verkehrswege und -mittel sowie die zunehmende Steuerung und Überwachung der Nutzer:innen.

Die Dokumente äußern sich auch zum Themenkomplex Vertrauen und Verantwortung. Soziologisch lässt sich Vertrauen als prospektiver Glauben in die Funktionstüchtigkeit und ihre gesellschaftliche Absicherung umschreiben und Verantwortung entsprechend als retrospektive Bereitschaft, dafür Rechenschaft und Sorge zu übernehmen. Bevor im nächsten Abschnitt der Zusammenhang von Risiko, Vertrauen und Verantwortung in Bezug auf soziotechnischen Wandel detaillierter beleuchtet wird, seien zunächst die diesbezüglichen soziotechnischen Vorstellungswelten knapp skizziert.

Über das Vertrauen der Bevölkerung in die automatisierten Fahrzeuge machen sich vor allem die Herstellerverbände wenig Sorgen, weil schon die teilautomatisierten Assistenzsysteme eine hohe Akzeptanz genossen. Für Ride-Sharing und automatisierte öffentliche Verkehre hingegen fehle diese; ohne sie sei aber eine Durchsetzung der Automatisierung in diesen Bereichen nicht erwartbar. Um Akzeptanz für den automatisierten Individualverkehr zu schaffen, werden vor allem eine standardisierte Bedienbarkeit sowie klare Regeln und Normen für Haftung und Datennutzung als notwendig erachtet und über Vorteilssysteme bei Versicherungen nachgedacht. Um die Akzeptanz für den automatisierten öffentlichen Verkehr zu erhöhen, werden hingegen eine aktivierende Preisgestaltung und auch eine Zwangsautomatisierung erwogen. Punktuell findet sich der warnende Hinweis auf

ein sogenanntes »Übervertrauen« als zu sorglose Nutzung der Assistenzsysteme. Während Akzeptanz die faktische Bereitschaft bezeichnet, eine Technik zu nutzen oder zumindest zu tolerieren, wird unter Akzeptabilität die wertebasierte Beurteilung der Akzeptanz- und Vertrauenswürdigkeit einer Technologie unter Abwägung möglicher Vor- und Nachteile verstanden. Diesbezüglich problematisieren viele Dokumente die mangelnde Klärung von Fragen der Datennutzung und des Datenschutzes, die eine auch medial verstärkte Ablehnung nahelege.

Als Scharnier zwischen Vertrauen und Verantwortung kann die Haftungs- und Versicherungsfrage gelten, die im deutschen Verkehrsrecht bislang durch die Versicherungspflicht der haftenden Fahrzeughalter:innen und die zulassungsabhängige Produkthaftung der Hersteller geregelt ist. Wie schon die Risiken finden auch die komplizierten Verantwortungsprobleme in den Positionspapieren kaum Erwähnung. Grundsätzlich betrachten Wirtschaftsorganisationen die Klärung dieser Fragen als eine »staatliche Aufgabe«; in den Dokumenten aus Politik und Verwaltung richtet sich die Erwartung hingegen auf die Verantwortlichen der Technikentwicklung, die eher in Wissenschaft und Wirtschaft zu suchen sei. Die wechselseitige Verantwortungszuschreibung schlägt sich in recht allgemeinen Äußerungen nieder, dass für Schäden durch aktivierte automatisierte Fahrsysteme die übliche Produkthaftung gelten müsse und Hersteller und Betreiber in der Zukunft eventuell stärker in die Pflicht zu nehmen seien, auch, dass die Hauptverantwortung bei den Fahrzeugführer:innen bleibe. Dass die vernetzten Systeme jedoch individuell und punktuell kaum kontrolliert und in die Pflicht genommen werden können, mündet in den hilflosen Appell, diese sollten »selbstheilend« aktiv werden, sich möglichen Manipulationen und IT-Angriffen dynamisch anpassen oder zumindest Ausfälle frühzeitig anzeigen. Eine Studie von Acatech – der Deutsche Akademie der Technikwissenschaften – wird angesichts der schwierigen Verantwortungsfrage unter Bedingungen hybrider Kontrolle explizit:

Es ist zu erwarten, dass mit der Fortentwicklung der Systeme und deren Fähigkeiten die Fahrerin beziehungsweise der Fahrer vermehrt das System für die Erfüllung ihrer beziehungsweise seiner Aufgaben einsetzen kann. Damit werden auch die Möglichkeiten für Nebentätigkeiten ansteigen, ohne dass sich die Fahrerin oder der Fahrer dem Vorwurf einer Sorgfaltspflichtverletzung ausgesetzt sieht. Allerdings dürfte ebenso klar sein, dass die Fahrerin oder der Fahrer, die Halterin oder der Halter eines automatisierten Fahr-

zeugs weiterhin in Schadensfällen zu belangen sein wird, da dem technischen System keine Verantwortung übertragen werden kann.⁴⁴

Vor diesem Hintergrund richtete der damalige Bundesverkehrsminister Alexander Dobrindt 2016 die »Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren« unter dem Vorsitz eines früheren Verfassungsrichters ein, um die fehlenden gesellschaftlichen Grundsätze für das hochautomatisierte Verfahren zu definieren. Gleich der erste Abschnitt des im Juli 2017 vorgelegten Berichts bringt die Unumkehrbarkeit der Entwicklung und den weiteren Fokus auf Automobilität unmissverständlich mit dem Hinweis auf die weltweite Entwicklung der »Digitalisierung der Mobilität« und die bereits »alltäglich« gewordene Teilautomatisierung der Fahrzeuge und Systeme zum Ausdruck. Auf Teststrecken in den USA und Deutschland entwickelten sich vollautomatisierte Fahrzeuge »auf dem Sprung in die Serienreife«⁴⁵. Nun gehe es »um die Entscheidung, ob die Zulassung automatisierter Fahrsysteme ethisch verantwortbar oder womöglich sogar geboten ist«⁴⁶. Im Ergebnis definiert die Ethik-Kommission 20 ethische Regeln, unter denen sich Nr. 3, 10 und 11 auf Haftungsfragen beziehen. Die »Gewährleistungsverantwortung für die Einführung und Zulassung automatisierter und vernetzter Systeme im öffentlichen Verkehrsraum« obliegt darin der öffentlichen Hand. Die Fahrsysteme bedürfen deshalb der behördlichen Zulassung und Kontrolle, vor allem unter dem Leitbild der Vermeidung von Unfällen, »wobei technisch unvermeidbare Restrisiken einer Einführung des automatisierten Fahrens bei Vorliegen einer grundsätzlich positiven Risikobilanz nicht entgegenstehen«, wie ausdrücklich betont wird.⁴⁷ Damit verschiebe sich die »dem Menschen vorbehaltene Verantwortung [...] bei automatisierten und vernetzten Fahrsystemen vom Autofahrer auf die Hersteller und Betreiber der technischen Systeme und die infrastrukturellen, politischen und rechtlichen Entscheidungsinstanzen.«⁴⁸ Da sich die Haftung für Schäden an den Grundsätzen der übrigen Produkthaftung orientiere, folge, »dass Hersteller oder Betreiber verpflichtet sind, ihre Systeme fortlaufend zu optimieren und auch bereits ausgelieferte Systeme

44 Lemmer, Karsten: Neue autoMobilität. Automatisierter Straßenverkehr der Zukunft (acatech STUDIE), Herbert Utz: München 2016, S. 80.

45 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): »Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren«, in: Bericht Juni (2017), S. 6.

46 Ebd.

47 Ebd., S. 10.

48 Ebd., S. 11.

zu beobachten und zu verbessern, wo dies technisch möglich und zumutbar ist.«⁴⁹ Die nachgestellte Diskussion des »Problemfelds Verantwortungsreichweite« rückt das komplizierte Netz potenzieller Verantwortlicher in den Blick.⁵⁰

Die soziotechnischen Vorstellungswelten, die das heutige Nachdenken über autonome Mobilität hervorbringt, werden – so kann man zusammenfassend sagen – umfassend von der Technostruktur der Automobilität geprägt. Dabei dominieren technikoptimistische Perspektiven, wie auch in einer Untersuchung englischer Studien.⁵¹ Die starke Auseinandersetzung mit ethischen Entscheidungsdilemmata steht für einen problematischen Fokus auf das einzelne Fahrzeug in außergewöhnlichen Entscheidungssituationen, die nicht durch ein Abbremsen zu lösen sind und für deren Bewältigung auch heutige Fahrzeugführer nicht geschult sind. Diese Wahrnehmungsverengung auf »das Fahrzeug« und »den Programmierer«⁵² erfolgt trotz der Einsicht in die »totale« Vernetzung der Infrastruktur⁵³ und das »Problemfeld Verantwortungsreichweite«.⁵⁴ Sie blendet die Neuartigkeit der Risiken in Konstellationen »geteilter Kontrolle« systematisch aus, die aus der soziotechnischen Vernetzung der vielfältigen Systeme, ihrer teils selbstlernenden Optimierung und kritischen Abhängigkeit von übergeordneten Systemen, bspw. der Stromversorgung, hervorgehen. Ihre Regie liegt in undurchsichtigen Konstellationen einer ungeklärten Handlungsträgerschaft mit keineswegs eindeutigen Mensch-Maschine-Schnittstellen oder Zuständigkeiten, wenngleich dies in den meisten Dokumenten als wünschbar und erforderlich dargestellt wird.

49 Ebd., S. 12.

50 Ebd., S. 26f.

51 Milakis, Dimitris/van Arem, Bart/van Wee, Bert: »Policy and society related implications of automated driving: a review of literature and directions for future research«, in: *Journal of Intelligent Transportation Systems* 21/4 (2017), S. 324-348.

52 BMVI: »Ethik-Kommission«, S. 16.

53 Ebd., S. 23.

54 Ebd., S. 26.

3. Technikkrisiko und Technikvertrauen in der Moderne

Offensichtlich besteht bezüglich der institutionellen Konzepte und Organisation von Technikverantwortung für automatisierte Systeme eine gravierende Leerstelle, die sich mit Maarten Hajer als »*institutional void*«⁵⁵ bezeichnen lässt. Dies ist weniger neu, als man annehmen möchte. Tatsächlich gehört die Beschreibung einer funktionalen »Verantwortungsfiktion« ohne organisatorische Entsprechung seit jeher zur soziologischen Beobachtung der Technikentwicklung. Auch in der Vergangenheit haben soziotechnische Entwicklungen systematisch die Grenzen des Wissens und der organisatorischen Kontrolle überschritten und jene nicht-gewollten Nebenfolgen mitproduziert, die Ulrich Beck schließlich zur Diagnose der »Risikogesellschaft«⁵⁶ veranlassten.

Aber schon Max Weber zeichnete das Bild einer »notwendigen Vertrauensgemeinschaft«⁵⁷, in der man zwangsläufig »von dem, was man nicht verstehen kann, unterworfen wird, um es gebrauchen zu können«⁵⁸. Grundrechenarten, mechanische und bürokratische Techniken, so Weber, verdanken ihre verallgemeinerte Anwendung nicht dem tatsächlichen Verständnis ihres Funktionierens in all seiner Komplexität, sondern dem »universellen Tatbestand« eines übermächtigen Einverständnisses in die unterstellte Rationalität: »Kein normaler Konsument weiß heute auch nur ungefähr um die Herstellungstechnik seiner Alltagsgebrauchsgüter, meist nicht einmal darum, aus welchen Stoffen und von welcher Industrie sie produziert werden«, schreibt Weber 1922⁵⁹. Vielmehr bedeute der Fortschritt ein »immer weiteres Distanzieren der durch die rationalen Techniken und Ordnungen praktisch Betroffenen von deren rationaler Basis«⁶⁰. Deshalb herrsche in der »Einverständnissgemeinschaft« Vertrauen, dass die Bedingungen des Alltagslebens, »heißen sie nun: Trambahn oder Lift oder Geld oder Gericht oder Militär oder Medizin, prinzipiell rationalen Wesens, d.h. der rationalen Kenntnis, Schaffung

55 Hajer, Maarten: »Policy without polity? Policy analysis and the institutional void«, in: *Policy Sciences* 36/2 (2003), S. 175-195.

56 U. Beck: *Risikogesellschaft*.

57 Wagner, Gerhard: »Vertrauen in Technik«, in: *Zeitschrift für Soziologie* 23/2 (1994), S. 145-157, hier S. 146.

58 Ebd., S. 147.

59 Weber, Max: »Über einige Kategorien der verstehenden Soziologie«, in: ders. (Hg.): *Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre*, Paderborn: Historisches Wissensarchiv [1922] 2015, S. 403-450, hier S. 444.

60 Ebd.

und Kontrolle zugängliche menschliche Artefakte seien«⁶¹. Das Vertrauen in die Technikentwicklung ohne Kenntnis ihrer konstitutiven Bedingungen begründet sich also in einer geteilten Fiktion von der Rationalität, die dem Fortschritt innewohne und als rationale Ordnung die soziotechnischen Strukturen präge.

Ein halbes Jahrhundert später löst Niklas Luhmann das Verständnis von Vertrauen als Glaube an die grundsätzliche Rationalität der Ordnung des Ganzen zugunsten der Einsicht in die jeweils eigensinnige und partielle Funktionalität der Subsysteme auf. Für Gerald Wagner wird es »in der plurifunktional differenzierten Gesellschaft [...] damit sowohl resistenter gegen Enttäuschungen als auch riskanter in seinem potenzierten Agnostizismus.«⁶² Lebensweltlich verschiebe sich der Bedarf des Glaubens in die »unverstandenen« Systeme hin zur Erwartung, dass jedes der Teilsysteme den funktionsspezifischen Erwartungen gerecht werde. Für Luhmann ermöglicht dieser Entlastungsvorgang eine technische Steigerung, in deren Rahmen »Technik, technisch, Technisierung« bedeutet, dass »der Vollzug ohne allzu viel Reflexion, vor allem aber ohne Rückfrage beim Subjekt oder beim Beobachter möglich ist«⁶³. Allerdings schwinde unter »Bedingungen riskanter Technologien [...] das Vertrauen in das Selbstvertrauen anderer«⁶⁴ sowie in ihre Expertisen, Technologien, Zusagen und Sorgfalt, die stets dem jeweils funktionsspezifischen Antagonismus von Entscheidern und Betroffenen unterworfen und daher nicht übergreifend verantwortlich sein können.

An dieser Stelle greift Ulrich Beck die Vertrauensfrage auf und problematisiert das Resultat einer »organisierten Unverantwortlichkeit«⁶⁵. In Übereinstimmung mit Weber und Luhmann geht er zwar davon aus, dass in der Moderne weiter die Überzeugung geteilt werde, »im Gehäuse [der] Rationalitätshörigkeit« zu sitzen, und zwar mit »solcher Differenziertheit, dass alles immer erstens funktionaler und zweitens differenzierter« werde⁶⁶. Allerdings

61 Ebd., S. 449.

62 G. Wagner: »Vertrauen in Technik«, S. 149.

63 Luhmann, Niklas: Die Wissenschaft der Gesellschaft. Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1990, S. 197.

64 N. Luhmann: Soziologie des Risikos, S. 124.

65 Beck, Ulrich: »Der industrielle Fatalismus. Die organisierte Unverantwortlichkeit«, in: ders.: Gegengifte. Die organisierte Unverantwortlichkeit, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1988, S. 96-112.

66 Ebd., S. 96.

führe diese innere Spannung angesichts komplexer Risikokonstellationen zu einem »weitverzweigten Labyrinth-System« nicht zu klärender Verantwortlichkeiten, »dessen Konstruktionsplan nicht etwa Unzuständigkeit oder Verantwortungslosigkeit ist, sondern die Gleichzeitigkeit von Zuständigkeit und Unzurechenbarkeit oder: organisierte Unverantwortlichkeit«⁶⁷. Bis heute ist damit die »bis in die Betriebe hin- und zurückreichende Großbürokratie der allgemeinen Leichtsinnigkeit und Unsicherheit, des wachsenden Nicht- oder Halbwissens, der Fälschung, Verschleierung usw. nach dem geradezu genialen Organisationsprinzip nichtzurechenbarer Unzuständigkeit«⁶⁸ in Worte gefasst.

Angesichts der Komplexität und Ungewissheit sowohl der Risikokonstellationen als auch der Verantwortlichkeiten entlasteten sich nun ihrerseits die Systeme, rechneten katastrophale Gefahren zu definierbaren Risiken klein und ließen einen ohnmächtigen, »industriellen Fatalismus«⁶⁹ entstehen. Beobachtbar würde ein Versagen der industriemodernen Institutionen, die zwar Kleinrisiken bis in alle Einzelheiten verfolgten (Stichwort »TÜV-Fahrzeugänderungsabnahme« und »amtliche Eintragung in die Fahrzeugpapiere«), aber Großgefahren kraft Autorität mit bloßen Versprechungen legalisierten wie gegenwärtig autonomes Fahren. Im Ergebnis müsse im Umgang mit nicht-gewollten Unfällen und Schäden systementlastend eine Re-Individualisierung von Risiken bewerkstelligt werden, in der »individuelle Verursachung und damit auch individuelle Verantwortung in den Mittelpunkt gerückt werden, auch wenn diese nur teilweise gegeben sind.«⁷⁰

Die geschilderte Responsabilisierung allzu leutseliger früher Nutzer:innen automatisierter Fahrzeuge illustriert diese Diagnose im Einklang mit Perrow⁷¹ aus aktueller Sicht: Weil die Anforderungen der Kontrolle komplexer Systeme enorm sind, werden die menschlichen Handlungsträger in die Pflicht genommen. Diesen »fragwürdigen« Weg der Komplexitätsreduktion bezeichnet Anna Henkel in ihrer »Gesellschaftstheorie der (ausgereizten) Verantwortung« als Krisensymptom und problematisiert die sachlich-soziale Reichweite der menschlichen Handlungsfähigkeit: »Einerseits werden Schäden zunehmend als individuell zu verantwortender Handlungseffekt

67 Ebd., S. 100,

68 Ebd., S. 101f.

69 Ebd., S. 96.

70 Beck, Ulrich: Politik in der Risikogesellschaft, Frankfurt: Suhrkamp 1990, S. 246.

71 C. Perrow: Normale Katastrophen.

zugerechnet – andererseits zeichnet sich Gesellschaft zunehmend durch systemische Risiken, systemische Effekte und Komplexität aus.«⁷²

Automatisierte technische Systeme fordern die Fiktion einer eindeutigen Verantwortungszuschreibung und das Vertrauen in technischen Fortschritt weiter heraus: Die mit ihnen einhergehenden Formen geteilter Kontrolle lösen die Bestimmbarkeit menschlicher Handlungsfähigkeit und -autonomie grundsätzlich auf. Ihr Wirken im Rahmen einer »fragmentalen« Aufgabenteilung in Maschinen-Daten-Menschen-Assemblagen macht es unmöglich, Rechenschaft über Handlungsentscheidungen abzulegen oder die Systeme anhand kausal zurechenbarer Ursache-Wirkungs-Ketten verantwortlich zu steuern. Im fragmentalen Netzverbund heterogener, teils nicht abgestimmter und teils selbstlernender Systeme, die im permanenten Austausch mit übergeordneten Daten und Programmen (*vehicle-to-infrastructure*-Kommunikation) agieren, führt die fehlende Integration funktionaler Teilsysteme in eine Beobachtungs- bzw. Entscheidungsperspektive vielmehr zum Problem der »Interoperabilität«⁷³. Interoperabilität beschreibt die symbiotische Verteilung von Handlungsträgerschaft auf menschliche, sachliche und digitale Einheiten ohne Steuerungszentrum. Demgegenüber wirkt in vielen der analysierten Dokumente die Hoffnung, dass offene Verantwortungsfragen durch die gezielte Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen und die Definition von Zuständigkeiten zu beantworten seien, wieder einmal wie die viel zitierte Fahrradbremse am Interkontinentalflugzeug.⁷⁴ Zugleich ist zu konstatieren, dass der nachlaufende Umgang mit Technikrisiken und kategorialen Nichtwissen, das sich im Rahmen des etablierten Wissens nicht einmal hinreichend erfassen lässt, ein Merkmal der Industriemoderne ist, das schon die Phasen der Mechanisierung und Motorisierung des Verkehrs geprägt hat. Besonders lesenswert hat Sarah Jain⁷⁵ für den amerikanischen Raum anhand von rechtlichen Präzedenzfällen nachgezeichnet, wie die Haftung für die Risiken der Automobiltechnologie auf Kosten der »Zaungäste«

72 Henkel, Anna: »Gesellschaftstheorie der Verantwortung: Funktion und Folgen eines Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität«, in: *Soziale Systeme* 19/2 (2016), S. 470-500, hier S. 473.

73 W. Rammert: »Technik als verteilte Aktion«, S. 107.

74 Ulrich Beck hat angesichts rasanter Technikentwicklungen die Unangemessenheit zeitgenössischer Kontrollinstrumente und ethischer Standpunkte (U. Beck: *Der industrielle Fatalismus*, S. 194) mit diesem Bild beschrieben.

75 Jain, Sarah S. L.: »Dangerous Instrumentality«: The Bystander as Subject in Automobility«, in: *Cultural Anthropology* 19/1 (2004), S. 61-94.

(»bystanders«) einer durchgesetzten Automobilität rechtlich und kulturell definiert und die damit verbundenen Lasten zwischen (potenziell unzuverlässigen) Menschen und (prinzipiell gutartigen) Maschinen verteilt wurden – unter Ausblendung der Risiken von Technostrukturen und -design.

In Deutschland hat die Geschichte der Technischen Überwachungsvereine (TÜV) das Technikvertrauen insgesamt und den Glauben an die Absicherbarkeit technologischer Entwicklung im Besonderen geprägt. Sie zeigt das Gerangel unterschiedlicher Akteure und Interessen im Umgang mit neuartigen Risiken und den tastenden Vorstößen auf Felder, in denen präzedenzlose Gefahren durch neue Technologien produziert werden.⁷⁶ Der TÜV geht ursprünglich auf die Dampfkessel-Überwachungsvereine zur Bekämpfung von Kesselexplosionen zurück, deren bis dato beispielloses Gefahrenpotenzial im Verlaufe der Industrialisierung im 19. Jahrhundert spektakulär zunahm. Die Überwachungsvereine wurden als Organe der unternehmerischen Selbsthilfe in harter Konkurrenz zu Versicherungsgesellschaften gegründet; sie konzentrierten sich vor allem auf die risikominimierende, regelmäßige Kontrolle – nicht zuletzt als ein professionspolitisches Instrument der Ingenieure und in Kritik am obrigkeitlichen Beamtenstaat ohne notwendige Kompetenzen. Die »Unternehmerverbände mit quasi polizeilichen Kontrollaufgaben« entstanden neben der Staatsverwaltung in einem organisatorischen Vakuum und gelten heute als ein »Musterbeispiel für eine korporatistische Lösung, bei der die Verwaltung zur eigenen Entlastung Aufgaben an nicht-staatliche Akteure überträgt«⁷⁷. Mit der weiteren Technikentwicklung verließ sich der Staat immer stärker auf die nachlaufende Rechtfertigung anhand des »Standes der Technik«, definiert von einer schwer kontrollierbaren »Universalexpertise«⁷⁸ in der Hand eines Vereinskartells, dessen »auf Erfahrung gestützte Intuition« rückblickend auch als »durch Sicherheitskoeffizienten definierte Ahnungslosigkeit« beschrieben wird.⁷⁹ Die Expertise der Techniker gewann dabei ein »spürbares Übergewicht«⁸⁰, dessen Macht auch der Bevölkerung durch die vorgeschriebenen Hauptuntersuchungen bestens bekannt wurde. Vor diesem

76 Uekötter, Frank: »Entstehung des TÜV«, in: Armin Grunwald (Hg.): Handbuch Technikethik, Stuttgart/Weimar: Metzler 2013, S. 50-55.

77 Ebd., S. 51.

78 Ebd., S. 54.

79 Radkau, Joachim: Technik in Deutschland. Vom 18. Jahrhundert bis heute, Frankfurt a.M.: Campus 2008, S. 311, zitiert nach Uekötter, Frank: »Entstehung des TÜV«, S. 53.

80 Ebd., S. 52.

Hintergrund darf nicht erstaunen, dass weniger das Verkehrssystem sozial in die Gesellschaft eingepasst als die Gesellschaft technisch dem Verkehrssystem angepasst wurde – von autogerechten Siedlungsweisen über die schon 1914 vom TÜV übernommene Führerscheinprüfung bis hin zur praktischen Einübung verkehrsgerechten Verhaltens als erstem schulischen Lehrinhalt und einer umfassenden Verkehrserziehung beispielsweise vierzig Jahre lang jeden Freitagabend in der ARD-Serie »Der 7. Sinn«.⁸¹

Der Umgang mit Technikrisiken wurde in der Industriemoderne vor allem durch zwei Praktiken der Verantwortung im »Vorsorgestaat«⁸² organisiert: zum einen durch die Versicherung der Risiken in einer Solidargesellschaft der Betroffenen, die gemeinschaftlich den Schaden für den einzelnen Betroffenen kompensiert, und zum anderen durch eine starke Normierung der riskanten Prozesse und ihres gesellschaftlichen Umfelds, hier des Verkehrs. Beide Strategien der vorsorgenden Regulierung verwandeln die ehemals schicksalhaften Unwägbarkeiten in ein kalkulierbares Risiko. Aus der Individualisierung und Absicherung der statistisch erwartbaren Unfallereignisse resultiert eine normative Ordnung, in der die entstehenden soziotechnischen Arrangements selbst nicht mehr problematisiert werden, sondern eine wechselseitige Selbstanpassung von Technologie und Gesellschaft qua Normierung einsetzt. Die sukzessive und unfallbezogene Entwicklung von Verkehrs- und Haftungsregeln mag das illustrieren. Beide Strategien erfordern zugleich, dass die Risiken klassifiziert und abgegrenzt werden (können).

In der aktuellen Risikoforschung wird zwar ein grundsätzlicher Wandel im Gegenstandsbereich konstatiert. So werden als historisch neue Phänomene global interdependente, systemische und potenziell katastrophale Risiken wie Finanzkrise und Klimawandel untersucht, die als nicht-lineare, entgrenzte und nicht-deterministische Ketteneffekte einen neuen Umgang mit Komplexität, Ungewissheit und Ambivalenz erfordern.⁸³ Aber die gesellschaftstheoretisch relevante Veränderung durch eine prinzipiell geteilte

81 Nowak, Kai: »Teaching self-control: road safety and traffic education in postwar Germany«, in: *Historical Social Research* 41/1 (2016), S. 135-153.

82 Ewald, François: *Der Vorsorgestaat*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1993.

83 Beck, Ulrich/Kropp, Cordula: »Environmental Risks and Public Perceptions«, in: Jules Pretty/Andy S. Ball/Ted Benton et al. (Hg.): *Sage Handbook on Environment and Society*, Los Angeles/London: Sage 2007, S. 601-612; Renn, Ortwin/Lucas, Klaus/Haas, Armin et al.: »Things are different today: the challenge of global systemic risks«, in: *Journal of Risk Research* 22/2 (2019), S. 401-415.

Verantwortung und Handlungskontrolle in per se offenen und grenzüberschreitenden Systemen wird noch kaum behandelt. In der Vergangenheit stellten Natur (höhere Gewalt) und Schicksal (Fatum, zumeist religiös begründet) extern zugerechnete, prinzipielle Begrenzungen der Gestaltbarkeit, Rechtfertigung und Verantwortung dar. Demgegenüber wird die Bedeutung von *intern zugerechneter* und zugleich zwar prinzipiell, aber organisatorisch *nicht zurechenbarer* Verantwortlichkeit für technologische und insbesondere automatisierte Systeme, die ihrerseits nicht-deterministische Entscheidungen treffen und Kaskadeneffekte auslösen, in ihrer gesellschaftspolitischen Neuartigkeit und den damit einhergehenden Problemen, Verantwortlichkeit im Risikomanagement überhaupt zu definieren, noch nicht erfasst. Zwar weisen Renn et al. auf die stochastische Natur kritischer Situationen, die Bedeutung unzureichend verstandener Zukunftsvariabilität und externer Parameterverschiebung für nicht prognostizierbare Mikro-Makro-Prozesse hin.⁸⁴ Aber wie von Beck schon mit Verweis auf hergestellte Ungewissheiten dargestellt, können im Angesicht einer fragmentalen Kontrolle Systemvertrauen oder Technikverantwortung erst recht nicht mit einem wie auch immer differenzierten Rationalitätsanspruch, geschweige denn mit dem Verweis auf additive, modellhafte Simulation begründet werden.

4. Autonomes Fahren und die Rekonfiguration von Vertrauen und Verantwortung in der Betaphase

Die möglichen Risiken des autonomen Fahrens ergeben sich vor allem aus der fragmentierten Kontrolle in intelligenten, vernetzten Systemen und ihrer ›opaken‹ Operationsstruktur – und genau hieraus erwachsen auch die Befürchtungen in der Bevölkerung. Geht es um die gesellschaftlich institutionalisierte Verantwortungsübernahme, fällt zuerst die Fixierung auf das sogenannte Trolley-Problem auf, ein ethisches Gedankenexperiment. In dessen Mittelpunkt stehen das einzelne, vom Technikzusammenhang isoliert betrachtete Fahrzeug und seine vermeintlich programmierbaren Entscheidungsroutinen. Diese Fixierung überdeckt sowohl das gravierendere Kontrollproblem, wie die technodigitalen Berechnungsergebnisse im volatilen Austausch mit dynamischen Informationssystemen zuzurechnen sind, als auch die grundsätzlichen Fragen, ob und inwiefern eine selbstlernend

84 O. Renn et al.: »Things are different today«, S. 11.

wachsende Autonomie auf Seiten der Technologie die Handlungsautonomie auf Seiten der Nutzer:innen und Betroffenen aushöhlt, die für eine Verantwortungsübernahme notwendig ist. Wie zuverlässig sollte beispielsweise eine Automatisierung funktionieren, für deren Nutzung eine permanente Überwachung geboten scheint? Oder anders formuliert: *How safe is too safe?* Wie wird es möglich sein, den Algorithmen abweichende Entscheidungen beizubringen, wenn wir unsere Präferenzen verändern und die gesellschaftspolitische Privilegierung des motorisierten Individualverkehrs angesichts ökologischer Großgefahren zugunsten anderer Mobilitätsformen revidiert werden soll, aber die privatwirtschaftlich entwickelten Befehlsstrukturen schon heute nicht mehr transparent und rekonstruierbar sind? Welche soziotechnischen Arrangements werden wir in Zukunft mit Infrastrukturleistungen und Fahrzeugen in das Alltagsleben importieren und als Gestaltungselemente zulassen, deren Entwicklung und Produktion sich bereits jetzt und vor allem in Deutschland nicht an die Gesetzgebung hält?

Für die Beantwortung dieser Fragen kann es hilfreich sein, die Reorganisation von Verantwortung in der Phase der Motorisierung des Verkehrs im 20. Jahrhundert mit der aktuellen Automatisierung zu vergleichen. So waren das wesentliche *Versprechen* der industriellen Massenmotorisierung die Massenbeschäftigung und Massenteilhabe an räumlichen Mobilitätsmöglichkeiten. Hingegen werden heute als Motive für die postindustrielle Automatisierung Effizienz- und Sicherheitsgewinne in Aussicht gestellt, die erst bei voller Durchsetzung erreichbar sind, aber vor allem die Wettbewerbszwänge international operierender Unternehmen und neuartige Geschäftsmodelle für Bedarfe angeführt, deren Vorteilsgewinne für die Nutzer:innen noch nicht erkennbar sind.⁸⁵ Im 20. Jahrhundert orientierte sich die *Regulierung* an einer Produktkultur rund um den PKW, um eine entsprechende Infrastruktur der möglichst sicheren Nutzung zu entwickeln, ein Ziel, das bis heute nur bedingt erreicht wurde. Heute kann man hingegen von einer Programmkultur sprechen, in deren Mittelpunkt die produktunspezifische Programmatik der Vernetzung und algorithmischen Problemlösung steht, ohne dass damit der rahmenden Infrastrukturentwicklung ein Weg gewiesen wäre. Eine zentrale Rolle spielte in den *Regulierungsregimen* der Motorisierung die soziale, zeitliche und räumliche Begrenzung und Kontrolle der zu Risiken umgewandelten Gefahren durch die an verbindlichen Normen ausgerichtete Sozialisation

85 J. Hampel et al.: »Zur gesellschaftlichen Wahrnehmung des voll autonomen Fahrens«, S. 38-45.

aller Verkehrsteilnehmer:innen, die Abgrenzung der Verkehrsräume und die regelmäßige Überprüfung der beteiligten Technologien und Standards. Demgegenüber werden in der Gegenwart selbstfahrende Fahrzeuge mehr oder weniger klandestin in den alten Systemen und mit entgrenzter Öffnung hin zu allen anderen Versorgungssystemen erprobt. Dabei wird eine experimentelle Technikentwicklung mit integrierter Regelsuche und -entwicklung propagiert, für die aber keine klaren Ziele, Akteursstrukturen und Zuständigkeiten benannt oder Verfahrensregeln aufgestellt wurden, wie dies für Laborsituationen üblich wäre. Wie die Geschichte des TÜV zeigt, erfolgte der *institutionelle Umgang mit Unsicherheit* in Deutschland korporativ und war wesentlich von der wechselseitigen Ergänzung eines unternehmerischen Selbsthilfereins mit professioneller Expertise und einer staatlichen Durchsetzungsmacht mit entsprechenden Verantwortungs- und Haftpflichten gekennzeichnet. Demgegenüber lässt sich das Akteursgefüge im gegenwärtig absehbaren Umgang mit Unsicherheit als liberalistisch und neuerlich entgrenzt beschreiben: Die Politik hat die rechtlichen Hindernisse der Erprobung beseitigt (Wiener Abkommen), ohne zugleich die notwendigen Verantwortungs- und Haftungsbedingungen mehr als vage bestimmen zu können. Man sieht sich eben in einer gesellschaftlichen Betaphase, um noch einmal die Situationsdeutung des Tesla-Entwicklers Musk zu bemühen, und kann nur hoffen, dass mit der Technostruktur auch die Prozesse der Institutionenbildung wachsen mögen. Schließlich prägte das probabilistische Versicherungskalkül das *Risikoverständnis* der Industriemoderne generisch mit seiner Vorstellung einer anhand von Schadenshöhe und Eintrittswahrscheinlichkeit berechenbaren Kompensation individuell relevanter Risiken. In der digitalen Spätmoderne sind die Grenzen dieses Risikomanagements durch die nuklearen Großkatastrophen längst erkannt⁸⁶ und es ist allenthalben von Kritikalität und entgrenzten Kaskadeneffekten die Rede.⁸⁷ Katastrophen und nicht mehr eingrenzbare Schadensverläufe lassen sich aber weder versichern noch kompensieren, sondern sind Ausdruck unorganisierter Experimente im Rahmen einer organisierten Unverantwortlichkeit.

Die im Falle der Verkehrssysteme weit in alle gesellschaftlichen Bereiche hineinreichenden intelligenten Systeme versprechen mit ihrem Namen, was

86 U. Beck: Risikogesellschaft; U.Beck/C. Kropp: »Environmental Risks«.

87 IRGC: Guidelines for Emerging Risk Governance. Report. Lausanne: International Risk Governance Council (IRGC) 2015.

ihre Entwicklung nicht leistet. In der Konsequenz formuliert die Ethikkommission in ihrer Regel 19 im wahrsten Sinne des Wortes fromme Wünsche: »In Notsituationen muss das Fahrzeug autonom, d.h. ohne menschliche Unterstützung, in einen ›sicheren Zustand‹ gelangen. Eine Vereinheitlichung insbesondere der Definition des sicheren Zustandes oder auch der Übergaberoutinen ist wünschenswert.«⁸⁸ Im laufenden Betrieb ersetzt autonome Mobilität aber nicht nur Fahrzeugführer:innen durch Computer. Vielmehr bereiten Automobilindustrie und Politik in der für Deutschland typischen Einmütigkeit im Verkehrsbereich einen umfassenden Wandel vor. Dessen Technostruktur könnte zukünftig genauso bestimmend, langlebig und folgenreich sein wie diejenige der Massenmotorisierung und eventuell wieder eine generative Wirkung für das Risikomanagement entfalten. Die gegenwärtigen Entwicklungen legen insofern die Spielregeln der Zukunft fest. Sie liegen weitestgehend in den Händen von Automobil- und Softwareherstellern, denen die Regierungspolitik und -administration bereitwillig Straßen und öffentliche Räume als Teststrecken und Labore zur Verfügung stellen.⁸⁹ Kritische Teile der subsidiären Politik und der Zivilgesellschaft erkennen demgegenüber die Komplexität der Aufgabe und wirken wie von ihr überwältigt. Die zukunfts-fähige Gestaltung der Mobilitätssysteme gilt zwar als ohnehin überfällig, aber politisch nicht durchsetzbar. Fragen der Nachhaltigkeit, also der langfristigen Fortführbarkeit heutiger Technologiepfade und ihre Modifikation, um die Lebensqualität zukünftiger Generationen zu gewährleisten, werden wie ein lästiges Detail behandelt. So bleiben Entscheidungen über zukünftige ökologische und soziale Gefährdungen ausgerechnet in der Hand einer Industrie, die nachdrücklich bewiesen hat, dass sie Umweltnormen nicht nur geringes Interesse entgegenbringt, sondern zur Erreichung ihrer Geschäftsziele auch bereit ist, diese um ein Zigfaches zu überschreiten und in betrügerischer Absicht systematisch zu umgehen. Die Autoindustrie delegiert jede Verantwortlichkeit für die sozialen Folgen ihrer Produkte an eine Politik, die sie zu korrumpieren weiß.

Die einleitend dargestellte Episode steht allerdings nicht nur für den Umstand, dass das »selbstfahrende Fahrzeug« und die zugrunde liegende Technologieentwicklung für alle offensichtlich von den Repräsentant:innen der Mobilitätsindustrie »ferngesteuert« werden. Sie steht auch dafür, dass selbst

88 BMVI: »Ethik-Kommission«, S. 13.

89 J. Stilgoe: »Seeing like a Tesla«, S. 6.

nach der Einsicht in diesen Umstand den Beobachter:innen in Politik und Gesellschaft angesichts der Komplexität der Gestaltungsaufgabe Mut und Kreativität für eine klare Zielbestimmung, sachgerechte Regulierungsanforderungen und die Bereitschaft zum notwendigen Aufbau geeigneter Institutionen fehlen. Das politisch-institutionelle Vakuum wird – wie schon im Fall der Motorisierung – durch das Versprechen unternehmerischer Entscheidungen zugunsten primär technischer Konzepte gefüllt. Konstellationen hybrider Kontrolle, in denen menschliche und nicht-menschliche, systeminterne und -externe Wechselwirkungen zu schwer absehbaren, aber unter Umständen katastrophalen Folgen führen können, bedürfen jedoch einer verantwortlichen, über technische und wirtschaftliche Belange hinausgehenden Einbindung sozialer, kultureller und ökologischer Ansprüche.

Vom individuellen Autofahren zu Mobilitätsgemeinschaften

Für ein relationales Verständnis von Mobilität und Verkehr als *commons*

Julia Bee

Bilder, Praktiken und Konzepte haben entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung einer Technologie, die niemals losgelöst von sozialen Praktiken in die Welt kommt. Gerade bei einer so wirkmächtigen sozialen Technologie wie dem Autofahren stehen wir an einer Schwelle, auf der sich entscheidet, ob diese Technologie privat weitergeführt oder ob autonomes Fahren in kommunal besessenen Flotten die Zahl privat besessener Autos drastisch reduzieren wird.¹ Insofern befinden wir uns in diesem Band mitten in einem Werbe- und Science War, der sich in keinem geringen Maße kommunikativ ausspielt.²

Da Verkehr eine Schlüsselrolle in der Bewältigung der Klimakatastrophe durch die Reduktion von Treibhausgasemissionen spielt und zudem eine gesamtgesellschaftliche Größe ist, die eng mit öffentlichen Infrastrukturen,

-
- 1 Visionen variieren hier von 50 bis 100 auf 1000 Fahrzeuge. Knie, Andreas/Canzler, Weert: »Autonom und öffentlich. Automatisierte Shuttles für mehr Mobilität mit weniger Verkehr«, in: Böll Stiftung Berlin (Hg.): Böll Brief Grüne Ordnungspolitik 13 (2019).
 - 2 Katharina Manderscheid macht auf diese performative Komponente von Bildern aufmerksam und betrachtet Werbefilme von Google und Mercedes-Benz. Sie weist auf die zentrale Funktion von Bildern und Videos in der Konstruktion von Technologien hin. Als »soziotechnische[s] Ensemble« (29) sind diese auf gesellschaftliche Akzeptanz angewiesen. Autos sind in dieser Sicht untrennbar mit Bildern verbunden. Man kann ergänzen: Das Auto selbst fungiert als Bild, welches Neoliberalismus verdichtet und gleichzeitig materiell und physisch durchsetzt. Manderscheid, Katharina: »From the auto-mobile to the driven Subject. Discursive Assertions of Mobility Futures«, in: Transfers 8/1 (2018), S. 23-43.

Wertvorstellungen und Macht verknüpft ist, spielt auch die medienwissenschaftliche Perspektive eine wichtige Rolle: Sie nimmt die Medialität des Autos,³ aber auch die Medien des Umweltverbands in den Blick und entnaturalisiert materialisierte Verkehrsnormen. Mein Vorschlag ist, Mobilität im Anschluss an John Urry und Mimi Sheller als soziale, ästhetische und subjektivierende Praxis zu verstehen. Diese relationale Vorstellung muss auch die einer Verkehrswende zugrunde liegenden Konzeptualisierung nicht nur von individueller Fortbewegung, sondern von Mobilität als sozialer Praxis zugrunde gelegt werden: Die Vorstellung von Mobilität als gemeinsam zu gestaltender kultureller und sozialer Praxis – den *Commons*.⁴

-
- 3 Mimi Sheller untersucht die affektive Rolle des Autos und beschreibt sie mit dem Vokabular eines Mediums, welches die Welt ästhetisch vermittelt: »In societies of automobility, the car is deeply entrenched in the ways in which we inhabit the physical world. It not only appeals to an apparently ›instinctual‹ aesthetic and kinaesthetic sense, but it transforms the way we sense the world and the capacities of human bodies to interact with that world through the visual, aural, olfactory, interoceptive and proprioceptive senses. We not only feel the car, but we feel through the car and with the car.« (Sheller, Mimi: »Automotive emotions. Feeling the car«, in: Mike Featherstone/Nigel Thrift/John Urry (Hg.): *Automobilities*, London: Sage 2005, S. 221-242, hier S. 228.) Man könnte hinzufügen, dass das Auto selbst eine Umwelt bildet und diese nicht nur vermittelt. Es macht Affekte potentiell selbstbezüglich, indem sie sie an das Fahren bindet. Das Fahren vermittelt dann nicht nur positive oder negative Emotionen, es wird affektiv und schöpft selbst neue Affekte, die die durch das Auto gestaltete Umwelt spiegeln und reproduzieren (vgl. auch Hildebrand, Julia M./Sheller, Mimi: »Media Ecologies of Autonomous Automobility: Gendered and Racial Dimensions of Future Concept Cars«, in: *Transfers: Interdisciplinary Journal of Mobility Studies* 8/1 (2018), S. 64-85, hier S. 69ff.).
- 4 Nikolaeva et al. deuten in eine ähnliche Richtung, wenn sie Mobilität ebenfalls unter dem Paradigma des Neoliberalismus, vor allem Verknappung und Austerität betrachten. Sie plädieren für einen dynamischen Begriff von *commoning*, der viele soziale Praktiken bis hin zum *community building* einbezieht: »of changing logics and perceptions as well as practices of governance and management of access to mobility« (7) *Commoning* stellt sich der Verknappung und Austeritätspolitik entgegen und erweitert den oft funktionalistischen Blick in der Mobilitätswende von Treibhausgas-Reduktion zu einem soziokulturellen Mobilitätsbegriff. So wollen sie auch den Blick von einem individuellen Recht auf Bewegung zu den gesellschaftlichen Folgen verschieben (vgl. Nikolaeva, Anna/Adey, Peter/Cresswell, Tim et al.: »Commoning mobility: Towards a new paradigm of mobility transitions«, in: *Transfers* 7/1 (2019)). In Differenz zum vorliegenden Text setzen die Autor:innen den Fokus mit ihrem Begriff auf die Beteiligung von Akteur:innen in der Verkehrswende: »Commoning mobility practices refers to projects that highlight the shared responsibility for what mobility does to societies and communities (...)« (ebd., S. 11).

Ausgangspunkt meiner Betrachtung ist dabei, dass Verkehr relational ist.⁵ Die Weise, wie in unterschiedlichen Konstellationen die durch Verkehr produzierten Relationen geschaffen werden, unterscheidet sich signifikant. Zurzeit ist trotz erfreulicher, räumlich begrenzter Entwicklungen wie Pop Up-Bikelanes in Deutschland das Auto die dominante Form der Verkehrsgestaltung. Alle anderen Verkehrsformen werden zumeist in Relation zum Auto gedacht und vorgestellt. Infrastruktur und Verkehrsplanung haben durch das Erbe der ›Autostadt‹ etwa in Berlin immer noch unter 3 % aller Wege zu reinen Radwegen marginalisiert.⁶

Angesichts der Automatisierung des Straßenverkehrs stellt sich die Frage nach dessen Auswirkungen auf die Verteilung des öffentlichen Raums. Die Marginalisierung anderer Verkehrsmittel scheint sich auch beim automatisierten Fahren fortzuschreiben. Zugleich bietet die Automatisierung die Möglichkeit, nicht nur eine neue Technologie einzuführen, sondern die Relationen des Verkehrs neu zu ordnen: weg von Eigentum, und der individualisierten Mobilität hin zu einer Idee der *Commons*. Die *Commons* des Verkehrs sind somit eine Weise, die viel grundlegendere Ebene der Sozialität der Mobilität zu organisieren. Mobilität ist ein zentrales Medium gesellschaftlicher Relationen und der Subjektivierung. Begreift man Verkehr, d.h. die infrastrukturelle Manifestation von Mobilität, als *Common*, werden nicht nur die materiellen Relationen zwischen einzelnen Fahrzeugen in den Blick genommen, sondern auch ökonomische und vergeschlechtlichte Verhältnisse als Teil der Verkehrsrelationen.⁷ So können sich auch andere Mobilitätspraktiken vom Auto emanzipieren.

Ich baue mit dieser medienkulturtheoretischen Perspektive auf bestehenden Argumentationen aus Aktivismus und Verkehrsforschung auf, die Ver-

5 Auch Nikolaeva et al. verstehen Verkehr als relational, weil dieser nicht nur von Verkehrssystemen geprägt sei: »Mobility in and of itself is relational. How and why mobility happens exerts its own force on the ways laws are constructed and politics play out across spaces, affecting political and lived outcomes and spatial formations.« Ebd., S. 4.

6 Creutzig, Felix/Javaid, Aneque/Soomauroo, Zakia et al.: »Fair Street Space Allocation: Ethical principles and empirical insights«, in: *Transport Reviews* 40/6 (2020), S. 711-733, hier S. 716. Die Autor:innen betrachten vor allem die Benutzung kostenloser Parkflächen nach fast allen philosophischen Positionen als unethisch.

7 Für eine erweiterte Sicht auf Mobilität als Ressource gesellschaftlichen Zusammenlebens plädieren auch A. Nikolaeva et al.: »Commoning mobility«. Sie betonen dabei Cresswells grundlegende These von Mobilität als Bewegung, Bedeutung und Praxis.

kehr als ökologisches und soziales Projekt verstehen.⁸ Common geht in dieser Hinsicht über jüngst diskutierte kostenfreie Mobilitätsdienstleistungen hinaus. Common meint ein Umdenken von Mobilität als einer gemeinsamen, zugleich individuierenden und kollektivierenden Praxis und als zentrales Medium gesellschaftlicher Gerechtigkeit und Klimagerechtigkeit, die im Verkehr organisiert wird.

Deutlich wird ein solches Verständnis von Verkehr etwa in den Entwürfen des Architekten Philipp Oswald, die Mobilitätshubs als architektonischen Gegenstand in Gestalt kleiner Agoren in ländlichen Strukturen entwickeln.⁹ Diese Hubs sollen neue Formen des Zusammentreffens und einen wetterangepassten, bequemen Aufenthalt im Zwischenraum diverser Kopplungsmöglichkeiten ermöglichen. Diese architektonischen und infrastrukturellen Kollektivierungsmomente funktionieren als Vision diesseits der Unterteilung in Individualverkehr vs. (ländlicher) Taktung von öffentlichem Verkehr. Mobilitätsformen, die bestimmen, was wir wie in welchen Geschwindigkeiten und Langsamkeiten erreichen (können/dürfen/müssen), sind zentraler Teil unserer Selbstverortung und prägen unsere sozialen Beziehungen, die Qualität ihrer Begegnungen und die »Beziehungen zur Stadt«¹⁰. »Mobility justice«¹¹ ist in Zeiten, in denen 22 % des CO₂ Ausstoßes aus dem (überwiegend immer noch fossilen und immer noch wachsenden) Sektor Verkehr stammen,¹² noch

8 Siehe z.B. die fünfte These in: Agora Verkehrswende, 12 Thesen zur Verkehrswende, https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen_WEB.pdf vom 17.03.2021.

9 Berkel, Manuel/Oswald, Philipp: »Auf dem Land ist der Linienbus das Auslaufmodell« in: Spiegel online, <https://www.spiegel.de/auto/nahverkehr-auf-dem-land-auf-dem-land-ist-der-linienbus-ein-auslaufmodell-a-d9ee54b7-c14d-43e1-a9de-1c326df91d24> vom 17.10.2020.

10 Jiron, Paola: »Unravelling Inequalities in the City through Urban Daily Motion. The Case of Santiago de Chile«, in: *Swiss Journal of Sociology* 33/1 (2007), S. 45-68, hier S. 51.

11 Sheller, Mimi: *Mobility Justice. The Politics of Movement in an Age of Extremes*, London/New York: Verso 2018.

12 Das Umweltbundesamt setzt 19 % an, Knie und Canzler gehen von 22 % aus (Umweltbundesamt <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/emissionen-des-verkehrs> vom 24.3.2021; A. Knie/W. Canzler: »Autonom und öffentlich«, S. 9). Zwischen 1995 und 2018 hat der PKW-Verkehr um 14 % zugenommen. Damit wurden Fortschritte in der Kraftstoffeinsparung wieder eingeholt – bis 2050 müssen, um die Klimaziele zu erreichen, 60 % der Emissionen aus dem Verkehr von 1990 eingespart werden. Die Entwicklungen sind geradezu gegenläufig: Die Emissionsquelle PKW-Verkehr betrug 2017 60,6 % (Umweltbundesamt

politischer, als es dies durch die soziale Lage von Wohnorten, Quartieren und Bevölkerungsgruppen ohnehin schon der Fall ist.

Im Folgenden mache ich daher verschiedene Argumente, die der relationalen Auffassung von Verkehr zuarbeiten. Dazu gehören viele Subbereiche wie Arbeitsteilung, Wirtschaftswachstum, Architektur und Geschlechtergerechtigkeit, die ich hier verbinden möchte. Durch die mitunter heterogenen Bereiche in diesem Text sollen einige der weitreichenden Folgen deutlich werden, die die Mobilitätswende mit sich bringt. Mobilität tangiert zahlreiche Kommunikationsfelder, die Verkehr strukturieren und die durch Verkehr und Mobilität strukturiert werden. Autonomes Fahren, so die These, steht dem Projekt einer gemeinschaftlich organisierten Mobilität unter den derzeitigen Umständen mitunter diametral entgegen.

1. Verkehr als relationale Existenzweise

In vielerlei Hinsicht führt das autonome Fahren bestimmte Manifestationen der Dominanz von Autoverkehr fort, was sich nicht allein in der Zahl der verkehrenden Fahrzeuge misst, die durch *shared rides* reduziert werden *könnten*. Es etablieren sich aber möglicherweise auch andere Regime, etwa die private Bewirtschaftung des öffentlichen Raums. Analog zur *sharing economy* von Leihautos, Rollern und Rädern wäre *mobility on demand* ein mögliches Szenario. Die Frage ist, welche privatisierten Strukturen des öffentlichen Raums und der Infrastruktur sich daraus ergeben.¹³ Zunächst einmal ist die Frage, wem autonomes Fahren einen Vorteil und wem einen Nachteil bringt.

Göde Both hat in seinen Feldforschungen beschrieben, wie die Ingenieure in dem von ihm durch teilnehmende Beobachtung untersuchten Projekt AutoNOMOS an der FU Berlin häufig ohne eine Idee gesellschaftlichen Nutzens testen und entwickeln. In der Konsequenz wird Technik um ihrer Möglichkeiten Willen entwickelt.¹⁴ Teleologie und Utopie scheinen sich hier nicht zu widersprechen. Auch Bilder, die die technische Sozialisation bestimmen,

2019, https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutz_zahlen_2019_fs_verkehr_de_bf.pdf vom 17.03.2021).

13 Aktuell etwa ist Car Sharing weitgehend privatisiert. Schon jetzt sind Bewegungsdaten die profitabelsten Daten für Unternehmen und diese können im Verkehrssektor ideal gewonnen werden.

14 Both, Göde: Keeping Autonomous Driving Alive. An Ethnography of Visions, Masculinity and Fragility. Leverkusen: Budrich Press 2020, Kapitel 5.

spielen in Boths Darstellung eine wichtige Rolle. Wenn er herausstellt, dass die Ingenieure in einem Promotion-Video, in welchem sie ein Auto auf dessen Dach sitzend mit dem iPhone steuern, sich an James Bond aus *Die Anot-her Day* orientieren, wird deutlich, wie wirkmächtig Bilder von individueller, mitunter stark männlich konnotierter Handlungsmacht sind.¹⁵ Diese Bilder sind prägend für die Einführung einer Technologie, für ihren gesellschaftlichen und individuellen Sinnzuwachs. Die Bilder und Affekte des Autofahrens präferieren nicht nur die Erhaltung individueller Handlungsmacht, sondern die Meisterung von Technologie.¹⁶ Both weist aber auch darauf hin, dass eine Strategie darin besteht, das Sich-Fahren-Lassen als Luxus zu bewerben.¹⁷ Interessant ist hier, dass keine der aus der Forschungsgruppe berichteten Strategien darin bestand, an das Gefahrenwerden anzuknüpfen, wie wir es kennen: In Bussen und Bahnen. Vielmehr ist die in diesen Projekten vertretene Vision klassenspezifisch und privat. Sie verknüpft mit dem Gefahrenwerden Handlungsmacht statt Handlungsverlust.

Ginge es allein um *individuelle* Handlungsmacht, wäre zu erwarten, dass Menschen massenhaft auf Fahrräder und Dreiräder umsteigen, sofern ihnen dies aufgrund ihrer körperlichen und psychischen Gegebenheit möglich ist. Aber auch diese Affordanz existiert ja nicht nur auf einer individuellen Ebene, sondern wird durch Infrastrukturen gefördert oder gehemmt. Dass Menschen sich in anderen Verkehrsmitteln als dem Auto nur wesentlich gefährdeter im öffentlichen Raum bewegen können, liegt an der Dominanz des Autoverkehrs. Andere, prekärere Verkehrsformen werden dadurch behindert. Und dies setzt sich, sofern nicht gegengesteuert wird, im autonomen Fahren möglicherweise fort.

In einer umfassenden Verkehrswende müsste es auch darum gehen, bestimmte Tätigkeiten im öffentlichen Raum wie das Fahrradfahren und das Gehen kulturell aufzuwerten – zwei der momentan am schlechtesten infra-

15 Ebd., S. 112. Das Auto ist nicht nur männlich codiert, wie es in dieser Vision erscheint, sondern ein wichtiges Medium der Aushandlung von Privatheit und Öffentlichkeit, beruflicher und Care-Rollen auch für Frauen (M. Sheller: »Automotive Emotions«, S. 231). Das Auto hätte als ausschließlich männliche Technologie nie diese Durchsetzungskraft erreicht. Nichtsdestotrotz repräsentiert es eine liberal-kapitalistische Individualität, die in ihren Grundfesten ein männliches Subjekt repräsentiert.

16 G. Both: Keeping autonomous driving alive, S. 111.

17 Ebd., S. 110.

strukturell ausgestatteten Fortbewegungsformen, von denen vor allem ältere, jüngere und eingeschränkte Menschen profitieren.¹⁸

Die Möglichkeit, sich fahren zu lassen, soll älteren, ängstlicheren und mobilitätseingeschränkten Verkehrsteilnehmenden auf motorisierten Individualverkehr (MIV) gestützte Mobilität ermöglichen. Wir haben uns schon so daran gewöhnt, dass es unmöglich zu sein scheint, dies mit ÖPNV bzw. *mobility on demand* aufzufangen, dass es schlichtweg als eine Demokratisierung aufgefasst wird, mehr Menschen private Automobilität zu ermöglichen. Damit werden Fragen gesellschaftlicher Inklusion aber möglicherweise weiter ins Private verlagert und an ökonomisches Kapital geknüpft. Außerdem werden die für eingeschränkte Menschen wichtigen Infrastrukturen weiter unter der prognostizierten Zunahme des Autoverkehrs leiden.¹⁹

Um eine derartige Verkehrswende durchzusetzen, kommt es auf die Akzeptanz in der Bevölkerung ebenso an wie auf die Zuschüsse für ÖPNV und Fuß/Radinfrastruktur. In Wien etwa gibt es ein Jahresticket für 365 Euro sowie eine sehr vorteilhafte Taktung mit U-Bahn und Tram, die in großen bundesdeutschen Städten zugunsten von Autoverkehr genau wie tausende Kilometer Schienen zurückgebaut wurde. Dieses Desinvestment in kommunitäre Strukturen war und ist ein genereller Trend in der Neoliberalisierung von Gesellschaften der letzten Jahrzehnte, spiegelt sich aber nicht nur im autonomen Auto, sondern wird auch potentiell mit ihm im öffentlichen Raum durchgesetzt. Der Rückzug staatlicher Strukturen lässt die Notwendigkeit des autonomen Fahrens notwendig erscheinen. Beide Erzählungen funktionieren komplementär. Hier profitieren Infrastrukturunternehmen und Autoindustrie weiter von der autogerechten Stadt bzw. verhindern aktiv ihren Wandel: Wenn die Erzählung des privaten, flexiblen Autos sich durchsetzt, sinkt auch die Akzeptanz für autofreie Quartiere und andere Mobilitätsformen.²⁰

Effizienzbezogene Argumentationen spielen hier kaum eine Rolle, denn es gibt zahlreiche Berechnungen, die Fuß- und Radverkehr gerade auf kurzen

18 Vgl. F. Creutzig et al.: »Fair Street Space Allocation«.

19 Zu Mobilität gehört natürlich auch mehr als MIV – z. B. *accessibility* von Gebäuden und vor allem eine sichere und blockadefreie Fußgänger:inneninfrastruktur. Menschen können schließlich nicht mit dem Auto bis ins Museum, Kino oder in den Seminarraum fahren.

20 Canzler, Weert/Knie, Andreas/Ruhrort, Lisa: *Autonome Flotten. Mehr Mobilität mit weniger Fahrzeugen*, München: Oekom 2020, S. 10.

urbanen Wegen als wesentlich effizienter einschätzen.²¹ Auch wenn die rein technologische Effizienz eine Einsparung an Treibstoffen und damit eine Reduktion von Emissionen zeigt, so überschreiben die sekundären Effekte einer massiven Durchsetzung privaten Fahrens samt der Effekte des Rückbaus des ÖPNV und neuen Fahrer:innengruppen die theoretisch positiven Effekte. Das cleane und unfallfreie Bild eines durchrationalisierten Autoverkehrs überlagert heterogene Verkehrsformen sowie -praktiken und knüpft damit an mächtige und ermächtigende Darstellungstraditionen an, die der ÖPNV bisher noch nicht erzeugen kann.²²

Häufig wird betont, dass sich Autonomie am Steuer abspielt.²³ Dabei werden Autonomieprozesse auf den Mikromoment des Fahrens verengt und blenden – wie immer im Kapitalismus – Herstellungs- und Durchsetzungsprozesse aus. Die hochgradige Abhängigkeit von Produktionsprozessen gerät dabei aus dem Blick und damit auch die Relationalität von Verkehr und Mobilität. Autonomie unterliegt, das wurde häufig theoretisiert, dem Begehrensmodell neoliberaler Gesellschaften. Dies ist besonders in hochgradig flexibilisierten städtischen Räumen mit zunehmendem Warenverkehr der Fall. Autofahren kann dieses Modell weiter verkörpern, gesellschaftlich medialisieren und schließlich durchsetzen. Die Medialität des Autos ist aber nicht nur seine Instrumentalität, sondern seine Imagination, die fast deckungsgleich mit Mobilität imaginiert wird. Ich komme darauf zurück.

Relationalität und Selbstbestimmtheit können hingegen in Verkehrskonzepten realisiert werden, die eine relationale Autonomie beispielsweise von segmentarisierendem Reisen mit (Drei/Zwei-)Rad und Bahn umsetzen. Das Auto ist nur *ein* Bild von Autonomie, das parasitär von öffentlichen Zuwendungen lebt, die umgeschichtet werden könnten. Hier wären massive Investitionen in niedrigschwellige Angebote auch für Mobilität mit Kleinkindern sowie das Reisen mit körperlichen und psychischen Einschränkungen notwendig. Die

21 Dies wird deutlich in einer von der Australian Cycling Association erstellten Visualisierung von Verkehrsdichte und optimaler Nutzung von Infrastruktur, <https://twitter.com/nacto/status/1176923819472248833?lang=de> vom 17.03.2021.

22 Zur Rationalisierung der Verkehrsplanung am Beispiel von Schweden vgl. Koglin, Till: »Spatial dimensions of the marginalisation of cycling – marginalisation through rationalisation?«, in: Peter Cox/Till Koglin (Hg.): *The Politics of Cycling Infrastructures. Spaces and (In) Equality*, Bristol: Policy Press 2020, S. 55-71.

23 G. Both: *Keeping autonomous driving alive*, S. 103-108. Both fasst die Debatten in Deutschland zusammen, in denen aufgrund eines befürchteten Verlustes an Männlichkeit autonomes Fahren abgelehnt wird.

Aporie des autonomen Fahrens, welches so autonom ist, dass es die Handlungsmacht des Individuums als Anhängsel und nicht mehr im Gefüge des Verkehrs vorstellt, muss mit Gegenbildern kompensiert werden. Denn auch wenn die Vorstellung der Autonomie des menschlich gelenkten Petro-Autos eine Illusion war, so ist sie dennoch wirkmächtig.

Autonome Autos befriedigen also nicht nur das Bedürfnis nach Mobilität, welches sie selbst erzeugen, sondern sind an eine ganze Reihe an Entertainment- und Kommunikationsangeboten geknüpft, die diese Medialität affektiv und atmosphärisch aufladen. Sie bilden Schnittstellen zwischen Unterhaltung, Ablenkung und Medienpraktiken. Genau diese Convenience des Fahrens kann gleichzeitig zu einer höheren Durchdringung von Autos in der Gesellschaft führen, da potentiell stressige Fahrten in dichtem Verkehr oder bei Nacht nicht mehr vermieden werden und auch fahruntüchtige oder unsichere Menschen nun Autofahren können.²⁴

Autonome Autos verknüpfen potentiell verschiedene wirtschaftliche Zweige und vernetzen nicht nur Konzerne, sondern auch Datentypen. Typisch für die *sharing economy* können hier Bewegungsdaten gewonnen, aber zusätzlich auch Entertainment-Angebote verschaltet werden. Welche Daten werden so durch das Arbeiten und Entspannen im Auto generiert? Auf der Ebene des Datenkapitalismus und des Extraktivismus von Daten stellen autonome Autos also einen Bruch durch Intensivierung dar. Auf der Ebene des Datenkapitalismus können nicht nur Bewegungsdaten mit Nutzer:innenprofilen verbunden werden. Autonomes Fahren schließt Schnittstellen, die potentiell gewinnbringend sein können. Zudem entwickeln sich hier noch viel stärkere Möglichkeiten des Konsums und der Produktion von Daten, indem auch Orte des Konsums und damit ein erweitertes räumliches Mood-Management im Auto als Extension des Smart Home eine Rolle spielen können. Knie und Canzler argumentieren, dass es weniger um fahrer:in-

24 A. Knie/W. Canzler: »Autonom und öffentlich«, S. 15-16, siehe auch Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung und Fraunhofer IML in Kooperation mit PTV AG, PTV Transport Consult GmbH, TU Hamburg-Harburg, M-Five; Michael Krail/Jens Hellekes/Uta Schneider et al.: Wissenschaftliche Beratung des BMVI Energie- und Treibhauswirkung des automatisierten und vernetzten Fahrens im Straßenverkehr, Karlsruhe 2019, https://www.iml.fraunhofer.de/content/dam/iml/de/documents/OE%20320/Energie-und_Treibhausgaswirkungen_des_automatisierten_und_vernetzten_Fahrens_im_Straßenverkehr.pdf vom 17.03.2021.

nenloses Fahren als um die Produktion und Interaktion von Daten geht. Autofahren ist hier das Medium dieser erweiterten Dateninfrastruktur.²⁵

2. Autozentrismus und die Medialität des Verkehrs

Das autonome Autofahren basiert auf einer längeren Geschichte von Automobilität, die bestimmte gesellschaftliche (kapitalistische, gegenderte, räumliche, soziale...) Vorstellungen verkörpert, aber auch selbst durchsetzt. Das Medium Auto manifestiert und befördert nicht nur eine Vision des Verkehrs. Es ist Medium gesellschaftlicher Realitäten (u.a. Wachstumsideologien und Individualismus), weil es als kulturelle Praxis Sichtbarkeiten und Körperlichkeiten durchsetzt, die nicht als platonisches Bild existieren, sondern sich *um das Auto herum erst errichteten*. Die ›Bildlichkeit‹ des Autos ist also weder als Repräsentation noch immateriell zu denken (von Form zu Materie), sondern besteht als eine »in-formation« (Simondon). Die Medialität des Autos ist sozusagen selbstaffirmativ, weshalb der Mobilitätsforscher John Urry von einem selbsterhaltenden System der Automobilität spricht:²⁶ Das Auto erzeugt die Notwendigkeit, es zu benutzen, weil es *seine* Vision von Mobilität in einer homogenisierten Verkehrspraxis durchsetzt.

Nicht nur das Auto operiert demnach als Medium, vielmehr gilt es, eine relationale Medialität des Verkehrs zu denken, die durch die Monokultur Autostadt reguliert wird bzw. die auf das Auto orientiert wird.²⁷

Auch über das Straßennetz hinausgehende Infrastruktur ist ein Medium, welches die Vorherrschaft des individuellen Fortbewegens sichert, diese historisch im Zusammenspiel mit der Suburbanisierung und Privatisie-

25 A. Knie/W. Canzler: »Autonom und öffentlich«, S. 26.

26 Urry, John: »The ›system‹ of automobility«, in: Theory, Culture & Society 21/4-5 (2005), S. 21- 39. Das System Auto ist selbstreferentiell, nicht aber selbsterhaltend, da es permanent auf Quellen außerhalb seiner selbst angewiesen ist: Rohstoffe, Infrastruktur, die autogerechte Stadt etc. Wäre das Auto nur selbstbezogen, könnte es sich nicht erhalten. Finkelstein, Kerstin E.: Straßenkampf. Warum wir eine neue Fahrradpolitik brauchen, Ch. Links Verlag: Berlin 2020, S. 25-31.

27 Adey spricht mit Bezug auf Urry von »mono-environments« des Autos als den städtebaulichen und sozialen Folgen, die durch Autoverkehr entstehen (Adey, Peter: Mobility, New York: Routledge 2017, S. 224).

rung durchgesetzt hat und performativ alltäglich weiter durchsetzt.²⁸ Darüber hinaus geht es in einer Medienkultur des Verkehrs nicht nur um verflochtene materielle Systeme, sondern um eine »affektive Infrastruktur«²⁹, welche soziale Systeme medialisiert und durch welche wiederum Ästhetiken und Affekte in-formiert werden.

Der Erfolg des Autos ist also weder losgelöst von Institutionen, Mentalitäten und steuerlichen Begünstigungen noch unabhängig von Bildern und medialen Praktiken zu denken, die das Autofahren als solches hervorgebracht haben. Urrys Konzept des selbsterhaltenden Systems der Automobilität kann der in diesem Band geführten Debatte eine weitere Dimension hinzufügen, nämlich jene der Autonomie der Autonomie: Auch das autonome Fahren ist ein selbstbezüglicher Diskurs, der sich von den Notwendigkeiten und Gegebenheiten dessen, was Verkehrswende sein könnte, in weiten Teilen abgekoppelt hat. Er antwortet, wie ich weiter unten ausführen möchte, weniger auf das Bedürfnis nach nachhaltiger Mobilität, sondern nach der weiteren Privatisierung von Verkehr. Gleichzeitig war und ist es die Stärke der strukturellen Gewalt des Autosystems, nahezu alle anderen gesellschaftlichen Subsysteme zu durchdringen. Es ist also kein System für sich, erzeugt aber Notwendigkeiten des Autofahrens *durch* Autofahren und ist daher im Anschluss an Urry als selbstreferentiell zu bezeichnen. Es erschafft materielle und affektive, sinnliche Umwelten des Autofahrens, die kulturelle und sozial geformte Wahrnehmung und materielle Kultur aufeinander abbilden und den Spiegeleffekt der Naturalisierung erzeugen.

28 Dazu gehören auch Einkaufsmöglichkeiten, die das suburbane Wohnen unterstützen, welches wiederum MIV benötigt, weil es Wohnen und Arbeiten, aber auch Einkaufen voneinander trennt. In den Niederlanden ist es etwa gesetzlich geregelt, dass Supermärkte nicht auf der grünen Wiese vor der Stadt entstehen dürfen, sondern Nahversorgung gefördert wird. Das Modell der 15-Minuten-Stadt ermöglicht zentrale Alltagsbesorgungen in 15 Minuten ohne Auto.

29 Für den Begriff der affektiven Infrastruktur danke ich Magdalena Götz (Siegen), die ihn in ihrer Dissertation *Medialität und Teilhabe. Diskurse der Partizipation in der Medienkunst* entwickelt und von Lauren Berlant übernimmt. Peter Cox spricht in Bezug auf Verkehr auch von »nonphysical infrastructure« und betont, wie auch Götz, die Kontinuität zwischen materiellen und immateriellen Infrastrukturen (vgl. Cox, Peter: »Theorising infrastructure: a politics of spaces and edges«, in: Peter Cox/Till Koglin (Hg.): *The Politics of Cycling Infrastructure. Spaces and (In)Equality*, Bristol: Policy 2020, S. 15-33, hier S. 24).

Da wir uns immer noch in der Entwicklungsphase befinden und von einer breiten Diffusion in der Gesellschaft noch entfernt sind, sind Bilder, die die Reproduktion von Habitus und Habitat im Verkehr durchbrechen (Bourdieu), um so wichtiger. Doch wie wird autonomes Fahren vor diesem Hintergrund vorgestellt?

3. Visuelle Diskurse

Bilder und Social Media spielen eine bisher zu wenig beachtete Rolle in der Verkehrswende.³⁰ Das Bild auf dem Cover dieses Bandes ist diesbezüglich aussagekräftig. Es greift Vorstellungen über autonomes Fahren auf, sicherlich provokativ, schreibt diese aber möglicherweise zugleich fest: Ein Männchen sitzt in einem Auto und liest Zeitung. Mehrere Medienformen und Aufmerksamkeitsökonomien greifen hier ineinander. Es scheint sich um eine sehr bequeme Form des Autofahrens zu handeln, die der Stufe 5 geplanter Entwicklungen entspricht, also fahrer:innenlosem Fahren. Lesen, ohne auf den Verkehr achten zu müssen, scheint hier einen wesentlichen Schritt zu markieren. Interessant ist, dass die Figur, scheinbar neutral, scheinbar ohne Verortung im Ikon-Stil von Verkehrsschildern in einem Auto mit bekannter Karosserie sitzt, und dazu noch allein (anderen umgebenden Verkehr gibt es nicht). Nun entspricht dies in etwa dem alltäglichen Autofahren (minus Verkehr), in dem jedes Auto im Schnitt mit 1,4 Menschen unterwegs ist.³¹ Außerdem sitzt die Figur hinter dem Steuer, welches man nicht sieht (ähnlich wie in Googles steuerlosem Waymo, der aber nicht für Individualverkehr gedacht ist), benutzt dieses aber nicht, sondern wendet sich dem Zeitungslesen zu. Das Männchen sitzt nicht etwa hinten auf der Rückbank, was auch den Effekt des Bildes reduzieren würde. So werden zwei wesentliche Merkmale des MIV fortgeschrieben: Die individuelle Fortbewegung und die Position des Fahrens. Die Position des Fahrens ist hier ein Relikt an Handlungsmacht, welche darin

30 Mediale Diskurse und zirkulierende Bilder wie z.B. auf Fahrradvlogs entwerfen Körperlichkeit und Subjektivitäten, die sich auf nachhaltige und relationale Mobilitätsformen wie das Fahrradfahren hin orientieren. Vgl. dazu Bee, Julia: »Radvlogging und Radcommunities. Ästhetik des Radfahrens zwischen Alltag und (digitalen) Medien«, in: dies./Ulrike Bergermann/Linda Keck et al. (Hg.): Fahrradutopien: Medien, Ästhetiken und Aktivismus, Lüneburg: Meson Press 2021 (in Vorbereitung).

31 Pressemitteilung des Bundestags: https://www.bundestag.de/presse/hib/2018_03/548536-548536 vom 17.03.2021.

besteht, diese ostentativ abzugeben und sich entspannt anderen Tätigkeiten zuzuwenden. Die Individualität des Autofahrens wird in der Abbildung zunächst fortgeschrieben. Dabei stellt sich die Frage, was der Nutzen dieser Art der Fortbewegung wäre. Warum sitzt die Figur nicht in einer U-Bahn oder in einem Minibus, in dem sie gemeinsam mit anderen Menschen die Zeitung liest oder aber diskutiert, sich austauscht, ein Spiel spielt oder aus dem Fenster schaut? Die Subjektform der Individualisierung des Verkehrs gründet auf der Erfolgsgeschichte der gesellschaftlichen Durchdringung des Autos, die nur mit großer Mühe stadtplanerisch umzuformen oder auszubessern ist. Sie setzt sich in der großen aktuellen Erzählung des autonomen Autofahrens und auch in dieser kleinen visuellen Erzählung fort. Und der Titel dieses Bandes lautet ja auch nicht »Autonome Flotten (Shuttles, Fahrräder, Busse oder Bahnen)«, die es ja in regelmäßig verkehrender Form, automatisiert, an Flughäfen, bereits gibt. Natürlich ist in den gesellschaftlichen Diskursen das Auto präsenter als der Shuttle-Bus, insofern trifft diese Visualisierung ins Schwarze. Sie bündelt die Diskurse, die sich das Auto als autonom vorstellen, weil seine Dominanz in der Verdrängung anderer Verkehrsformen besteht. Das Auto ist so stark mit individuellem und flexibilisiertem Fortkommen verknüpft,³² so präsent in Filmen und TV-Serien, derart eingeflochten in Choreographien des Alltags, so ästhetisch verschränkt mit privaten Räumen und Ausbruch z. B. im Road Movie, dass diese medienhistorische Fortschreibung nur natürlich erscheint. Und genau diese Naturalisierung gilt es, durch die Schaffung von Bildern und der Historisierung des Begehrens nach dem individuellen Auto zu unterbrechen.

4. Autofahren als Praxis der Verdrängung und Homogenisierung im Verkehrsraum

Das Fraunhofer-Institut hat im Rahmen eines Forschungsprojekts zur Transformation des Verkehrs zwei Szenarien automatisierten und vernetzten Fahrens entwickelt, um dessen Potentiale für die Reduktion von Treibhausgasen zu berechnen: privatisiertes Fahren (»die Welt privaten Fahrzeugbesitzes«) vs.

32 Manderscheid, Katharina: »Who does the move? Affirmation or deconstruction of the solitary mobile subject«, in: Marcel Endres/Katharina Manderscheid/Christophe Mincke (Hg.): *The Mobilities Paradigm: Discourses and Ideologies of Mobilities*, London/New York: Routledge, S. 91-113.

Mobilitätsökonomie (*mobility on demand*).³³ »Visionen« der Zukunft spielen in diesen Szenarien eine zentrale Rolle, da sie nicht nur die Technikentwicklung selbst beeinflussen, sondern auch Akzeptanz in der Bevölkerung erzeugen. Das autonome Fahren kann z.B. die Flexibilisierung des Autofahrens noch erhöhen und intensivieren. Damit sind einige Folgen verbunden, die ich im Folgenden vor dem Hintergrund des »Systems Auto« (Urry) diskutieren möchte.

Als Bestandteil des Systems Verkehr hat das Auto auf alle Verkehrsteilnehmenden größten Einfluss, da es Stadt und Land maßgeblich prägt. Das Auto ist in sich ein »Dispositiv«³⁴ und seine Praxis wird durch Blickachsen, Straßenführung, Parkmöglichkeiten und polizeiliche Regulation geprägt.

Durch den flexiblen Einsatz autonomer Autos sind nur dann weniger Autos in Gebrauch, wenn diese nicht privat besessen oder im Regelfall nicht individuell benutzt würden. Das autonome Gefährt im Modell *shared rides* kann dann wie beim Konzept der *mobility on demand* Menschen von Tür zu Tür bringen (als Zubringer zu den großen ÖPNV-Verkehrsachsen).

Private autonome Autos würden die Gleichung der vergesellschafteten Formen von Folgen des Autofahrens durch Luftbelastung oder Raubbau durch Elektro-Akkus bei gleichzeitiger Subventionierung durch kostenlose Parkflächen, Kraftstoffe und Dienstwagen fortschreiben. Das automatisierte und systemisch geplante Fahren als *shared ride* macht hingegen nur vor dem Hintergrund Sinn, dass Gesellschaften sich politisch dafür entscheiden, den ÖPNV umfassend mit *mobility on demand* zu verschalten, um Löhne einzusparen.

Das Modell des Autos ist an seine gesellschaftlichen und umweltlichen Grenzen gestoßen. Seine Folgen und Kosten, die momentan auf alle umgelegt werden, auch jene, die keine Autos benutzen wollen oder können, laufen mit der Automatisierung jedoch Gefahr, intensiviert zu werden. Die Problematik autonomen Fahrens liegt in der mangelnden Entwicklung einer Komunitarisierung des Autos bzw. des Verkehrs von Seiten der Politik. Diese Lücke wird die Autoindustrie ausfüllen und entsprechend nicht in Flotten, sondern in individuell absetzbare Vehikel investieren.³⁵ Interessant ist hier

33 Fraunhofer-Institut: »Energie- und Treibhauswirkung«.

34 Manderscheid entwickelt den Begriff des Dispositivs von Michel Foucault für die Mobilitätsforschung weiter: K. Manderscheid: Who does the move?, siehe auch Seiler, Cotten: Republic of Drivers. A History of Automobility in America, Chicago: University of Chicago Press 2008, hier S. 5.

35 W. Canzler/A. Knie/L. Ruhrort: Autonome Flotten, S. 17.

das finanzielle Entwicklungspotential, welches im privaten Automarkt gesehen und welches nicht etwa in nachhaltige Verkehrssysteme investiert wird.³⁶ Hier fehlt es nicht nur an Visionen, wie Verkehrsexpert:innen ausführen, sondern auch an einem relationalen Verständnis, das auf dem Prinzip des Commons beruht.

Für die meisten Strecken könnte eine Heterogenisierung von Verkehrsformen die Lösung sein. Beispielsweise ist das Fahrrad auf innerstädtischen Strecken unter fünf Kilometern schneller.³⁷ In ländlichen Gebieten wäre also das höchste Entwicklungspotential, da in Städten nahezu alle Wege mit segmentarisierten Wegenutzungen aufgefüllt werden können.

Verkehrsforschende wie Knie und Canzler betonen den Bedeutungsverlust des Autos für westliche Gesellschaften.³⁸ Da gleichzeitig immer mehr Autos gekauft und besessen werden,³⁹ ist dies kein gesamtgesellschaftlicher Trend, sondern ein symbolischer Bedeutungsverlust, der sich langfristig materiell niederschlagen könnte. Festzuhalten ist eher eine aktuelle Heterogenisierung von Verkehrsformen, die sich, wie Sprenger in der Einleitung konstatiert, auch zu einer praktischen Kritik und zu einem Konkurrenzverhältnis in der Nutzung und damit auch in gewisser Weise Strukturierung und Dominiierung des öffentlichen Raumes entwickeln können. Verschiedene Studien warnen jedoch davor, dass das autonome private Fahren das Auto gesamtge-

36 7000 Milliarden Euro bis 2050 stellen Consultingfirmen dem Automarkt in Aussicht, Alexander Fanta: »selbstfahrende Autos retten uns nicht vor der Klimakatastrophe«, in: Netzpolitik.org vom 03.12.2018, <https://netzpolitik.org/2018/selbstfahrende-autos-retten-uns-nicht-vor-der-klimakatastrophe/> vom 17.03.2021.

37 Randelhoff, Martin: »Reisezeitunterschiede unterschiedlicher Verkehrsarten von Tür zu Tür im Stadtverkehr, Realität und subjektive Realitätsverzerrung«, Zukunft Mobilität 2018, <https://www.zukunft-mobilitaet.net/167997/analyse/tuer-zu-tuer-reisezeit-stadtverkehr-pkw-miv-oePNV-radverkehr-pedelec-gleichheit-subjektive-verzerrung/> vom 17.03.2021. Die durchschnittliche Wegelänge beträgt 12 km. Darin sind aber auch längere Pendelstrecken eingerechnet. Infas/DLR für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: »Mobilität in Deutschland«, S. 26, https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf vom 17.03.2021.

38 Knie, Andreas/Canzler, Weert: Strategiepapier Autodämmerung. Experimentierräume für die Verkehrswende, Heinrich-Böll-Stiftung: Berlin 2018, https://www.boell.de/sites/default/files/strategiepapier_verkehrswende.pdf vom 19.05.2020.

39 Anonym: »Immer mehr Autos in Deutschland«, Tagesschau online vom 11.09.2020, <https://www.tagesschau.de/inland/verkehr-autos-oePNV-101.html> vom 17.03.2021.

sellschaftlich sogar noch stärker durchsetzen und sogar neue Nutzer:innen-gruppen erschließen könnte.⁴⁰

Die Frage ist also nicht, ob man der Zukunft gegenüber aufgeschlossen sein sollte und die vieldiskutierten Unfälle autonomer Fahrzeuge als dem Verkehr immanent verstehen sollte,⁴¹ sondern wie und zu welchem Zweck das autonome Auto zu kommunitären Zwecken eingesetzt werden kann, etwa dort, wo sich öffentliche Strukturen noch im Aufbau befinden oder wieder aufgebaut werden müssen, etwa durch die Zerstörung kommunaler Strukturen des Verkehrs im ländlichen Bereich. Ebenso könnten autonome Fahrzeuge als Assistenzfahrzeuge mobilitätseingeschränkter Menschen helfen, ihre Mobilitätswünsche zu erfüllen und somit gesellschaftliche Teilhabe gewährleisten. Daran anschließend formuliert sich die dringliche Frage, wie dies nicht nur durch Googles Visionen eines Mini-Shuttles als Alternative zum privat besessenen Auto bewerkstelligt werden kann. *Mobility on demand*, inklusive einer Strategie der Datensicherheit, stellt eine Herausforderung dar, die nicht großen Tech-Konzernen überlassen werden sollte.

Das Auto war und ist keine natürliche Entwicklung. Es ist nicht nur zutiefst mit kollektiven Denk- und Wahrnehmungsmustern verflochten, die Unfälle und Autogewalt normalisiert haben, sondern auch mit nationalen Erzählungen einer vom Auto stark geprägten Volkswirtschaft, gerade im bundesdeutschen Kontext.⁴²

Die Hoffnung, mit stets alle Regeln befolgenden autonomen Autos den Verkehrsraum zu befrieden und zu rationalisieren, akzeptiert unhinterfragt die erste Regel, nämlich dass Autos im Fahren und Stehen für sich überproportional viel Raum beanspruchen und allein durch ihre Anwesenheit Stadt und Land entscheidend prägen, Landschaften zerschneiden und Räume aufteilen, in denen man sich gefährlich und weniger gefährlich bewegen kann.

Das Autofahren, welches viele andere Verkehrsformen verdrängt und historisch überschrieben hat, bildet nicht nur ein abgeschlossenes System, sondern wird gesellschaftlich stabilisiert, indem es steuerlich und infrastruktural

40 Köllner, Christiane: »Begrenztes Klimaschutzpotential durch automatisiertes Fahren«, in: Springer Professional 2019, <https://www.springerprofessional.de/automatisiertes-fahren/nachhaltigkeit/begrenztes-klimaschutz-potenzial-durch-automatisiertes-fahren/16578216> vom 17.03.2021.

41 Sprenger, Florian: »Learning by Crashing. Unfälle autonomer Autos«, in: Merkur 835 (2020), S. 55.

42 Hierse, Lin: »Die Nation ausbremsen«, in: TAZ vom 29.01.2019, <https://taz.de/Kommentar-Tempolimit-in-Deutschland/!5565175> vom 17.03.2021.

rell gestützt wird. Automobilität ist eine gesellschaftliche Existenzform und repräsentiert nicht nur eine kapitalistische Raumaufteilung in Städten, Suburbia und Co. Die autogerechte Stadt ist auch die Durchsetzung von kapitalistisch geprägten Arbeitsteilungsformen. Durch Flexibilisierung und auch Prekarisierung im Rahmen neuer Arbeitsformen in großen Städten ebenso wie die schon begonnene Verkehrswende kollidieren diese Formen zunehmend und das Auto gerät mit anderen Mobilitätsformen und Subjektivitäten in Konflikt.⁴³ Zwar wächst der Automarkt weiterhin, aber dass es überhaupt Formen der Relativierung der Vorherrschaft des Autofahrens gibt, darf – selbst in seinem symbolischen Gehalt von Pop Up-Bikelanes – nicht unterschätzt werden. Die hohe symbolische und materielle Durchsetzungskraft des Autofahrens kann daher nur auf mehreren Ebenen zugleich überwunden werden, gerade weil Verkehr ein Schlüsselsegment wachstumsorientierter Gesellschaften ist und unterschiedliche gesellschaftliche Subbereiche prägt. Verstehen wir Gesellschaften und Subjekte als genuin mobile, sich bewegende, so ist Verkehr eine Weise, diese Mobilität zu regulieren. Und momentan ist dieser noch entscheidend vom Autoverkehr geprägt.

Diesbezüglich wäre es medial, infrastrukturell und in der Verkehrskommunikation wichtig, Verkehr als kommunitäres Projekt zu entwickeln. Dies heißt auch, Verkehr als relationales System zu sehen, welches nicht nur mit allen gesellschaftlichen Subsystemen verflochten ist, sondern auch wesentlich Existenzweisen prägt. Hier ist der Unterschied von einer individualistischen zu einer kommunitären Existenzform entscheidend. Dazu ein Beispiel aus dem Umweltverbund: Auch das Fahrradfahren ist – in den durchschnittlich 20 Minuten, die nicht mobilitätseingeschränkte Menschen für die durchschnittliche Strecke von fünf Kilometern brauchen – individuell, flexibel und mit anderen Verkehrsträgern kombinierbar. In seiner »offenen Medialität«⁴⁴ ist das Fahrrad auf Kommunikationsformen mit anderen Körpern sowie mit dem eigenen Körper angelegt. Der Raum, den das Radfahren herstellt, ist kein glatter, abstrakter und stratifizierter Raum wie jener des Autos, der innen und außen klar trennt und damit auch Raum erzeugt, der durch Praktiken wie Musikhören etc. zu einem Raum der Privatheit gestaltet wird. Die Gründe, warum Menschen nicht mit dem Rad fahren oder es unbequem finden, sind zudem zumeist auf die Stadtplanung und Infrastrukturen zurückzuführen

43 A. Knie/W. Canzler: »Autonom und öffentlich«, S. 10.

44 Schwaab, Herbert: »Das Fahrrad im Kino: Lost and Found«, in: J. Bee et al. (Hg.): Fahrradutopien.

und nicht auf das Radfahren selbst. Dessen Potential wird aber selten so angeführt oder finanziell umfänglich beforscht wie jene des autonomen Fahrens. Fahrradfahren in der Stadt könnte nicht nur sicherer und bequemer, sondern auch effizienter und schneller sein. Ampeln und andere Hindernisse existieren z.B. vor allem für Autos und bevorzugen diese etwa gegenüber Fahrrädern (grüne Welle). Solche und ähnliche sekundäre Effekte mindern das Potential nachhaltiger Fortbewegung gewaltig. Die Form der privaten Abgeschiedenheit, die das Autofahren prägt, läuft trotz dieser Potentiale im Gegenteil Gefahr, im automatisierten und vernetzten Fahren fortgeschrieben zu werden. Um noch einmal auf das Coverbild zurückzukommen: Das Coverbild remediativiert diese Medienform der Individualisierung und Selbstbestimmtheit. Es inszeniert sogar einen noch größeren Raum dieser Selbstbestimmtheit, indem sich die fahrende Figur vom Verkehr als relationalem Raum mit seinen spezifischen Gefahren und Aufmerksamkeitsökonomien abkoppelt.

5. Mobilität

Die Frage der Mobilität wird nicht gelöst, wenn wir sie allein als Problem des Transports sehen. Das New Mobility Paradigm⁴⁵ bezieht auch andere Faktoren mit ein, an die eine medienwissenschaftliche Perspektive anknüpfen kann.

Autonomes Fahren verknüpft als »Ökologie«⁴⁶ zahlreiche Medientechnologien und Praktiken. Es sollte nicht als Antwort auf das Transportproblem, sondern auf das »Datenproblem« – Problem verstehe ich hier im Foucaultschen Sinne – gesehen werden. Aus der Perspektive der Mobility Studies stellen sich auch Fragen danach, wie die Verteilungsgerechtigkeit von autonomer Mobilität gelöst wird, gerade wenn wir vom Privatisierungsmodell ausgehen. Welche Stadtteile erhalten Anschluss, welche Orte werden miteinander verknüpft? Gehen private Autos in Flotten über, stellen sich diese Fragen dringlicher. Gerade diese Gefahr besteht aktuell, da staatliche Institutionen erheblich weniger in Forschung investieren als Unternehmen.⁴⁷

45 Sheller, Mimi/Urry, John: »New mobility paradigm«, in: *Environment and planning* 38 (2006), S. 207-226.

46 J. Hildebrand/M. Sheller: »Media Ecologies«.

47 Aktuelle Forschungsfördergelder des Bundes für autonomes Fahren z.B. im Einzelnen unter BMBF, Referat Elektronik und autonomes Fahren (Hg.): »Aktionsplan Forschung für autonomes Fahren«, S. 4 unter https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/

Die Einfachheit und Selbstverständlichkeit des Fahrens setzte sich historisch schon anhand des Städtebaus durch und auch hier bleibt zu befürchten, dass Städte zukünftig stärker »hindernisfrei« d.h. noch autogerechter geplant werden.⁴⁸ Wie Florian Sprenger in der Einleitung zu diesem Band schreibt, werden so potentiell Machtverhältnisse fortgeschrieben: »motorisierte Gewalt verschwindet nicht«. ⁴⁹ Man kann hinzufügen: ihre Problematiken verschärfen sich.⁵⁰

Das selbstfahrende Auto fungiert gewissermaßen als ein Joker oder Platzhalter, der das individuelle Auto in gewohnter Karosserie akzeptabel macht und an seine Praktiken anknüpft. Dabei bündelt das autonome Fahren Affekte und Begehren, die quasi nicht nur aus dem Ausbau von ÖPNV potentiell abgezogen werden könnten, sondern auch die Phantasie lähmen. Wie ein Fetisch bündelt das (private automatisierte) Fahren Aufmerksamkeiten, bietet aber nicht zwangsläufig eine Lösung bei der Transformation zu post-fossilen Gesellschaften. Dieser Übergang ist, wie beim Auto, ein kultureller und vor allem ein medienkultureller.

Und wenn Entwickler:innen auf diese Figur zurückgreifen, dann zirkulieren Phantasien der Nichtarbeit, die gleichzeitig die Arbeit an den Daten und ihre Produktion als unsichtbar erscheinen lassen. Dies zeichnet den Diskurs und das massive Investment in potentiell privatisierte Verkehrsstrukturen aus – sie ziehen Aufmerksamkeit, Gelder und Diskursraum kommunaler und kommunitärer Verkehrsstrukturen für nicht nachhaltige Verkehrslösungen

Aktionsplan_Forschung_fuer_autonomes_Fahren.pdf vom 17.03.2021. Die Forschungsförderung des BMBF beläuft sich seit 2015 auf 100 Mio. Euro, BMBF: »Das Auto von Morgen, autonom, sicher, effizient« <https://www.bmbf.de/de/automatisiertes-fahren-4158.html> vom 17.03.2021. Google Waymos Fördersummen sind mit aktuell 3 Milliarden hingegen viel umfangreicher. Vgl. Higgins, Tim: »Waymo adds 750\$ to War Chest as Driverless cars Prove Tough to deploy« in: Wall Street Journal Online vom 12.05.2020, <https://www.wsj.com/articles/waymo-adds-750-million-to-war-chest-as-driverless-cars-prove-tough-to-deploy-11589299200?> vom 17.03.2021. Die Zahlen dienen nur als ungefähre Vergleichswert.

48 Vgl. A. Fanta: »Selbstfahrende Autos retten uns nicht vor der Klimakatastrophe«.

49 Vgl. den Beitrag von Florian Sprenger in diesem Band.

50 Berkel, Manuel/Oswald, Philipp: »Auf dem Land ist der Linienbus das Auslaufmodell«, in: Spiegel online vom 17.10.2020, <https://www.spiegel.de/auto/nahverkehr-auf-dem-land-auf-dem-land-ist-der-linienbus-ein-auslaufmodell> vom 17.03.2021; A. Knie/W. Canzler: »Autonom und öffentlich«; W. Canzler/A. Knie/L. Ruhrort: Autonome Flotten; Fraunhofer: »Energie- und Treibhauswirkung«, S. 72.

gen ab.⁵¹ Da Infrastrukturen nicht aus dem Nichts entstehen, wird immer wieder auf die Rolle von Visionen in der Verkehrsplanung verwiesen. Wir befinden uns aktuell in einem Deutungsstreit, in dem es wichtig ist, dass auch medial – und dies findet durch soziale Medien und Vlogs längst statt – andere Körperbilder, andere Bilder des öffentlichen Raums der Mobilität zirkulieren.⁵² Die Übersetzung individueller Handlungsmacht in kommunale Strukturen wäre eine der wichtigen medialen Aufgaben, um Gegenbilder zur vorherrschenden Automobilität zu entwickeln. Wir sollten Bilder aber nicht nur als Visionen und platonische Ideen sehen, sondern als Akteure in der Umsetzung von Strukturen. Denn sie sind nicht nur vor oder nach Planungsprozessen aktiv, sie prägen diese von innen heraus.

6. Handlungsmacht und Verletzbarkeit

Die Frage der Relationalität lässt sich auch als intersektionale Verknüpfung von Medien- und Geschlechterperformanzen verstehen und mit der Frage verknüpfen, ob sich Geschlechterentwürfe durch fahrer:innenloses Fahren verändern. Spitzt man allerdings die Frage des Autofahrens als Ausdruck einer männlichen Position zu, wie es aktuell häufiger geschieht, dann bietet man durch autonomes Fahren eine Teillösung des Problems an. Gendering und Mediatisierung lassen sich als ein ineinander verzahnter Prozess verstehen, der u.a. die Produktion der Autogesellschaft und vergeschlechtlichter Positionen impliziert.⁵³ Hier spielt eine intersektionale Betrachtungsweise eine wichtige Rolle, die andere gesellschaftliche Positionen relational aufeinander bezieht. Diese schaffen etwa über die Frage der Klasse eine Übergangserzählung – zugespitzt: Reiche Männer haben sich immer fahren lassen.⁵⁴ Arbeiter werden weiterhin fahren.

Katharina Manderscheid schlägt vor, Fahren als Technologie der Infrastrukturen zu lesen, die auch die soziale Technologie des Genders inkludiert.

51 Knie und Canzler fordern etwa einen Innovationsfond für nachhaltige zukunftsfähige Entwicklungen in Verkehrsunternehmen.

52 J. Bee: »Radvlogging«.

53 Bee, Julia: »Lob des Fahrradfeminismus«, in: Gender-Blog der Zeitschrift für Medienwissenschaft, November 2018. <https://www.zfmedienwissenschaft.de/online/blog/lob-des-fahrradfeminismus> vom 17.03.2021.

54 Siehe auch C. Both: Keeping Autonomous Driving Alive.

Die Performanz von Gender und die Performanz der Aneignung von Technologien durch Praktiken wird zusätzlich durch die Performanz von Bildern ergänzt. Manderscheid weist darauf hin, dass anhand selbstfahrender Autos nicht nur Geschlechterrollen, sondern auch Konzepte des Fahrens verhandelt werden, gerade dann, wenn das Fahren als männliches Konzept vorgestellt wird.

Sie zeigt, dass das autonome Fahren weder Männlichkeiten noch Autofahren überwindet, sondern auch bei jenen durchsetzt, die bisher ökonomisch davon ausgeschlossen waren, ein eigenes Auto zu besitzen: »Both the Google car and the Mercedes FO15 claim that future mobility will consist of increased automobility.«⁵⁵ Ökonomische Wachstumsnarrative in Form der Automobilität bestehen fort.⁵⁶ Trotz der Vision eines genderlosen *smart cars* schreibt sich Gendering fort, wie Manderscheids Analyse der Werbung des Mercedes FO15 zeigt.⁵⁷

Für das Autofahren insgesamt, besonders aber für fahrer:innenloses Fahren spielt eine zentrale Rolle, dass das Individuum aus seinem Raum genommen und in einen »protected cocoon«⁵⁸ gesetzt wird. Die Privatisierung öffentlicher Räume ist prototypisch für Autoverkehr als mobiles *smart home* und wird weiter fortgeschrieben, vielleicht sogar durch die Ökologisierung der Räume und ihrer Medienangebote intensiviert. Wie schon weiter oben bemerkt, können hier affektive Infrastrukturen die Kokoonisierung befördern. Denn so wie Manderscheid die Vision hinter dem Mercedes-Prototyp FO15 beschreibt, ist dies eine weitere Herausnahme aus dem öffentlichen und dem heterogenen Raum des Sozialen, den sie als besondere männliche Erzählung versteht, der aber auch hochgradig mit neoliberalen Sicherheitsdenken korreliert. Diese Homogenisierung und Abkopplung von Außenräumen wurde bereits für menschengefahrene Autos beschrieben.⁵⁹ Zwar ist das automatisierte Fahren zugleich ein vernetztes und ermöglicht dadurch andere soziale Räume, diese sind aber hochgradig der eigenen ›Kontrolle‹ unterworfen und von der Zufälligkeit sozialer Begegnungen enthoben. Die Qualität dieses Innenraumes besteht vor allem darin, sich aus dem Verkehrsgeschehen noch mehr herauszunehmen. Durch die Abkoppelung und Autonomisierung geht

55 K. Manderscheid: »Driven Subject«, S. 37.

56 Ebd.

57 Ebd., S. 38

58 Ebd., S. 34.

59 J. Urry: »The ›System‹ of Automobility«, S. 28.

möglicherweise nicht nur – bedingt durch die Vision des Gefahren-Werdens – ein Verlust von (männlicher) Handlungsmacht, sondern auch ein möglicher Distinktionsgewinn einher. Es kann ein Luxus sein, sich aus der – unter Umständen durch die eigene Teilnahme am Straßenverkehr mit einem Auto – mitverursachten Verkehrsmisere herausnehmen zu können. Fahren wird so eine Art ›Rest‹, den es für diejenigen zu bewältigen gilt, die es sich nicht leisten können, ihn zu umgehen. Denn genau das unübersichtliche Verkehrsgeschehen kann potentiell durch privatisiertes Gefahren-Werden ausgeblendet werden: Es ist kein Hindernis mehr, ins Auto zu steigen. Damit werden Relationen und Mitverursachungsdynamiken noch stärker negierbar und outsourcebar. Natürlich ist es niemals möglich, sich dem äußeren Umfeld komplett zu entziehen, die Verlagerung von individueller Beteiligung und strukturellen Auswirkungen von Autoverkehr sind im nichtgelenkten Auto jedoch einfacher zu kompensieren. Insofern ist das private *driverless car* ein performatives Medium und generiert eine neue anstelle von keiner Handlungsmacht – und vor allem mehr atmosphärisch angenehme Autofahrten. Denn Automatisierung bedeutet den Luxus, sich aus Verkehr als multimodalem und sozialem Geschehen zu entkoppeln.

Dies tragen letztlich auch die Visionen eines unfallfreien Autoverkehrs mit. Schaut man sich die vielen Autounfälle an, die größtenteils durch zu hohe Geschwindigkeiten und Fehler verursacht werden, scheint dies plausibel. Und jede *Vision Zero* (Schlagwort für keine Verkehrstoten, vor allem Fußgänger:innen und Radfahrende) findet sicher auch von Seiten der Radfahrenden Zustimmung. Dies ist allerdings nicht an das Produkt des *smart cars* gebunden. Dabei geht es nicht darum, technischen Fortschritt durch effizientes Wegemanagement und dadurch die Vermeidung antriebsintensiver Fahrstile per se abzulehnen – aus der Debatte um rechtsabbiegende LKWs wissen wir, dass Abbiegeassistenten Leben retten könnten (Fahrweise und Aufmerksamkeit aber auch). Bestimmte Technologien, die aktuell in der Vernetzung von PKW auf dem Weg zu ihrer ›Autonomisierung‹ eine wichtige Rolle spielen, müssen nicht zwangsläufig an das privat besessene Auto geknüpft werden. Dieser Technikteleologie muss man nicht folgen. Alternativ wäre es auch möglich, Mobilitätsplattformen stärker durch Echtzeitdaten und Vernetzung zu optimieren, die auch ÖPNV, Rad- und Fußverkehr inkludieren.

Die Paradoxie, dass ein Abbiegeassistenzsystem für LKW zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht verpflichtend ist, obwohl es an Kreuzungen bei 60 %

aller schweren Unfälle Leben retten könnte,⁶⁰ aber gleichzeitig die Vision eines fahrer:innenlosen Autos persistent seit Jahrzehnten den Schatten des menschengefahrenen Autos bildet, drückt dies drastisch aus. Automatisierung und gesellschaftliche Durchdringung sind hier nicht in einem linearen Verhältnis zu denken. Im Diskurs um die Minimierung von Unfällen geht es um die Technologie, die dies ermöglicht. Dabei handelt es sich nicht nur um Hardware, sondern auch die soziale Technologie des Autos, sich der Umgebung noch stärker zu entziehen und sich von einem hochdynamischen Geschehen abzukoppeln – zumindest in privat besessenen Fahrzeugen.⁶¹

Relationalität wird hier auf der Wahrnehmungsebene unsichtbar gemacht. Eine relationale Sichtweise auf Verkehr würde neben gegendertem Verkehrsverhalten auch die Frage stellen, wie Verletzbarkeit verteilt wird. Mit dem ebenfalls aus der Geschlechterforschung stammenden Konzept einer verteilten Verletzbarkeit macht Judith Butler darauf aufmerksam, dass die Anerkennung einer nicht nur situativen, sondern ontologischen Verletzbarkeit für Sozialität unerlässlich ist.⁶² Die Verteilung von Verletzbarkeit wäre eine Frage, die auch das autonome Fahren im Kern adressieren muss – denn wem es auszuweichen gilt und ob im Zweifelsfall die Insassin zuungunsten eines anderen Verkehrsteilnehmers geschützt wird, muss noch ausgehandelt werden.⁶³ Verletzbarkeit wäre im privaten *smart car* kein reines Hochrüsten wie es aktuell mit der SUVisierung des Verkehrs der Fall ist, sondern die Möglichkeit, sich noch tiefgreifender vom relationalen Geschehen des Verkehrs zu entkoppeln.

Die Vision eines privatisierten autonomen Fahrens würde diese Technologie der Individualisierung zusätzlich unterstützen. Außerdem würde die Frage der Verletzbarkeit nicht gelöst, sondern verschoben und in der Entwicklung nun eine zentrale Rolle spielen. Und die Systeme lernen von der

60 60 % der Unfälle könnten damit verhindert oder abgemindert werden, vgl. Unfallforschung der Versicherer, <https://udv.de/de/medien/mitteilungen/unfaelle-schweren-lkw-enden-oft-toedlich> vom 17.03.2021. Das Überrolltwerden von rechtsabbiegenden LKW ist eine der häufigsten tödlichen Unfallursachen für Radfahrende und Fußgänger:innen.

61 K. Manderscheid: »The Driven Subject«, S. 36

62 Butler, Judith: *Krieg und Affekt*, Zürich/Berlin: Diaphanes 2009; Butler, Judith: *Raster des Krieges*, Frankfurt a.M.: Campus 2010.

63 Müller-Jung, Joachim: »Ein moralischer Elchtest«, in: FAZ vom 18.10.2016, <https://www.faz.net/aktuell/feuilleton/autonome-autos-von-mercedes-ein-moralischer-elchtest-14485534-p2.html> vom 17.03.2021.

Intelligibilität der Situiertheit ihrer Entwickler. Die Bilderkennungssoftware des Uber-Autos, welches eine Frau in Arizona tödlicher Weise mit einer Plastiktüte verwechselt hat, unterstreicht diese Problematik.

Das permanente Otherring von Verkehrspraxen jenseits des Autos erzeugt »Derivate«⁶⁴ des Verkehrs. Auch dies würde von autonomen Autos zwar anders gelöst werden als von menschlichen Autofahrenden, die z.B. selten den Sinn darin sehen, die gesetzlich vorgeschriebenen 1,5 Meter Abstand beim Überholen von Radfahrenden zu halten. Insgesamt setzt der Glaube an das eigentlich im Kern kontrollierbare und friedfertige Autofahren aber die Kultur und Praxis des Autofahrens weiter durch. Diese sekundären Effekte des Mehr- und Längerfahrens, auch von neuen Zielgruppen, relativieren laut Berechnungen perspektivisch primäre Effekte der ökologischen Bilanz durch effizientes und gleichmäßiges Fahren.⁶⁵ Mit S. Lochlann Jain kann man hier anfügen, dass das Auto historisch um 1900 und in den 1950er Jahren juristisch als harmloses »Ding« und damit in der öffentlichen Wahrnehmung durchgesetzt wurde, sodass die fahrende Person, nicht aber das Fahrzeug selbst als gefährlich galt. Seine inhärente Gewalt und damit auch die Dominanz in einem an sich relationalen System musste geleugnet werden.⁶⁶ Autonomes Fahren läuft Gefahr, diese Geschichte weiter fortzuschreiben und die Problematik des Autofahrens an einzelne, »undisziplinierte« Fahrende auszugliedern.

Die Vision des Fremdenlenkens macht dort Sinn, wo lange Strecken überwunden werden müssen. So ist es effizienter, wenn sich 500 Menschen im ICE entspannen oder arbeiten und nur eine:r lenkt bzw. wenige den Verkehr überwachen. Mobilität ist jedoch mehr als die Überbrückung von Räumen. Gerade im Fall des Autos macht es wenig Sinn, die kurzen Strecken, insbesondere in der Stadt, durch die Ausblendung des Außen in homogene Zeiträume umzudefinieren, die nur dazu da sind, Strecken zu überwinden und so langfristig diese Strecken weiter zu homogenisieren, indem man sie noch weiter den Bedürfnissen des Autofahrens anpasst. Mobilität ist zentral für das Erleben von Umwelt und sozialem Raum. Die Privatisierung dieses Raums hat nicht nur

64 K. Manderscheid: »The Driven Subject«, S. 28. Vgl auch Bee, Julia: »Biking and her allies«, in: Gender-Blog Zeitschrift für Medienwissenschaft August 2019, <https://zfmedienwissenschaft.de/online/blog/biking-and-her-allies> vom 17.03.2021.

65 Fraunhofer: »Energie- und Treibhauswirkung«, S. 147. Hier gehen die Autor:innen sogar von marginalen Steigerungen von Emissionen aus und nicht von Senkungen durch Vollautomatisierungen und Autonomisierung.

66 Jain, Lochlann S.: »Dangerous Instrumentality. The Bystander as Subject in Automobility«, in: Cultural Anthropology 19/1 (2004), S. 61-94.

Folgen für das Individuum, sondern auch für das gesamte infrastrukturell-soziale Gefüge.

7. Verkehr als Commons

Verkehr ist ein essentielles Medium gesellschaftlicher Mobilität und damit Teilhabe. Gegen die Individualisierung und Privatisierung von öffentlichen Räumen gilt es, nicht nur den öffentlichen Nahverkehr plus flexiblen Shuttles stark zu machen – das wäre ein ganz praktischer Outcome meiner Überlegungen –, sondern Verkehr insgesamt als ein relationales System zu verstehen, welches Mobilität und Technikentwicklung bzw. Zusammenführung wie im automatisierten und vernetzten Fahren entscheidend strukturiert. Mit Mobilität sind wiederum Existenzweisen in Bewegung verbunden. Diese sind zugleich individuell und kollektiv zu denken.⁶⁷ Die Privatisierung des öffentlichen Raums bedeutet auch eine Individualisierung und damit eine Individuation, die sich von ihrer Kollektivität und Relationalität des pluralen öffentlichen Raums ablöst. Grundlegend wird die Idee, öffentliche Räume in Bewegung und Stillstand zu privatisieren, durch kostenlosen Parkraum schon jetzt umgesetzt. Das reine Gefahren-Werden im eigenen Gefährt setzt diese Version eines Wohnens im öffentlichen Raum sogar noch konsequenter um.

Der fahrende Raum ist also mit ähnlichen Problematiken behaftet, die für alle *smart environments* gelten. Durch das Convenience-Versprechen wird allerdings der Fakt wenig beleuchtet, dass auch die segmentarisierte Nutzung von Mikroräumen privatisierte städtische Räume in Form fahrender *smart homes* herstellt.

Die Vision von *shared rides* steht wiederum – setzt sich keine komunitäre Lösung durch – in einem Verhältnis zu anderen Formen der Privatisierung des Stadtraums, etwa durch die *smart city* und durch die enorme Vertreibung in Quartieren durch Immobilieninvestment (die wiederum das Aufs-Land-Ziehen begünstigt, für das Autos ›benötigt‹ werden). Die Ökonomisierung des Stadtraums durch digitale und vernetzte Technologien steht in keinem direk-

67 Simondon, Gilbert: »Das Individuum und seine Genese«, in: Claudia Blümle/Armin Schäfer (Hg.): Struktur, Figur, Kontur. Abstraktion in Kunst und Lebenswissenschaften, Zürich: Diaphanes 2007, S. 29-45; Simondon, Gilbert: L'Individuation psychique et collective, Paris: Aubier 1989.

ten, wohl aber in einem diskursiven und akzeptanzprägenden Verhältnis zu anderen Technologien der Privatisierung.⁶⁸

Denn die Privatisierung kann umgekehrt dazu führen, dass »dem ÖPNV das Wasser abgegraben wird«⁶⁹ – eine Entwicklung, die ja bereits mit dem selbstfahrenden Auto besteht, welches durch die Erschließung neuer Zielgruppen und von mehr Fahrten den ÖPNV verdrängen oder weiter einschränken könnte. Gerade deshalb wird in die Werbung für bequemes Fahren investiert, da dies das entscheidende Kriterium für mehr gefahrene Kilometer und neue Fahrer:innen ist. Vernetzte automatisierte Individualfahrzeuge werden so potentielle Katalysatoren der Privatisierung – gerade wenn sich die Problematik stellt, inwiefern Vehikel und Straßeninfrastrukturen voneinander abgegrenzt werden können. Diesbezüglich stellt sich die Frage nach Finanzierung und Unterhalt öffentlicher Infrastruktur. Zahlreiche Aktivist:innen haben in den letzten Jahren Wohnverhältnisse sowie Public-private-Partnerships der Kommerzialisierung des Stadtraums politisiert. Der durch *smart cars* und autonome Taxis hergestellte, zwar individuell und flexibel nutzbare, jedoch nicht von der Nutzer:in besessene Mobilitätsraum konzentriert diese Privatisierung und reguliert Zugang zu Räumen. Da diese Räume Transportbedürfnisse befriedigen können, werden sie wie ÖPNV plus privater Raum wahrgenommen, sind aber in Wirklichkeit eine Umwidmung städtischen und ländlichen Raums. Die Frage wäre, inwieweit auch infrastrukturelle Kosten auf die privaten Unternehmen umgelegt werden, die diese Fahrzeuge betreiben.

Um eine komunitäre Vision von Mobilität zu entwickeln, gilt es, Bewegung im öffentlichen Raum grundsätzlich als eine Qualität des demokratischen Zusammenlebens und damit als Ressource zu sehen: Sie wären so als *Common* zu denken.⁷⁰ Notwendig sind dafür relationale Sichtweisen auf Verkehr, die aber immer wieder auf das Auto verengt werden. Die Kookoonisierung (Manderscheid)⁷¹ des automobilen Mobilitätsraums zugunsten einer

68 Vgl. zur Frage der »mobilen Privatisierung« grundlegend Raymond Williams: *Television. Technology and Cultural Form*, Middletown 1992 sowie weiterführend zur Automobilitätskultur Cotten Seilers instruktive Studie zur Verflechtung von Individualisierung, Liberalismus und Autofahren in den USA: C. Seiler: *Republic of drivers*, S. 146.

69 C. Köllner: »Begrenztes Klimaschutzpotential«.

70 A. Nikolaeva et al.: »Commoning mobility«, S. 3.

71 Hildebrand und Sheller verweisen auch auf die Bewerbung autonomen Fahrens als »safe space«, J. Hildebrand/M. Sheller: »Media Ecologies«, S. 79.

vermeintlich flexiblen Technologie ist hier mit externalisierten Kosten und einer Vorstellung der Überwindung öffentlichen Raums als Hindernis verbunden. Dieser affektive, subjektivierende Erfahrungsraum hat ökonomisch wie ökologisch tief greifende Folgen im Falle einer nichtkommunitären Bewirtschaftung. Wir dürfen bei kommunalen Strukturen für die Infrastrukturen des Verkehrs (Straßen, Radwege, Stellplätze, Mobilitätshubs etc.) nicht stehenbleiben, sondern müssen den Verkehr selbst kommunitarisieren, d.h. als dem öffentlichen Gut und der zentralen sozialen Ressource der Bewegung zugehörig denken.

Kurz: Autonomes Fahren führt die Geschichte des Autos nicht bruchlos weiter, ist aber in seiner privatisierten Form keine Technologie der nachhaltigen Verkehrswende, sondern birgt zahlreiche Gefahren für den öffentlichen Raum.

Automatisiertes Fahren im eigenen PKW läuft Gefahr, andere Potentiale des kommunitären Denkens abzugraben, sogar zu einem »Reboundeffekt« zu führen und Autofahren noch weiter zu etablieren und gesellschaftlich durchzusetzen.⁷²

Die erwähnte Studie des Fraunhofer-Instituts prognostiziert mit dem Szenario »Die Welt des Fahrzeugbesitzes« eine Zunahme des MIV⁷³, eine weitergehende Zersiedlung von Landschaften und den Ausbau von Suburbia, da längere Pendelzeiten zwischen Wohn- und Arbeitsort in Kauf genommen werden und bezahlbarer Wohnraum in den Städten durch Privatisierung und mangelnde Regulierung verknappt wurde. Damit werden Stadtplanungen unterminiert, die Leben und Arbeiten stärker verbinden und eine Quartierentwicklung betreiben, die kürzere Wege ermöglicht: Mit überwiegendem Privatbesitz autonomer Fahrzeuge würde auch der Anteil der ÖPNV-Nutzung am Modal Split nur geringfügig steigen, so die Prognose der Autor:innen des Fraunhofer-Berichts. Geteiltes Fahren wird sich dann nicht durchsetzen. Der ÖPNV wird so auch weiterhin nur »starke Nachfrageachsen« bedienen.⁷⁴ Rechnet man also primäre Einsparungen durch effizientes Lenken, Beschleunigen und Wegeplanung und eine leichte Reduktion durch Staufreiheit und

72 Fraunhofer: »Energie- und Treibhauswirkung«, S. 71.

73 Ebd.

74 Ebd., S. 148. Siehe auch Agora Verkehrswende, Thesen: »Auch wenige autonome Fahrzeuge können zu mehr Verkehr führen.« (S. 43); »Das autonome Fahren kann demnach unter Beibehaltung der heutigen Mobilitätskultur und Besitzverhältnisse zu mehr Fahrzeugen mit einer deutlich höheren Fahrleistung führen.« (S. 44)

sekundäre Folgen wie die Zunahme an Fahrten, gefahrenen Kilometern und insgesamt mehr Anschaffungen durch gestiegene Bequemlichkeit auf, kann bis 2050 allenfalls eine Reduktion von 7,6 % der Treibhausgas-Emissionen berechnet werden, in mobilitätswirtschaftlichen Visionen 11,1 % (wenn es auch private automatisierte Autos gibt). Andere Mobilitätsformen – ÖPNV und Radfahren/Zufußgehen – werden aber nachhaltig verdrängt und damit keine weitere Reduktion erreichbar. Dabei können schon 21 % Radverkehr zu 11 % Reduktion führen, was in der BRD ungefähr eine Verdoppelung des aktuellen Radverkehrsanteils im Modal Split bedeuten würde. Städte wie Kopenhagen – auch einmal Autostadt gewesen – sparen mittlerweile durch Radverkehr jährlich 90.000 Tonnen CO₂ ein.⁷⁵ Der Impact auf der Achse Nachhaltigkeit ist also gemessen am Aufwand, den eine weitere Durchsetzung von autonomen Privat-PKW bedeuten würde, gering. Das Potential von Vernetzung und Automatisierung läge einzig in flexiblen Flotten und der Vernetzung von Mobilitätsarten untereinander, die den Umweltverbund ergänzen.⁷⁶ Und hier finden vor allem in ländlichen und Verflechtungsräumen Versuche statt, die Akzeptanz schaffen können. Das Ziel, dass auf 1000 Einwohnende nur 150 Autos besessen werden, wie es das Umweltbundesamt vorschlägt, käme so in greifbarere Nähe. Knie und Canzler gehen sogar nur von 50 Autos auf 1000 Einwohner:innen aus.⁷⁷

Mobilität als zentrale gesellschaftliche Ressource wird also eine noch umkämpftere Rolle spielen – in einem Feld, in dem zahlreiche Lösungen für einen digitalisierten Umweltverbund plus individuelle Mobilität per Rad bereits existieren.⁷⁸

75 Krone, Stephanie (Pressesprecherin ADFC): »Weltklimagipfel/Verkehr: 11 Prozent CO₂ Einsparung durch Radverkehr möglich«, Pressemitteilung vom 02. 11. 2017, <https://log.in.adfc.de/presse/pressemitteilungen/weltklimagipfel--verkehr-11-prozent-co2-einsparung-durch-radverkehr-moeglich> vom 17.03.2021.

76 W. Canzler/A. Knie/L. Ruhrort: Autonome Flotten. Zur Vernetzung siehe Agora Verkehrswende: Thesen, S. 45.

77 A. Knie/W. Canzler: »Autonom und öffentlich«, S. 5. Momentan beträgt die Dichte 574 PKW auf 1000 Einwohner:innen, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/privat-haushalte-konsum/mobilitaet-privater-haushalte#-hoher-motorisierungsgrad> vom 11.06.2021.

78 Aktuell beobachten wir eine über das automatisierte und vernetzte Fahren hinausgehende Digitalisierung des Verkehrs. Digitalisierung spielt nicht nur in Bezug auf die Fahrassistentensysteme eine zentrale Rolle und muss nicht zwangsläufig an die Form des privaten PKW gebunden werden. Die Accessibility von Leihrädern, Rollern und Autos, die Verkopplung segmentarisierter Fortbewegungssysteme wie ÖPNV und Fahr-

Die Frage der Commons ist dieser Technologie des Autofahrens nicht äußerlich. Sie bewohnt die Technologienentwicklung schon immer und betrifft kapitalistische und gegenderte Praktiken der Aufteilung von Öffentlichkeit/Privatheit, Lohnarbeit/Carearbeit sowie Arbeit/Freizeit – etwa in Form der Suburbanisierung. Es gibt kaum eine stärker industriell gewünschte und geförderte Technologie, die dessen zukünftige Form entscheidend bestimmen wird. Statt eine autofreie Stadt zu entwickeln, sind städtische Strukturen sogar in Gefahr, noch autofreundlicher zu werden. Mobilität wird damit noch stärker kapitalisierbar und abschöpfbarer. In die Technologie der Automatisierung muss sich also dringend auch die Technologie der Kommunitarisierung einschreiben. Dies heißt auch, die Entwicklung und Praxis dieser Technologie keinesfalls ›dem Markt‹ zu überlassen, denn dann wird sich die Vision des privaten PKW durchsetzen. Mit einer »systemischen Lenkung«⁷⁹ muss aber auch eine Datensicherheit einhergehen, die verhindert, dass sich eine momentan verbreitete Sicht der privaten Abkopplung gegen den Staat oder Tech-Konzerne im eigenen Auto nicht durchsetzt. Dies gilt nicht nur für Flotten, sondern auch für Mobilitätsplattformen zur Wegeplanung. Gebrauchte werden neben neuen Prozessen der Verknüpfung, die Verkehr nicht outsourcen, sondern als das gesellschaftliche Gefüge und damit als relational verstehen, neue Bilder auf allen Ebenen des Planungsprozesses sowie eine Metakommunikation des Verkehrs, die ein kulturelles Umdenken ermöglicht.

rad/Roller etc. erzeugen nicht nur datenintensive Umgebungen, sondern auch Schnittstellen zu Social Media und Kommunikationsformen zwischen Menschen sowie zwischen Dingen, etwa im Falle von Wegeplanungsapps wie Yelbi von der BVG oder komoot und Strava für den Rad- und Wanderbereich. Vernetzungstechnologie spielt eine zentrale Rolle für systemische Steuerungen in Flottenfahrzeugen. Die Systematisierung von Flotten anhand individueller Verkehrsbedürfnisse bedeutet den Übergang von und eine dritte Option zwischen MIV und ÖPNV (Agora Verkehrswende: Thesen, S. 44.). Plattformen, die Mobilität unter Einbeziehung des Umweltverbundes planen, können zudem wesentlich effizienter mit Echtzeitdaten arbeiten und so vor den routinierten Gang zum Auto verschiedene Alternativen planen. Die Einbettung in audiovisuelle und soziale Medien verankert aber auch Mobilität in sozialen Praktiken und verschränkt beides zu potentiell sich selbst verstärkenden Kreisläufen. Die Environmentalität von Entertainmentangeboten und sozialen Medien spielt daher keine Nebenrolle und könnte umgekehrt auch für autofreie Visionen von Verkehr genutzt werden.

79 W. Canzler/A.Knie/L.Ruhrort: Autonome Flotten, S. 16.

Auto-Mobilitätsmanagement?

Über eine gelebte Vision Zero, repetitive Fortschrittsversprechen und gerechte Mobilität

Jutta Weber

Nach mehr als 25 Jahren Technikforschung macht mich die Persistenz technoeuphorischer, gesellschafts- und geschichtsvergessener Argumentationen in massenmedialen, aber auch wissenschaftlichen Diskursen noch immer ratlos. Ein Beispiel par excellence für dieses Phänomen ist der Diskurs um das autonome Fahren. In vielen Zeitungsbeiträgen, aber auch in klassischer Verkehrsforschung, pragmatistischer Ethik oder den Technowissenschaften werden ›intelligente‹ Roboter(autos) für die nahe Zukunft angepriesen und wird dem Glauben an den ›technological fix‹ gehuldigt.

Immer wieder wird das Argument repetiert, vor allem der Mensch sei Verursacher von Unfällen. Komplexe Mensch-Maschine-Gefüge werden auf eine dualistische Mensch-Maschine-Konkurrenz reduziert und nicht-automobile Verkehrsteilnehmer:innen werden ausgeblendet oder ihre Rechte unterdimensioniert. Und man versteigt sich zu altbekannten Cost-Benefit-›Abwägungen‹ von Menschenleben vs. ›Fortschritt‹. Selten findet sich eine Einbettung der Debatte um autonomes Fahren in gesamtgesellschaftliche Fragen der Mobilität, der Gerechtigkeit oder sozialer, ökonomischer wie ökologischer Nachhaltigkeit.

Aber für wen spricht eigentlich der häufig technikeuphorische massenmediale Diskurs? Die breite Stimmungslage in Hinblick auf autonomes Fahren ist eigentlich weit von dessen Durchsetzung entfernt. Eine repräsentative Befragung kommt z.B. zu folgender Einschätzung: »Autonomes Fahren trifft derzeit nicht auf einen gesellschaftlichen Bedarf, die Delegation des Autofahrens an technische Systeme wird nur von einer Minderheit begrüßt. Skepsis finden wir vor allem bei der sozialen Nachhaltigkeit autonomer Mobilität; ins-

besondere werden Sicherheitsmängel und die Anfälligkeit des Systems, etwa gegenüber Angriffen von Cyber-Kriminellen, befürchtet.«¹

In meinem Beitrag diskutiere ich thesenhaft die wiederkehrenden Reduktionismen und skizziere Ansätze von alternativen Perspektiven. Das ist als erster Vorschlag für eine Wissenschaftskommunikation jenseits von Technik euphorie oder Technikpessimismus gemeint, die gesamtgesellschaftliche Problemlagen von gerechter Mobilität und Verkehrsplanung sowie Fragen der Ressourcenverteilung, Energie und Gesundheit in den Blick nimmt und ökonomische Interessenlagen, toxische Männlichkeitsfantasien und utilitaristische Denkmuster hinterfragt. Zugleich treibt mich die Frage um, wie eine reflektierte kulturwissenschaftliche Debatte – wie sie u.a. in diesem Band geführt wird – auch *gesellschaftliche Relevanz* erlangen kann. Mit den Science & Technology Studies gehe ich davon aus, dass Technik Politik ist. Deshalb brauchen wir eine *Einmischung* in die dominanten Diskurse, in denen die Erkenntnisse der Medien- und Kulturwissenschaft bisher oft gar nicht wahrgenommen werden, vielleicht auch, weil sie sich oft fein zurückhalten.

Mein Beitrag hat nicht den Anspruch einer systematischen Analyse. Es geht mir eher darum, einen Eindruck vorherrschender narrativer Strategien zu skizzieren – nach mehr als zehn Jahren, die ich die Debatte um das autonome Fahren in Massenmedien und Wissenschaft verfolge.

Motiviert ist mein Beitrag zugleich von der Hoffnung, dass sich die klassische Automobilität² des 20. Jahrhunderts in den europäischen Städten des 21. Jahrhunderts nicht als Nebeneinander von semi-autonomen, autonomen und ›konventionellen‹ Fahrzeugen entwickeln wird³, sondern in Richtung einer gerechteren, ökologischeren Mobilität. Sogar Martin Love, Auto-Afficionado und (ehemaliger?) Motorsportjournalist schreibt: »It's ironic that the answer to all our car problems might be as simple as more of us turning off our engines, getting out – and simply using our own legs.«⁴ Ganz so einfach wird es nicht sein. Aber es bedarf auf jeden Fall viel Arbeit und Fantasie, um der

1 Hampel, Jürgen/Kropp, Cordula/Zwick, Michael: »Zur gesellschaftlichen Wahrnehmung des voll autonomen Fahrens und seiner nachhaltigkeitsbezogenen Implikationen«, in: TaTup Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis 27/2 (2018), S. 38-45.

2 Urry, John: »The ›System‹ of automobility«, in: Theory, Culture & Society 21 4/5 (2004), S. 25-39.

3 Vgl. dazu die Einleitung zu diesem Band von Florian Sprenger.

4 Love, Martin: »Driving may never be the same after coronavirus. But what a ride it's been!«, in: The Guardian vom 26.07.2020, <https://www.theguardian.com/environment>

Definitionsmacht der Autoindustrie, alten sexualisierten Ökonomien des Begehrens und eingeschliffenen Denkmustern Paroli zu bieten.

Fortschritts- und Heilsversprechen

›Das Beste an selbstfahrenden Autos‹, hat Peters Vater immer gesagt, ›ist, dass man keinen Parkplatz mehr suchen muss.‹ [...] Plötzlich bremst Carl scharf. [...] ›Es tut mir sehr leid‹, sagt das Auto, ›aber neue Versicherungsrichtlinien haben Ihr Stadtviertel als zu gefährlich für selbstfahrende Autos meiner Qualität eingestuft. Sie werden sicherlich verstehen, dass ich Sie darum bitten muss, hier auszusteigen.‹ ›Hä?‹, fragt Peter eloquent. ›Aber das müsste Ihnen doch bekannt sein‹, sagt Carl. ›Sie haben doch vor 51,2 Minuten die neuen AGB Ihrer Mobilitätsflatrate bekommen. Haben Sie die Vereinbarung nicht durchgelesen?‹ Peter sagt nichts. ›Zugestimmt haben Sie jedenfalls‹, sagt das Auto.⁵

Ein beliebtes Intro vieler Medienberichte oder auch wissenschaftlicher Texte ist bis heute die Beschwörung des fortgeschrittenen Stands der ›Roboterautos‹. So schrieb ein Autor 2013 (!) im Spiegel: »Es macht alles – steuert, beschleunigt, und bremst automatisch, es blickt mit Kameras um sich, misst mit Radarwellen den Abstand zum Vorfahrenden und prüft mit einem Laserscanner – dem Zylinder auf dem Dach – die Umgebung nach allen Seiten. [...] Autonomes Fahren, ein Thema, das lange als Utopie und Schnapsidee abgestempelt wurde, nähert sich in hohem Tempo der Marktreife.«⁶

2020 ist die Marktreife autonomer Autos noch immer nicht in Sicht. Doch weiterhin wird das Narrativ vom autonomen Fahrzeug als *technological fix* für die Probleme individueller Auto-Mobilität – Millionen Unfalltote, urbane Immobilität bzw. Lock-In durch Automobilität bis zu Umweltverschmutzung und Energieverschwendung – bemüht.⁷ Gleichzeitig werden angesichts töd-

/2020/jul/26/driving-may-never-be-the-same-again-after-coronavirus-but-what-a-ride-its-been vom 04.04.2021.

- 5 Kling, Marc-Uwe: Qualityland, Berlin: Ullstein 2017, S. 15.
- 6 Wüst, Cornelia: »Fahren ohne Fahrer«, in: Der Spiegel 5 (2013), S. 98-102, hier S. 98.
- 7 Vgl. Gasser, Tom M. et al.: »Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung«, in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen F83 (2012) sowie Maurer, Markus et al.: Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte, Wiesbaden: Springer 2015.

licher Unfälle mit autonomen Fahrzeugen, schlafenden Tesla-Fahrer:innen⁸ Akzeptanzproblemen⁹ und enormen technischen Schwierigkeiten¹⁰ auch erste Stimmen laut, die autonomes Fahren eher als Sonderanwendung auf Autobahnen und anderen fixierten Strecken sehen.¹¹ Parallel dazu wird jedoch weiterhin die große Erzählung von der baldigen autonomen Mobilität mit all ihren heilsgeschichtlichen Färbungen¹² wiederholt.¹³

Fehlerquelle Mensch

Why should we put the whole responsibility on the individual road user, when we know they will talk on their phones, they will do lots of things that we might not be happy about? So let's try to build a more human-friendly system instead. And we have the knowledge to do that.¹⁴

-
- 8 Vgl. Davies, Alex.: »A Sleeping Tesla Driver Highlights Autopilot's Biggest Flaw«, in: WIRED vom 12.08.2018, <https://www.wired.com/story/tesla-sleeping-driver-dui-arrest-autopilot> vom 04.04.2021.
- 9 Vgl. Kords, Martin: »Umfrage zu Nachteilen von autonomen Fahrzeugen in Deutschland 2019«, in: statista vom 11.09.2019, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/70612/umfrage/nachteile-von-autonomen-fahrzeugen/> vom 04.04.2021.
- 10 Vgl. Becker, Joachim: »Autonomes fahren: Die Zukunft muss warten«, in: Süddeutsche Zeitung vom 17.08.2020, <https://www.sueddeutsche.de/auto/autonomes-fahren-level-3-1.4994697> vom 04.04.2021.
- 11 Vgl. Altenburg, Sven/Kienzler, Hans-Paul/Auf der Maur, Alex: Einführung von Automatisierungsfunktionen in der Pkw-Flotte. Auswirkungen auf Bestand und Sicherheit, Basel: Prognos/ADAC 2018.
- 12 Vgl. Both, Göde/Weber, Jutta: »Hands-Free Driving? Automatisiertes Fahren und Mensch-Maschine Interaktion«, in: Eric Hilgendorf (Hg.): Robotik im Kontext von Recht und Moral, Wiesbaden: Nomos 2014, S. 171-188.
- 13 Vgl. Becker, Joachim: »Pro: Autonomes Fahren: Der Staat muss investieren, weil die Technik Leben rettet«, in: Süddeutsche Zeitung vom 02.02.2019; Roestel, Adrian: »Autonomes Fahren kann Städte lebenswerter machen«, in: Focus vom 23.11.2018, https://www.focus.de/finanzen/boerse/gastkolumne-autonomes-fahren-ka-nn-staedte-lebenswerter-machen_id_9963886.html vom 04.04.2021.
- 14 Goodyear, Sarah: »The Swedish Approach to Road Safety: ›The Accident Is Not the Major Problem‹. Sweden's top traffic safety strategist visits New York to share lessons from the original Vision Zero«, in: Bloomberg CityLab vom 20.11.2014, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-11-20/the-swedish-approach-to-road-safety-the-accident-is-not-the-major-problem> vom 04.04.2021.

Dass der Mensch ein Mängelwesen sei, das der Technik bedürfe, um seine Schwächen zu kompensieren oder seine Organe zu erweitern, ist ein altbekannter Topos der Techniktheorie. Er wurde schon früh von Technikphilosophen wie Ernst Kapp und Arnold Gehlen oder dem kanadischen Medientheoretiker Marshall McLuhan vertreten.¹⁵ Dieser Topos ist auch in der Debatte um autonome Fahrzeuge zentral. So werden neue Techniken als erweiterte Organe interpretiert: »Nachtsichtgeräte und Rundumsensoren ersetzen zunehmend die unzuverlässigen Sinnesorgane der Fahrer.«¹⁶ Allerdings dreht sich angesichts der fortschreitenden Informatisierung, der Verbreitung von Computern, diesen multi-funktionalen und transklassischen Maschinen, die Argumentation nochmal um: Nicht der Mensch erweitere nun seine Fähigkeiten durch die Technik, sondern *die Technik soll die mangelnde Kompetenz des Menschen kompensieren*. Denn der Mensch wird im Anthropozän von der von ihm geschaffenen und durchtechnisierten Welt überfordert. Er wird angeblich zum schwächsten Rädchen. Daraus folgert eine Autorin: »Sicherheitssysteme zur Pflicht zu machen, ist richtig, denn der Mensch ist der größte Risikofaktor im Verkehr. Dafür muss er auch Überwachung in Kauf nehmen.«¹⁷

Mediale Berichte erwähnen bei tödlichen Unfällen mit autonomen Fahrzeugen zwar die Softwareprobleme – betonen jedoch im Anschluss sofort das Versagen der Testfahrer:innen. In der vom Verbund Deutscher Ingenieure herausgegebenen Zeitschrift ›Der Ingenieur‹ endet das in einem logisch äußerst interessanten Schluss:

Obwohl es bereits mehrere Unfälle mit selbstfahrenden Fahrzeugen gab, ist die Technik in den meisten Fällen nicht für die Unfälle verantwortlich. Bei den meisten Unfällen liegt menschliches Versagen vor. Dennoch feilen die Fahrzeughersteller weiter an der Technik, denn jeder Unfall zeigt: Die Her-

15 Kapp, Ernst: Grundlinien einer Philosophie der Technik. Zur Entstehungsgeschichte der Cultur aus neuen Gesichtspunkten, Braunschweig: George Westermann 1877; Gehlen, Arnold: »Die Technik in der Sichtweise der Anthropologie«, in: ders.: Anthropologische Forschung, Reinbek: Rowohlt [1953] 1961, S. 93-105; McLuhan, Marshall: Understanding media. The Extensions of Man, New York: McGraw-Hill 1964.

16 Straßmann, Burkhard: »Auto geht auch anders«, in: Die Zeit 39 (2009), <https://www.zeit.de/2009/39/T-IAA/komplettansicht> vom 04.04.2021.

17 Müller, Christina: »Verkehrssicherheit: Wer weniger Unfalltote will, muss den Menschen einbremsen«, in: Süddeutsche Zeitung vom 28.03.2019, <https://www.sueddeutsche.de/auto/eu-fahrerassistenzsysteme-pflicht-2022-1.4386816> vom 04.04.2021.

steller müssen die Sensorik ihrer Fahrzeuge noch deutlich verbessern, damit in Zukunft kein Testfahrer mehr die Kontrolle übernehmen muss.¹⁸

Doch wenn die Software und Sensorik keine Fehler macht, müsste der/die Testfahrer:in nicht eingreifen. Möglicherweise wird mit dieser Aussage nicht (nur?) der Autoindustrie ein Liebesdienst erwiesen, sondern es wiederholt sich unreflektiert ein weitverbreitetes Vorurteil der traditionellen Unfallforschung bei der Wahrnehmung von Technik: Beim Versagen des Mensch-Maschine-Gefüges trägt fast immer der Mensch die Schuld.¹⁹

Und interessanterweise scheint es auch bei der öffentlichen Meinung so zu sein. Edmond Amoud und Kolleg:innen fassen die Haltung vieler Menschen bzgl. autonomer Fahrzeuge so zusammen: »Drivers are blamed more than their automated cars when both make mistakes.«²⁰

Dagegen verweist der Verkehrssicherheitsstrategie-Matts-Åke Belin von der Königlich Technischen Hochschule in Stockholm darauf, dass es u. a. gilt, die Effekte kinetischer Energie für geschützte wie ungeschützte Verkehrsteilnehmer:innen zu berücksichtigen, aber auch das Design von Verkehrsinfrastrukturen. Beides ist wesentlich für die Un/Sicherheit von (Auto)Mobilität.²¹ Diese lässt sich nicht auf einzelne Faktoren wie die Autofahrer:in reduzieren, sondern es ist nötig, das ganze Mensch-Maschine-Gefüge und seinen Kontext in den Blick zu bekommen.

Doch das Narrativ von der Schuld des Menschen im (neutralen) System der Automobilität verfestigt die überlegene Stellung des Robo-Autos, das als sicherer inszeniert wird. Die smarte Maschine wird als ›Lösung‹ präsentiert

18 <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/fahrzeugbau/unfaelle-mit-autonomen-autos-vom-04.04.2021>.

19 Vgl. Winkle, Thomas: »Safety Benefits of Automated Vehicles: Extended Findings from Accident Research for Development, Validation and Testing«, in: Markus Maurer et al. (Hg.): *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*, Wiesbaden: Springer Vieweg 2015, S. 335-364.

20 Awad, Edmond/Levine, Sydney/Kleiman-Weiner, Max et al.: »Drivers are blamed more than their automated cars when both make mistakes«, in: *Nature Human Behavior* 4 (2020), S. 134-143.

21 Vgl. Kristianssen, A.-C./Andersson, R./Belin, M.-Å. et al.: »Swedish Vision Zero policies for safety – A comparative policy content analysis«, in: *Safety Science* 103 (2018); S. Goodyear: »The Swedish Approach«.

– wären da nicht die »irrationalen« Ängste des Menschen und die rechtlichen Probleme.²²

Immerhin verweisen unterdessen einige Autor:innen darauf, dass der Beweis vom unfallfreien Fahren autonomer Autos noch aussteht. Bisher unge löste Probleme sind u.a.:

- Orientierungsschwierigkeiten durch fehlende Fahrbahnmarkierungen
- Nicht ausreichend genaue Positionsbestimmung durch GPS
- Ungenaueres Kartenmaterial
- Keine technische Möglichkeit, den Reibwert zwischen Reifen und Fahrbahn zu bestimmen
- Ungenau arbeitende Radarsysteme
- Unzureichende Reichweite von Radarsystemen
- Unsicherer Übergabeprozess von Fahrzeug zu Fahrer
- Fehlende Car-2-X-Kommunikation
- Unzureichende Sicherheit gegenüber Hacking
- Unzureichender Ausgleich bei Ausfall einzelner Sensoren, z.B. wegen Verklebung durch Schneematsch [...], schlechter Sicht durch tiefstehende Sonne, verschmutzte Scheiben, sehr schlechtem Wetter oder Dunkelheit (3D Kameras)²³

Doch diese Diskussion findet sich primär in der Wissenschaft – aber nicht sehr häufig in der massenmedialen Darstellung.²⁴ Nimmt man diese Liste

22 Vgl. Blaube, Wolfgang: »Diesem Geisterfahrer können Sie trauen«, in: Autobild vom 30.05.2007, <https://www.autobild.de/artikel/autonomes-fahren-220397.html> vom 04.04.2021; Bloch, Alexander: »Mein Auto fährt selbst«, in: Auto, Motor und Sport 3 (2013), S. 122-124; Läsker, Kristina: »Die Geisterflotte«, in: Süddeutsche Zeitung vom 05.06.2013, <https://www.sueddeutsche.de/auto/autonomes-fahren-die-geisterflotte-1.1688629> vom 04.04.2021; Munsch, E.: »Platz sparen mit dem Bordcomputer«, in: Die Zeit vom 30.06.2014, <https://www.zeit.de/mobilitaet/2014-05/autonomes-fahren-feld-versuch-schweden/komplettansicht> vom 04.04.2021; Rojas, Raul: »Autopie. Autonome Fahrzeuge für Car Sharing«, Telepolis 2012, <https://www.heise.de/tp/features/Autopie-Autonome-Fahrzeuge-fuer-Car-Sharing-3394013.html> vom 04.04.2021 sowie Janczura, Sarah: »Autonomes Fahren: Kennen Sie die Rechtslage?«, in: Ingenieur.de vom 28.01.2020, <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/e-mobilitaet/autonomes-fahren-kennen-sie-die-rechtslage/> vom 04.04.2021.

23 Holz, Arne: Akzeptanz und Versicherbarkeit autonom fahrender Automobile. Ein Weg in eine unfallfreie Zukunft? Dissertation, Karlsruhe 2020, S. 31f.

24 Vgl. J. Becker: »Autonomes Fahren« sowie früher auch C. Wüst: »Fahren ohne Fahrer«, Comes, Lee: »Autonome Fahrzeuge nicht vor 2030«, in: Technology Review

ernst, muss man sich nicht nur wundern, dass die Verantwortung primär den Menschen zugesprochen wird, sondern auch, dass überhaupt der Nutzung autonomer Fahrzeuge – wenn auch mit Testfahrer:innen – im öffentlichen Raum vom Gesetzgeber zugestimmt wurde.²⁵ Gleichzeitig bekommt man so auch einen guten Eindruck was die Steuerzahler:innen investieren müssten (Vermessung, Car-to-car-Communication, Verschlüsselung, Rechenzentren, flächendeckendes 5G etc.), um die Möglichkeit für autonomes Fahren auch nur infrastrukturell umzusetzen.

Mensch versus Maschine

Den Mensch gegen die Maschine zu stellen – wie im vorherigen Kapitel ausgeführt – ist selbst im Zeitalter von KI und Machine Learning immer noch ein weit verbreiteter Topos. Dass der Dualismus von Mensch und Maschine unproduktiv ist, sieht man schon an den komplexen infrastrukturellen Voraussetzungen autonomen Fahrens, die die enge Verwobenheit von Fahrzeug und Fahrer:innen deutlich macht – von der permanenten Funktionalität der Technik angefangen bis zu genauem und fehlerfreiem GPS, Radar und Sensorik, exaktem Kartenmaterial bzw. Vermessung der Fahrstrecken. Gerade dass die Fahrübergabe große Probleme erzeugt, verweist auf die Verschränkung von technischer und menschlicher Handlungsfähigkeit. Das passt zu den Ausführungen des Sicherheitsexperten Belin: Nicht primär die Fahrer:innen, sondern vor allem Infrastrukturen und Regeln entscheiden wesentlich über das Gefahrenpotential des Verkehrs.

Auch wenn juristische und ethische Diskurse nach der Schuld einzelner Akteure fragen, sind Autonomie bzw. Handlungsfähigkeit keine fixe Gegebenheit oder Eigenschaft. Sie sind »an effect of particular human-machine configurations«²⁶ bzw. von »subject/object relations that are distributed and always contingently enacted«²⁷. Handlungsfähigkeit ist nicht auf einzelne Akteure aufgeteilt, sondern relational und Teil eines komplexen, verteilten

vom 06.08.2014, <https://www.heise.de/tr/artikel/Autome-Fahrzeuge-nicht-vor-2030-2269311.html> vom 04.04.2021.

25 Vgl. dazu den Beitrag von Cordula Kropp in diesem Band.

26 Suchman, Lucy/Weber, Jutta: »Human-machine autonomies«, in: Nehal Bhuta et al. (Hg.): *Autonomous Weapons Systems: Law, Ethics, Policy*, Cambridge: Cambridge University Press 2016, S. 100.

27 Ebd., S. 78.

Mensch-Maschine Gefüges. Insofern führt die Frage nach der ›wirklichen‹ Autonomie der Maschine in die Irre. Es geht darum, wie die Verschiebung von der Automatisierung in Richtung Autonomie neue Formen der Handlungsfähigkeit hervorbringt.²⁸ – und wie man damit umgeht.

Freiheit versus Sicherheit. Oder: Fahrspaß und hegemoniale Männlichkeit

In recht traditioneller Manier werden im technowissenschaftlichen Diskurs alternative Konzepte wie die schwedische Vision Zero des sicheren und unfallfreien Straßenverkehrs – *mit dem Menschen im Zentrum* – umgedeutet in Richtung *technological fix* durch autonome Autos.²⁹ Diese Hypertech-Vision wird wiederum mit einem ›Recht‹ auf individuellen Fahrspaß und den bekannten Freiheitsversprechen kontrastiert. Selten wird dabei die zugrunde liegende männliche konnotierte Norm rücksichtslosen Rasens auf Kosten anderer Verkehrsteilnehmer:innen benannt.³⁰

Das autonome Fahrzeug wird auch als Werkzeug angepriesen, das den Weg zur Arbeit erleichtern, Staus vermeiden und Zeitressourcen schaffen soll. Gleichzeitig müsse ein Opt-out-Knopf vorhanden sein, denn man wolle auf keinen Fall dem Autofahrer seine Freude an heulenden Motoren und quiet-schenden Reifen rauben. Der ehemalige Daimler-Chef Thomas Weber formuliert das so: »Der Fahrspaß ist am Wochenende dran, wenn ich etwa auf die Schwäbische Alb fahre, dann schalte ich bestimmte Systeme ab oder betätige die autonome Fahrfunktion gar nicht erst.«³¹ Auch wenn er betont, dass selbst am Wochenende der Schleuderschutz und die Notbremsfunktion aktiviert bleiben, entsteht der Eindruck, dass die Sicherheitstechnik, die den Weg zur

28 Vgl. ebd., S. 102.

29 Vgl. Mayer, Hans W.: »Autonomes Auto Schutzengel oder Spaßbremse?«, in: FAZ vom 20.07.2014, <https://www.faz.net/aktuell/technik-motor/auto-verkehr/autonomes-auto-schutzengel-oder-spassbremse-13043877.html> vom 04.04.2021.

30 Vgl. die Einleitung von Florian Sprenger in diesem Band sowie Weber, Jutta/Kröger, Fabian: »Introduction: Autonomous Driving and the Transformation of Car Culture«, in: *Transfers* 8/1 (2018), S. 15-23.

31 Lamparter, Dietmar H.: »Damit keiner Unfug treibt: Daimler-Entwicklungschef Thomas Weber am Steuer der neuen S-Klasse über das Autofahren der Zukunft«, in: *Die Zeit* 24 (2013), <https://www.zeit.de/2013/24/thomas-weber-mercedes-s-klasse> vom 04.04.2021.

umgedeuteten ›Vision Zero‹ – als Vermeidung von Verkehrstoten durch voll-automatisiertes Fahren – ermöglichen sollte, nun wieder ausgeschaltet wird. Zu groß scheint die Angst der Autokonzerne, dass ›der‹ Autofahrer streikt, wenn man ihm seinen traditionellen Fahrspaß nimmt: »Manche werden aber den Verzicht, am Steuer zu sitzen, nur schwer ertragen, wenn sie vom Computer verdrängt werden und sich dann beim Fahren anderweitig beschäftigen müssen.«³²

Gleichzeitig steht die Automobilität zur Diskussion:

Längst wackelt doch in den Industrienationen jener soziokulturelle Grundkonsens, der da lautet: Der Mensch wird erwachsen, macht den Führerschein, kauft ein Auto und gibt erst auf der Bahre Papiere und Schlüssel wieder ab. Heute stellen Psychologen fest, dass das Auto an emotionaler Anziehung verliert. Die Konsumforscher identifizieren eine neue, wachsende Verbraucherschicht: junge, wohlhabende Großstadtbewohner entdecken, wie befreiend es sein kann, kein eigenes Auto mehr zu besitzen – solange man, wann und wo immer es nötig ist, eines zur Verfügung hat.³³

Es scheint nicht die moralische, ökologisch motivierte Einsicht zur Abschaffung des eigenen Autos zu drängen, sondern der Wunsch, Zeit zu gewinnen angesichts der zunehmenden Verdichtung der Arbeit. Manche Verkehrsforscher:innen gehen davon aus, dass es wichtiger ist, Newsfeeds oder Mails zu checken, statt den/die coole/n Porschefahrer:in zu geben. Entsprechend spricht man von der Entemotionalisierung des Autos.³⁴ Auch lässt sich Ex-Bosch-Manager Groesch zitieren: »Autofahren wird zunehmend als Zeitverschwendung empfunden.«³⁵

Das selbstfahrende Auto wird deshalb gerne von Autokonzernen als Lösung des Problems angepriesen – wie auch für das Problem der Mobilität der Alten, Behinderte, Kranken, Führerscheinlosen und Kinder.

Nun ist die Frage, ob die oben angeführte Langeweile beim potenziell autonomen Fahren wirklich das größte Problem ist. Selten wird wirklich

32 Rötzer, Florian: »Kalifornien öffnet die Straßen für autonome Autos«, in: Telepolis vom 03.09.2012, <https://www.heise.de/tp/news/Kalifornien-oeffnet-die-Strassen-fuer-autonome-Autos-2001335.html> vom 04.04.2021.

33 B. Straßmann: »Auto geht auch anders«.

34 Vgl. u.a. Berscheid, Anna-Lena: »Über autonome Fahrzeuge und hegemoniale Männlichkeit in der Automobilkultur«, in: *Femina Politica* 23/2 (2014).

35 C. Wüst: »Fahren ohne Fahrer«.

explizit, was denn den ›Fahrspaß‹ ausmacht und warum seine Beseitigung problematisch sei. Die Neukonfiguration des Autos kann es nicht sein. Normalerweise müssen wir uns permanent auf neue Produkte, Softwareanwendungen etc. einlassen und werden entsprechend neukonfiguriert.³⁶ Das vorsichtige Verhalten der Konzerne könnte auch in der Angst begründet sein, am geschlechtlich codierten ›System der Automobilität‹³⁷ zu rütteln. Die Forschungsliteratur verweist schon lange darauf, dass Automobilität vergeschlechtlicht und der ›sportliche‹ Fahrer männlich codiert ist.³⁸ Das bedeutet nun nicht, dass nur Männer risikobetonnt Auto fahren (wollen). Aber jenseits des Transportaspekts wird das Auto – bzw. spezifische Autos wie Rennwagen und riskantes Fahren – symbolisch, emotional und sozial als männlich signifiziert. Im System ›hegemonialer Männlichkeit‹ gilt es für Männer als wichtig, sich als aktiv und technisch kompetent zu positionieren – gegenüber anderen Menschen, aber auch gegenüber der Maschine. Und Fahrspaß ist nicht einfach nur Unterhaltung, sondern Ausdruck von Macht und Unabhängigkeit. Das Auto ist nicht nur Statussymbol, sondern Insignum von Männlichkeit³⁹ – dazu gehört auch die Lust am Geschwindigkeitsrausch. In dieser Logik schreibt man Frauen größere Vorsicht beim

36 Vgl. Woolgar, Steve: »Configuring the User: the case of usability trials«, in: John Law (Hg.): *A Sociology of Monster: Essays on Power, Technology and Domination*, London: Routledge 1991.

37 J. Urry: »The ›System‹ of automobility«.

38 Vgl. Eisch, Katharina: »Auto, Männlichkeit, Tod. Zur Geschlechtsspezifität in der Rede vom Auto«, in: Christel Köhle-Hezinger/Martin Scharfe/Rolf Wilhelm Brednich (Hg.): *Männlich. Weiblich. Zur Bedeutung der Kategorie Geschlecht in der Kultur*, Münster: Waxmann 1999, S. 444-455; Vick, Malcom: »Danger on the roads. Masculinity, the car, and safety«, in: *Youth Studies Australia* 22/1 (2003), S. 32-37; Mellström, Ulf: »Machines and masculine subjectivity«, in: *Men and Masculinities* 6/4 (2004), S. 368-382; Balkmar, Dag: »Men, cars and dangerous driving: Affordances and driver-car interaction from a gender perspective«, in: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.124.2591> vom 04.04.2021; Redshaw, Sarah: *In the company of cars: Driving as a social and cultural practice*, Hampshire: Ashgate 2008; Uteng, Tanu Priya/Cresswell, Tim (Hg.): *Gendered Mobilities*, Aldershot: Ashgate 2008; Conley, Jim/McLaren, Alen Tigar (Hg.): *Car troubles: critical studies of automobility and auto-mobility*, Farnham: Ashgate 2009; Schuhen, G.: »Frau am Steuer, Ungeheuer!‹ Autofahren und Gender Trouble von Proust über Tarantino bis Madonna«, in: Uta Felten/Kerstin Küchler (Hg.): *Kino und Automobil*, Tübingen: Stauffenburg 2013, S. 231-246.

39 Vgl. D. Balkmar: »Men, cars and dangerous driving«; U. Mellström: »Machines and masculine subjectivity«; M. Vick: »Danger on the roads«.

Fahren und ein größeres Sicherheitsbedürfnis zu. Risikoreiches Fahren von Frauen wird dann entsprechend als ›untypisch‹ wahrgenommen. Hat man diese Geschlechtscodierung im Hinterkopf, wird klarer, warum der Opt-out-Knopf so wichtig scheint und warum die Autokonzerne beim Ausbau der Voll-Automatisierung zögerlich agieren. Entsprechend findet sich im medialen Diskurs auch immer wieder die Frage, ob automatisiertes Fahren nicht eine ›Entmündigung‹ des Fahrers sei: »Bevormundung‹ ist der große Horrorbegriff der Entwickler, die Angst, dem Automobil seinen archaischen Zauber zu rauben, indem sie den einst allmächtigen Fahrer zum unmündigen Passagier degradieren.«⁴⁰

Was hier als allgemeinemenschliche Konnotation des Autofahrens behauptet wird, ist stark geschlechtlich signifiziert. Dabei ist offen, ob sich diese geschlechtliche Codierung nicht schon längst in Auflösung befindet. Slogans wie ›Freie Fahrt für freie Bürger‹ oder die von den Automobilherstellern beschworene ›Freude am Fahren‹ klingen mittlerweile eigenartig gestrig. »Ist das Auto wirklich noch externes Persönlichkeitsmerkmal, Identitätsstifter, Psychokrücke?«⁴¹ Die Angst, dass die Autofahrer:innen auf die ›Entmündigung‹ verärgert reagieren, hat dann auch unterschiedliche Gründe: Es geht nicht nur um Angst vor dem Kontrollverlust, sondern auch um die Fehleranfälligkeit der Software.⁴²

40 C. Wüst: »Fahren ohne Fahrer«; vgl. auch Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur: »Autonomes Fahren – Fortschritt oder Entmündigung durch Technik?«, 25.04.2019, https://www.mwk.niedersachsen.de/startseite/forschung/forschung_made_in_niedersachsen/autonomes_fahren_fortschritt_oder_entmündigung_du_rch_technik/autonomes-fahren---fortschritt-oder-entmuendigung-durch-technik-175863.html vom 04.04.2021.

41 B. Straßmann: »Auto geht auch anders«.

42 Vgl. F. Rötzer: »Kalifornien öffnet die Straßen für autonome Autos«; H.W. Mayer: »Autonomes Auto«; M. Kords: »Umfrage zu Nachteilen«; J. Hampel et al.: »Zur gesellschaftlichen Wahrnehmung des voll autonomen Fahrens«.

Umweltbelastung und Energieverbrauch

[...] die Smart City und ihre ständige Auf- und Nachrüstung mit KI [und ihren autonomen Fahrzeugen; JW] war die einzige Chance, wirklich Geld zu verdienen und die langsam zusammenbrechende Welt der Konsumprodukte des 20. Jahrhunderts zu ergänzen um ein neues Milliardenvolumen, das größte Konjunkturprogramm der großen Industrienationen [...].⁴³

Autonomes Fahren, insbesondere elektrisches autonomes Fahren wird oft mit dem Versprechen der geringeren Umweltbelastung verbunden. Durch verkürzte Reiserouten und weniger Parkplatzsuche würden man weniger fahren. Auch »[d]urch weniger Stausituationen, eine Verringerung des Stop-and-go-Verkehrs sowie optimierte Lichtsignalsteuerungsanlagen, ließe sich der benötigte Energiebedarf verringern.«⁴⁴ Wahrscheinlich würden durch die breitere Nutzung der Autos (durch Kinder, Behinderte, Senior:innen, Alkoholisierte) auch mehr gefahrene Kilometer anfallen. Auch die Übertragung riesiger Datenmengen per 5G-Standard zwischen den Fahrzeugen und der Straßeninfrastruktur, der Bedarf an neuen Rechenzentren, der enorme Energieaufwand für das genaue Vermessen der Städte und aller Fahrstrecken und die Produktion neuer Fahrzeuge machen Energieeinsparungen mehr als fraglich. »Auch ist im Fall einer erhöhten Fahrleistung mit höheren Schadstoff- sowie Lärmbelastungswerten zu rechnen. Zudem ist ungeklärt, inwieweit die erforderliche Datenübertragungstechnik 5G gesundheitliche Risiken mit sich bringt. [FGSV19a, S. 7].«⁴⁵

Doch der Mythos vom sparsamen und umweltfreundlichen autonomen Fahren wird immer wieder aufgerufen – häufig geht die Rechnung aber nur auf, weil man wesentliche Faktoren der Kalkulation weglässt. Oft werden »Fragen der Nachhaltigkeit, also der langfristigen Fortführbarkeit heutiger Technologiepfade und ihre Modifikation, um die Lebensqualität zukünftiger Generationen zu gewährleisten, ... wie ein lästiges Detail behandelt.«⁴⁶

43 Maak, Niklas: Technophilia, München: Hanser 2020, S. 92.

44 <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/471581/> vom 04.04.2021.

45 Ebd.

46 Vgl. den Beitrag von Cordula Kropp in diesem Band.

Recht & Ethik

Self-driving car fatalities are an inevitability.⁴⁷

Im medialen Diskurs wird immer wieder auf die Änderung der Wiener Straßenverkehrsconvention verwiesen, die sich lange als Hindernis für autonome Fahrzeuge darstellte, insofern sie von jeder/m Fahrer:in forderte, zu jedem gegebenen Zeitpunkt das Fahrzeug beherrschen zu können.⁴⁸ Im Frühjahr 2014 wurde dieses internationale Abkommen durch eine Arbeitsgruppe der Vereinten Nationen überarbeitet. Autonome Fahrzeuge sind nun erlaubt, solange sie jederzeit vom/von der Fahrer:in ausgeschaltet werden können.⁴⁹

Parallel dazu entflammten Diskussionen, wie man die Software für ethische Konfliktsituationen programmieren solle. Ähnlich wie in der Debatte um autonome Killerdrohnen spalten sich die Fronten auf und die Debatte um die Mensch-Maschine Konkurrenz wiederholt sich: Während die einen daran glauben, dass die Technik besseres leisten kann als der Mensch, verweisen andere auf die Limitationen der Soft- und Hardware. Das vielfach zitierte MIT-Spiel *Moral Machine* präsentiert publikumswirksam die berühmte Alternative, die keine ist: Man darf im Rahmen einer Entweder-oder-Logik abstimmen, wen denn nun die Maschine im Falle eines unausweichlichen Konflikts töten soll. Abgesehen davon, dass Mehrheitsentscheidungen keine moralischen Normen begründen können, steckt in der Entweder-Oder-Logik der Wahl schon die Ideologie. Man denke an die schwedische Variante der Vision Zero, die Verkehrsinfrastrukturen und -bedingungen so ändert bzw. geändert hat, dass solche Fragen obsolet werden und dazu beitragen, dass immer weniger Menschen verletzt werden oder gar sterben.

47 Awad, Edmond/Dsouza, Sohan/Kim, Richard et al.: »Reply to: Life and death decisions of autonomous vehicles«, in: Nature 579/E3 E5 (2020).

48 Vgl. Böhringer, Christoph: »Fahr mich in die Zukunft«, in: Die Zeit vom 11.04.2013, <https://www.zeit.de/2013/16/C-Ing-Auto> vom 04.04.2013; Grünweg, Tom: »Selbststeuernder Wagen: Ausfahrt mit Autopilot«, in: Der Spiegel vom 09.09.2013, <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/autonomes-fahren-unterwegs-mit-einer-s-klasse-auf-autopilot-a-920803.html> vom 04.04.2021, K. Läscher: »Die Geisterflotte«.

49 M. Maurer et al.: Autonomes Fahren; A. Holz: Akzeptanz und Versicherbarkeit, S. 42ff.

Diskurslücken

Die Freunde. Die, um auf die Gefahren des automatisierten Fahrspaßes hinzuweisen, das Steuersystem eines blauen, selbst fahrenden Touristenbusses gehackt haben. Es war relativ einfach, und nun beobachteten sie über die Überwachungskamera, wie der Bus über die Tower Bridge fährt, ausbricht und elegant in der Themse versinkt.⁵⁰

Was ich im massenmediale Diskurs, aber auch in Verkehrsforschung und Ethik vermisste, ist eine Reflexion der Geschichte des automatisierten/autonomen Fahrens – von den *Automated Highway Systems* und dem *Personal Rapid Transit* bis zum militärischen Hintergrund autonomen Fahrens (Darpa Grand Challenge). Vor der historischen Einordnung der aktuellen Situation ließe sich manche Heilserzählung relativieren und eventuell reflektieren, wie sich Schwerpunkte der technischen wie sozialen Utopien verschieben. Gleichzeitig finden sich wenig vertiefte Auseinandersetzungen mit den (problematrischen) technischen Aspekten: Was sind etwa die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Ansätze autonomen Fahrens? Was sind konkrete Probleme der KI? Was sind die realen energetischen und Umweltkosten? Wie sieht es mit Datenschutz, Überwachung oder Hacking aus? Diese Themen werden allerhöchstens gestreift, so dass sie kaum eine tragfähige Grundlage für eine informierte Diskussion bilden können. Und jenseits der »Autopie« des Informatikers Raúl Rojas, der nicht nur zusammen mit seinem Team autonome Fahrzeuge entwickelt, sondern auch Wissenschaftskommunikation für eine gesellschaftlich dimensionierte Mobilitätsoption, die »Autopie« betreibt, finden sich kaum Diskussionen zukünftiger Mobilitätskonzepte mit gesamtgesellschaftlichen Perspektiven.⁵¹ Auffällig ist die meist fraglose Orientierung am gegebenen System der Automobilität: Alternative Verkehrsentwicklungen wie z.B. in Kopenhagen oder Amsterdam kommen kaum in den Blick. Primat haben die Perspektiven und Wünsche der Industrie, die auf einen imaginierten Durchschnittsautofahrer projiziert werden. Fußgänger:innen und Radfahrer:innen werden marginalisiert. Auch die infrastrukturellen Dimensionen des Verkehrs wie z.B. Kosten/verteilung, Ressourcen, ökologische und gesundheitliche Belastung sowie Nachhaltigkeit, finden kaum Raum in der Debatte.

50 Berg, Sibylle: GRM. Brainfuck, Köln: Kiepenheuer & Witsch 2019, S. 465.

51 R. Rojas: »Autopie«.

Als Fazit ließe sich festhalten, dass der mediale Diskurs, aber auch die wissenschaftliche Debatte sehr stark von Auto- und Technik-Affinität, der Fixierung auf Autokonzerne sowie männlich-codierten Interessen (Entmündigung, Mensch-Maschine-Konkurrenz) geprägt ist. Durchgängig fällt das Desinteresse an gesamtgesellschaftlichen Fragen auf. Fragen z.B. nach der Vernichtung von Arbeitsplätzen durch Hochautomatisierung werden kaum gestellt. Es geht um simple Prädiktionen der Machbarkeit oder die Herstellung sozialer Akzeptanz – nicht aber um eine fundierte Auseinandersetzung mit gesamtgesellschaftlichen Mobilitätskonzepten jenseits automobiler Hegemonie.

Die un/gerechte Stadt: ›Autopie‹, intermodale Mobilität und Copenhaginizierung

It is vital to anticipate the politics of self-driving worlds in order to avoid exacerbating the inequalities that have emerged around conventional cars. Rather than being dazzled by the Tesla view, policymakers should start seeing like a city, from multiple perspectives.⁵²

Paradigmatisch für eine andere Mobilität, die Staus vermeiden will und auf Zeitersparnis, Entlastung (vom Selbstfahren), aber auch auf eine andere Form der Urbanität zielt, ist die Vision der ›Autopie‹. Diese Vision ist eine Kombination aus autonomen Taxis und Car-Sharing. Um die Blechlawinen in den Städten loszuwerden, Ressourcen zu schonen, den städtischen Raum neu zu nutzen und generell Mobilität angenehmer zu gestalten, schlägt Rojas das autonome Taxi vor, das sich viele Menschen teilen, das auf Handyzuruf erscheint und kostengünstig allzeit zur Verfügung steht:

Echtes und synchrones Car-Sharing wäre wesentlich einfacher, wenn die meisten Autos in der Stadt teilnehmen würden und ein Zentralrechner die Abholvorgänge steuern und optimieren würde. Im Auto säßen keine vom Taxi-Dienst genervten Fahrer, sondern ein Computer, der sich mit dem Zentralrechner und den anderen Autos abstimmen würde, um die

52 Stilgoe, Jack: »Machine Learning, Social Learning and the Governance of Self-Driving Cars«, in: *Social Studies of Science* 48 (2017), S. 25-56, hier S. 25 sowie Stilgoe, Jack: »Seeing like a Tesla. How can we anticipate Self-Driving Worlds?«, in: *Glocalism* 3 (2017), S. 1-20.

Warte- und Transportzeit der Passagiere zu optimieren. [...] Die Fahrzeuge bräuchten nicht geparkt werden, sie blieben auf der Straße und könnten weitere Passagiere befördern.⁵³

Und auch wenn Rojas mit dieser frühen Vision lange auf keine Gegenliebe bei den Autokonzernen gestoßen ist, deutet sich heute mit multi-modalen Mobilitätsangeboten, an denen auch BMW⁵⁴ oder Daimler beteiligt sind, oder auch Fahrdiensten wie Moia⁵⁵ eine ähnliche Entwicklung an – auch wenn das autonome Fahrzeug dabei keine Rolle spielt.

Ausblick

It's not just about safety, it's about a livable city in general. To be able to have your kids go to and from school by themselves would be a fantastic thing.⁵⁶

Ich wollte nie einen Führerschein. Und habe bis heute keinen. Ich liebe meine Fahrräder und das Bahnfahren. Ich radle fast so lange wie ich denken kann – Tag und Nacht, bei Wind und Wetter.

Mein ganzes Leben lang bedroht mich die Gewaltförmigkeit des automobilen Verkehrs: die kinetische Gewalt der Autos, der ubiquitäre Lärm und der Gestank. Oder auch das Auto in Form einer Waffe – z.B. als mich in einer schmalen Wiener Einbahnstraße ein protziges SUV aufs Korn nahm, bis ich in Todesangst schrie. Der Fahrer wich im letzten Moment aus. Eine Fußgängerin raunzte mich an: »ja, was fahrn's denn auch gegen die Einbahnstrass'n?« Dass ich das als Radfahlerin durfte, interessierte niemanden.

Gleichzeitig genieße ich es, wenn ich im Stau mit meinem Rad an den Autos vorbei segle, keine Parkprobleme habe, mit anderen Menschen auf der Straße einfach kommunizieren oder mein Fahrrad in den nächsten Zug schieben kann, um am übernächsten Ort weiter zu fahren.

Dass das Auto *unter gegebenen Bedingungen* auf dem Land unverzichtbar ist, ist unbestritten. Radfahren ist nicht für alle Menschen und Lebenslagen eine Lösung. In der Pandemie verstand ich zum ersten Mal den Charme, den diese abgeschlossenen Kapsel namens Auto offensichtlich für viele hat. Wenn es

53 Ebd.

54 <https://www.bmw.com/en/automotive-life/carsharing.html> vom 04.04.2021.

55 <https://www.moia.io> vom 07.01.2021.

56 S. Goodyear: »The Swedish Approach«.

mir auch nach wie vor meist als Ausdruck falsch verstandener Individualität erscheint, blitzt nun manchmal seine Funktion als Schutzmantel auf. Doch gleichzeitig deuten die leeren Straßen während der Pandemie in eine andere, schon erwähnte Richtung: »Of all the scenarios about what we'll be driving in the coming years, the one I find most plausible is that many of us will actually choose not to drive at all. In some ways, it'll be a relief. [...] The sustainable transport charity Sustrans estimates that of the 6.8 million private vehicle trips that were made daily in Greater London, 4.2 million could be walked or cycled.«⁵⁷

Ich träume vom Ende vieler toxischer Verkehrskämpfe der Vergangenheit und hoffe auf eine Verkehrsplanung im Sinne der schwedischen Zero Vision – mit dem Menschen im Zentrum, mit gerechten und sinnvollen Verkehrssystemen für alle, statt eines pseudotechnologischen Fix namens autonomer Mobilität mit unverhältnismäßigen infrastrukturellen und energetischen Kosten, die wir besser dort investieren sollten, wo wir sie auch wirklich brauchen.

Ich träume von einer lebbareren *Stadt für alle*. In der man mit weniger Angst und Luftverschmutzung laufen und fahren kann. Die Ruhe genießend. So wie jetzt während der Pandemie.

57 M. Love: »Driving may never be the same after coronavirus«.

Autonome Autos und Künstliche Intelligenz

Das Automobil als Sehmachine

Fabian Kröger

Über den größten Zeitraum seiner Geschichte hinweg war das Automobil blind. Es konnte seinen Weg nicht allein nach Hause finden, wie es die Pferde noch schafften, wenn der Kutscher eingeschlafen war. Das Automobil war auf einen menschlichen Chauffeur angewiesen, der die Umgebung des Fahrzeugs mit seinem Sehsinn ständig im Auge behalten musste. Um das Fahren auch nach Einbruch der Dunkelheit zu ermöglichen, wurde das Auto bald mit Acetylenlampen ausgerüstet. Da ihr Licht aber nur aus kurzen Distanzen sichtbar war und keine große Reichweite hatte, wuchs der Wunsch nach einer erhöhten Sichtbarkeit des Autos, aber auch der Umgebung. In den 1920er Jahren wandelte sich die Beleuchtung von einem »passiven Mittel des Gesehenwerdens«¹ zum voraustastenden elektrischen Scheinwerfer. Er machte das Automobil nicht nur unabhängig von Witterung und Tageszeiten, sondern ermöglichte auch höhere Geschwindigkeiten. Scheinwerfer waren die ersten vorausschauenden Augen des Automobils, blieben aber auf die menschlichen Blicke bezogen, die aus dem Inneren heraus und von außen auf das Fahrzeug geworfen wurden.

Mit der in den 1950er Jahren begonnenen Forschung zum automatisierten Fahren wurde die Entwicklung eines neuen, sensorischen Auges notwendig: Es musste ein Weg gefunden werden, das Auto – nun ohne den Umweg über humane Perzeptionsfähigkeiten – mit seiner Umgebung zu verschalten. Um digitale und analoge Räume in *real-time* zu synchronisieren, musste eine zuverlässige Verbindung, ein Kommunikationsprozess zwischen Automobil und Umwelt organisiert und die Welt in eine maschinenlesbare Form übersetzt werden.² Diese Mediation zwischen physikalischer Außen- und digitaler In-

1 Mösler, Kurt: Geschichte des Autos, Frankfurt a.M.: Campus 2002, S. 45.

2 Vgl. Gugerli, David: Wie die Welt in den Computer kam. Zur Entstehung digitaler Wirklichkeit, Frankfurt a.M.: S. Fischer 2018, S. 194.

nenwelt wird durch Sensoren bewerkstelligt, also Vorrichtungen, die etwas messen oder detektieren und daraus ein maschinenlesbares Signal erzeugen, das von einem Rechner verarbeitet werden kann.

Zwar ist das automatisierte oder sogar autonome Fahren bis heute keine Realität geworden, unsere noch immer primär manuell gesteuerten Fahrzeuge sind aber seit Beginn der 1990er Jahre zu Sehmachines geworden – Kamera-, Radar-, Ultraschall-, Infrarot- und Lidarsensoren werden von *Advanced Driver Assistance Systems* (ADAS) genutzt, die den Fahrvorgang inkrementell automatisieren. Während automatische Fahrzeuge für bestimmte Aufgaben programmiert sind und somit ein vorhersehbares Verhalten haben, gehen autonome Systeme darüber hinaus, da sie selbst Entscheidungen – etwa für einen Spurwechsel oder ein Bremsmanöver – treffen. Sehende Fahrzeuge sind also nicht unbedingt autonom, autonome Fahrzeuge sind aber zwingend Sehmachines. Es ist denkbar, dass die immer weiter entwickelten Wahrnehmungsfähigkeiten von Autos in Zukunft zu einer schrittweisen Einführung des autonomen Fahrens führen werden.

Der folgende Beitrag befasst sich mit dem Wahrnehmungsvermögen der oben genannten Fahrzeugsensoren. Dazu ist es nützlich, ihre Entwicklung in einem größeren technik- und kulturhistorischen Kontext zu situieren. Der Medienwissenschaftler Simone Arcagni vertritt die These, dass jede historische Periode von einer spezifischen Visualität, einem ›Auge‹ geprägt ist. Damit meint er eine bestimmte Mentalität und Sehlogik, die ihren Ursprung in der Gesellschaft habe und diese Gesellschaft zugleich forme.³ Mit dem Aufkommen von Photographie und Kino im 19. Jahrhundert sei das linsenbasierte mechanische Auge der Kamera zum dominanten Modell geworden. Mit der Computertechnologie der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts habe dann aber ein neues, mathematisches oder kybernetisches Auge die Bühne betreten, das auch mit dem Begriff *Machine Vision* bezeichnet werden kann.

Arcagni betont, dass dieses kybernetische Auge auf völlig andere Weise funktioniert als die optische Kamera des 19. Jahrhunderts. Es gewinne seine Informationen nicht mit optischen, sondern mathematischen Instrumenten, mit Codes und Algorithmen. Auch mit dem Gesichtssinn kann dieses neue Auge nicht direkt verglichen werden: Der französische Kulturtheoretiker Paul Virilio (1932–2018), der sich in seinen Essays mit dem Zusammenhang von Krieg, Medien und Geschwindigkeit befasste, wies schon Mitte der 1980er Jahre darauf hin, dass das Auge der *Machine Vision* nicht nur eine mehr oder

3 Arcagni, Simone: *Locchio della macchina*, Turin: Einaudi 2018.

weniger laborierte Imitation des menschlichen Auges ist, sondern seine Ersetzung durch ein anderes Auge vornimmt.⁴

Um was für ein Auge es sich hier handelt und wodurch es sich vom optischen, aber auch menschlichen Auge unterscheidet, soll im Folgenden erläutert werden. Ziel ist es, das Zusammenspiel von Sensoren, dem maschinellen Sehen experimenteller Blicksysteme und den daraus resultierenden Bildern sowie ihrer Verarbeitung im Rechner im Hinblick auf zukünftige autonome Fahrzeuge zu begreifen. Dabei soll gezeigt werden, dass der Blick ein produktiver theoretischer Zugang zur *Machine Vision* sein kann. Methodisch wird dabei der Versuch unternommen, Erkenntnisse der Kultur- und Medienwissenschaften – insbesondere der *Visual Culture Studies* – mit einem technikhistorischen Blick auf Entwicklungen der Ingenieurwissenschaften in einen Dialog zu bringen. Da das Nachdenken über das Auge der Fotografie, den Blick von Apparaten und die von ihnen produzierten Bilder zu den Kernkompetenzen dieser Fächer gehören, bietet es sich an, die Entwicklung von autonomen Sehmaschinen mit diesen Disziplinen einzuordnen. Konkret geschieht dies durch eine Verschränkung der Thesen Paul Virilios mit der Entwicklung eines sehenden Automobils in einem vom Ingenieur Ernst Dieter Dickmanns geleiteten Forschungsprojekt.

Im ersten Abschnitt sollen die verschiedenen Sensoren vorgestellt werden, die autonome Fahrzeuge benötigen, um die Umgebung wahrzunehmen und ohne Fahrer:in zu navigieren. Im zweiten Teil soll einer dieser Sensoren, die Kamera, genauer untersucht werden. Dazu wirft der Text einen Blick in die Forschungsgeschichte des autonomen Fahrens: Am Beispiel eines experimentellen Sehsystems, das an der Universität der Bundeswehr in München in den 1980er Jahren von Dickmanns entwickelt wurde, wird die Frage beantwortet, ob maschinelle Sehsysteme Blicke werfen und ob sie in die Zukunft schauen können. Außerdem wird drittens untersucht, ob die Bilder im Sensor oder im Rechner entstehen und ob es sich überhaupt um Bilder handelt. Im Ausblick wird dann erörtert, inwiefern die Sehsysteme autonomer Fahrzeuge die Machtverhältnisse zwischen Mensch und Maschine umverteilen – ein Aspekt, der in den meisten Reflektionen zum autonomen Fahren bisher zu wenig diskutiert wird.

4 Virilio, Paul: *The vision machine*, Bloomington/Indianapolis: Indiana University Press 1994, S. 47 (Original: Virilio, Paul: *La machine de vision*, Paris: Éditions Galilée 1988).

Kurze Typologie der Fahrzeugsensorik

In folgendem Abschnitt werden die verschiedenen heute gebräuchlichen Sensoren genauer klassifiziert, kurz historisch eingeordnet und ihre Vor- und Nachteile beschrieben.

Bis zu 100 Sensoren sind heute in modernen Autos verbaut. Erstens gibt es Sensoren, die der *Eigenwahrnehmung* des Fahrzeugs dienen. Sie reichen von Drehzahlsensoren über Temperatur-, Tank- und Ölfüllstandssensoren bis zu Regensensoren. Zweitens gibt es Sensoren, die *Eigen- und Umfeldwahrnehmung* verknüpfen. Mit ihrer Hilfe kann die aktuelle Position – also die eigene Lage relativ zur Umwelt – geschätzt werden: Durch das Messen der Radumdrehungen zeigen odometrische Systeme, wie weit sich ein Fahrzeug fortbewegt hat. Inertial-Sensoren liefern Informationen über die aktuelle Interaktion des Fahrzeugs mit der Umgebung (Beschleunigungs- und Drehrate). Diese Informationen über die Fahrzeugdynamik sind auch für die visuelle Wahrnehmung, die Bilderkennung zwingend notwendig, um die Bilder der Umwelt richtig zu interpretieren.

Im Mittelpunkt der medialen Debatte um das autonome Fahren steht heute jedoch vor allem die dritte Gruppe von Augen, welche die *Fahrzeugumgebung* erfassen – Kameras, Radar, Ultraschall, Infrarot und Lidar. Dem Zeitpunkt ihrer Entwicklung für das Automobil chronologisch folgend sollen hier zunächst die passiven und dann die aktiven Umgebungssensoren vorgestellt werden:

Kameras werden als passive Sensoren bezeichnet, da sie kein eigenes Licht ausstrahlen – sie registrieren Helligkeits- und Farbunterschiede. Mit Hilfe dieser Informationen kann eine Software dann die Größe, Farbe und Kontur von Objekten bestimmen und diese klassifizieren (z.B. Fußgänger oder Mülltonne). Die Idee, ein autonomes Fahrzeug mit Hilfe einer Kamera zu steuern, kam in den 1960er Jahren im Bereich der Robotik auf. So propagierte John McCarthy, einer der Pioniere der Künstlichen Intelligenz und Direktor des Stanford Artificial Intelligence Laboratory den Einsatz von Kameras erstmals 1968 in einem visionären Aufsatz über »Computer Controlled Cars«.⁵ Heute werden Kameras zum Beispiel für das *tracking* anderer Fahrzeuge und die Erkennung von Ampeln eingesetzt. Ein Nachteil von Kameras ist ihre hohe Datenrate. Da sie auf eine gute Beleuchtung angewiesen sind, haben sie Schwierigkeiten mit Nebel, Gegenlicht, Spiegelungen

5 McCarthy, John: »Computer Controlled Cars«, 1968, <http://jmc.stanford.edu/commentary/progress/cars.pdf> vom 24.04.2021.

und Schatten. Ungünstig ist auch, dass einzelne Kameras nur 2D-Ansichten liefern, die von Algorithmen in 3D-Informationen transformiert werden müssen. Stereoskopische Kameras liefern zwei Bilder aus unterschiedlichen Positionen – aber mit exakt gleicher Blickrichtung – die dann in 3-D-Modelle umgewandelt werden.

Im Gegensatz zu passiven Sensoren senden aktive Sensoren Strahlen aus, die von der Umwelt reflektiert werden. Aus der Laufzeit des Signals wird die Entfernung zu einem Objekt ermittelt.

Dieses Prinzip wurde erstmals für Radar (*radio detection and ranging*) entwickelt, das mit elektromagnetischen Wellen im Radiofrequenzbereich arbeitet. Die Geschichte des Radars lässt sich bis zum Ende des 19. Jahrhunderts zurückverfolgen. Erst kurz vor dem 2. Weltkrieg entwickelten mehrere Länder Radar simultan zu militärischen Zwecken. Das neue Ortungsverfahren wurde zur kriegsentscheidenden Technologie der Alliierten im See- und Luftkrieg.⁶ Während der internationale Schiffs- und Flugverkehr schon bald mit Radartechnik und später der Satellitenkommunikation vernetzt wurde, blieb das Automobil lange hinter dieser Entwicklung zurück. Dies liegt vor allem an der Umwelt, in der sich ein Fahrzeug bewegt: sie ist weitaus komplexer und unvorhersehbarer als die Umgebung von Schiffen und Flugzeugen. Die Entwicklung von Radarsystemen für Fahrzeuge begann in den 1960er Jahren. Die ersten Systeme wurden zu Beginn der 1970er Jahre getestet und waren noch in großen kubischen Kästen untergebracht. Erst in den 1990er Jahren wurden mobile Radarsysteme serienreif.⁷

Im Auto bieten Radarsysteme den Vorteil, dass sie im Gegensatz zu Kameras nur geringe Datenraten benötigen, unabhängig vom Wetter funktionieren und sehr gut Abstände zu Objekten außerhalb des Fahrzeugs schätzen können. Short-Range-Radarsysteme werden für die Erfassung der unmittelbaren Fahrzeugumgebung im Umkreis von 30 Metern verwendet (z.B. *blind-spot-warning*). Long-range Radar hat eine Reichweite von bis zu 250 Metern und wird z.B. für Notbremsassistenten verwendet. Zukünftige Systeme werden sich wie ein Auge an den Nah- oder Fernbereich anpassen können.⁸ Die

6 Vgl. Buderer, Robert: *The Invention That Changed The World*, New York: Touchstone 1996.

7 Meinel, Holger/Dickmann, Jürgen: »Automotive Radar: From Its Origin to Future Directions«, in: *Microwave Journal* 56/9 (2013), S. 24-40.

8 Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik, RadarClass – Vom Autoscheinwerfer zum Radarsensor, Pressemitteilung vom

Erfassung nicht-metallischer Objekte bereitet Radarsystemen aber Schwierigkeiten. Seitliche Mehrwege-Reflektionen führen durch falsche Ortszuordnungen zu häufigen Fehlalarmen. Die geringe Auflösung kann außerdem dazu führen, dass Objekte detektiert, aber nicht klassifiziert werden können.

Die für Einparkhilfen verwendeten Ultraschall-Sensoren, die akustische Frequenzen oberhalb des menschlichen Hörbereichs nutzen, funktionieren nach demselben Prinzip wie Radar: Sie werden von bis zu 10 Meter entfernten Gegenständen reflektiert. Diese auch Sonar genannten Sensoren funktionieren auch nachts oder bei Nebel.

Ein weiterer Sensortyp sind die Infrarotsensoren. Aktive Infrarot-Sensoren erzeugen elektromagnetische Strahlung mit einer niedrigeren Frequenz als sichtbares Licht. Passive Systeme detektieren die Wärmestrahlung von Menschen, Tieren und Objekten mit einer thermografischen Kamera. Beide Systeme können die Fahrzeugumgebung bei Nacht erfassen und werden vor allem zur Fußgängererkennung eingesetzt. Da IR-Sensoren thermische Energie und nicht reflektiertes Licht registrieren, können sie nicht von der Sonne geblendet werden. Außerdem sind sie frei von Interferenzen mit anderen Sensoren. Eine Schwierigkeit ist aber, dass die Wärmestrahlung morgens zu- und abends abnimmt.

Wie Radar wurde auch die Infrarot-Technologie vor allem im militärischen Bereich entwickelt. Im Mittelpunkt stand dabei der Wunsch, Soldaten Nachtsichtfähigkeiten zu verleihen. Seit dem Vietnam-Krieg setzt die US-Airforce Infrarot-Detektoren auch als Zielleitsystem für Raketen ein.⁹ Die ersten Infrarot-Sensoren für Fahrzeuge wurden Anfang der 1970er Jahre getestet, in Deutschland etwa von MAN und Bosch.¹⁰ Ende der 1990er Jahre entstand ein Dual-use-Markt für Infrarot-Sensoren, die militärische Technologie konnte nun auch zivil verwendet werden. Im Jahr 2000 wurde das erste passive Night Vision-System von Raytheon im Cadillac Deville eingeführt.

Lidar (Light Detection and Ranging) ist ein meist Infrarot-Laser basierendes Sensorsystem, das Entfernungen und Geschwindigkeiten optisch messen

29.09.2020, https://www.fep.fraunhofer.de/de/press_media/05_2020.html vom 24.04.2021.

9 Pierotti, Federico/Ronetti, Alessandra: »Beyond human vision, Towards an archaeology of infrared images«, in: NECSUS. European Journal of Media Studies 7/1 (2018), S. 204.

10 Firgau, Walter: »Ohne Fahrer auf richtigem Kurs«, in: Süddeutsche Zeitung vom 06.09.1973.

kann. Wie beim Radar wird dafür die Laufzeit gemessen, die das Signal benötigt, um auf ein Objekt zu treffen und wieder zum Sensor zurückzukehren. Das Entscheidende der Lidar-Technik sind die 360°-Punktwolken, die durch eine Parallelisierung der Laserstrahlen entstehen. Damit können nicht nur die Konturen von Objekten, sondern auch ihre Bewegungen erfasst werden.¹¹ Schon in den 1930er Jahren wurden erste Experimente mit Lichtimpulsen für meteorologische Zwecke durchgeführt. Nach der Erfindung des Lasers 1960 wurde Lidar von der Rüstungsindustrie und der NASA entwickelt. Die Astronauten der Apollo 15-Mission nutzten Lidar 1971, um die Oberfläche des Mondes zu kartieren.¹² Auch in der Archäologie und der Landwirtschaft werden Lidar-Sensoren zur Landvermessung eingesetzt. Heute finden sie sich auch in Tablet-Computern und Staubsaugern. Seit Mitte der 1980er Jahre wurden Lidare für Fahrzeuge getestet, da sie wie Infrarot und Radar zuverlässig bei Dunkelheit funktionieren. Zunächst waren sie wegen ihrer mechanisch rotierenden Spiegelsysteme sehr teuer, neuere Halbleiter-Lidare sind aber preisgünstiger. Im Auto kann Lidar bis zu 250 Meter weit entfernte Objekte in 3D erfassen und hat eine höhere Auflösung als Radarsysteme, was bei hohen Geschwindigkeiten sehr wichtig ist. Da dies in Echtzeit geschieht, kommen Lidarsensoren ohne den Zwischenschritt bildinterpretierender Software aus. Zwar erkennt Lidar im Gegensatz zu Kameras keine Farben, es kann räumliche Objekte und Schatten aber zuverlässiger unterscheiden als Kameras und erfasst Menschen besser als Radar. Deshalb wird es zur Kollisionswarnung eingesetzt. Es kann auch Spurmarkierungen erkennen, indem es die Reflexion der Streifen detektiert. Bei Regen, Nebel und Schnee ist Lidar allerdings störungsanfällig. Zudem ist die laterale Auflösung bei großen Entfernungen gering.

Zusammenfassend kann erstens festgehalten werden, dass sowohl die passiven als auch die aktiven Sensoren Dinge detektieren können, die dem menschlichen Auge verborgen bleiben. Sie erweitern das Spektrum des für den Menschen Sichtbaren. Zweitens ist wichtig, dass der Sehstrahl aller oben erwähnten Sensoren Sichtbarkeit herstellt, aber zugleich unsichtbar

11 Vgl. Sprenger, Florian: Epistemologien des Umgebens, Zur Geschichte, Ökologie und Biopolitik künstlicher Environments, Bielefeld: Transcript 2019, S. 486.

12 Wilcox, Philip: »Vision Correction: Identifying the Best Way for an Autonomous Vehicle to »See« the World«, in: Medium.com vom 09.02.2021, <https://medium.com/swlh/vision-correction-identifying-the-best-way-for-an-autonomous-vehicle-to-see-the-world-d633b96b31ac> vom 24.4.2021.

ist. Im Gegensatz zu Auto-Scheinwerfern zeigen Sensoren etwas, ohne selbst gesehen zu werden. Beide Faktoren erklären die starke Implikation militärischer Akteure in der Entwicklungsgeschichte der verschiedenen Sensortechnologien, die hier nur kurz angerissen werden konnte. Die in naher Zukunft zu erwartende Fusion mehrerer Sensorsignale, das Versprechen also, ihre Vorteile zu kombinieren, ist sowohl im automobilen als auch im militärischen Bereich ein logischer Schritt.

Sehmaschinen ohne Blick?

Schauen wir uns nun einen Sensor genauer an – die Kamera. In *Die Sehmaschine* (1988) vertritt Paul Virilio die These, dass computergesteuerte Kameras über ein »Sehen ohne Blick« verfügten.¹³ Demnach besitzen Sehmaschinen also Augen, können aber keine Blicke werfen. Bei diesem blicklosen Sehen handle es sich um eine Form der Erblindung, einen »Nicht-Blick«.¹⁴

Im Folgenden soll diese These am Beispiel eines für das autonome Fahren entwickelten, experimentellen Kamera-Blicksystems überprüft werden. Dafür müssen wir uns zunächst verschiedenen Definitionen des Sehens und des Blicks zuwenden: Sehen bedeutet laut einer Lexikon-Definition, »mit dem Gesichtssinn, mit den Augen optische Eindrücke wahrnehmen«.¹⁵ Unter dem Gesichtssinn wird dabei die »Fähigkeit von Lebewesen« verstanden, »mithilfe bestimmter Organe Lichtsinnesreize aufzunehmen«.¹⁶ Diese enge Definition der visuellen Wahrnehmung ist heute veraltet, da sie zum einen Maschinen die Sehfähigkeit abspricht, zum anderen nicht-optische Sehverfahren wie Radar ausschließt. *Machine Vision* – also ein System, das es Maschinen ermöglicht, Objekte in Bildern zu detektieren und darauf basierend bestimmte Aufgaben durchzuführen¹⁷, ist im Gegensatz zum menschlichen Auge nicht nur auf Licht angewiesen. Es handelt sich hier um eine neue, auf Wissen abzielende Form des Sehens.

13 P. Virilio: *The vision machine*, S. 59. Virilio hat diese These auch später noch wiederholt: »There is now vision without a gaze« (Armitage, John: *Virilio live, Selected Interviews*, London/Thousand Oaks/New Delhi: SAGE 2001, S. 41).

14 P. Virilio: *The vision machine*, S. 73.

15 Duden Wörterbuch, <https://www.duden.de/rechtschreibung/sehen> vom 11.07.2021.

16 Duden Wörterbuch, <https://www.duden.de/rechtschreibung/Gesichtssinn> vom 11.07.2021.

17 Vgl. Myler, Harley R.: *Fundamentals of Machine Vision*, Bellingham: SPIE 1999, S. 13.

Der Blick geht über die Funktion des Sehens hinaus: Während das Sehen ein eher ungerichtetes, panoramaartiges Herumschauen meint, bezeichnet der Blick ein absichtliches oder aktives, stetiges und zielgerichtetes Schauen. Der Blick kann also als die Art und Weise definiert werden, *wie* Menschen oder Maschinen ein Objekt betrachten. Wichtig ist dabei, dass der Blick die Welt aktiv mit Bedeutung versieht und dabei die Position des Selbst wie des Anderen mitkonstruiert.¹⁸ Der Blick ist also eng mit Fragen von Wissen und Macht verknüpft. Er symbolisiert Christian Kravagna zufolge »eine Herrschaftsinstanz, eine Technik der Distanz und Kontrolle«.¹⁹

Ernst Dieter Dickmanns und der Blick der Maschine

Mit Wahrnehmungsorganen ausgestattete autonome Autos können keine bösen, ängstlichen, abwertenden, neugierigen, verwunderten, dankbaren oder zärtlichen Blicke werfen, ihnen mangelt es an Emotionen. In diesem Sinne – und nur in diesem – sind sie also Sehmaschinen ohne Blick.²⁰ Verstehen wir den Blick hingegen als zielgerichtetes Schauen, können Sehmaschinen durchaus Blicke werfen.

Besonders deutlich wird dies in den Ansätzen des Kognitionswissenschaftlers und Robotikers Ernst Dieter Dickmanns, der sich seit 1977 an der Universität der Bundeswehr in München (UniBwM) mit der visuellen Steuerung von Straßenfahrzeugen befasste. Er erforschte und entwickelte in den 1980er Jahren ein voll autonomes Fahrzeug, das nur durch Auswertung von Kamerabildern dem Straßenverlauf einer Autobahn folgen und auf Hindernisse reagieren konnte. Bei dem Versuchsfahrzeug für autonome Mobilität und Rechnersehen (VaMoRs) handelte es sich um einen Mercedes-Benz 508 D Kastenwagen, der die umfangreiche Computerausrüstung aufnehmen konnte (Abb. 1).

Die meisten internationalen Forschungsgruppen arbeiteten zu dieser Zeit mit einer einzelnen Kamera, die statisch am Fahrzeug fixiert war. Bei hö-

18 Vgl. Sturken, Marita/Cartwright, Lisa: Practices of Looking. An Introduction to Visual Culture. Oxford: Oxford University Press 2001, S. 10.

19 Kravagna, Christian: »Vorwort«, in: Christian Kravagna (Hg.): Privileg Blick, Kritik der visuellen Kultur, Berlin: Edition ID-Archiv 1997, S. 7.

20 Auf bestimmte Sensoren trifft Virilios These durchaus zu: Ein Bewegungsmelder zum Beispiel besitzt keinen Blick, wenn er einfach einen bestimmten Raum erfasst und irgendwo auftretende Helligkeitsunterschiede detektiert.

Abbildung 1: Das Versuchsfahrzeug für autonome Mobilität und Rechnersehen (Va-MoRs), ein 5 Tonnen schwerer Mercedes-Benz 508 D-Kastenwagen, den die Universität der Bundeswehr von 1985-1991 als fahrendes Labor nutzte.



Copyright: Ernst Dieter Dickmanns

heren Geschwindigkeiten müssen weit entfernte Objekte aber frühzeitig erkannt werden und in unübersichtlichen Straßensituationen ist es notwendig, viele sich bewegende Objekte gleichzeitig zu erfassen und zu unterscheiden. Dickmanns Team installierte deshalb zwei Kameras mit verschiedenen Fokusslängen (Tele- und Weitwinkelobjektiv) auf einer Kameraplattform, die eine aktive Blicksteuerung ermöglichte. Die Kamera bewegte sich nicht nur horizontal und vertikal mit dem Fahrzeug sondern konnte sich ihm gegenüber um die Hochachse und die Nickachse drehen (Abb. 2). Dieses Prinzip hatte Dickmanns bereits um 1980 mit einem speziell dafür beschafften Simulationskreis getestet, der bekannten Anlagen für das Pilotentraining nachempfunden war. Das experimentelle Dispositiv machte Medientechniken (Kamera, Leinwand, Projektor) und Reflektionen über die physiologische Funktionsweise des menschlichen Sehapparats für die Automatisierung der Fahraufgabe produktiv.

Abbildung 2: Die Kameraplattform im Versuchsfahrzeug für autonome Mobilität und Rechnersehen (VaMoRs) 1986



Copyright: Ernst Dieter Dickmanns

Dickmanns orientierte sich bei diesem bifokalen, aktiven Sehsystem an den Augen der Wirbeltiere: Wie auch die menschlichen Augen können sie sogenannte Sakkaden ausführen.²¹ Mit diesem Begriff bezeichnete der französische Augenarzt Louis-Émile Javal 1879 schnelle Änderungen der Blickrichtungen beider Augen zwischen verschiedenen Orten im Raum.²² Mit Hilfe der beweglichen Kamera-Plattform sollte dieses Sehverhalten auf technische Systeme übertragen werden. Denn eine Kamera an sich hat keinen Blick, erst durch eine horizontal und vertikal drehbare Vorrichtung wird sie mobil, d.h. aktiv steuerbar und erst durch sie bekommt der Gesichtssinn die Möglichkeit, in verschiedene Blickrichtungen zu schauen.

Möglich wurden damit erstens schnelle Blickwechsel, zweitens langsame Schwenks zur Verfolgung sich bewegender Ziele und drittens eine inertiale Blickstabilisierung, mit der störende Fahrzeugbewegungen kompensiert werden konnten. Der sakkadische Kamerablick dieses aktiven, dynamischen Blicksystems ermöglichte es, sich bewegende Objekte im zentralen Blickfeld zu halten und weiter entfernte Objekte mit hoher Auflösung zu detektieren.²³

Ab 1996 konnten die Versuchsfahrzeuge der Universität der Bundeswehr auch mit aktiven Kamerabewegungen »über die Schulter blicken« und kreuzende Straßen frühzeitig erfassen, um Abbiegemanöver vorzubereiten.²⁴ Die Kamera-Plattform konnte ein Objekt nun so mit ihrem Blick verfolgen, dass es im Blickfeld blieb. Zudem wurde es möglich, negative Hindernisse wie größere Löcher in unebenem Gelände zu erkennen. Neben der Kameratechnologie brauchte das Forschungsfahrzeug bei diesem System allerdings Hintergrundwissen über seine eigenen Fähigkeiten sowie über die Umwelt, vor allem über die möglichen Erscheinungsformen von Straßen- und Objektmerkmalen. Es kam aber völlig ohne digitale Karten aus. Inertialsensoren lieferten Informationen über Beschleunigungen und Drehgeschwindigkeiten, aus denen kurzfristige zukünftige Ortsbewegungen und Richtungsänderungen des

21 Pellkofer, Martin/Lützelner, Michael/Dickmanns, Ernst Dieter: »Vertebrate type Perception and Gaze control for Road Vehicles«, in: Raymond A. Jarvis/Alex Zelinsky (Hg.): *Robotics Research. Springer Tracts in Advanced Robotics 6*, Berlin/Heidelberg: Springer 2003, S. 272.

22 Javal, Louis-Émile: »Essai sur la physiologie de la lecture«, in: *Annales d'Oculistique 82* (1879), S. 242-253.

23 Dickmanns, Ernst Dieter/Rudolf, Gregor/Lützelner, Michael et al.: »EMS-Vision, A Perceptual System for Autonomous Vehicles«, in: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 3/1* (2002), S. 48.

24 Ebd.

Fahrzeugs berechnet werden konnten. Die Kamerabilder stellten Informationen über die zukünftig zu befahrende Umgebung bereit.

Damit wird erstens deutlich, dass der maschinelle Blick des hier vorgestellten autonomen Fahrzeugs immer aus zwei Elementen besteht – der hardwareseitigen Ausrichtung der Blickrichtung der Kamera und dem softwareseitigen Code, der die Daten auf bestimmte Merkmale hin abtastet. Der Blick ist also nicht nur ein Ergebnis der Kamera-Bewegungen, er findet sich vor allem in der Software, da sie programmiert wurde – oder heute durch *machine learning* trainiert werden kann –, um bestimmte Muster, Strukturen, Linien, Kantenmerkmale und Ecken zu erkennen. Zweitens zeigt sich, dass autonomes Fahren sogar auf mehreren parallelen, synchronisierten Blicken im Plural basiert, denn eine Bilderkennungssoftware kann simultan mehrere Objekte einer Straßensituation detektieren.

Die oben beschriebene aktive Blicksteuerung wurde bisher allerdings nicht in die Serienproduktion übernommen. Heutige Assistenzsysteme verwenden nur Sensoren, die ihre Blickrichtung nicht an die Umgebung anpassen können.²⁵ Gearbeitet wird hingegen an Scheinwerfern mit beweglichen Pupillen, die Fußgängern signalisieren sollen, wohin ein autonomes Fahrzeug blickt.²⁶

Maschinelle Blicke in die Zukunft

Wie die oben angesprochenen Blick-Regime zielen die Blicke des maschinellen Sehens auf Wissen und Macht ab: Sie dienen im hier besprochenen Fallbeispiel dazu, Wissen über die äußere Welt zu generieren und damit die Fahraufgabe zu meistern. Wird dieses Ziel erfolgreich erreicht, handelt es sich zweifellos um ein machtvolleres technologisches System.

Dies zeigt sich besonders in einem weiteren Punkt: Das an der Universität der Bundeswehr in München entwickelte maschinelle Blicksystem ermöglichte nicht nur einen Ausgriff in den Raum, sondern auch in die Zeit. Es ziel-

25 Dickmanns, Ernst Dieter: »BarvEye, Active gaze control for autonomous driving«, in: Proceedings of the 10th International Conference on Computer Vision Theory and Applications, Volume 1 (2015), S. 430.

26 Holley, Peter: »How do you get people to trust autonomous vehicles?«, in: Washington Post vom 29.08.2018, <https://www.washingtonpost.com/technology/2018/08/29/how-do-you-get-people-trust-autonomous-vehicles-this-company-is-giving-them-virtual-eye-s-vom-24.04.2021>.

te nicht nur auf das Erkennen der Gegenwart, sondern auf eine Vorhersage der Zukunft ab. Paul Virilio weist schon 1984 in *Guerre et Cinéma* darauf hin, dass Sensoren nicht nur sichtbar machen, »was hinter dem Horizont ist und was die Nacht verbirgt, sondern vor allem das, was es nicht oder noch nicht gibt«. ²⁷ Für diesen maschinellen Blick, der es ermöglicht, hypothetische Bilder von zeitlich noch nicht eingetretenen Ereignissen zu erzeugen, möchte ich deshalb den Begriff der prädiktiven Wahrnehmung vorschlagen.

Als Ernst Dieter Dickmanns 1977 begann, mit Methoden der Regelungstechnik das Feld der *Machine Vision* zu erforschen, grenzte er sich von Ansätzen der Informatik und der Künstlichen Intelligenz ab, die komplexe räumliche Szenen aus einzeln analysierten Bildern rekonstruierten. Dieses auf eine vollständige Umgebungserfassung setzende Verfahren benötigte aber eine hohe Speicherkapazität und verlängerte die Auswertungszeit. Um dynamische Prozesse zu erfassen, speichert der regelungstechnische Ansatz Dickmanns nur das letzte von der Kamera aufgenommene Bild und konzentriert die Analyse auf relevante Bildausschnitte, zum Beispiel die oben bereits erwähnten Kantenmerkmale von Fahrbahnrandern und Spurmarkierungen. Diese Objekte werden mit geometrischen Modellen klassifiziert. Zugleich wird das Bewegungsverhalten des Fahrzeugs und anderer Objekte mit Differentialgleichungen erfasst, welche die physischen Bewegungsgesetze enthalten. Der Rechner baut aus den Kamerasignalen und seinem Hintergrundwissen dann ein internes Abbild der Außenwelt in Raum und Zeit auf.

Dickmanns Konzept unterscheidet sich damit von anderen Ansätzen, da es neben dem dreidimensionalen Raum auch den Faktor Zeit berücksichtigt – deshalb wird es 4-D-Ansatz genannt. Das aktuell von der Kamera aufgenommene Bild der Umwelt wird mit einer aus der vorherigen Bildfolge abgeleiteten rechnerinternen Vorhersage verglichen. Mit Hilfe bestimmter Modelle für Objekte, Subjekte und Bewegungsprozesse kann dann vorhergesagt werden, wo ein bestimmtes Bildmerkmal im nächsten Videoframe auftauchen könnte. ²⁸ Dies erlaubt es, Vorhersagen über den in Zukunft zu erwartenden Bewegungsverlauf des Fahrzeugs zu treffen. Anstatt nur ein aus der externen

27 Virilio, Paul: *Krieg und Kino. Logistik der Wahrnehmung*, Frankfurt a.M. : Fischer 1994, S. 176 (Original : Virilio, Paul, *Guerre et cinéma*, Tome 1 : *Logistique de la perception*, Paris : Éditions Cahiers du cinéma 1984).

28 Dickmanns, Ernst Dieter: »Developing the Sense of Vision for Autonomous Road Vehicles at UniBwM«, in: *IEEE computer* 50/12 (2017), S. 27.

Welt aufgenommenes Bild der Vergangenheit zu zeigen, erzeugt der Computer also ein rechner-internes Bild der Zukunft. Er kann die Zukunft dabei nicht »sehen«, aber ihre Wahrscheinlichkeit schätzen. Ein Beispiel: Erfasst die Kamera ein Auto, welches das Fahrzeug gerade von links hinten überholt, sagt das Weltmodell voraus, dass dieses Auto in einigen Millisekunden seitlich am Fahrzeug vorbeifahren wird. »Die Information ist nicht mehr starr« wie auf den alten Photographien, können wir mit Paul Virilio hinzufügen.²⁹ Sie erlaubt nun »die Interpretation des Vergangenen und Zukünftigen.«

Bilder von Maschinen für Maschinen

Schließlich stellt sich die Frage, wo diese von dem in die Zeit ausgreifenden maschinellen Blick produzierten Bilder eigentlich entstehen und von wem sie betrachtet werden.

Ein auch für autonome automobiler Sehmaschinen bedeutsamer Aspekt von *Machine Vision* ist das Verschwinden des menschlichen Betrachters. Während historische Quellen der visuellen Kultur – anatomische Zeichnungen, mikroskopische oder teleskopische Ansichten, fotografische und filmische Bilder – vor allem für den Blick des menschlichen Auges produziert wurden, werde die überwiegende Mehrheit der Bilder heute »von Maschinen für Maschinen« erzeugt, betonte Virilio in *La machine de vision* schon 1988.³⁰ Der menschliche Beobachter ist aus der direkten oder indirekten Betrachtung dieser synthetischen Bilder herausgenommen,³¹ er ist *out of the loop*, sei eine »Ausnahme von der Regel« geworden, wie der Künstler Trevor Paglen konstatiert.³² Auch Jonathan Crary wies 1992 auf den ersten Seiten seines Buches *Techniken des Betrachters* darauf hin, dass computergenerierte Bilder das Sehen auf einer »vom menschlichen Betrachter getrennten Ebene« neu anordnen³³, was von W.J.T. Mitchell zugespitzt wurde: Diese Technologien

29 P. Virilio: Krieg und Kino, S. 33.

30 P. Virilio: The Vision Machine, S. 60.

31 Ebd.

32 Paglen, Trevor: »Invisible Images (Your Pictures Are Looking at You)«, in: The New Inquiry vom 08.12.2016, <https://thenewinquiry.com/invisible-images-your-pictures-are-looking-at-you> vom 24.04.2021.

33 Crary, Jonathan: Techniques of the Observer. On Vision and Modernity in the 19th Century, Cambridge/London: MIT Press 1992, S. 1.

würden das Sehen nicht vom »Menschen« abkoppeln, aber »die Bedingungen verändern, unter denen sich das menschliche Sehen artikuliert«. ³⁴

Am Beispiel einer Fahrzeugkamera lässt sich diese Rekonfiguration des Sehens sehr gut nachzeichnen: Im Gegensatz zu einer Überwachungskamera, deren in Bilder umgewandelte Signale von menschlichen Angestellten in einem Kontrollzentrum auf einem Monitor betrachtet werden, wird in autonomen Fahrzeugen der Output der Sensoren direkt zum Input eines Rechners: Der Sensor einer Fahrzeugkamera verwandelt Licht in elektrische Ladungen. Diese Messungen (Helligkeits- und Farbwerte) – Echos einer Wechselwirkung von Sensor und Umgebung – werden dann direkt an einen Rechner geschickt, wo sie weiter verarbeitet werden. ³⁵ Erst im Rechner werden aus den Daten Bilder, die gespeichert und weitergegeben werden können. Diese Bilder sind also kein Input, sondern ein Output des Rechners. Damit werde die Logik des Kinos umgekehrt, schreibt Simone Arcagni: Anstatt optisch aufgenommene Bilder der Außenwelt zu zeigen, erzeuge maschinelles Sehen mathematisch generierte Wissensbilder der Umwelt. Es handelt sich hier also um ein post-optisches Sehen, das keine Abbildungen der Welt produziert, sondern Visualisierungen von Wissen.

»Jedes Bild verkörpert eine bestimmte Art des Sehens.« ³⁶ Diese These belegte John Berger 1972 mit einem Verweis auf die Fotografie – in der Wahl des Motivs, des Bildausschnitts, der Belichtung etc. zeigen sich die Sehinteressen des Fotografen. Maschinell erzeugte Bilder verkörpern eine ganz andere Form des Sehens: Diese *operativen Bilder*, wie sie der Filmemacher Harun Farocki 2001 in seiner Werkreihe *Auge/Maschine* nannte, ³⁷ repräsentieren keine Objekte, sondern sind Teil technischer Operationen. Sie zeigen nicht die Welt, sondern »die apparative Vorstellung derselben« schreibt Wolfgang Ernst. ³⁸ In ihnen zeigen sich die Blickinteressen der *Machine Vision*.

Die erzeugten Bilder liegen in einer diskreten Form vor und unterscheiden sich damit von analogen Fotografien ebenso grundlegend wie Fotografien

34 Mitchell, W.J.T.: »Der Pictorial Turn«, in: Christian Kravagna (Hg.): *Privileg Blick, Kritik der visuellen Kultur*, Berlin: Edition ID-Archiv 1997, S. 26.

35 Bei manchen Sensoren (CMOS) findet die Signalentrauschung und -verarbeitung allerdings schon im Sensor statt.

36 Berger, John: *Sehen, Das Bild der Welt in der Bilderwelt*, Reinbek bei Hamburg: Rowohlt 1974, S. 10.

37 Farocki, Harun: »Phantom Images«, in: *Public 29* (2004), S. 17.

38 Ernst, Wolfgang: »Der medienarchäologische Blick«, in: Harro Segeberg (Hg.): *Die Medien und ihre Technik. Theorien – Modelle – Geschichte*, Marburg: Schüren 2004, S. 29.

von Malereien, beobachtete der früher am MIT forschende Architekt William J. Mitchell in seinem Buch *The Reconfigured Eye*.³⁹ Verstehen wir Bilder in einer sehr engen Definition als flächige, figurative Visualisierungen, sind digitale Bilder also gar keine Bilder, da sie algorithmisch erzeugt und in Form eines binären Codes gespeichert sind. Bei diesen von informationsgebenden Verfahren erzeugten Daten handelt es sich um unsichtbare, wir könnten auch sagen potentielle Bilder. Nur wenn sie auf einem Monitor dargestellt werden, bekommen sie eine bildliche Erscheinung – dann aber wiederum in Form analoger Bilder, die digital erzeugte Daten visuell darstellen.⁴⁰

Im Gegensatz zur Fotografie kommen maschinelle Sehsysteme also ohne humanen Akteur sowohl auf der Ebene des Senders, als auch auf der Ebene des Empfängers aus; sie sind vollständig selbstreferenziell.

Ausblick

Zum Schluss sei darauf hingewiesen, dass dieser *maschinelle Blick*, diese in die Zeit ausgreifenden, die Zukunft bewirtschaftenden *Wissens- oder Datenbilder*, diese Bildproduktionen von *Maschinen für Maschinen* in autonomen Fahrzeugen dazu dienen, von Algorithmen und probabilistischen Modellen gesteuerte Entscheidungen zu treffen.

Diese Entwicklung erzeugt vor allem den Eindruck, dass sich uns hier etwas zu entziehen beginnt. Wir werden Zeugen einer zunehmenden Eigenmacht von Technologien, »die die Kapazitäten des Menschen unterlaufen und ihn als entscheidende Instanz in Frage stellen« wie Florian Sprenger in der Einleitung zu diesem Band bemerkt hat. Kurz gesagt zeigt sich in den Blicksystemen autonomer Fahrzeuge also eine Neuverteilung von Handlungsmacht.

Lucy Suchman und Jutta Weber vertreten die These, dass Handlungsmacht nicht als isolierte Fähigkeit eines singulären Akteurs gedacht werden

39 Mitchell, William J.: *The Reconfigured Eye, Visual Truth in the Post-Photographic Era*, Cambridge/London: MIT Press 1992, S. 4.

40 Vgl. Pias, Claus: »Das digitale Bild gibt es nicht. Über das (Nicht-)Wissen der Bilder und die informatische Illusion«, in: *Zeitenblicke 2/1* (2003), <https://www.zeitenblicke.historicum.net/2003/01/pias/index.html> vom 24.04.2021.

kann.⁴¹ *Agency* entstehe immer in einem relationalen, kontingenten Netzwerk aus humanen und nicht-humanen Akteurskonfigurationen. Auch Florian Sprenger weist darauf hin, dass Handlungsmacht sich nicht an einem Ort lokalisieren lasse. In autonomen Fahrzeugen entstehe sie in einer verteilten kognitiven *assemblage* aus Sensordaten, Filteralgorithmen, den daraus abgeleiteten Wahrscheinlichkeiten, menschlichen Akteuren und der jeweiligen Umgebung. Das Spektrum der an diesen »Mikroentscheidungen« beteiligten Akteure werde damit stark ausgeweitet und gehe über fest determinierte Algorithmen hinaus.⁴²

Diese vor allem von den Science und Technology Studies hervorgebrachte Perspektive bietet einerseits einen produktiven Ausweg aus der dichotomischen Trennung von Mensch und Maschine, wie sie bei Virilio sehr stark ausgeprägt ist. Die Metapher einer *assemblage*, eines *ensembles* aus Mensch und Maschine birgt andererseits aber das Risiko, die fundamentalen Verschiebungen zu vernachlässigen, die sich in der Entwicklung autonomer Sehsysteme verbergen. Es sind Zweifel angebracht, ob diese Perspektive wirklich den *shift*, den Bruch zwischen einem manuell gesteuerten Automobil und einem vollautonomen Fahrzeug erfasst, das sogar ohne Insassen seinen Weg finden soll.

Die zentrale Frage lautet, welche Transformationen die *humanen Akteure* in dieser *assemblage* durchlaufen. An welcher Stelle und zu welchem Zeitpunkt werden sie in autonom entscheidenden Sehmaschinen überhaupt noch an Entscheidungen mitwirken? Eine Teilantwort lässt sich heute schon geben: Die Handlungsmacht der Fahrerin oder des Fahrers verlagert sich nicht nur in den Rechner, sondern auch auf eine Kontrolltätigkeit von Dritten, die das Fahrzeug ständig überwachen. So werden die seit Oktober 2020 ohne Sicherheitsfahrer:in agierenden Versuchsfahrzeuge von Waymo in Phoenix permanent von menschlichem Kontrollpersonal des Unternehmens überwacht. Die zunehmend autonom werdenden Seh- und Fahrmaschinen bleiben gleichzeitig also auf menschliche Arbeit angewiesen. Sam Hind hat dies in diesem Band am Beispiel der *remote workers* oder *ghost operators* gezeigt. Jan Distelmeyer hat auf die unbezahlte Datenarbeit von Tesla-Fahrer:innen hingewie-

41 Suchman, Lucy/Weber, Jutta: »Human-Machine Autonomies«, in: Nehal Bhuta/Susanne Beck/Robin Geiß et al. (Hg.): *Autonomous Weapons Systems, Law, Ethics, Policy*, Cambridge: Cambridge University Press 2016, S. 20f.

42 Sprenger, Florian: »Microdecisions and autonomy in self-driving cars: virtual probabilities«, in: *AI & Society* 7/5 (2020), S. 176-190.

sen. Auch bei Fahrzeugen, die *machine vision* für autonome Entscheidungen nutzen, bleibt der Mensch also – vorerst – *in the loop*.

Sichtbar wird aber schon heute, dass die Distanz zwischen humanen und non-humanen Agenten zunimmt. Sie erhalten in dieser neuen Form von *assemblage* nicht die gleichen Mitspracherechte. Sonst hätten autonome Fahrzeuge auch keinen Sinn – ihr Zweck ist es ja gerade, den Menschen aus dem Prozess der Steuerung zu entfernen, vor allem, um Unfälle zu verhindern. Die Entscheidungen dieser sensorisch aufgerüsteten autonomen Systeme gehen dabei aber über Beschleunigungs-, Lenk-, und Bremsmanöver hinaus – sie entscheiden, »wer mit wem kommunizieren darf und wer nicht, wer sich wohin bewegen darf und wer nicht, wer einen Unfall überlebt und wer nicht«. ⁴³ Damit seien sie hochgradig politische Maschinen, die »eine neue Form von Macht« verkörpern, gibt Sprenger zu bedenken. Und diese Macht ist ungleich verteilt, ließe sich hier noch präzisieren: der Anteil der non-humanen Akteure im *decision making* weitet sich immer mehr aus.

Da diese maschinell erzeugten Entscheidungen zunehmend intransparent werden, fordern Anthony McCosker und Rowan Wilken in ihrem Buch *Automating Vision*, an einer neuen *literacy*, einem tiefergehenden Verständnis von *machine vision* zu arbeiten. ⁴⁴ Diese *literacy* dürfe sich nicht nur auf die technische Funktionsweise dieser Bildmaschinen beschränken, sondern müsse die »Kontexte, Konsequenzen, Beziehungen zwischen Systemen, ihre Begrenzungen und möglichen Gebräuche« begreifen. ⁴⁵ Eine kritische Medien- und Kulturanalyse sollte sich deshalb in Zukunft zum Beispiel verstärkt der Frage widmen, welche Auswirkungen autonom entscheidende Sehmaschinen in anderen, über den Autoverkehr hinausgehenden Anwendungsbereichen haben werden.

43 Ebd.

44 McCosker, Anthony/Wilken, Rowan: *Automating Vision. The Social Impact of the New Camera Consciousness*, New York/London: Routledge 2020, S. 5.

45 A. McCosker und R. Wilken: *Automating Vision*, S. 7.

Achtung! Hunde auf der Fahrbahn

Reinforcement Learning und die Modellierung autonomer Agenten

Dawid Kasprowicz

1. Einleitung

Das Machine Learning (ML) hat für die Programmierung autonomer Autos einen zentralen Stellenwert. Um den etwaigen Unvorhersehbarkeiten des Verkehrs durch die zeitkritische Exekution von Fahrmanövern begegnen zu können, werden neuronale Netzwerke als Bestandteile autonomer oder teilautomatisierter Fahrzeugsysteme trainiert.¹ Das Trainingsmaterial stellen Datenbanken mit computersimulierten oder photographischen Bildern dar, die die so genannten *Training Data* bilden und die in den iterativen Durchläufen als Material für eine optimale Kategorisierung von Verkehrsteilnehmer:innen, -situationen und -umgebungen dienen.² Auf dieser Grundlage einer Situationserkennung während des Fahrens, für deren Umsetzung auch entsprechende Abstands-, Kontakt und Radarsensoren notwendig sind, werden vom

-
- 1 Mnih, Volodymyr/Badia, Adria P/Mirza, Mehdi et al.: »Human-level control through deep reinforcement learning«, in: *Nature* 518 (2015), S. 529-533; Pan, Xinlei/You, Yurong/Wang, Ziyang et al.: »Virtual to Real Reinforcement Learning for Autonomous Driving«, in: *Proceedings of the British Machine Vision Conference (BMVC)* (2017); Shalev-Shwartz, Shai/Shaked, Shammah/Shashua, Amnon: »Safe, Multi-Agent, Reinforcement Learning for Autonomous Driving«, in: *Proceedings of the British Machine Vision Conference (BMVC)* (2017). Im Verlauf dieses Textes wird allgemein von autonomen Autos gesprochen, wenngleich dies auch das vollautomatisierte Fahren ab Stufe vier beinhaltet, bei dem die/der Fahrer:in noch hinter dem Lenkrad die Fahrt überwachen und in einigen Situationen eingreifen soll. Zu den einzelnen Stufen dieser Gliederung des automatisierten und autonomen Fahrens siehe die Einleitung zu diesem Band.
 - 2 X. Pan et al.: »Virtual to Real«.

neuronalen Netzwerk mögliche Handlungsoptionen oder -anweisungen generiert.

Es liegt also nahe, dass einerseits viele Hoffnungen der Hersteller auf den ML-Verfahren ruhen und dass andererseits diesen Verfahren eine tragende Bedeutung für die gewünschten zeitkritischen Situationserkennungen und die daraus folgenden Aktionen zukommt. Im Kontext von autonomen Autos erhält besonders ein Modell des ML, das so genannte Reinforcement Learning (RL), sowohl innerhalb der Fachcommunity als auch in der Öffentlichkeit eine verstärkte Aufmerksamkeit. Dieser Umstand ist insofern bemerkenswert, als das RL auf den ersten Blick wenig mit Verkehrswelten zu tun hat. In seiner Grundform geht das RL lediglich von einer/m Agent:in-Umwelt-Verhältnis aus, bei dem die/der Agent:in die unbekannte Umwelt erkunden muss (*exploring*), um anschließend aufgrund ihrer gesammelten Informationen eine adäquate Entscheidung treffen zu können (*exploiting*). Dabei strebt die/der Agent:in jeweils ein Ziel an, für das sie/er eine Handlungsstrategie entwickelt (*policy*). Sie/er lernt folglich, zwischen Stimuli zu unterscheiden, auf die ein positives Feedback (*reward*) oder ein negatives Feedback (*punishment*) erfolgen könnte. Im Bestreben, ihr Ziel zu erreichen, erlernt die/der Agent:in durch sukzessives positives Feedback und durch die Vermeidung wiederkehrenden negativen Feedbacks eine optimale Handlungsstrategie.

Ein Terrain, auf dem sich das RL-Modell zunächst für das ML bewährt hat, sind Computerspiele. Neuronale Netzwerke werden dabei mit Bildern von Millionen Spielsituationen trainiert, indem sie lernen, die Spielsituationen sukzessiv zu kategorisieren, zu vergleichen und ihre Handlungsstrategie während des Spiels so auszurichten, dass sie eine optimale Punktzahl erzielen können. Als eine Forschergruppe in einem *Nature*-Artikel 2015 von der Fähigkeit ihrer Künstlichen Intelligenz berichtete, durch »Deep Reinforcement Learning« in einigen Computerspielen besser als ihre menschlichen Gegner abzuschneiden,³ war dies für viele Beobachter:innen mehr als einer der zahlreichen »Man vs. Machine«-Vergleiche. Seitdem wird das RL auch für autonome Autos als »powerful learning framework« betrachtet, das einen wesentlichen Beitrag zum langjährigen Problem leisten könnte, wie man mit »high dimensional environments« interagiert.⁴

3 V. Minh et al.: »Human-level Control«.

4 Ravi Kiran, B./Sobh, Ibrahim/Talpaert, Victor et al.: »Deep Reinforcement Learning for Autonomous Driving: A Survey«, arXiv:2002.00444v2 [cs.LG], 23. Januar 2021, S. 1.

Es stellt sich aber aus wissenschaftsphilosophischer Sicht die Frage, wie sich solche Transitionen von Computerspielwelten in Verkehrswelten beschreiben lassen. Sind sie allein durch die neue Leistungsfähigkeit neuronaler Netzwerke zu erklären, deren stochastische Situationserkennungen noch schneller und präziser funktionieren? Oder, und das ist eine aktuell verbreitete Antwort, bezeugt die Anwendung von RL-Modellen für autonome Autos das Phänomen einer »Gamification«, also der regelgeleiteten Verschaltung von individuellem Verhalten (sei es von Menschen oder Maschinen) und sozialem Leben unter der Prämisse von positivem oder negativem Feedback aus Entscheidungssituationen?⁵ Der Ansatz der »Gamification« als Erklärung für die Virulenz des RL erscheint auch deshalb plausibel, weil es sich bei ihm nicht ausschließlich um Computerspielwelten dreht, sondern um die Abwanderung der Episteme aus dem Spiel in andere Anwendungskontexte.⁶ Nicht wenige Medien- und Kulturwissenschaftler:innen teilen daher auch die Ansicht, dass die Interaktionen mit der neuen KI primär unter einer Epistemologie des Spiels betrachtet werden sollten.⁷

Wenngleich die Verzahnung von RL-Modellen mit der Gamification naheliegt, zumal es sich in den Simulationen der Modelle häufig um eine geschlossene Welt handelt, die die/der Agent:in erkunden muss, so soll auf den folgenden Seiten ein anderer Weg eingeschlagen werden. Entgegen der Annahme, dass die neue KI im ML eine Variante der »Gamification« sei, möchte ich das RL als vereinfachtes Verfahren zur Steuerung von Kontingenz betrachten. Im Kern dieses Verfahrens der Kontingenzsteuerung steht die Beziehung zwischen der/dem individuellen Agent:in und ihrer/seiner Umwelt. Dieser Modellkern ist aber nicht erst durch Anwendungen auf Computerspiele entstanden, sondern er entwickelt sich im Laufe einer physiologischen

-
- 5 Schrape, Niklas: »Gamification and Governmentality«, in: Mathias Fuchs/Sonia Fizek/Paolo Ruffino et al. (Hg.): *Rethinking Gamification*, Lüneburg: Meson Press 2014, S. 21-46. Mühlhoff, Rainer: »Human-aided artificial intelligence: Or, how to run large computation in human brains? Toward a media sociology of machine learning«, in: *New Media & Society* 22/10 (2020), S. 1868-1884, hier S. 1874f.
 - 6 Fuchs, Mathias/Fizek, Sonia/Ruffino, Paolo et al.: »Introduction«, in: Dies. (Hg.): *Rethinking Gamification*. Lüneburg: meson press 2014, S. 7-20; zu Anwendungen der Gamification siehe Raczkowski, Felix: »Virtuelle Produktivität«, in: Dawid Kasproicz/Stefan Rieger (Hg.): *Handbuch Virtualität*, Wiesbaden: Springer 2020, S. 111-128.
 - 7 Gramelsberger, Gabriele/Rautzenberg, Markus/Wiemer, Serjoscha et al.: »Mind the Game!« Die Exteriorisierung des Geistes ins Spiel gebracht«, in: *Zeitschrift für Medienwissenschaft* 21 (2019), S. 29-38.

und psychologischen Kultur der Verhaltensexperimente, die sich in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts etablierten und aus denen eine Episteme hervorging, die in den Computermodellen des ML adaptiert und modifiziert wurde. Die Attraktivität des RL für die Software autonomer Autos liegt somit nicht in einer Spielelogik, sondern in dem Wissen, die Kontingenz des Verhaltens durch möglichst simple Umweltmodelle experimentell steuerbar zu halten. Mit »simpl« ist demnach keine Wertung gemeint, sondern die sukzessive Steigerung von Kontingenz im Experiment, ohne die Zuschreibung eines Stimulus zu einer bestimmten Aktion aufgeben zu müssen. Zugleich ermöglicht es diese induktive Logik, dass Maschinen, Menschen und andere Lebewesen zu Variablen eines Wissens werden, das primär aus dem Vergleich solcher Verhaltensexperimente entsteht. RL-Modelle ermöglichen damit eine unabdingbare Episteme des Komparativs von Lebewesen und Maschinen in zeitlich diskretisierten Schritten.⁸ Umso wichtiger ist es, medien- und wissenschaftshistorisch die Techniken des Arrangements von Lebewesen in modellierten Umwelten darzulegen, da erst hierdurch Formen der Explikation und der Prädiktion eines Lernverhaltens entstehen können. Solche medien- und wissenschaftshistorischen Problemgenesen von ML-Modellen haben bisher einen Seltenheitswert. Sie werden allerdings spätestens dann relevant, wenn die ML-Modelle zu skalierbaren Optionen werden, die von Spiel- bis hinauf in Verkehrswelten reichen. Die Anwendung des RL für autonome Autos ist hierbei ein herausragendes Beispiel, das verdeutlicht, wie die Kontingenzsteuerung eines Agent:in-Umwelt-Verhältnisses im Experiment eine Modelldynamik begründet, die für das Zusammenspiel von Situationserkennung und Aktionswahl unabdingbar ist.

Ein weiterer Aspekt, der sich aus diesem Modellkern ergibt, ist eine soziale Perspektive des individualisierten Zugangs zum Verkehr, in dem jede mögliche Handlung stets von einer/m Agent:in (oder Konsument:in) in einer unbekanntem Umwelt ausgeführt wird. Zugleich zeigt die Anwendung von neuronalen Netzwerken im sogenannten »Deep Reinforcement Learning«, dass eine Skalierung auf höhere Grade der Umweltkomplexität nur dann erfolgen

8 Es geht im Folgenden nicht um den Einfluss von Lerntheorien wie dem Behaviorismus auf die Computer Science oder dem Machine Learning, sondern um die wissenschaftshistorische Operation einer Kontingenzsteuerung in Verhaltensexperimenten, aus der zahlreiche Lerntheorien im 20. Jahrhundert entstehen werden, vgl. dazu Barrett, Louise: »Why Brains Are Not Computers, Why Behaviorism Is Not Satanism, and Why Dolphins Are Not Aquatic Apes«, in: Behaviorist Analyst 39 (2016), S. 9-29.

kann, wenn die Perspektive der individuellen Agentin beibehalten wird. Das RL-Modell hat damit neben einer technischen und einer ökonomischen vor allem auch eine soziale Komponente des/der individualisierten Verkehrsteilnehmer:in, die auf ihre wissenschafts- und medienhistorischen Fundierungen bisher selten untersucht wurde.⁹

In den nächsten beiden Abschnitten werden zunächst die beiden wichtigsten Vorläufer des RL-Modells, die tierphysiologischen Experimente bei Ivan Pavlov sowie die behavioristischen Experimente des amerikanischen Psychologen Burrhus F. Skinner beschrieben. In beiden Fällen wird verdeutlicht, wie Kontingenzpotentiale im Experiment eingeführt und arrangiert werden. Das hieraus generierte Verhältnis von Agent:in und Umwelt wird dann in seinen Modifikationen sowohl im frühen ML als auch in Varianten des »Deep RL« dargestellt. Besonders das letzte Beispiel dient zur Verdeutlichung der These, dass die Kontingenzsteuerung durch unterkomplexe Umweltmodelle auch jene soziale Kernsituation aus Agent:in und Umwelt bestimmt, mit denen auch RL-Modelle Verkehrswelten operieren müssen.

2. Kontingenz in Experimentalsituationen: Pavlos Lehre vom konditionierten Reflex

Zum Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts versteht sich die Physik noch immer als jene Wissenschaft, deren Naturgesetze die Bewegungen der Körper auf der Erde und im Weltall erklären. Theorien der Physik müssen prognostisch in der Aussage und induktiv im Verfahren sein. Eine aus den Beobachtungen gemachte Hypothese hat sich demnach wieder an der Empirie zu bewähren – alles andere entspräche der Spekulation.¹⁰ Diesen Anspruch an

9 Diese wissenschaftshistorische und wissenschaftssoziologische Problematik bringt Jack Stilgoe zum Ausdruck, wenn er schreibt: »The identification of tasks and modes of machine learning (for example, reinforcement learning, which adopts a trial, error and reward approach to optimization [...]), is inescapably social«. Stilgoe, Jack: »Machine learning, social learning, and the governance of self-driving cars«, in: *Social Studies of Science* 48/1 (2018), S. 25-56, hier S. 30.

10 Dieser Vorwurf erging von mehreren britischen Physikern an Charles Darwins Evolutionstheorie, die zwar eine breite Grundlage an Beobachtungen hatte, aber deren Hypothesen Aussagen über Zeiträume machten, die empirisch nicht zu verifizieren seien. Besonders an dieser Darwin-Kritik wird, wie der Wissenschaftstheoretiker Helmut Pulte aufzeigt, die Skepsis deutlich, die lebenswissenschaftlichen Formulierun-

deterministische Naturgesetze, die noch ganz im Zeichen der Newtonschen Mechanik stehen, gilt es zu bedenken, um den besonderen Stellenwert von Ivan Pavlovs Theorie des »Konditionierten Reflexes« für das RL einzuordnen. Hinzu kommt die besondere Funktion des Experimentalobjekts Tier, an dem physiologische Fragen erörtert werden, ohne in den Körper des Tieres einzugreifen. Hierdurch kann das Tier als lebendiger Agent in Wechselwirkung mit einer experimentellen Umwelt treten und somit zu einem Komparativ für menschliches Lernverhalten werden. Damit tritt aber auch die Frage auf, wie sich die Spannung von Variation und Kontingenz in den Versuchen mit lebendigen Tieren steuern lässt.

Vor Pavlovs erstem Artikel im renommierten *Science*-Magazin,¹¹ in dem er die Wechselwirkungen von unkonditionierten und konditionierten Reflexen beschreibt, kommt die physiologische Theorie des vom Stimulus gesteuerten Verhaltens nicht über eine Beobachtungs- und Beschreibungsebene hinaus. Eine erste umfangreiche Publikation hierzu legt der amerikanische Physiologe Edward L. Thorndike 1898 vor. Er hatte eine Reihe von Experimenten mit Katzen unternommen, die den Weg aus diversen Käfigkonstruktionen finden mussten, um an Futter außerhalb des Käfigs zu gelangen. Sollte die Katze aus dem Käfig entkommen, indem sie z.B. ein Seil durchriss und damit eine Tür hob, so würde sie auch im nächsten Käfig genauso verfahren, bis sie nach einiger Zeit merkte, dass in anderen Käfigen hierdurch keine Veränderung einträte und entsprechend andere Wege aufsuchen, bis sie zum Futter gelangte.¹²

gen von Naturgesetzen am Ende des 19. Jahrhunderts entgegenschlug, sofern sie nicht dem mechanischen Leitbild der Physik folgten. Siehe dazu Pulte, Helmut: »Darwin und die exakten Wissenschaften. Eine vergleichende wissenschaftstheoretische Untersuchung zur Physik mit einem Ausblick auf die Mathematik«, in: Eve-Marie Engels (Hg.): Charles Darwin und seine Wirkung, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2009, S. 139-177, hier S. 151-160. Zugleich muss aber betont werden, dass dies auch eine wissenschaftspolitische Haltung war, um die Physik als Leitdisziplin zu stärken. Denn bereits im 19. Jahrhunderts gab es mit der Thermodynamik eine Theorie, die von Wahrscheinlichkeiten der Zustandsübergänge von Systemen ausging und somit allein auf einer Makroebene argumentierte, während sie über die Teilchenbewegungen auf der Mikroebene keine Vorhersagen machen konnte.

- 11 Pavlov, Ivan: »The Scientific Investigation of the Psychical Faculties in the Higher Animals«, in: *Science* 24/620 (1906), S. 613-619.
- 12 Thorndike, Eugene L.: »Animal Intelligence. An Experimental Study of the Associative Processes in Animals«, in: *Psychological Review* 2/4 (1898), (Series of Monograph Supplements). Thorndike entwickelt insgesamt elf Konstruktionen. In manchen ist auch eine Kombination von ehemals erfolgreichen Aktionen notwendig, um einen Ausweg

Anhand dieser Beobachtungen formuliert Thorndike sein »Law of Effects«, dass er als »fundamental law« bezeichnet, um das Lernverhalten von Lebewesen mit Bedürfnissen, Interessen oder Wünschen zu beschreiben.¹³ Für Thorndike löst nicht ein Reflex die Handlung aus, stattdessen ist die Handlung das Resultat von Assoziationen auf der Grundlage von Instinkten, die es experimental zu evozieren und zu beschreiben gilt.

Pavlov geht allerdings einen Schritt weiter, denn das beobachtbare Verhalten lässt nicht zwangsläufig auf einen bestimmten Instinkt schließen. Des Weiteren ist eine »nature of instinctive impulses«, wie sie Thorndike noch behauptet, eine Annahme, die keine Verbindung zum spezifischen Nervensystem des Tieres enthält. Ausgehend von seinen Studien zu Verdauungsdrüsen gelangt Pavlov zur Frage nach den externen Stimuli so genannter »psychic secretion« und ihrer physiologischen Ursachen im Nervensystem.¹⁴ In seinen bekannten Hunde-Experimenten kombiniert er einen unkonditionierten Reiz, wie etwa das Präsentieren eines Stückes Fleisch vor dem Hund, das zur Aktivität der Speicheldrüse führt, mit konditionierten Reizen, die akustisch, olfaktorisch oder taktil sein können. Als Folge tritt der Speichelfluss auch auf, wenn das Fleisch nicht mehr im Raum ist und nur der konditionierte Reiz vernommen wird. Damit begründe für Pavlov der »well-known physiological process« des Reflexes erst jene vermeintlichen Instinkte, die gewöhnlich als »psychical stimuli« bezeichnet werden¹⁵.

Die Variationen dieser »psychical stimuli«, wie Pavlov die konditionierten Reize auch nennt, können beliebig sein, solange sie im Experiment iterativ und synchron mit dem Reiz für den unkonditionierten Reflex präsentiert werden.¹⁶ In dieser Experimentalsituation ist der Hund an einem Gestell be-

aus dem Käfig zu finden. Neben Katzen kommen auch Hunde und Hühner im Experiment zum Einsatz. Pavlov ist mit den Arbeiten Thorndikes zu Beginn seiner Hunde-Experimente nicht vertraut, hebt aber später seinen eigenen Ansatz als »experimental investigation« von Thorndikes Methode ab, dazu Pavlov, Ivan: »Conditioned reflexes: An investigation of the physiological activity of the cerebral cortex«, in: *Annals of Neuroscience* 17/3 ([1927] 2010), S. 136-141, hier S. 137.

13 Thorndike, Eugene L.: »The Law of Effect«, in: *The American Journal of Psychology* 39/1 (1927), S. 212-222, hier S. 212.

14 I. Pavlov: »Conditioned reflexes«, S. 138.

15 I. Pavlov: »The Scientific Investigation«, S. 614.

16 Siehe für ein ausführliches Experiment zur negativen Hemmung Pavlovs Arbeit zur Hundehypnose. Pavlov, Ivan: »Ein Beitrag zur Physiologie des hypnotischen Zustandes beim Hunde«, in: *Charakter. Eine Vierteljahresschrift für psychodiagnostische und verwandte Gebiete* 4 (1933/1934), S. 181-190.

festigt, während eine Röhre in seinem Mund den Speichel in ein Gefäß leitet, um die Intensität der Reaktion auf den konditionierten Reiz zu messen. Es gehört zu Pavlovs physiologischer Methodik, dass die Umwelt der Tiere so angerichtet wird, dass der innere Mechanismus von außen sichtbar ist. Mit anderen Worten: Pavlovs Experimentalsetting ist eine materialisierte Hypothese über die mechanischen Funktionen des Verdauungstraktes. Daher darf kein zusätzlicher Faktor diese funktionelle Umwelt des Experimentes unterlaufen – selbst Pavlov nicht.¹⁷

Wissenschaftshistorisch bietet er damit nicht nur eine Alternative zu den invasiven Methoden, die bis dato in der Physiologie verwendet wurden.¹⁸ Er konstituiert mit dem konditionierbaren Hund ein neues Wissensobjekt, das zugleich auf den Menschen als umweltsensibles Wesen zurückwirkt.¹⁹ Dazu muss aber jegliches Kontingenzpotential reduziert werden, bis das Lebewesen selbst das einzige Kontingenzpotential darstellt. Hierdurch wird jede Aktion, die nicht als eine Reaktion auf den präsentierten Stimulus interpretiert werden kann, zu einem regelrechten »freedom reflex«, mit dem das Tier gegen die Begrenzung seiner Freiheit protestiere.²⁰ Auch das unerwartete Verhalten

-
- 17 Folglich ist Pavlov während der Experimente niemals im selben Raum wie der Hund, um die Wirkung der Stimuli nicht zu beeinflussen. Siehe dazu Bühler, Benjamin: »Experimentalobjekte. Tiere als Figuren anthropologischen Wissens«, in: Annette Bühler-Dietrich et al. (Hg.): *Topos Tier. Neue Gestaltungen des Mensch-Tier-Verhältnisses*, Bielefeld: transcript 2016, S. 19-39.
- 18 Lesch, John E.: »The Paris Academy of Medicine and Experimental Science, 1820-1848«, in: William Coleman/Frederic L. Holmes (Hg.): *The Investigative Enterprise. Experimental Physiology in Nineteenth-century Medicine*, Berkeley, CA.: University of California Press 1988, S. 100-137.
- 19 B. Bühler: »Experimentalobjekte«, S. 33.
- 20 Genau jenen »Reflex der Freiheit« führt Helmuth Plessner zum Schluss seiner Kritik an Pavlovs physiologischer Theorie an, um den Unterschied eines Verhaltens des Organismus anstelle eines Vorgangs des Reflexes deutlich zu machen. Plessner, Helmuth: »Die physiologische Erklärung des Verhaltens. Eine Kritik an der Theorie Pavlovs«, in: ders. (Hg.): *Gesammelte Schriften*, Bd. VIII, Frankfurt a.M.: Suhrkamp [1935] 2003, S. 7-32. Plessners Kritik kann hierbei stellvertretend für andere Autor:innen gesehen werden, die Pavlovs mechanistischer Interpretation ein ganzheitliches Modell über das Umweltverhalten von Organismen entgegenstellen. Siehe dazu Gruevska, Julia: »Das naturimitierende Labor. Philosophisch-anthropologische Implikationen in der Physiologie Frederik Buytendijks«, in: dies. (Hg.): *Körper und Räume*, Wiesbaden: Springer 2018, S. 133-151; aus medienanthropologischer Sicht Rieger, Stefan: *Kybernetische Anthropologie. Eine Geschichte der Virtualität*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2003, hier S. 466-483.

des Tieres liege somit in der Natur seiner Reflexe. Es stellt damit einen Faktor dar, der sich durch eine adäquate Umweltmodellierung kontrollieren lässt, indem das Tier lernt, mit einem aktuellen Stimulus mögliche kommende Zustände zu verbinden. Das diskretisierte Zeitverständnis aller RL-Modelle, in dem es nur Zustände mit möglichen Anreizen zur Aktion oder zur Unterlassung einer solchen gibt, ist in dieser Hinsicht eine Folge des systematischen Unterbindens des »freedom reflex« – oder anders: es ist eine Folge der Steuerung von Kontingenz zur Wahrung eines theoriestützenden Experiments.

3. Modellieren für die effektive Kontrolle der Umwelt: Das Reinforcement Learning im Behaviorismus

Für die junge Strömung des Behaviorismus wirken Pavlovs Experimente wie eine Anleitung zur Verhaltensforschung. Einem ihrer Pioniere, dem Psychologen John B. Watson, wird die Konditionierungstheorie zum finalen Anstoß für eine Psychologie, die es sich zum Ziel machen soll, das Verhalten von Tieren und Menschen kontrollieren und vorhersagen zu können.²¹ Um diesem Anspruch selbst gerecht zu werden, versucht Watson das Verhalten seiner Agent:innen in variierenden Experimenten so zu konditionieren, dass sich emotionale Zustände wie Angst, Furcht oder Freude bestimmten Stimuli eindeutig zuordnen lassen können.²²

Sowohl Pavlovs Reflextheorie als auch dem Behaviorismus wurde häufig eine reduktionistische oder mechanistische Konzeption von Organismus und Umwelt vorgeworfen. Aus wissenschaftshistorischer Sicht stehen aber beide

21 Watson, John B.: »Psychology as the Behaviorist Views it«, in: *Psychological Review* 20/2 (1913), S. 158-177, hier S. 158.

22 Watson unternimmt mit seiner Ko-Autorin Rosalie Rayner an einem elf Monate alten Säugling den Versuch, die emotionale Regung von Furcht zu konditionieren. Das Kind mit dem Namen Albert wird dabei auf einen Tisch gesetzt, ihm wird eine weiße Ratte, später auch ein Kaninchen präsentiert, nach denen Albert hin und wieder seine Hand ausstreckt. Bei den folgenden Durchgängen erklingt synchron mit dem Erscheinen der Tiere ein lauter Ton, ausgelöst durch einen Hammerschlag auf einer aufgehängten Stahlstange, die hinter dem Kind angebracht wird (der konditionierte Reiz). Hatte Albert zuvor noch nach der Ratte oder dem Kaninchen gegriffen, weicht er nach den Durchgängen mit dem Hammerschlag zurück und beginnt manchmal auch zu weinen, Watson, John B./Rosalie Rayner: »Conditioned Emotional Reactions«, in: *Journal of Experimental Psychology* 3/1 (1920), S. 1-14.

in der Nachwirkung des Theorie- und Methodenanspruches der Physik im 19. Jahrhundert. Dabei ist der prognostische Charakter dieser experimentellen Episteme zu betonen – nicht zuletzt auch deshalb, weil er mit einer kontrollierten Reduktion von Kontingenz in Experimenten mit Lebewesen einhergeht. Eine systematische und zunehmend selbstreflexive Integration des Begriffes von Kontingenz zur Beschreibung des Versuchsaufbaus findet sich dann aber erst in den viel zitierten Experimenten von Burrhus F. Skinner.

Skinner und sein Ko-Autor Charles B. Fester bezeichnen ihre Experimentalsreihen als »Schedules of Reinforcement«. Im gleichnamigen, über 700 Seiten umfassenden Buch, das 1957 erscheint, entwerfen sie mehrere Parameter, mit denen die Konditionierbarkeit des Verhaltens sich nicht nur in einigen Durchläufen, sondern über einen längeren Zeitraum einstellen lassen soll. Hierin erhält auch der Begriff des »reinforcement« seine bis heute anhaltende Bedeutung, die nicht in wiederkehrenden Kopplungen von konditionierten und unkonditionierten Reizen besteht, sondern in einer Wahrscheinlichkeit der Stabilisierung des Verhaltens über eine längere Zeit bei variierenden Stimuli. Die zentrale Herausforderung ist die Modulation einer optimalen Mischung von geplanten und spontanen Stimuli, mittels derer a posteriori eine Verhaltensänderung den gesetzten Stimuli (*reinforcements*) zugeschrieben werden kann, wenngleich Letztere, wie betont wird, selten eine direkte Aktion hervorrufen können. Das Medium hierzu sind zeitliche Variationen von Stimuli, Auslassungen und Belohnungen, sogenannte »properties of schedules«,²³ die in den späteren RL-Modellen autonomer Autos allgemein als diskrete Zustände (*states*) einer modellierten Umwelt beschrieben werden, in der der/die Agent:in sich für eine Aktion entscheiden muss, um ihr Ziel zu erreichen. An die Stelle von Pavlos »ideal of inevitable reinforcement«, das noch mit einer kausalen Notwendigkeit argumentiert, tritt die »manipulation of schedules«, die das Verhalten sowohl auf Grundlage eines längeren Untersuchungszeitraums erklären als auch für einen längeren Zeitraum vorhersagen will.²⁴

Unterschieden wird folglich zwischen regelmäßigen und zufälligen Reaktionen (*fixed and variable ratio*) sowie zwischen regelmäßig oder zufällig gesetzten Stimuli in einem Zeitabschnitt (*fixed and variable intervals*).²⁵ Austra-

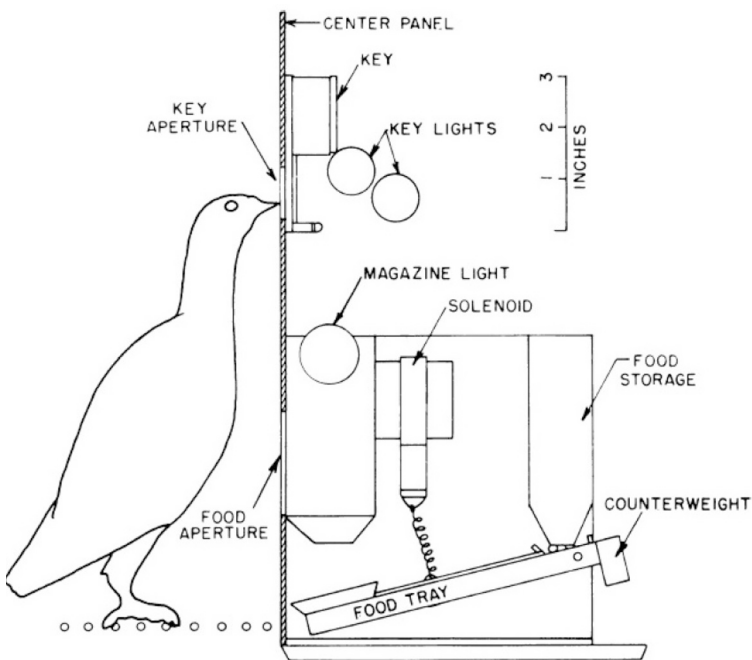
23 Fester, Charles B./Skinner, Burrhus F.: Schedules of Reinforcement Learning. Cambridge, MA. Online-Reprint Series der B.F. Skinner Foundation 1957, hier S. 15.

24 Ebd.

25 Ebd., S. 17.

gungsort der Experimente ist eine Variante der berühmten Skinner-Box (Abb. 1). In einem Käfig wird in etwas höherer Stellung ein Schlüssel angebracht, während unten eine Futterluke zu sehen ist.²⁶ Der Raum, in den eine Taube hineingeht, ist beleuchtet. Beim Picken nach dem Schlüssel kommt aus der Luke Futter heraus, was je nach Anordnung in verschiedenen Zeitabständen oder in Kombination mit anderen Reizen geschehen kann.

Abbildung 1: Elektromechanisch automatisierte Version der Skinner-Box



Fester, Charles B./Skinner, Burrhus F.: »Schedules of Reinforcement Learning.« Cambridge, MA. Online-Reprint Series der B.F. Skinner Foundation 1957, hier S. 23.

Festers und Skinners Version eines »Deep Learning« sieht Experimente mit der Dauer von bis zu fünfzehn Stunden vor. Dabei ist die Schlüsselvorrichtung mit einem Zähler für Kontaktfrequenz und einem Zeitmesser für die Intervalle zwischen dem Eintreten in die Box und dem Beginn des Pickens

26 Ebd., S. 27.

versehen. Um auch bei Abwesenheit des Laborpersonals die Fortdauer der Untersuchung zu gewährleisten, wird die gesamte Box mit einem elektrischen Kreislauf versehen, über den vom Licht bis zur Futterluke alles durch Kontaktstellen und Relaisvorrichtungen gesteuert wird.²⁷ Bei einer derart minutiösen und automatisierten Versuchsdurchführung gerät das Forschungsobjekt fast in Vergessenheit. Dabei ist gerade die Taube Dreh- und Angelpunkt einer systeminternen Kontingenzt: »But among the physical events occurring in the experimental chamber are the activities of the organism itself. These enter into the contingencies and must be specified as part of the animal's environment.«²⁸ In einem Umweltmodell, in dem zu den zufällig gesetzten Stimuli auch unvorhersehbare Aktionen verzeichnet werden, drängt sich die Frage auf, welche Verhaltensänderung welchem Stimulus bzw. welcher Stimulusfolge – wenn überhaupt – entspricht, oder mit den Worten der beiden Behavioristen: »We deal with a response both as an activity of the organism and as part of a series of events affecting the organism as a stimulus«.²⁹

Diese Ko-Existenz von gestiegener Kontingenzt und einer problematischen Zuschreibung der Umweltstimuli, die ein zielorientiertes Verhalten verstärken oder schwächen könnten, ist die in die Skinner-Box verlagerte Problematik einer Relation zwischen dem Umweltmodell des Experimentators und dem Umweltmodell der Taube. Um zu wissen, welcher Reiz bei einem Tier welches zielorientierte Verhalten auslöst, ohne auf eine Pavlov'sche Konditionierbarkeit zurückzugehen, müsse der Reiz selbst mit einer in den Versuch verbauten Kontingenzt gekoppelt werden. Diese gesteuerte Kontingenzt der restringierten Handlungsmöglichkeit wird zu einem Interface, an dem der Lerneffekt durch »reinforcement« sicht- und messbar werden soll. Genau diese Gestaltbarkeit eines Interfaces für den sichtbaren Vergleich heterogener Umweltentwürfe ist es, die sich sowohl auf normativ gerahmte Alltags- wie auch Spielsituationen übertragen lässt. Solche Interfaces können Objekte, Hindernisse oder eben Verkehrszeichen darstellen, wie Skinner in seinem späteren Buch »About Behaviorism« betont:

27 Dabei werden die Zeitpunkte der Futterausschüttung sowie die Intervalle zwischen den Kontakten der Taube mit dem Schlüssel gemessen und per Stift auf einem Papierstreifen notiert. Die Relais sind so verschaltet, dass das Licht der Box sowie das Licht am Schlüsselhalter nur manuell ausgemacht werden kann (vgl. ebd., S. 25-27).

28 Ebd., S. 19.

29 Ebd.

But we can also arrange that a particular object will be seen by establishing contingencies which can be met only by responding to it. Traffic signs are designed to be easily seen, but we see them or ignore them largely because of the contingent consequences. Measures of this sort are often said to increase a person's awareness, or to expand his mind or consciousness, but they simply bring him under more effective control of his environment.³⁰

Wenn die verbaute Kontingenz zu einem indirekten Steuerungstool für die Handlungen von Agent:innen wird, dann ließen sich nach behavioristischer Logik auch Lerneffekte beobachten, deren einzige Quelle eben diese Stimuli einer unterkomplex modellierten Umwelt sind, die nach Bedarf von Taubenkäfigen bis hinein in Verkehrssituationen zu skalieren wäre. Weder ein »mind« noch eine »consciousness« seien hierzu notwendig, sondern die Idee eines steuerbaren Verhaltens durch die Anordnung von Kontingenz im Experiment.³¹ Dies ist allerdings keine Epistemologie, die sich auf Grundlage eines Spiels entwickelt, sondern in der Spannung von experimentellen Umweltkonstruktionen und einer Agency von Tieren liegt, deren nicht bekanntes Umweltmodell mehr und mehr nach außen – auf Objekte, Hindernisse oder Verkehrszeichen – verlagert und dort materialisiert wird.

4. Reinforcement Learning als Modell des Machine Learning

Das vorige Zitat von Skinner verdeutlicht, wie sich durch eine Setzung begrenzter Handlungsmöglichkeiten Effekte des »reinforcement« generieren lassen, ganz gleich, ob die Ursache hierfür der Organismus, das Gehirn oder ein Ereignis in der Umwelt ist. Diese Episteme der Minimalbedingungen wird im Machine Learning (ML) der 1980er Jahre wieder aufgenommen. Das RL des ML geht ebenfalls wie der Behaviorismus von diskreten Zuständen aus (*states*), die sich dem/der Agent:in in Form von Stimuli mitteilen. Dabei gilt es, Entscheidungen zu treffen (*actions*), die zu einer Belohnung oder Vermeidung von Strafen (*reward function*) führen, wobei das übergeordnete Ziel

30 Skinner, Burrhus F.: About Behaviorism, New York: Vintage Books 1974, S. 37.

31 Zur Bedeutung dieses kognitionsarmen Lernmodells für die Maschinen in der frühen Kybernetik siehe Pickering, Andrew: The Cybernetic Brain. Sketches of Another Future. Chicago und London: Chicago University Press 2008, sowie Müggenburg, Jan: Lebhaftes Artefakte. Heinz von Foerster und die Maschinen des Biological Computer Laboratory, Konstanz: Konstanz University Press 2018.

die Maximierung dieser Belohnung ist (*goal* oder *value function*). An die Stelle einer Beobachtung des Lernverhaltens tritt nun die Verhaltensoptimierung von zielorientierten Agent:innen. Was Fester und Skinner mit den »schedules of reinforcement« untersuchen wollten, nämlich die Folge der Einsicht, dass nur auf die wenigsten Stimuli eine direkte Aktion erfolgt, wird im ML zum zentralen Dreh- und Angelpunkt für die Entwicklung von Algorithmen. Dieser Punkt liegt in der zeitkritischen Variable, wie viel Erfahrung zur optimalen Entscheidung reicht und wieviel von der unbekanntem Umwelt noch erforscht werden muss (*exploiting and exploring*).

RL-Modelle des ML gehen von einer indeterminierten Umwelt für den/die Agent:innen aus, der/die ihr eine explorative und »hedonistische« Einstellung gegenüber einnehmen.³² Diese Kombination wird als *trial-and-error*-Verfahren bezeichnet. Während in den psychologischen Experimenten von Fester und Skinner kein Organismus angenommen wurde, der eine bestimmte Lernfähigkeit ermöglicht, sondern nur ein Lernverhalten beobachtet wurde, muss im ML ein Verfahren gefunden werden, mit dem die vergangenen Zustände im Angesicht des aktuellen Zustandes bewertet werden können, oder anders: Lernen bedeutet hier, die Wahrscheinlichkeit zu maximieren, dass nach der nächsten Entscheidung die bestmögliche Belohnung folgt, eben weil die vergangenen für die Optimierung möglicher Entscheidungen betrachtet werden sollen.³³ Dies impliziert eine adäquate Gewichtung der vergangenen Entscheidungen, ein durchgängiges Problem der KI, das Marvin Minsky bereits 1961 als »Credit Assignment Problem« bezeichnet. Man stelle sich ein Schachspiel vor, bei dem man immer wieder auf eine durch den Gegner veränderte Umwelt reagieren muss und in der ca. eine Million Züge zum gewünschten Sieg führen. Könnte man nun, so fragt Minsky, eine Millionstel des Verdienstes jedem gemachten Zug zuschreiben?³⁴

Intuitiv sagten sich auch die Vertreter der frühen KI – Nein! Aber wie im Falle von Minsky lösten sie das Problem, indem sie der Komplexität der Weltprobleme eine Komplexität der Rechner- bzw. Hirnarchitektur entgegenstell-

32 Sutton, Richard/Barto, Andrew: Reinforcement Learning. An Introduction, Cambridge: MIT Press 1998, S. 21.

33 Kaelbling, Leslie P./Littman, Michael L./Moore, Andrew W.: »Reinforcement Learning: A Survey«, in: Journal of Artificial Intelligence Research 4 (1996), S. 237-285, hier S. 239.

34 Minsky, Marvin: »Steps Towards Artificial Intelligence«, in: Proceedings of the IRE 1 (1961), S. 8-30, hier S. 20.

ten, die auf die eingehenden Informationen eine adäquate Problemlösungsstrategie entwickeln sollte.³⁵ In den 1980er Jahren, als das RL im Zuge des ML wieder aufkam, waren Fragen der logisch hergeleiteten Problemlösung nicht mehr maßgebend, sondern die stochastisch ermittelte Gewichtung von Daten aus der Umwelt, die über Sensoren eingehen. Denn es ist unerheblich, welches Element der Operationskette welchen Anteil an der richtigen Entscheidung hat, solange der/die Agent:in in der Erwartung verbleibt, dass seine nächste Aktion die Belohnung maximieren könnte.³⁶ Folglich grenzt sich das RL von anderen ML-Verfahren wie dem Supervised Learning ab, in denen bestimmte Input/Output-Paare vorgegeben sind oder eine Vollzugsweise von Aktionen einprogrammiert ist.³⁷ Es trägt noch jenen Beobachtungscharakter einer Kopplung von Agent:in und Umwelt, die sich in der Episteme eines Verhaltensexperimentes ausdrückt, wie es von Pavlov und Skinner konstituiert wurde. Zugleich wird die Komplexität der Welt nicht mehr durch ein hierarchisch geordnetes Problemlösungsverfahren in die/den Agent:innen eingeschrieben, sondern in einen stochastisch ermittelten Erwartungshorizont verlagert, dessen Berechnung jeder Aktion zugrunde liegen muss.

Was geschieht mit solchen ML-Modellen in der Anwendung auf Verkehrssituationen? Dazu wird abschließend weniger der technische Aspekt im Vor-

35 Als konkretes Beispiel für solche Zuschreibungsprobleme führt Minsky Programme an, die in mehrere Subroutinen aufgeteilt sind. Subroutinen sind zueinander als auch untereinander hierarchisch geordnet und repräsentieren die Aufteilung von hoch- und niedrigstufigen Aufgaben im Programm. Minsky liest den Aufbau der Subtoutinen im Programm häufig isomorph zum Aufbau des Gehirns, wobei er »Intelligenz« eher als eine ästhetische Frage von Problemlösungsstrategien bezeichnet und nicht als spezifisch kognitive Eigenschaft. Folglich ist der zentrale Begriff für ihn »heuristics« und nicht »intelligence« (ebd., S. 27).

36 Mathematisch lässt sich dies mit dem Markov-Entscheidungsproblem lösen. Die Verfahren von Markov-Ketten oder auch Markov-Eigenschaften werden angewandt, um einen stochastischen Wert in einem aktuellen Zustand für einen zukünftigen Zustand zu erhalten. Im RL-Beispiel ist es für die/den Agent:in die Frage, ob eine Information aus der Umwelt zum Zeitpunkt t eine Markov-Eigenschaft hat, d.h., ob es eine mögliche Belohnung in $t+1$ gibt. Um dies stochastisch zu bestimmen, werden die jetzigen Informationen sowie alle ähnlichen Entscheidungssituationen betrachtet, um die Wahrscheinlichkeit einer Belohnung (oder Bestrafung) für den nächsten Zeitpunkt zu bestimmen. Zu rekursiven Funktionen und Markov-Ketten siehe auch Ofak, Ana/von Hilgers, Philipp: »Einleitung«, in: dies. (Hg.): Rekursionen. Faltungen des Wissens. München: Fink 2010, S. 7-21.

37 L.P. Kaelbling/M.L. Littman/A.W. Moore: »Reinforcement Learning«, S. 239.

dergrund stehen, ob solche Modellierungen bewerkstelligt und performt werden könnten. Stattdessen wird dargelegt, dass das RL nicht unabhängig von seiner Experimentalgeschichte und der dortigen Steuerung von Kontingenz betrachtet werden kann, will man die Popularität, aber auch die fraglichen Konsequenzen des RL-Modells für autonome Fahrssysteme nachvollziehen.

5. Policy-Design und Skalierung: Reinforcement Learning für autonome Autos

RL-Modelle werden seit den 2010er Jahren verstärkt zum Trainieren von neuronalen Netzwerken eingesetzt. Es kann und soll hier keine vollständige Darstellung der RL-Anwendungen für autonome Autos erfolgen, sondern das Argument ausgeführt werden, dass trotz der Hinzunahme von neuronalen Netzwerken spezifische Probleme des RL bleiben, die nicht technischer, sondern epistemologischer Art sind. Für den Einsatz autonomer Autos betrifft dies die Handlungsstrategie (*policy*) und die Skalierbarkeit der Ergebnisse. Besondere Aufmerksamkeit wird dem RL-Modell seit einer Publikation zuteil, die unter dem Titel »Human-level control through deep reinforcement learning« von einem Deep Neural Network-Test an 49 Atari-Spielen berichtet.³⁸ Auch wenn es im Fazit dieses Textes heißt, dass das Deep Neural Network in den meisten Fällen besser abschneidet als alle bisher genutzten Algorithmen und das Score-Niveau eines professionellen Spieltesters erreicht, so wird zum Ende des Artikels doch festgehalten, dass so genannte »temporally extended planing strategies« immer noch eine große Herausforderung für das RL-Modell darstellen.³⁹ Für die ML-Community war dies zugleich der Anreiz, Lösungen für die besagten Planungsstrategien zu entwerfen. Hierdurch wurde neben dem Pärchen von Zuständen und Aktionen (*state-action pairs*) ein weiterer Faktor entscheidend – die Handlungsstrategie, auch *policy* genannt. Mit Hilfe der *policy* soll der/die Agent:in lernen, nicht der nächsten Erwartung auf Belohnung zu folgen, sondern unmittelbare Belohnungen bis zu einem bestimmten Grad zurückzustellen, um noch mehr Informationen über die Umwelt sammeln zu können.⁴⁰ Die Frage der *policy* läuft somit auf

38 V. Minh et al.: »Human-level Control«.

39 Ebd., S. 532.

40 Dies war bereits in den späten 1980er Jahren ein zentrales Forschungsthema in der ML-Community. Das Problem hierbei ist, wie ein(e) Agent:in nach einer optimalen Ent-

eine Simulation der »schedules of reinforcement« hinaus, mit denen Charles Fester und Burrhus F. Skinner erforschten, wie sich ein Verhalten über einen längeren Zeitraum im Experiment einstellt, wenn unmittelbare Reizquellen selten eine direkte Aktion beim Tier auslösen.

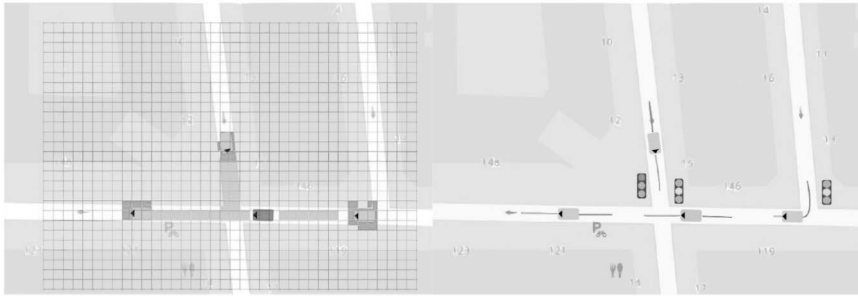
Während Fester und Skinner aber rigoros die Frage ausklammern, welche Sinnesdaten die Taube über welche Organe empfängt, ist dies für Konstrukteur:innen autonomer Autos mit Blick auf das Sammeln und Sampeln ihrer Daten von großer Relevanz. So wird zwischen zwei Informationen unterschieden, dem *state space* (Position, Richtung, Abstand zu anderen Autos etc.) und der *vehicle control* (Fahrwinkel, Brems- und Beschleunigungsverhalten, Schätzung der eigenen Bewegung und der benachbarten Autos).⁴¹ Bewegungen in der Nähe des Autos werden sensorisch aufgegriffen (Lidar, Radar) und im Simulationsmodus in 2D-Ansichten übersetzt, um zu zeigen, wie das Auto seine Umwelt »wahrnimmt«. Eine solcher Ansichten ist das so genannte *occupancy grid*, eine 2D-Perspektive, bei der ein Gitternetz um das Auto gelegt wird, um den direkten Einflussbereich sowie angrenzende semantische Informationen zu visualisieren (vgl. Abb. 2). Ein Blick auf dieses Gitter drängt vor dem hier erläuterten Hintergrund den Eindruck auf, dass die autonomen Agenten im Straßenverkehr ihren virtuellen Käfig selbst mit sich herumfahren.

Der Grid als virtueller Käfig dient hier nicht nur einer Metaphorik. Bedenkt man das *policy*-Problem in variierenden Umwelten, so verdeutlicht sich damit der Anspruch an RL-Algorithmen, eine gesunde Balance zwischen der Erforschung der Umwelt und der belohnungsmaximierenden Entscheidung zu treffen. Es liegt hierbei nahe, dass in einer dynamischen Umwelt mehrere *policies* notwendig werden, je nachdem, ob man einparkt, überholt oder im Stau steht. Wie und aus welchen Stimuli solche adaptiven *policies* berechnet und damit auch in eine Aktion gewandelt werden, ist ein aktuelles Thema in der Forschung zu Lernalgorithmen. Die Ansätze variieren dabei von deterministisch orientierten *policies*, die einem *supervised learning* ähneln, bis hin

scheidung nicht bei ähnlichen Situationen genauso handelt, ohne die Umwelt weiter abzutasten. Dies setzt einmal voraus, dass frühere Zustände in die Berechnung mit einfließen, sowie eine Funktion, die vermeidet, dass alle ähnlichen Situationen zu einer gleichen Vorhersage führen (die so genannte *discount rate*). Generell spricht man von »Methods of Temporal Differences« für die Vorhersagen nach auswirkungsreichen Entscheidungen. Siehe dazu Sutton, Richard: »Learning to Predict by the Methods of Temporal Differences«, in: Machine Learning 3 (1988), S. 9-44.

41 R. Kiran et al.: »Deep Reinforcement«, S. 1.

Abbildung 2: Das so genannte »occupancy grid« aus einer computersimulierten Vogelperspektive



Ravi Kiran, B./Sobh, Ibrahim/Talpaert, Victor et al.: »Deep Reinforcement Learning for Autonomous Driving: A Survey«, arXiv:2002.00444v2 [cs.LG], 23. Januar 2021, S. 10.

zu Algorithmen, die vor jeder Entscheidungsfindung die letzten Erfahrungen stochastisch neu auswerten und daraufhin erst den Belohnungswert für jede mögliche Aktion neu berechnen.⁴² Im Kern steht dabei ein Designproblem von Algorithmen, das sich in jeglicher Hinsicht sozial niederschlägt. Denn je größer das Sampling ausfällt, also die Auswahl der entscheidungsrelevanten Zustände, umso enger ist der Spielraum an möglichen Handlungsstrategien (*policies*), die in diesem Zeitraum abgerufen werden können.⁴³

Folglich ist die Frage des Datensamplings vergleichbar mit Skinners Idee einer Steuerung von Kontingenz durch den Einsatz gewählter symbolischer Stimuli. Auch wenn die Quantität und der Abstraktionsgrad in den Trainingsdaten eine andere induktive Grundlage darstellen als es in den Verhaltensexperimenten von Skinner der Fall ist,⁴⁴ liegt dennoch dieselbe epistemische

42 Eine solche Variante ist die »Actor-Critic-Method«, wobei *Critic* hier bedeutet, dass nach jeder Entscheidung auf Grundlage der vergangenen Entscheidungen (und ihrer Vorhersagen) neu bewertet wird, ob der Zielwert, also das Maximum an Belohnungen, erhöht wurde oder nicht. Actor-Critic-Methoden sind häufig Formen eines *unsupervised learning*, bei dem die optimale *policy* durch die Erforschung der Umwelt errechnet und später iterativ angepasst werden soll. (vgl. Ravi Kiran et al.: »Deep Reinforcement«, S. 4-5).

43 Ebd., S. 12; Shalev-Shwartz et al.: »Safe, Multi-Agent«.

44 Was sich noch durch den Umstand vertiefen ließe, dass für das Sampling auch die Daten anderer autonomer Autos hinzugezogen werden können. Das Updaten der Fahrsoftware geschieht auf Grundlage von Datensätzen, die aus allen autonomen Au-

Idee einer Steuerung von Kontingenzen durch mögliche, diskretisierte Entsprechungen von Zustand und Aktion zugrunde. Skinners Beispiel der Ampel als Umweltstimuli, deren Wirkung auf unser Verhalten auch ohne die Annahme eines Bewusstseins zu erklären wäre, versinnbildlicht die Modellierung des Verhaltens durch die Steuerung von Kontingenzen in diskretisierten Zuständen. Ob eine normative Ordnung des möglichen Verhaltens nun wie im *supervised learning* vorgegeben wird oder ob sie sich einer induktiven Logik folgend aus den Samplings generiert, ist dabei zweitrangig. Wissenschafts- und medienhistorisch betrachtet, verbleibt das RL-Modell in der Zuordnung von *state-action*-Pärchen, in der Beobachtung individuellen Verhaltens in Umwelten mit einer modifizierbaren Komplexität. Ob nun das Gehirn, das Nervensystem oder die sensorischen Daten für das Verhalten ausschlaggebend sind, ob ein *supervised* oder ein *unsupervised learning* in Kombination mit dem RL angewandt wird, bleibt eine Folgefrage. Was in diesen Konstellationen hervortritt, ist die verhaltenspsychologische Grundkonstante, eine(n) individuelle(n) Agent:in gegenüber einer Umwelt zu positionieren, in der sich die Kontingenzen steuern lässt, so dass das Verhalten der/des Agent:in vorhersagbar wird. Es geht nicht darum, die experimentellen Möglichkeiten der Verhaltensprädiktion zu verkennen, sondern darum, dass bei jeder Anwendung des RL-Modells die eins-zu-eins-Situation einer Welterschließung vorherrscht. Der virtuelle Käfig, den die autonomen Autos in den Simulationen durch die Straßen fahren, entspricht einer ungewollten Versinnbildlichung der Pavlov'schen Ausgangssituation – als wäre einer seiner Hunde nun auf der Fahrbahn!

Ein letztes Argument, dass das RL-Modell nicht nur besonders adaptiv für Individualitätskulturen wie die Automobilität macht, sondern auch für den Vergleich mit Menschen, ist die Skalierbarkeit. Das sich vom Verhalten eines autonomen Autos auf mehrere Tausend Fahrer:innen skalieren lässt, ist mehrfach beschrieben worden.⁴⁵ Es gehört aber ebenso zu einer Eigenschaft des RL-Modells, dass es gleich mehrere Migrationen in andere wissenschaft-

tos in eine Cloud des Herstellers Eingang finden. Dies bedeutet auch, dass ein Fahrfehler für das Fahrverhalten aller anderen Autos relevant werden könnte. Etwas emphatisch wird in diesem Kontext denn auch gleich von einem »fleet learning« gesprochen, siehe dazu J. Stilgoe: »Machine learning«, S. 35 sowie den Text von Jan Distelmeyer in diesem Band.

45 Vgl. J. Stilgoe: »Machine learning«, S. 35 sowie den Text von Jan Distelmeyer in diesem Band.

liche Disziplinen erfahren hat – allen voran in die Neurowissenschaften.⁴⁶ Die Frage nach einer Optimierung der Lernalgorithmen ist dabei das verbindende Glied. So wurde eine Trainingsvariante für rekurrente neuronale Netzwerke konzipiert, die als »slow RL« nicht mehr auf ein anwendungsspezifisches Verhalten ausgerichtet sein soll, sondern über Tage ein eigenes Lernverhalten aus einem großen Sampleumfang generieren soll.⁴⁷ Anhand dieses Vorgehens, bei dem Schichten von Netzen wieder in die nächste Berechnung Eingang finden, sollen die entsprechenden Gewichtungen der Netzwerke vom Algorithmus selbst erlernt werden. Die/der Agent:in führt damit nicht mehr ein RL-Modell im strengen Sinne aus, das auf eine Aktion hinausläuft, sondern nur noch ein antrainiertes Lernverhalten, das für eingehende Zustände angepasst werden muss.

Gerade solche Verfahren sind in den Kognitionswissenschaften euphorisch aufgenommen worden. Unter dem Terminus des »Meta-RL« verknüpfen sich Fragen nach den Lernstrategien von Tieren und Menschen, nach episodischen Mustern und abrupten Einschnitten von Erfahrungen. Lernen wird demnach zu einer fortlebenden Abfolge von *policies* des Lernens, in denen »one RL algorithm gives birth to another, and hence the moniker »meta-RL«.⁴⁸ Die Idee, »Deep RL« auch zum Vergleich für menschliches Lernverhalten zu verwenden, ist von hier aus nicht mehr weit. Und mehr noch, selbst das Bias-Problem aller psychologischen Verhaltensexperimente, in denen das Lernverhalten zu stark vom Datensample abhängig wäre, könne durch die Methode des »meta-RL« untersucht und unterbunden werden.⁴⁹ Dies verdeutlicht, dass es sich beim RL nicht nur um ein aktuelles Modell für das Trainieren neuronaler Netze handelt, sondern dass es mit seinem wissenschaftshistorischen Hintergrund eine doppelte Skalierbarkeit mitbringt – einmal vom Individuum hinauf auf ein allgemeines Lernverhalten, aber auch von einer tech-

46 Zur Adaption des RL-Modells in den Neurowissenschaften und ihren Subdisziplinen wie der Neuroökonomie, siehe Kasprovicz, Dawid: »Zwischen Fruchtfliege und Global Player. Zur neuroökonomischen Modellierung des Lernverhaltens«, in: Johann S. Ach/Beate Lüttenberg/Alexa Nossek (Hg.): *Neuroimaging & Neuroökonomie: Grundlagen, ethische Fragestellungen, soziale und rechtliche Relevanz*, Münster: Lit-Verlag 2016, S. 149-166.

47 Duan, Yan/Schulmann, John/Chen, Xi et al.: »Fast Reinforcement Learning Via Slow Reinforcement Learning«, in: arXiv:1611.02779v2 [cs.AI], 12.2.2021.

48 Botvinick, Matthew/Ritter, Sam/Wang, Jane X. et al.: »Reinforcement Learning, Fast and Slow«, in: *Trends in Cognitive Sciences* 29/5 (2019), S. 408-422, hier S. 413.

49 Ebd., S. 418.

nischen auf eine biologisch-kognitionswissenschaftliche Fragestellung (und andersherum). Diese Flexibilität ist aber aus der minutiösen Einführung von Kontingenzpotentialen entstanden, deren Steuerungstechniken sich wissenschaftshistorisch nachzeichnen und vergleichen lassen. Erst vor dem Hintergrund solcher Rekonstruktionen kann die Migration von Modellen wie dem RL kartographiert werden, ohne eine Kontinuität oder gar Linearität in den historischen Anwendungsszenarien zu postulieren.

Demnach lässt sich die Variabilität des RL nicht erst aus einer spezifischen Formalisierung herleiten, die mit dem Computerspiel oder dem ML eingetreten wäre. Ihr liegt eine für die Experimentalkultur wesentliche Situation zugrunde, das individuelle Verhalten in einer geschlossenen Umwelt zu untersuchen, deren Kontingenz von außen gesteuert wird. Die Idee, ein Lernen als Sukzession von Zustands-Aktion Folgen oder ihren Unterbrechungen zu lesen, ebenso wie die Les- und Modifizierbarkeit der *policies*, erstrecken sich entlang der Settings von Pavlov, Skinner, den ML-Anwendungen sowie ihren datenintensiven Formen beim Trainieren von neuronalen Netzwerken für autonome Autos. Solche medien- und wissenschaftshistorischen Grundlagen von Modellen und ihre Mediationsleistungen stehen noch am Anfang,⁵⁰ wenn es darum geht, ihre Wechselwirkungen mit den aktuellen Methoden im ML aufzuzeigen. Besonders die auch für autonome Autos zentrale Frage nach den »high dimensional environments« wäre wissenschafts- und medienhistorisch darauf zu befragen,⁵¹ wie in den diversen Experimental- und Simulationskulturen Kontingenz eingeführt und gesteuert wird. Die hier dargelegten Beispiele anhand des RL-Modells für autonome Autos haben auch verdeutlicht, dass die Modelle selbst eine soziale Dimension haben, die einmal einen wissenschaftshistorischen Ursprung hat und zum andern ein Verkehrsverständnis der individuellen Mobilität mitbefördern. Dabei stehen sich diese beiden Aspekte des wissenschaftshistorischen Ursprungs und der sozialen Implikation nicht getrennt gegenüber. Sie bedingen einander, zumal das Wissen des RL primär auf ein Selbst-Welt-Verhältnis ausgelegt und somit geeignet ist für Modelle automatisierter Fahrzeuge, die für oder mit ihrer/ihren Fahrzeughalter:innen entscheiden sollen.

50 Morgan, Mary S./Margaret Morrison (1999): »Models as mediating instruments«, in: dies. (Hg.): *Models as mediators*, New York: Cambridge University Press, S. 10-37.

51 Ravi Kiran et al.: »Deep Reinforcement«, S. 1.

6. Schluss

Ich habe dargelegt, dass der Übergang von Computerspielwelten in Verkehrswelten bei der Anwendung von ML-Verfahren mehr als eine neue technische Komplexitätsstufe impliziert. Das dabei formulierte Kernproblem, die adäquate zeitkritische Entscheidung und Vorhersage in unbekanntem Umwelten durch autonome Autos zu optimieren, eröffnet ein epistemisches Feld, das nicht allein computerwissenschaftlicher Provenienz ist. Es referiert auf eine wissenschafts- und medienhistorisch nachhaltige Kultur der Verhaltensexperimente mit lebenden Wesen und den zahlreichen Modi der Umweltmodellierung. Zwei Punkte habe ich für das experimentelle Verhältnis von individueller/m Agent:in und Umwelt hervorgehoben, die den heutigen RL-Modellen für autonome Autos zugrunde liegen. Zum einen die Techniken zur Steuerung von Kontingenz in Experimenten und Simulationen, die stets auf einen sichtbaren, lerneffektiven Verlauf der Aktionen zurückbezogen werden müssen. Ohne diesen Rückbezug, also die Zuordnung von Zustands- und Aktions-Pärchen, wird jede Vorhersagbarkeit über das Verhalten gefährdet. Gerade dieses Prädiktionsversprechen aber ist es, dass sich sowohl durch die experimentalphysikalischen Versuche als auch durch die computerwissenschaftlichen Modelle des RL zieht und damit nachweislich zeigt, dass das Problem der Zurechenbarkeit von Stimuli und Aktion in der Modellgeschichte des RL selbst angelegt ist und nicht erst ab einer bestimmten Komplexitätsstufe eintritt. Unabhängig von jeder Spielelogik oder Gamifizierung sind ML-Modelle wie das RL damit Produkte einer Experimentalkultur und ihrer inhärenten, induktiven Logik. Hinzu kommt der auf ein Selbst-Welt-Verhältnis reduzierte Kern des RL, der aus solchen Experimentalkulturen herzuleiten ist. Dieser hat nicht nur eine technische Implikation, wenn per Software das optimierte Verhalten eines autonomen Autos auf alle anderen übertragen werden kann, sondern auch eine soziale. Modelle wie das RL eignen sich besonders für eine individualisierte Mobilitätskultur, in der nicht nur Fahrer:innen, sondern auch Konsument:innen, Infrastrukturen und Markterwartungen zusammengehen. Die sozialen Gründe für die Attraktivität des ML speisen sich nicht aus ihren Erfolgen im Kontext von Computerspielen, sondern aus einem epistemischen Kern, der zutiefst in einer Kultur der Verhaltensexperimente und ihrer Episteme des Komparativs liegt. Autonome Autos als Anwendungen des ML sind damit repräsentativ für weitere Fallbeispiele, in denen die medien- und wissenschaftshistorische Bedeutung der Modelle und ihrer

Mediationen erst hinter den aufmerksamkeitskonzentrierenden technischen Verfahren freigelegt werden muss.

Simulierte Unfälle

Testfahrten autonomer Autos

Hannah Zindel

»Dann schnallen Sie sich an und legen Sie los! Die Simulation wirkt übrigens sehr echt!«

(Die simulierte Simulation, in: Walt Disneys lustiges Taschenbuch Nr. 236, S. 123)

Simulationen gelten als Schlüssel zur Entwicklung autonomer Fahrzeuge. Sie erlauben sicheres, schnelles und preiswertes Testfahren.¹ »Without a robust simulation infrastructure«, so spitzt es eine Autoversicherung zu, »there is no way you can build higher levels of autonomy into vehicles«.² Früh auf Testfahrten in Simulationen hat die US-amerikanische Firma Waymo gesetzt, die 2009 als *Google self-driving car project* startete. Anfang 2020 gab sie bekannt, dass ihre Fahrzeug-Flotte nicht nur Millionen Testmeilen auf öffentlichen Straßen, sondern auch Milliarden in Computersimulationen zurückgelegt hat.³

Der vorliegende Aufsatz nimmt das simulierte Testfahren autonomer Autos aus medienwissenschaftlicher Perspektive in den Blick. Im Fokus steht die

-
- 1 Hunsley, Jack: »Why simulation is the cornerstone of autonomous vehicle development«, in: *Automotive World* vom 30.04.2020, <https://www.automotiveworld.com/articles/why-simulation-is-the-cornerstone-of-autonomous-vehicle-development> vom 04.04.2021.
 - 2 Sunil Chintakindi zit.n. Madrigal, Alexis C.: »Inside Waymo's Secret World for Training Self-Driving Cars«, in: *The Atlantic* vom 23.08.2017, <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/08/inside-waymos-secret-testing-and-simulation-facilities/537648> vom 04.04.2021.
 - 3 Wiggers, Kyle: »Waymo's autonomous cars have driven 20 million miles on public roads«, in: *The Machine. Making Sense of AI* vom 06.01.2020, <https://www.venturebeat.com/2020/01/06/waymos-autonomous-cars-have-driven-20-million-miles-on-public-roads> vom 04.04.2021.

Frage, wie Techniken und Praktiken des Testfahrens fahrer:innenloser Fahrzeuge Konzepte von Verkehr und Mobilität prägen. Ausgehend von Waymo wird nachgezeichnet, wie sich Werkzeuge des Überprüfens zu Medien der Stabilisierung eines bestehenden automobilen Systems wandeln, das soziale Praktiken und öffentliche Räume fragmentiert.⁴ Der Waymo-Driver, das Testgelände *Castle* und die Computersimulation *Carcraft* unterlaufen binäre Trennungen in menschliche und maschinelle Fahrer:innen, reale und virtuelle Straßen. An ihre Stelle tritt ein in zahlreichen Test-Loops aus Menschen und Maschinen, Infrastrukturen und Algorithmen gewebtes Gefüge. Simulationen auf Testgeländen und mit Computermodellen, so zeigt dieser Aufsatz, sind eine medientechnische Voraussetzung, Verkehr als permanentes Krisenszenario sicht- und operationalisierbar zu machen. Mit den simulierten Unfällen wird Mobilität von ihren Störungen her konzipiert und autonome Autos werden selbstreferentiell als technische Lösung dieser Krise präsentiert. Dabei verschiebt das autonome Fahren nicht nur den epistemischen Status des Unfalls,⁵ sondern ebenso jenen der Praktiken und Techniken des Testfahrens.

Skripte, Stories, Zukünfte

Seit 2009 arbeitet Alphabet, née Google, an Technologien zum autonomen Fahren.⁶ Nachdem erst die Überwindung längerer Distanzen im Vordergrund stand, bildete das Navigieren in Straßennetzen die zweite Herausforderung. Ab 2015 fuhren knapp drei Jahre lang 70 von Google selbst konstruierte elektrische Autos vom Modell *Firefly* durch Mountain View, wo sich Alphabets Hauptsitz befindet. Ende 2016 gliederte das Unternehmen das damalige *Google self-driving car project* in die Tochterfirma Waymo aus. Diese verlegte sich vom Bau eigener Autos auf die Entwicklung von Hardware und Software für Autohersteller. Waymo hat seitdem autonome Fahrzeuge in über 25 Städten in den USA getestet, vor allem in Kalifornien und Arizona.⁷ Im Oktober 2020 erreichte das Unternehmen ein wichtiges Ziel: In Phoenix begannen auto-

4 Vgl. Urry, John: »The ›System‹ of Automobility«, in: *Theory, Culture & Society* 21/4-5 (2004), S. 25-39, hier 27-28.

5 Vgl. Virilio, Paul: *Der eigentliche Unfall*, Wien: Passagen 2009; Sprenger, Florian: »Learning by Crashing. Unfälle autonomer Autos«, in: *Merkur* 853 (2020), S. 44-55.

6 Vgl. Webb, Nick/Smith, Daniel et al.: »Waymo's Safety Methodologies and Safety Readiness Determinations«, in: arXiv:2011.00054 [cs.RO], vom 30.10.2020, S. 4.

7 Vgl. N. Webb/D. Smith et al.: »Waymo's Safety Methodologies«, S. 2.

me Taxis des Modells *Waymo One* Fahrgäste kommerziell zu befördern. Diese Fahrzeuge der Autonomiestufe vier bewegen sich ohne begleitende Testfahrer:innen innerhalb eines begrenzten Gebietes und können per Handy-App genutzt werden.⁸

Da das Probefahren auf öffentlichen Straßen rechtlich und ethisch nicht unproblematisch ist,⁹ trainiert Waymo seine Fahrzeug-Flotte zudem in einem Testdorf und einer Computersimulation. »Waymo's Secret World« nennt der Journalist Alexis C. Madrigal diese beiden Übungsumgebungen. Bei Waymo heißen sie *Castle* und *Carcraft*. Die ›geheime Welt‹ ebenso wie die Anspielungen auf eine Festung und das Computerspiel *World of Warcraft* sind Bezeichnungen, die ein Paradigma von Geheimnis, Einfriedung und Insidertum nahelegen, auf das ich aus methodischen Gründen vorab eingehen möchte. Einerseits ist es für firmenexterne Personen schwierig an Informationen über die Entwicklung von Waymos autonomen Autos zu kommen. Andererseits sind Angaben von Marketing- und PR-Abteilungen jenseits von Firmengeheimnissen strategisch platziert. »We need to acknowledge«, so die Medienwissenschaftler:innen Jennifer Holt und Patrick Vonderau in einer Untersuchung zu Googles Datenzentren, »that many of the operations, standards, and devices we are trying to describe when analyzing digital infrastructure will remain hidden, locked away, or, in engineering terms, ›blackboxed‹, [...] the more technology succeeds, the more opaque it becomes«¹⁰. Dieses Opakwerden von Technologien und digitalen Infrastrukturen wird verstärkt durch ein »medientechnisch bedingte(s) *arcantum*«, eine »Unsichtbarkeit, Unrepräsentierbarkeit und Inkommensurabilität von Algorithmen«.¹¹

8 Vgl. Korosec, Kirsten: »Waymo starts to open driverless ride-hailing service to the public«, in: TechCrunch vom 08.10.2020, <https://www.techcrunch.com/2020/10/08/waymo-starts-to-open-driverless-ride-hailing-service-to-the-public> vom 04.04.2021.

9 Vgl. Matzner, Tobias: »Autonome Trolleys und andere Probleme. Konfigurationen Künstlicher Intelligenz in ethischen Debatten über selbstfahrende Kraftfahrzeuge«, in: Zeitschrift für Medienwissenschaft 21 (2019), S. 46-55.

10 Vonderau, Patrick/Holt, Jennifer: »Where the Internet Lives«. Data Centers as Cloud Infrastructure«, in: Lisa Parks/Nicole Starosielski (Hg.): *Signal Traffic. Critical Studies of Media Infrastructures*, Campaign: University of Illinois Press 2014, S. 71-93, hier S. 74. Die beiden Autor:innen weisen darauf hin, dass Google ihre Interviewanfragen abgelehnt hat.

11 Beyes, Timon/Pias, Claus: »Transparenz und Geheimnis«, in: Zeitschrift für Kulturwissenschaften 2 (2014), S. 111-117, hier S. 115. Gerade bei der Arbeit mit Computersimulationen erzählen Entwickler:innen, dass keine:r allein den Überblick über den komplexen und über Jahre gewachsenen und weitergegebenen Code habe.

Wenn im Folgenden *Carcraft* und *Castle* als Orte des Testfahrens autonomer Autos beleuchtet werden, dienen daher Zeitschriftenartikel wie der Madrigals ebenso wie Presse- und Marketingmaterialien von Alphabet aus Gründen der Zugänglichkeit als zentrale Informationsdokumente.¹² Sie erlauben es nicht, technischen Details nachzugehen. Sie als Quellen eines wissenschaftlichen Aufsatzes und einer kritischen Betrachtung zu verwenden, erfordert zudem das Mitdenken ihres Status' als »influential fiction«¹³. Mit dieser Form der Fiktion, so die Architektin Keller Easterling, trennen Unternehmen das, was sie sagen, von dem, was sie machen. Die Soziologin Katharina Manderscheid macht Werbematerialien von Autobauern als »sociotechnical script around the physical technology«¹⁴ explizit. Nicht nur die Fahrzeuge werden in bestimmte Narrative eingebettet, sondern Waymos autonome Autos konstituieren wie alle Verkehrsmittel ebenso spezifische »Raumskript(e)«¹⁵. Die durch die autonomen Autos ge- und beschriebenen öffentlichen Räume werden wie die Autos selbst als »spatial products«¹⁶ hergestellt. Nicht zuletzt formen Presse und Marketing populäre Imaginationen autonomer Autos und damit jene Räume und Akteure, mit denen sie in Wechselwirkung stehen.¹⁷ Jack Stilgoe bezeichnet autonome Autos als »work-in-progress, laden with promise for what it might become«¹⁸.

Waymo arrangiert seine Vermarktungsstrategie um ein Sicherheitsnarrativ. 2020 hat das Unternehmen in zwei Berichten Einblicke in seine »safety methodologies« sowie »safety performance data« gegeben, die als Antwort auf die darin erwähnten Bedenken der Öffentlichkeit gegenüber der Sicherheit autonomer Autos gelesen werden können.¹⁹ Waymo legt darin

-
- 12 Zu vergleichbaren methodischen Herausforderungen vgl. Tobias Matzners Aufsatz in diesem Band, der Texte von Ingenieur:innenkongressen beleuchtet.
 - 13 Easterling, Keller: *Extrastatecraft. The Power of Infrastructure Space*, London/New York: Verso 2016, S. 168f.
 - 14 Manderscheid, Katharina: »From the Auto-mobile to the Driven Subject? Discursive Assertions of Mobility Futures«, in: *Transfers* 8 (2018), S. 29.
 - 15 Nitsch, Wolfram: »Mobile Mediatope. Verkehrsmittel als Medien und Milieus in der französischen Literatur der Gegenwart«, in: *Zeitschrift für Medien- und Kulturtechnik* 2 (2012), S. 151-166 hier S. 151.
 - 16 K. Easterling: *Extrastatecraft*, S. 168f.
 - 17 Vgl. Weber, Jutta/Kröger, Fabian: »Degendering the Driver. Autonomous Driving and the Transformation of Car Cultures«, in: *Transfers* 8/1 (2018), S. 15-23, hier: S. 20.
 - 18 Stilgoe, Jack: »Machine Learning, Social Learning and the Governance of Self-Driving Cars«, in: *Social Studies of Science* 48/1 (2018), S. 25-56, hier S. 26.
 - 19 Vgl. N. Webb/D. Smith: »Waymo's Safety Methodologies«, S. 5.

weniger technische Details offen. Vielmehr prägt und vermarktet es eine Geschichte der Mobilität der Zukunft, die auf Narrativen der Sicherheit basiert: das unfallfreie Auto, der störungsfreie Verkehr und die sichere Stadt. »This philosophy«, so heißt es in einem der Berichte, »provides the foundation for all of our activities, is consistent with having safety at the center of Waymo's corporate culture, and sets the course for Waymo's future«. ²⁰ Die in dieser Philosophie hervortretenden »Imaginationen von Unfall und Sicherheit« ²¹ befragt der vorliegende Aufsatz mit Blick auf den Waymo-Driver, das Testgelände *Castle* und die Computersimulation *Carcraft* im Folgenden hinsichtlich ihrer medientechnischen Voraussetzungen.

Waymo-Driver im Loop

Anfänglich lief das *Google self-driving car project* unter dem Codenamen *Chauffeur*. ²² Die aktuelle Waymo-Flotte wird beworben mit dem Slogan »The World's Most Experienced Driver« ²³. Der »Waymo Driver«, so heißt es auf der Internetseite des Entwicklers, hat den »world's longest and toughest ongoing driving test« absolviert. Die Millionen an Meilen auf öffentlichen Straßen und Milliarden an Meilen in Simulationen entsprechen »hundreds of years of human driving experience«. »With every mile we drive, we never stop learning«, so das Marketing von Waymo.

Eins-zu-eins-Vergleiche von Mensch und Maschine – zugespitzt in den Worten des Waymo-CEO John Krafcik »Wir stellen Fahrer her« ²⁴ – sind zwar anschaulich, reduzieren aber die hinter dem *Waymo-Driver* stehende Komplexität. Doch wer oder was ist dieser *driver*? Mit dem Soziologen John Urry lässt sich ein:e Autofahrer:in als »hybrid assemblage of specific human ac-

20 Ebd., S. 4.

21 Horn, Eva: »Die Zukunft der Dinge. Imaginationen von Unfall und Sicherheit«, in: *Behemoth* 4/2 (2011), S. 26-57.

22 DeBord, Matthew: »A Waymo employee reveals«, in: *Business Insider* vom 24.02.2019, <https://www.businessinsider.com/waymo-employee-explains-how-self-driving-cars-get-voice-2019-2?r=DE&IR=T> vom 04.04.2021.

23 Waymo: »Technology«, <https://www.waymo.com/tech> vom 04.02.2021.

24 Stüber, Jürgen: »Unser Ziel ist nicht, die Autoindustrie zu zerstören«, in: *Business Insider* vom 08.11.2019, <https://www.businessinsider.de/gruenderszene/automotive-mobility/krafcik-waymo-wunder-mobility> vom 04.04.2021.

tivities, machines, roads, buildings, signs and cultures of mobility«²⁵ verstehen. Nicht Autofahrende und Autos als solche sind mit Blick auf komplexe Mensch-Maschine-Interaktionen gegenüberzustellen, sondern »the system of these fluid interconnections«²⁶ zu betrachten. Der *Waymo-Driver* ist ein ADS, ein *automated driving system*. Sowohl beim assistierten als auch beim autonomen Fahren, so haben Göde Both und Jutta Weber dargelegt, verschieben sich Mensch-Computer bzw. Mensch-Roboter-Interaktionen von klassischen Konzepten der Mensch-Maschine-Interaktion, die sich an Master-Slave-Modellen aus der Informatik oder kybernetischen Regelkreisläufen orientieren, zu Konzepten des Menschen als fehlerhaftem Subjekt, das von überlegenen Maschinen unterstützt werden muss.²⁷

Den Vergleich von Mensch und Maschine ein wenig weiter getrieben, muss ein ADS ebenso wie menschliche Fahrer:innen erst eine Fahrschule besuchen, bevor es am Straßenverkehr teilnehmen darf. Allerdings macht es gewissermaßen nie den Führerschein, sondern bleibt ewig Fahrschüler. Denn jede Fahrt ist gleichzeitig eine Lernsituation und jede Lernsituation Teil eines Test-Loops, der bei Waymo an drei Orten stattfindet: in *Castle*, in *Carcraft* und auf öffentlichen Straßen. Mit der »Durchsetzung von *machine learning* im Straßenverkehr«²⁸ wird nicht nur jede Straßenszene in Unterricht verwandelt, sondern ebenso jedes Ereignis auf dem Verkehrsübungsplatz und in den Computersimulationen zur Fahrstunde. Wie diese drei Bausteine ineinander greifen, entscheidet sich je nach Testanforderung. »Testing is not a one and done task«, so das Waymo Team, »but rather a never ending feedback loop that includes structured testing, simulation, and public road operations. [...] we can use either one of these tools or a combination of them«.²⁹ Die Komponenten werden in den Test-Loops vielschichtig miteinander verwebt,

25 J. Urry: »The ›System‹ of Automobility«, S. 26.

26 Ebd., S. 26.

27 Vgl. Both, Göde/Weber, Jutta: »Hands-Free Driving? Automatisiertes Fahren und Mensch-Maschine Interaktion«, in: Eric Hilgendorf (Hg.): *Robotik im Kontext von Recht und Moral*, Baden-Baden: Nomos 2014, S. 171-88, hier S. 7-8. Science Fiction, in denen Maschinen die Weltherrschaft übernehmen und Menschen als Energiequellen züchten, gelten als Zuspitzung dieses Narrativs.

28 F. Sprenger: »Learning by Crashing«, S. 46.

29 Waymo Team: »The Waymo Driver's training regime: How structured testing prepares our self-driving technology for the real world«, in: Waymo Blog vom 10.09.2020, <https://www.blog.waymo.com/2020/09/the-waymo-drivers-training-regime.html> vom 04.04.2021.

so dass Waymos ADS schließlich – anders als der von Urry beschriebene menschliche Autofahrende – nicht nur aus real-weltlichen, sondern auch virtuellen Komponenten besteht. Für den *Waymo-Driver* ist es nicht, *als ob* er Entscheidungen in der realen Welt trifft. Für ihn sind die Fahrten durch eine real-weltliche und durch eine virtuelle Stadt das gleiche.³⁰

Durch Validierungen der Ergebnisse der Computersimulation auf dem Testgelände bzw. umgekehrt wird wegen dieses Wechselverhältnisses der realen und virtuellen Komponenten nicht nur das ADS stabilisiert, sondern auch jenes komplexe »self-organizing autopoietic, non-linear system« der Automobilität, dessen Fragmentierung sozialer Praktiken und öffentlicher Räume Urry so eindrücklich beschrieben hat. Die Testfahrten sind nicht nur Praktiken der Überprüfung, sondern auch Medien infrastruktureller, also technischer und sozialer, Stabilisierungen.³¹ Entsprechend ist das Aufkommen autonomer Autos mit Jack Stilgoe nicht zuletzt ein »test of social learning«³². Testfahrer:in und Fahrzeug ebenso wie Passagier:in und Transportmittel bilden in den vielen Überlagerungen der Test-Loops »spezifische Hybride [...], welche im Straßenverkehr gemeinsam handeln, sich wechselseitig konstituieren« und durch bestimmte Normen und Werte geprägt sind.³³

In der Vermarktung des *Waymo-Driver* verändert sich das »Entmündigungsnarrativ«³⁴ des fahrer:innenlosen Fahrens zu einem Ermächtigungsnarrativ: Nicht jenen, die einen Führerschein haben und physisch in der Lage sind, ein Fahrzeug zu bedienen, verlieren das selbstständige Autofahren, sondern Personen, die bisher darauf angewiesen waren, von menschlichen Fahrer:innen begleitet zu werden, gewinnen eigenständige automobilen Mobilität und mit dieser Eigenständigkeit mehr Sicherheit im Straßenverkehr. Waymo wirbt damit, dass der Passagier, der 2015 die erste Fahrt in einem autonomen Auto auf öffentlichen Straßen ohne begleitende Testfahrer:in unternommen hat, blind ist.³⁵

30 Vgl. A.C. Madrigal: »Inside Waymo's Secret World«.

31 J. Urry: »The ›System‹ of Automobility«, S. 27-28.

32 J. Stilgoe: »Machine Learning, Social Learning and the Governance of Selfdriving Cars«, S. 26.

33 Vgl. G. Both/J. Weber: »Hands-Free Driving?«, S. 17.

34 Ebd., S. 10.

35 Waymo: »Journey«, <https://www.waymo.com/journey> vom 04.04.2021.

Testgelände *Castle*

Waymos Testgelände im Central Valley östlich der San Francisco Bay wurde mit der Firmengründung 2018 eingerichtet. Seine Größe entspricht rund 50 Fußballfeldern. Der Name *Castle* geht auf 54 Jahre militärische Nutzung des Areals als Luftwaffen-Stützpunkt *Castle Air Force Base* zurück.³⁶ Madrigal zieht in seinem Artikel wegen der abgeschiedenen Lage des Geländes Vergleiche zu einer »secret base« und dem »Manhattan-Project«. Einmal innerhalb des Zauns beschäftigen den Journalisten weniger Konnotationen zum Militär als vielmehr zur Unterhaltungsindustrie. Die aufgebauten Wohnsiedlungen, Highways und Kreisverkehre vergleicht er mit »Disneyland« oder einem »video game«. Diese Rhetorik von einer künstlichen Märchen- und Spielewelt wird unterstrichen durch die auch in anderen Artikeln über Waymo erwähnte Gründungserzählung von *Castle*: Bevor das brach liegende Militärgelände angemietet wurde, sollen die Autos herausfordernde Verkehrssituationen auf dem Gelände eines Freilichttheaters in Mountain View geübt haben. Herausgehoben wird in dieser Narration zudem, dass es eine als Testfahrerin arbeitende Malerei-Absolventin aus Berkeley war, die diese Art von Training und schließlich die Anmietung und Ausstattung des *Castle*-Geländes initiierte.³⁷ Selbige berichtet, wie sie seinerzeit für das Freilichttheater Requisiten zusammengesammelt hat: Dummies, Verkehrskegel, Kunstpflanzen, Kinderspielzeug, Skateboards, Dreiräder, Puppen und Bälle.³⁸ In *Castle* haben sie nun eine »prop garage«, die gefüllt ist mit solchen Objekten. Und sie haben »actors, more or less, whose audience is the car«, die Auto fahren, Verkehr verursachen, als Fußgänger:innen herumlaufen, Rad fahren oder Stoppschilder halten.

Auch solche Vergleiche mögen anschaulich sein, reduzieren aber ebenfalls Komplexität. Die spannungssteigernden bis verniedlichenden Konnotationen zu Geheimbasen, Nuklearwaffenlaboren, Vergnügungsparks, Rollenspieluniversen und Bühnenbildwerkstätten führen weg von den eigentlichen Techniken und Praktiken. Schließlich kommt dem Testgelände eine zentrale Rolle in der Entwicklung autonomer Autos zu. *Castle*, so beschreibt es das Waymo-Team, ist eine »adaptable city«, eine »closed-course testing facility«, ein »safe, controlled environment«, in dem sich »different variables« gezielt verändern

36 A. C. Madrigal: »Inside Waymo's Secret World«. Ebenso der restliche Abschnitt.

37 M. DeBord: »A Waymo Employee reveals«.

38 A. C. Madrigal: »Inside Waymo's Secret World«.

lassen.³⁹ Mit der Prüfstellung rücken ein konkreter Ort der Wissenserzeugung und seine Erzeugungscharakteristiken in den Blick.⁴⁰ In Anlehnung an Hans-Jörg Rheinberger kann *Castle* als Teil eines Experimentalsystems beschrieben werden, an dem »technologisch(e) Objekte« wie gesammelte Requisiten, künstliche Kreisverkehre und gemalte Fassaden die Repräsentationsweise des »wissenschaftlichen Objekts« wie Hardware- und Software-Komponenten der fahrer:innenlosen Fahrzeuge bestimmen. »[A]usreichend stabilisierte wissenschaftliche Objekte« wie Prototypen der Autos werden auch in *Castle* ihrerseits zu konstituierenden Momenten der experimentellen Anordnung.⁴¹ Um Bruno Latour zu bemühen: Mit der Verschachtelung der Testfahrten an den drei unterschiedlichen Schauplätzen der Wissenserzeugung – öffentliche Straßen, Testdorf und Computersimulation – formen sich die Beziehung der erkannten Welt und der erkennenden Welt ständig um. Die Welt wird zum Labor und das Labor zur Welt; die Referenz gleicht einer Tautologie.⁴²

Insbesondere dient *Castle* dazu, die Autos herausfordernden Szenarien auszusetzen. Bei Waymo sprechen sie von den »interesting miles in which they might learn something new«⁴³. Die Rekonstruktion »interessanter Meilen« bedeutet die Inszenierung seltener oder komplexer Szenarien: Personen, die aus einem Dixi-Klo auf die Straße laufen, oder ein Müllhaufen, der aus einem voranfahrenden LKW fällt,⁴⁴ ein zweispuriger Kreisverkehr oder mehrspurige Kreuzungen. Auch Fahrradfahrende oder Wohnviertel mit parkenden Autos, ballspielenden Kindern und mit Dingen bepackten Erwachsenen zählen zu den ungewöhnlicheren Situationen.⁴⁵ Entwickelt werden die Szenarien aus nationalen Datenbanken zu Verkehrsunfällen, der Erinnerung aus-

39 Waymo Team: »The Waymo Driver's training regimen«.

40 Vgl. Knorr-Cetina, Karin: Die Fabrikation von Erkenntnis, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1984.

41 Rheinberger, Hans-Jörg: Experiment – Differenz – Schrift, Marburg: Basiliken Presse 1992, S. 70.

42 Vgl. Latour, Bruno: Die Hoffnung der Pandora, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2000, S. 43. Latour bezieht sich hier explizit auf Ian Hacking.

43 DeBord, Matthew: »A Waymo Engineer Told us Why a Virtual-World Simulation Is Crucial to the Future of Self-Driving Cars«, in: Business Insider vom 16.08.2018, [businessinsider.com/waymo-engineer-explains-why-testing-self-driving-cars-virtually-is-critical-2018-8?r](https://www.businessinsider.com/waymo-engineer-explains-why-testing-self-driving-cars-virtually-is-critical-2018-8?r) vom 04.04.2021.

44 Vgl. Waymo Team: »The Waymo Driver's training regimen«.

45 Vgl. A. C. Madrigal: »Inside Waymo's Secret World«.

gebildeter Testfahrer:innen, Validierungsanforderungen der beteiligten Ingenieur:innen und der Fahrpraxis der Teammitglieder.⁴⁶

Das Testgelände lässt sich als Ort der Verdichtung ›interessanter Meilen‹ bezeichnen und damit, weniger euphemistisch, potentieller Verkehrsunfälle. Wenn, wie Paul Virilio konstatiert hat, mit jeder neuartigen Technologie eine typische Art von Unfall entsteht,⁴⁷ dann tritt mit Entwicklung der Waymo-Autos unter anderem der simulierte Unfall hervor – samt »simulated collisions«⁴⁸ und »simulated airbags«⁴⁹. Mit *Castle* wurde eine künstliche Umgebung geschaffen, welche das auf öffentlichen Straßen geltende Testkriterium, »die Leistungsfähigkeit einer Maschine im maximal störungsfreien Betrieb«⁵⁰ zu demonstrieren, umkehrt in einen maximal störenden Betrieb, der die Maschine leistungsfähiger macht. Mit Blick auf die Medien- und Wissensgeschichte des Unfalls haben Unfälle als bestimmte Form der Störung ein Wissen hervorgebracht, das im Nachhinein technisch reimplantiert wird.⁵¹ Eine solche »epistemologische Nachträglichkeit des Unfalls«⁵² wird in *Cast-*

-
- 46 Vgl. N. Webb/D. Smith: »Waymo's Safety Methodologies«, S. 3-4. In *Castle* verbindet sich das Kalkül der Ingenieur:innen mit dem Geschick der Ausstatter:innen und dem Bauchgefühl der Testfahrer:innen. Der Erfahrung bzw. dem Bauchgefühl der Testfahrer:innen kommt ein hoher Stellenwert in der Entwicklung der Autos zu. So erklärt ein Testfahrer: »Being in the car a lot, I can feel what the car is doing – it sounds weird, but – with my butt. I kinda know what it wants to do« (vgl. A.C. Madrigal: »Inside Waymo's Secret World«).
- 47 Vgl. P. Virilio: »Der eigentliche Unfall«, S. 88.
- 48 Schwall, Matthew/Daniel, Tom et al.: »Waymo Public Road Safety Performance Data«, in: arXiv:2011.00038 [cs.RO] 30. Oktober 2020, S. 5.
- 49 Ebd., S. 5. Waymos »collision avoidance testing program« (N. Webb/D. Smith: »Waymo's Safety Methodologies«, S. 18) arbeitet mit einer eigenen Typologie für Kollisionen und Ereignisse mit geringfügigen Kontakten. Diese basiert u.a. auf dem sogenannten »collision object« (M. Schwall/T. Daniel: »Waymo Public Road Safety«, S. 5) – gemeint sind andere Fahrzeuge, statische Objekte und verletzbare Straßennutzer wie Fußgänger:innen oder Fahrradfahrende. Die Kollisions-Typologie basiert auf denen der *National Highway Traffic Safety Administration* und Standards der *Fatality Analysis Reporting System*, ISO 26262, den *severity classes* S0, S1, S2, and S3, dem *AIS injury level* (vgl. ebd., S. 5).
- 50 Schmidgen, Henning/Geimer, Peter/Dierig, Sven: »Einleitung«, in: dies. (Hg.): *Kultur im Experiment*, Berlin: Kadmos 2004, S. 9.
- 51 Vgl. Kassung, Christian: »Einleitung«, in: ders. (Hg.): *Die Unordnung der Dinge. Eine Medien- und Wissensgeschichte des Unfalls*, Bielefeld: transcript 2009, S. 9-18, hier: S. 10.
- 52 Ebd., S. 9.

le und *Carcraft* ergänzt um eine epistemologische Loskoppelung des Unfalls. Wenn, wie Florian Sprenger im Anschluss an Virilio ausgearbeitet hat, Unfälle autonomer Autos die »Negativität der Technologie« in eine »Positivität der Datensammlung« verwandeln,⁵³ dann wird bei *simulierten* Unfällen autonomer Autos wahlweise ein physikalisches oder numerisches Modell von Unfallsituationen durchgespielt, dessen initiale Daten sich nicht notwendiger Weise aus bereits geschehenen Unfällen speisen.⁵⁴

Computersimulation *Carcraft*

Die Büros von Waymos Simulations-Abteilung liegen in Mountain View im Gebäude von Alphabets Experimentierstube X.⁵⁵ Der Name *Carcraft* für die Computersimulation, mit der Waymo seine Fahrzeuge trainiert, spielt auf das Computerspiel *World of Warcraft* an, das in den 1990er Jahren einen technischen Durchbruch in der Multiplayer-Computerspielszene markierte und bekannt ist für die hohe Identifikation der Spielenden mit den Figuren einer hermetischen Phantasie-Welt sowie eine eigene Sprache in der Spiel-Community.

Diese – wenn auch augenzwinkernd selbstreflexive – Verbindung zu *World of Warcraft* klingt aus medienwissenschaftlicher Perspektive nach »Baudrillardsche(r) Simulationstheorie«⁵⁶. Jean Baudrillard verknüpfte in den 1980er Jahren simulationstheoretische Ansätze des Poststrukturalismus' mit medientechnischen und medientheoretischen Fragen.⁵⁷ Simulationen,

53 Vgl. F. Sprenger: »Learning by Crashing«, S. 45.

54 Zum Verhältnis analoger und digitaler bzw. präziser physikalischer und numerischer Simulationen vgl. Zindel, Hannah: »Werkzeug Windkanal. Simulationen in der Stadtklimaforschung«, in: Zeitschrift für Medienwissenschaft 19 (2018), S. 54-67.

55 A. C. Madrigal: »Inside Waymo's Secret World«.

56 Dotzler, Bernhard: »Simulation«, in: Karlheinz Barck et al. (Hg.): Handbuch ästhetischer Grundbegriffe Bd. 5, Stuttgart: Springer 2010, S. 509-534, hier: S. 523. Medienhistorisch betrachtet gibt es allerdings durchaus Verbindungen von Computerspielen und Computersimulationen, sowohl hinsichtlich der Hardwareentwicklung als auch des Interesses von Epistemologen an *World of Warcraft* (vgl. Pias, Claus: »Zur Epistemologie der Computersimulation« in: Berz, Peter/Kubaczek, Marianne/Laquière-Waniek, Eva (Hg.): Spielregeln 25. Aufstellung: Eine Festschrift für Wolfgang Pircher, Berlin: Diaphanes 2012, S. 58).

57 Vgl. Huyssen, Andreas: »In the Shadow of McLuhan: Jean Baudrillard's Theory of Simulation«, in: Assemblage 10 (1989), S. 6-17, hier: S. 8.

so fasst Bernhard Dotzler zusammen, sind in der Philosophie als »die mediale Konstruktion künstlicher Welten, virtueller Wirklichkeiten, irrealer Realitäten«⁵⁸ untersucht worden. Baudrillard knüpfte an jene Theoriestränge an, welche die von Platon stammende negative Prägung des Begriffs Simulation aufgegriffen hatten.⁵⁹ Simulation avancierte in diesem Verständnis von einem Abbildungsmodus zu einer Beschreibung der mit elektronischen Medien anwachsenden verselbstständigten Zeichenprozesse; zentrale Topoi waren Dereferentialisierung, Immaterialität und Realitätsentzug.⁶⁰ Mit Blick auf die Entwicklung autonomer Autos führt die platonische Idee von Sein und Schein allerdings in eine analytische Sackgasse, insbesondere dann, wenn der Fokus darauf liegt, wie virtuelle Szenarien in die Welt »eingebaut« werden.⁶¹ »If Waymo can deliver fully autonomous vehicles in the next few years«, so Madrigal, »*Carcraft* should be remembered as a virtual world that had an outsized role in reshaping the actual world on which it is based.«⁶² Ein medienwissenschaftlicher Blick auf *Carcraft* sollte eben diesen »Weisen der Welterzeugung« bzw. diesen »Beziehungen zwischen Welten«⁶³ gelten.

Entwickelt wurde *Carcraft*, um nachzuvollziehen, was die Autos in Situationen getan hätten, in denen menschliche Fahrer:innen eingegriffen hatten. Als »counterfactual (what-if) simulations« oder »counterfactual disengagement simulations« war sie für sogenannte »play back« scenes« gedacht.⁶⁴ Diese, so halten Waymo Mitarbeitende fest, seien signifikant realistischer als Simulationen, die rein synthetisch kreierte sind, da sie bis zum Punkt der Entkoppelung auf Daten zum tatsächlichen Verhalten der fahrer:innenlosen Fahrzeuge und anderer Verkehrsteilnehmender zurückgreifen.⁶⁵ Ein zentrales Werkzeug bei der Analyse der in den Simulationen produzierten Daten

58 B. Dotzler: »Simulation«, S. 509.

59 Vgl. ebd., S. 515. Dotzler fasst zusammen, wie dieses platonische Motiv bei Friedrich Nietzsche, Hans Blumenberg, Gilles Deleuze und anderen aufgegriffen und gewendet wurde (vgl. ebd., S. 515, S. 520-524). Er zeichnet nach, wie Baudrillards Medientheorie von Pierre Klossowski, Michel Foucault und Deleuze vorbereitet wurde und wie dieser an Walter Benjamin und Marshall McLuhan anschließt bzw. sich von ihnen abgrenzt (vgl. ebd., S. 523-524).

60 Vgl. ebd., S. 518.

61 Vgl. Goodman, Nelson: *Weisen der Welterzeugung*, Berlin: Suhrkamp 1984, S. 27.

62 A. C. Madrigal: »Inside Waymo's Secret World«.

63 N. Goodman: *Weisen der Welterzeugung*, S. 20.

64 Ebd., S. 20.

65 Vgl. N. Webb/D. Smith: »Waymo's Safety Methodologies«, S. 12.

bildet X-View. Das Programm errechnet aus detaillierten Landkarten, den 360 Grad Aufnahmen des Lidar-Sensors auf dem Dach, dem Entfernungen bestimmenden Radar und der Kamera für visuelle Signale eine Visualisierung, die es den Mitarbeitenden bei Waymo ebenso wie den Passagier:innen vor den im Auto montierten Bildschirmen ermöglichen soll, zu erkennen, was das Auto aufnimmt.⁶⁶ Zu sehen sind Straßen, Straßenmarkierungen, Gebäudegrundrisse, Verkehrsinseln, Bürgersteige, andere Autos, Fahrradfahrende, Passant:innen, Bäume und Straßenschilder. Für einen *Waymo One* besteht seine Umgebung aus diesen fixen und mobilen Elementen entlang der Fahrbahn. In der Simulation können Agenten wie Autos, Fahrradfahrende und Fußgänger:innen (aber auch Vögel und Eichhörnchen) hinzugefügt oder entfernt und einzelne Variablen verändert werden, zum Beispiel die Geschwindigkeit des Verkehrs.⁶⁷ Waymos Vize-Chef-Ingenieur beschreibt als Schlüsselproblem in der Entwicklung autonomer Autos die Modellierung dieser reaktiven Agenten.⁶⁸ Es gehe sowohl darum, zu verstehen wie das Auto diese ›wahrnehme‹, als auch darum, ihr Verhalten vorherzusagen. Wenn Play-Back-Scenes und simulierte Varianten übereinander gelegt werden, wird in X-View die Box, mit der das Play-Back-Fahrzeug umrandet ist, mit dem Schriftzug »shadow_vehicle_pose« versehen.⁶⁹ Um Play-Back- und Simulations-Ansichten zu unterscheiden, blinkt während der Simulation in roten Großbuchstaben das Wort Simulation, »because people were confusing simulation for reality«⁷⁰.

Hans Blumenberg hat dargelegt, dass »der neuzeitliche Wirklichkeitsbegriff [...] eine hochgradige Affinität zur Simulation« hat und sah diese in einem Druckfehler zugespitzt, der »aus dem Projekt eines Weltraumsimulators einen ›Weltsimulator‹ machte.⁷¹ Die beiden Schriftzüge bei Waymo bilden eine vergleichbare »Grenzidee der Konvergenz von Wirklichkeit und Unwirk-

66 Zum Einsatz von 3D Landkarten bzw. Bildschirmen im Fahrzeuginneren vgl. Max Kanderskes und Jan Distelmeyers Beiträge in diesem Band.

67 Zu Beispielen der technischen Schritte der Modellierung von Fahrradfahrenden und damit verbundenen Problemen vgl. Tobias Matzners Beitrag in diesem Band.

68 Vgl. A. C. Madrigal: »Inside Waymo's Secret World«.

69 Ebd.

70 Ebd.

71 Blumenberg, Hans: »Vorbemerkungen zum Wirklichkeitsbegriff«, in: Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Abhandlungen der geistes- und sozialwissenschaftlichen Klasse 4 (1973), S. 10. Dotzler zitiert diese Bemerkung, um simulative Tendenzen des Mimesisbegriffs darzulegen.

lichkeit«. ⁷² Um diese Annäherung zu beschreiben, ist es hilfreich, *Carcraft* nicht im Sinne eines Baudrillard'schen, sondern unter Rückgriff auf einen »kybernetischen Simulationsbegriff« ⁷³ zu betrachten. In der Wissenschaftsphilosophie und den Science and Technology Studies sind Computersimulationen als Modellierung eines dynamischen Systems mit Hilfe des Computers vor allem hinsichtlich epistemischer Brüche im Verhältnis von Theorie, Modell, Experiment und Anwendung untersucht worden. ⁷⁴ Gabriele Gramelsberger etwa bezeichnet Simulationen als »Computerexperimente« ⁷⁵, die einer anderen Logik unterworfen sind als Experimente im Labor und eine eigene epistemische Kultur der Wissensgenerierung erzeugen. An dieses produktiv konnotierte Verständnis von Computersimulationen aus der Wissenschaftsphilosophie anschließend hat Claus Pias aus medienwissenschaftlicher Perspektive ein Konzept von Simulationen vorgeschlagen, das sich gegen die kulturpessimistische Scheintheorie Baudrillards positioniert und Linien einer medientechnisch informierten »Epistemologie der Computersimulation« ⁷⁶ auslotet. *Carcraft* stellt in diesem Sinne nicht nur ein Werkzeug zum Testen autonomer Autos zur Verfügung, sondern ein Medium, das ein vielschichtiges Verweben von Asphalt und Silicium erlaubt, ein »Simulationslabor«, das eine »Inflation epistemischer Dinge« ⁷⁷ ermöglicht. Die Wissensproduktion über das Fahren mit autonomen Autos produziert mit den Test-Loops eine eigene »Methode der Simulation« ⁷⁸, die den Horizont der behandelbaren Probleme erweitert. *Carcraft* stellt Lösungsstrategien für Probleme zur Verfügung, die überhaupt nur unter bestimmten medientechnischen Vor-

72 Ebd., S. 10.

73 B. Dotzler: »Simulation«, S. 515.

74 Humphreys, Paul: »Computer Simulations«, in: Proceedings of the biennial meeting of the philosophy of science association (1990), S. 497-506, hier: S. 497; Winsberg, Eric: »Simulations, models, and theories. Complex physical systems and their representations«, in: Philosophy of Science 68 (2001), S. 442-454, hier: S. 448ff; Galison, Peter: »Computer Simulations and the Trading Zone«, in: Gabriele Gramelsberger (Hg.): From Science to Computational Science, Berlin: Diaphanes 2011, S. 118-157, hier S. 121-122.

75 Gramelsberger, Gabriele: Computerexperimente. Zum Wandel der Wissenschaft im Zeitalter des Computers, Bielefeld: transcript 2012, S. 12. Gramelsbergers Studie hat u.a. eine »Philosophie des Simulierens« zum Ziel, welche die mathematischen und informatischen Bedingungen der Computerexperimente zum Gegenstand hat.

76 C. Pias: »Zur Epistemologie der Computersimulation«, S. 41.

77 Ebd., S. 58.

78 Ebd., S. 45.

aussetzungen, eben in einer Computersimulation, formuliert werden können.⁷⁹

Mittlerweile erfüllt *Carcraft* neben den *Play-Back-Scenes* nämlich noch einen weiteren Zweck. 24 Stunden am Tag fahren 25.000 virtuelle autonome Autos durch modellierte Versionen von Austin, Mountain View, Phoenix und weiteren Städten. Ein Tag in der Simulation entspricht 100 Jahren auf der Straße.⁸⁰ In *Carcraft* können also nicht nur Szenarien von öffentlichen Straßen nachgebildet und modifiziert, sondern auch »synthetic scenarios«⁸¹ entworfen werden. Nicht nur auf den Straßen, sondern auch in den Simulationen selbst ergeben sich »interessante Meilen«. In manchen der Simulationen liegt also kein Repräsentationsverhältnis mehr vor, sondern eine absolute Datenlage, die aus vielen möglichen Zukünften eine vorhersehbare macht. Agentenbasierte Computersimulationen, so Sebastian Vehlken, generieren verschiedene Zukünfte und machen diese durch das Unterscheiden multipler Szenarien gleichzeitig beschreib- und operationalisierbar.⁸² Da solche Computersimulationen ihre Signifikanz weniger aus realen Ereignissen als vielmehr aus der Prävention dieser Ereignisse gewinnen, befindet sich ihre Welt in einem permanenten Stadium der Krise.⁸³ *Carcraft*, mit anderen Worten, verändert Autofahren in eine Praxis der Unfallvermeidung, die Prinzipien der Optimierung, Effizienzsteigerung und Stabilisierung folgt. In der Entwicklung von autonomen Autos bedeutet der Einsatz von Computersimulationen eine medienhistorische Zäsur: Das Auto bzw. der Autoverkehr werden mit *Carcraft* einer »kybernetischen Reformulierung« unterzogen, bei der es sich um »ein Stabilitätsversprechen angesichts einer

79 Vgl. ebd., S. 45.

80 Vgl. Waymo Team: »Off road, but not offline. How simulation helps advance our Waymo Driver«, in: Waymo Blog vom 28.04.2020, <https://www.blog.waymo.com/2020/04/off-road-but-not-offline--simulation27.html> vom 04.04.2021. Insbesondere in Zeiten von Covid-19, so das Waymo Team, erweist sich das als nützlich, da das Testprogramm auf öffentlichen Straßen vorerst gestoppt ist.

81 Ebd.

82 Vgl. Vehlken, Sebastian: »Plutonium Worlds. Fast Breeders, Systems Analysis and Computer Simulation in the Age of Hypotheticality«, in: *communication+1* 3 (2014), S. 19. Zu Verkehrssimulationen vgl. Vehlken, Sebastian: »Traffic Life: Temporal Dynamics and Regulatory Dimensions in Agent-Based Transport Simulations«, in: *Mobilities* 15/5 (2020), S. 725-739.

83 Vgl. S. Vehlken: »Plutonium Worlds«, S. 19.

beängstigenden Instabilitätsdrohung« handelt.⁸⁴ Werden keine autonomen Autos eingesetzt, so suggeriert das Marketing von Waymo, verstärkt sich die bestehende Krise des Verkehrs weiter und wird zu mehr Verkehrstoten, höherer Umweltbelastung und weiterer Flächenbeanspruchung führen.⁸⁵ Gleichzeitig verschiebt das engmaschige Verweben von Straßenszenen und simulierten Verkehrsszenarien den Status der Verkehrssimulation von dem eines Werkzeugs der Modellierung zu dem eines Mediums der Gestaltung urbaner Umwelten.

Ausblick

Der Chef des Waymo-Konkurrenten Tesla, Elon Musk, hält den Einsatz von Computersimulationen in der Entwicklung autonomer Autos für »doomed«, dem Untergang geweiht.⁸⁶ Simulationen seien eine schlechte Idee, findet er, präzise GPS-Karten überflüssig und Lidar ein lahmer, teurer Zusatz.⁸⁷ Anders als Waymo – aber auch Uber, Ford und GM Cruise –, setzt Tesla vor allem auf eine Kombination aus Kameras und neuronalen Netzen. »If the simulation fully captured the real world«, so Musk provokativ, »well, I mean that would prove that we're living in a simulation, I think«.

Während der Tesla-Chef im Wettlauf der Tech-Konzerne um das erste vollfunktionsfähige autonome Auto der Stufe fünf nicht verlegen ist, mit – wenn auch ironischem Unterton – Motive aus Science-Fiction und Verschwörungstheorie aufzugreifen, die mit der barocken Idee, dass das Leben ein Traum ist, spielen,⁸⁸ verdichtet sich doch in seiner Welt-am-Draht-Rhetorik⁸⁹ ein zentraler Punkt, den auch der Fokus auf Waymos Techniken

84 Pias, Claus: »Erde – Tümpel – Raumstation«, in: Butis Butis (Hg.): Stehende Gewässer. Medien der Stagnation. Berlin: Diaphanes 2007, S. 47-66, hier: S. 48.

85 Vgl. Canzler, Weert/Knie, Andreas: »Autonom und öffentlich. Automatisierte Shuttles für mehr Mobilität mit weniger Verkehr«, in: Böll Stiftung Berlin (Hg.): Böll Brief Grüne Ordnungspolitik 13 (2019), S. 3.

86 Hawkins, Andrew J.: »Elon Musk vs. everyone else in the race for fully driverless cars«, in: The Verge vom 24.04.2019, <https://www.theverge.com/2019/4/24/18512580/elon-musk-tesla-driverless-cars-lidar-simulation-waymo> vom 04.04.2021.

87 Zu hochaufgelösten 3D-Landkarten vgl. Max Kanderskes und zur Sensorik autonomer Autos vgl. Jan Distelmeyers Beitrag in diesem Band.

88 Vgl. B. Dotzler: »Simulation«, S. 526.

89 Welt am Draht (1973) ist die Verfilmung des Romans Simulacron-3 (1964) von Daniel F. Galouye durch Rainer Werner Fassbinder. Am Institut für Kybernetik und Zukunftsfor-

und Praktiken des Testfahrens hat hervortreten lassen. Begreift man den Unfall nicht nur als katastrophisches Ereignis, sondern als notwendige Bedingung gesellschaftlicher Ordnung,⁹⁰ wird in den iterativen Inszenierungen ›interessanter Meilen‹ bei Waymo vor allem eine Gesellschaft stabilisiert, deren Zentrum die Automobilität bildet. Diese Selbstreferentialität zeigt sich nicht zuletzt darin, dass die autogerechte Stadt eine infrastrukturelle Voraussetzung für autonomes Fahren ist. Die Waymo-Autos lernen dort fahren, wo es sich auch für menschliche Autofahrende leicht fahren lässt: in US-amerikanischen Schachbrettstädten. Waymo setzt gewissermaßen eine Vision von Mobilität fort, die General Motors auf der Weltausstellung 1939 in New York mit dem Entwurf einer autogerechten Stadt der Zukunft vorgestellt hat, in der sich Fahrzeuge selbststeuernd fortbewegen; GM trägt einen großen Teil der Verantwortung für den Rückbau des öffentlichen Nahverkehrs in den USA.⁹¹ Laut Sprenger tritt eine »neue Epistemologie des Unfalls« autonomer Autos aber auch darin hervor, dass alle, die auf öffentlichen Straßen die gleichen Infrastrukturen verwenden wie autonome Autos, »Faktoren im Laboratorium des *machine learning*« und »Instrument[e] der Unfallvermeidung« werden.⁹² Wenn mit jeder neuen Technologie nicht nur neue Typen von Unfällen, sondern auch Praktiken und Techniken der Unfallvermeidung aufkommen, dann mache diese Dialektik die strukturelle Dimension einer Gewalt deutlich, die nicht von Individuen, sondern von den Infrastrukturen des Straßenverkehrs hervorgebracht werde.⁹³ Trotz ihrer bislang und vor allem zukünftig angestrebten niedrigen Unfallraten haben autonome Autos daher einen entscheidenden Anteil an »motorisierter Gewalt«⁹⁴ im Straßenverkehr. Wegen dieser strukturellen und medientechnischen Verankerung ist

sichung wird ein Supercomputer zur Simulation einer Kleinstadt entwickelt. Einer der Mitarbeiter des Instituts entdeckt, dass auch er und seine Welt nur eine Simulation sind, die von anderer Stelle gesteuert wird.

90 Kassung, Christian: »Einleitung«, in: ders. (Hg.): Die Unordnung der Dinge. Eine Wissens- und Mediengeschichte des Unfalls, Bielefeld: transcript 2009, S. 9-16, hier: S. 9.

91 Vgl. G. Both/J. Weber: »Hands-Free Driving?«, S. 5.

92 F. Sprenger: »Learning by Crashing«, S. 50-51.

93 Vgl. ebd., S. 51.

94 Zum Begriff der motorisierten Gewalt vgl. Herrndorf, Martin: »Über motorisierte Gewalt«, in: Radkomm Blog vom 14.05.2017, <https://www.radkomm.de/ueber-motorisierte-gewalt> vom 04.04.2021. Zur infrastrukturellen Dominanz des automobilen Systems vgl. Julia Bees Beitrag in diesem Band.

es nicht möglich, die Unsicherheit von Fußgänger:innen, Radfahrenden und weiteren Verkehrsteilnehmenden mit liberalen Automatisierungsversprechen wie dem Mantra des Silicon Valley »making the world a better place«⁹⁵ oder Waymos Slogan »mobility for all«⁹⁶ obsolet zu machen.

95 Vgl. Parks, Lisa/Matthew Graydon: »Connecting the Unconnected«. A Critical Assessment of US Satellite Internet Services«, in: *Media, Culture and Society* 42/2 (2019), S. 260-276, hier: S. 262.

96 N. Webb/D. Smith: »Waymo's Safety Methodologies«, S. 1. *Mobility for all* greift *Internet for all* auf.

Die Fußgänger:innen der autonomen Kraftfahrzeuge

Eine informatische Dispositivanalyse

Tobias Matzner

Einleitung

Autonome Kraftfahrzeuge sind vieles. Sie sind Gegenstand von Fiktionen – in meiner Generation spielt die *Knight Rider*-Titelmusik im Hinterkopf –, sie werden politisch und juristisch debattiert¹, sie sind Teil von Gedankenexperimenten wie den wieder zu Aufmerksamkeit gelangten »trolley problems«², sie sind eine Hoffnung für die Industrie aber auch Inhalt der Werbung und Selbstdarstellung der Automobilfirmen. Immer wieder und prominent sind sie aber eine Gefahr, insbesondere für Fußgänger:innen. Unfälle mit autonomen Kraftfahrzeugen erregen große Aufmerksamkeit und der erste Unfall, bei dem eine Fußgänger:in starb, hat inzwischen einen eigenen Wikipedia-Artikel.³ Bei der Diskussion dieser Gefahr geht es zumeist weniger darum, dass es sich hier um Kraftfahrzeuge handelt, die auch in der heute verbreiteten Formen eine Gefahr für Fußgänger:innen sind.⁴ Vielmehr steht meist die Informationstechnik oder »die künstliche Intelligenz« im Kraftfahrzeug im Fokus. Deshalb fragt der vorliegende Text danach, welche Rolle Fußgän-

-
- 1 Maurer, Markus/Gerdes, J. Christian/Lenz, Barbara et al.: *Autonomous Driving*, Berlin: Springer 2016.
 - 2 Matzner, Tobias: »Autonome Trolleys und andere Probleme. Konfigurationen Künstlicher Intelligenz in ethischen Debatten über selbstfahrende Kraftfahrzeuge«, in: *Zeitschrift für Medienwissenschaft* 11 (2019), S. 46-55.
 - 3 https://en.wikipedia.org/wiki/Death_of_Elaine_Herzberg vom 17.03.2021.
 - 4 Evans, L.: »Death in Traffic: Why Are the Ethical Issues Ignored?«, in: *Studies in Ethics, Law, and Technology* 2/1 (2008), S. 1-11.

ger:innen in der Informationstechnologie für autonome Kraftfahrzeuge spielen.

Dabei können die anderen genannten Aspekte des autonomen Fahrens aber nicht außer Acht gelassen werden. Viele dieser Debatten und Thematisierungen implizieren ein bestimmtes Wissen über die Funktion von selbstfahrenden Autos. Hier laufen Kenntnisse über Kraftfahrzeuge allgemein und ganz ohne digitale Technik zusammen mit solchen über künstliche Intelligenz, Sensorik und Automatisierung, aber auch über Verkehrs- und Stadtpolitik oder den kulturellen Wert von Autos, z.B. als Statussymbol. Autonome Kraftfahrzeuge sind also mehr als informationstechnische Artefakte. Deshalb wird es in diesem Text einerseits um die Informationstechnologie gehen, konkreter: um die informatische Forschung zu autonomen Fahrzeugen und Fußgänger:innen. Andererseits wird aber auch die Frage behandelt, wie diese spezifische Perspektive auf die Informatik mit anderen zusammenspielt.

Wie wissen wir von autonomen Kraftfahrzeugen?

Die Fragen der Informationstechnik, die hier untersucht werden, sind also nur eine von vielen möglichen Perspektiven auf das Thema. Sie widmen sich der Verschränkung von Software mit Hardware im engeren Sinn als diejenigen Komponenten, die mit dieser Software interagieren oder für sie nötig sind. Diese ist dann nochmals situiert in Hardware im Sinne des Kraftfahrzeug als Ganzem, das als hybrides Objekt von verschiedenen Disziplinen erforscht und von verschiedenen Berufen gebaut wird. Der hier gewählte Zugang fokussiert auf das selbstfahrende Kraftfahrzeuge als digitale Technologie, weniger als Fahrzeug mit den eigenen Herausforderungen. Hier wiederum geht es um Algorithmen, Software, Problemlösungen, die etwa von Sensorik, Prozessoren, Speichern und Netzwerkverbindungen abhängen – und das auch thematisieren, wie weiter unten deutlich wird.

Hier schließt sich also die nächste Frage nach einer Präzisierung der Perspektive an: Wie wissen wir von Software und Algorithmen? Das primäre Interesse liegt erst einmal auf Programmen selbst. Diese können über den Quellcode, aber auch Disassembler oder Black Box-Studien untersucht werden.⁵ Bei letzteren steht nur der Input und Output zur Verfügung, aber keine

5 Kitchin, Rob: »Thinking Critically about and Researching Algorithms«, in: Information, Communication & Society 20/1 (2017), S. 14-29.

weiteren Informationen über die Datenverarbeitung.⁶ Das muss nicht unbedingt ein Problem sein, denn wichtige Studien über Googles Suchalgorithmus kamen so zustande.⁷ Andere Verfahren, am prominentesten sicherlich tiefe neuronale Netze, haben zudem die Eigenschaft, dass die Kenntnis der Vorgänge »in der Black Box« nicht unbedingt etwas über ihre Funktion aussagt.

Die genannten Forschungsmethoden haben den Vorteil, dass sie sehr nah an der späteren Anwendung sind. Allerdings sind sie abhängig von der Verfügbarkeit oder dem Zugang, was nicht nur ein technisches, sondern auch rechtliches oder forschungsethisches Problem sein kann: Bei Technologien wie autonomen Fahrzeugen ist die Funktionalität über das komplexe System des Autos verteilt, zum Teil in Hardware, zum Teil in Software realisiert, kommt von verschiedenen Herstellern, die verschiedene Techniken nutzen etc. Selbst wenn man also ein Auto zur Verfügung hätte und über die Berechtigungen verfügte, alle Funktionen nachzuvollziehen, würde es sehr lange dauern, selbst grundlegende Funktionen aus dem Objekt selbst zu erschließen. Und es wäre nicht ohne Risiko: einen Vorgang wie eine Google-Suche kann durch die automatisierte Nutzung des Algorithmus selbst untersucht werden, z.B. indem sehr viele Anfragen gesendet und statistisch ausgewertete werden. Das Verhalten eines so komplexen Systems wie das eines selbstfahrenden Kraftfahrzeugs aus dem Objekt selbst zu erschließen, kann sehr aufwändig, teuer und auch (lebens-)gefährlich sein.

Alternativ zu diesen techniknahen Ansätzen können Algorithmen ganz allgemein über prinzipielle Eigenschaften algorithmischer Technik an sich⁸ oder grundlegender Methodiken wie z.B. künstlicher neuronaler Netze⁹ betrachtet werden. Diese können zwar Grundsätzliches feststellen, z.B. bestimmte Einfallstore für gesellschaftliche Vorannahmen bei der Programmierung einer künstlichen Intelligenz. Die konkreten Probleme einer Anwendung, wie eben z.B. die der Detektion von Fußgänger:innen, kommen

6 Zur generellen Problematik dieser Perspektive, siehe Matzner, Tobias: »Opening Black Boxes Is Not Enough – Data-based Surveillance In Discipline and Punish And Today«, in: Foucault Studies 23 (2017), S. 27-45.

7 Noble, Safiya U.: Algorithms of oppression: How search engines reinforce racism. New York: University Press 2018.

8 Hui, Yuk: »Algorithmic Catastrophe—the Revenge of Contingency«, in: Parrhesia 23 (2015), S. 122-43.

9 Sudmann, Andreas: »On the Media-Political Dimension of Artificial Intelligence. Deep Learning as a Black Box and OpenAI«, in: ders. (Hg.): The Democratization of Artificial Intelligence. Net Politics in the Era of Learning Algorithms, Bielefeld: transcript 2019.

damit aber nicht in den Blick. Zwischen diesen beiden Ebenen der konkreten digitalen Artefakte und allgemeiner Eigenschaften hat sich eine Reihe von Methoden etabliert, die auf eine mittlere Ebene zielen. Mit der Idee der »algorithmic techniques« betrachtet etwa Bernhard Rieder Algorithmen nicht als formales oder mathematisches Objekt, sondern ähnlich einer Kulturtechnik als Verfahrensweise im Umgang mit bestimmten Problemen, die von einer »community of practitioners« getragen wird.¹⁰ Hier geht es also um konkrete Verfahren, einschließlich ihrer Herkunft, üblichen Nutzungsweise etc., aber noch nicht um deren Implementierung in konkreten Programmen oder technischen Artefakten.

Die Forschung, die ich hier präsentiere, zielt ebenfalls auf eine mittlere Ebene. Sie widmet sich der Fachliteratur informatischer Forschung. Es geht darum, wie bestimmte, konkrete Probleme gelöst werden; im vorliegenden Fall die Detektion von und Reaktion auf Fußgänger:innen durch selbstfahrende Kraftfahrzeuge. Dies geschieht aber noch auf der Basis der Ansätze und Herangehensweisen an dieses Problem, die im Forschungsprozess miteinander abgeglichen werden, konkurrieren etc. – und eventuell auch in Prototypen umgesetzt werden –, aber noch nicht auf der Basis konkreter, voll funktionsfähiger selbstfahrender Kraftfahrzeuge.

Dieses Wissen aus den Texten der Informatik wird hier – anders als bei Rieder – nicht nur als Wissen um eine Technik gesehen, die dann später implementiert wird, also eine gewisse Übersetzung bedarf. Vielmehr existiert das Wissen um selbstfahrende Kraftfahrzeuge auch in diesen Publikationen selbst und nicht nur in den konkreten Produkten, die sich aus dieser Forschung ergeben; genauso wie es eben auch in politischen Debatten und Filmen existiert. Die Beziehung zwischen informatischer Forschung und dem autonomen bestehen also nicht nur darin, dass hier etwas erforscht wird, das später einmal als Programm im Fahrzeug implementiert und wirksam wird. So berufen sich z.B. aktuelle juristische Debatten um autonomes Fahren auch auf die Forschung, und zwar nicht nur, weil es konkrete Kraftfahrzeuge noch gar nicht gibt, sondern weil gesetzliche Regelungen auch die Möglichkeiten zukünftiger Entwicklungen abdecken sollten – oder auch, weil Jurist:innen vor denselben Problemen der Zugänglichkeit stehen, wie sie eben für die Forschung benannt wurden.¹¹ Auch andere Wissenschaften wie die Medienwis-

10 Rieder, Bernd: *Engines of Order*. Amsterdam: Amsterdam University Press 2020, S. 107.

11 Hornung, Gerrit/Goeble, Thilo: »Data Ownership« im vernetzten Automobil«, in: *Computer und Recht* 31/4 (2015), S. 265-73.

senschaft oder die journalistische Berichterstattung über autonome Kraftfahrzeuge beziehen sich in verschiedener Weise auf die Forschung der Informatik. Ergebnisse der Forschung finden oft weit vor ihrer Realisierung den Weg in Werbung, Pressemitteilungen und auch kulturelle Reflexionen, wie z. B. die zeitgenössische Medienkunst.¹²

Die informatische Forschung und die von ihr produzierten Texte können also als Teil eines *Dispositivs* »selbstfahrendes Kraftfahrzeug« bezeichnet werden. Der Begriff des Dispositiv wird in der Nachfolge Foucaults vor allem benutzt, um die Verbindungen von Wissen und Macht zu theoretisieren und dabei insbesondere eine Macht der Subjektivierung, die gleichermaßen unterwirft wie ermöglicht, zu beschreiben.¹³ Auch wenn dies im Hintergrund mitspielt, soll hier vor allem der Aspekt im Vordergrund stehen, dass mit dem Begriff des Dispositivs eine Wissensformation als sehr heterogenes Ensemble zu denken ist.¹⁴ In diesem Fall gehören zum Dispositiv des autonomen Fahrzeugs also Fachliteratur und Filme genauso wie Zeitungsberichte über bestimmte Ereignisse und konkrete einzelne Fahrzeuge selbst. Zwischen diesen Elementen bestehen vielerlei Bezüge, die einander auch widersprechen können und die als dynamische, historisch-kontingente Formation auftauchen – also nicht als Ausdruck einer inneren Logik oder eines übergreifenden Zusammenhangs.¹⁵ Zudem gibt es hier keine Trennung in grundlegende, apriorische oder in anderer Form primäre Perspektiven. Alle bedingen und beeinflussen sich gegenseitig. In solchen Beziehungen innerhalb des Dispositivs des autonomen Fahrzeugs konfigurieren Fachtexte mit, was ein selbstfahrendes Kraftfahrzeug ist und was es tun kann – auch über ihre inhärenten Ziele der Produktion anerkannter Forschungsergebnisse und dem Beitrag

12 <http://booktwo.org/notebook/failing-to-distinguish-between-a-tractor-trailer-and-the-bright-white-sky/> vom 15.02.2021.

13 Vgl. Distelmeyer, Jan: *Machtzeichen: Anordnungen des Computers*. Berlin: Bertz + Fischer 2017, S. 52ff.

14 Foucault, Michel: »Ein Spiel um die Psychoanalyse«, in: ders. (Hg.): *Dispositive der Macht: Über Sexualität, Wissen und Wahrheit*, Berlin: Merve 1978, S. 118-75, hier S. 119.

15 Vgl. ebd., S. 120f. Insbesondere Foucaults Hinweis an dieser Stelle, dass der Effekt eines Dispositivs »nichts zu schaffen hat mit der strategischen List irgendeines meta- oder transhistorischen Subjekts, das ihn geahnt oder gewollt hätte« (ebd., S. 121) ist wichtig, um die Rede von den »urgencies,« auf die ein Dispositiv antwortet (ebd., S. 120) nicht zu historisch-deterministisch oder eben im Sinne einer Eigenlogik misszuverstehen. Vgl. dazu auch J. Distelmeyer: *Machtzeichen*, S. 53ff. sowie S. 60ff.

zu funktionierenden Fahrzeugen hinaus. Sie fließen zusammen mit anderen Formen und Praktiken des Wissens. Im Folgenden geht es also nicht nur darum, was wir aus der Forschung über konkrete Kraftfahrzeuge lernen können. Das ist nur eine der Beziehungen im Dispositiv des autonomen Fahrens, zu denen weitere hinzukommen. Da ich wie gesagt nicht nur die inhaltliche Forschung, sondern auch die methodische Herangehensweise an das Material explizieren möchte, wird diese *informatische Dispositivanalyse* im Folgenden exemplarisch erläutert.

Die Fußgänger:innen selbstfahrender Kraftfahrzeuge – jenseits von Modellierung und Repräsentation

Das Material

Das IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) ist eine jährlich von der IEEE Intelligent Transportation Systems Society ausgerichtete Fachkonferenz. Das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) ist ein weltweiter Berufs- und Dachverband der Informatik und Ingenieurwissenschaften. Viele von der IEEE ausgerichtete Konferenzen, darunter auch die IV zählen zu den etabliertesten im Fach. In der Informatik entspricht eine Publikation in den Proceedings einer solchen Konferenz dem, was in anderen Fächern das Journal mit Peer Review ausmacht. Auch hier laufen die Papiere durch ein Peer-Review und werden nach der Präsentation auf der Konferenz veröffentlicht.¹⁶ Für die vorliegende Untersuchung wurden die Proceedings des Symposiums aus dem Jahr 2019 ausgewählt, das in Paris stattgefunden hat. Diese Wahl geschah einerseits aus Gründen der Aktualität. Andererseits ist damit ein Zeitpunkt gewählt, in dem diverse Diskurse über autonome Fahrzeuge, z.B. die Debatten rund um das Trolley-Problem, aber auch mögliche Fehler und Diskriminierungen bei der Erkennung von Menschen, in der öffentlichen Debatte etabliert waren. Durch die Wahl dieses Zeitpunkts sollte die Auswertung der Proceedings es auch ermöglichen zu sehen, wie diese Debatten in der Fachliteratur aufgegriffen werden. Um es vorwegzunehmen: das ist so gut wie nicht geschehen.

16 <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/1000397/all-proceedings> vom 25.03.2021.

Die innerfachliche Logik und ihre Kritik

Die Erkennung und die Reaktion auf das Verhalten von Fußgänger:innen ist aus der innerfachlichen Logik ein Modellierungsproblem. Dieses wird normalerweise als mehrstufiger Prozess verstanden, der sich grob in drei Phasen einteilen lässt. In der ersten geht es um die Wahl geeigneter Sensoren und der von ihnen gelieferten Daten. Sensor könnte zum Beispiel eine digitale Kamera sein, die Daten ein schwarz-weiß Bild. Als nächstes werden in der zweiten Phase aus den Daten sogenannte »Features« (auf deutsch oft durch »Merkmale« übersetzt) generiert. Dabei werden die Sensordaten in eine Form überführt, in der die eigentliche Verarbeitung stattfindet. In der Fachliteratur wird das mitunter als »feature extraction« bezeichnet. Treffender ist aber der ebenfalls anzutreffende Begriff des »feature engineering«, denn hier wird nicht einfach etwas extrahiert, sondern Daten werden prozessiert und neu geschaffen.¹⁷ Es wäre z.B. denkbar, dass das schwarz-weiß Bild auf Kontrastübergänge einer bestimmten Stärke hin analysiert wird. Ein Modell beschreibt dann in der dritten Phase anhand dieser Features die für die eigentliche Anwendung relevante Information. Ein Modell könnte beispielsweise darin bestehen, dass bestimmte Formen und Gruppen von Kontrastübergängen (Kanten) im Modell als Fußgänger:in erkannt werden. Ein solches Modell könnte z.B. ein neuronales Netz sein, das auf solchen vorverarbeiteten Bildern trainiert wurde. Die Features sind also in gewisser Weise das Vokabular, in dem das Modell die Welt beschreibt.

Kritische Perspektiven auf KI beziehen sich implizit auf diesen Modellierungsprozess: Die Auswahl von Sensoren, Daten, Features und Modellen stellt sich in der fachlichen Eigenlogik oft als eine Abwägung zwischen Verfügbarkeit und Machbarkeit einerseits und Zweckmäßigkeit für das anvisierte Ziel andererseits dar. Kritische Perspektiven zeigen, dass diese Auswahl weitere Gründe hat, die oft in der Forschung und Entwicklung nicht reflektiert werden. Oder sie sollte Gründe haben, die nicht zur Geltung kommen, wie z.B. eine gerechte Repräsentation verschiedener Menschen. Gerade dieser Aspekt hat sich zu einer zentralen kritischen Perspektive auf maschinelles Lernen entwickelt: die Daten, die zur Modellierung genutzt werden, tragen soziale und auch kontingente Formen der Verzerrung mit sich, die oft mit bestehenden Formen von sozialer Ungleichheit und Diskriminierung korrelieren.

17 Bishop, C. M.: Pattern Recognition and Machine Learning, Information Science and Statistics, New York: Springer 2006, S. 2.

ren.¹⁸ Diese bilden sich dann im Modell ab und werden so schwer erkennbar – bleiben aber wirksam. Aber auch die Modelle selbst, die Sensoren etc., führen zu einer ganz bestimmten Form der Weltwahrnehmung, die als (un-)interessiert, defizitär oder fälschlich verallgemeinernd beschrieben werden kann. Die Schaffung eines KI-Modells wird dann analog zur fachlichen Eigenlogik als epistemischer Prozess gesehen, aber eben mit deutlich mehr Einflussfaktoren.¹⁹ Entsprechende Studien finden sich inzwischen für viele Anwendungen des maschinellen Lernens.²⁰ Auch selbstfahrende Kraftfahrzeuge sind in dieser Hinsicht aufgefallen: Es besteht die Befürchtung, dass dunkelhäutige Menschen – als Fußgänger:innen – von diesen schlechter erkannt werden als andere.²¹

Solche Arbeiten haben relevante Fortschritte in der kritischen Erforschung von Algorithmen mit sich gebracht und weitere Fragen angestoßen; z.B. bezüglich der Arbeitsbedingungen derer, die Daten liefern.²² Die Rede von Verzerrungen oder »bias« läuft aber Gefahr, der innerfachlichen Logik in ihrer epistemischen Struktur zu folgen und nur aus anderer Perspektive zu fragen, ob sie erfüllt wird, d.h. ob sie die Welt hinreichend gut im Modell repräsentiert. Anders gesprochen: Wer von »bias« spricht, impliziert leicht eine Idee der Neutralität.²³ Folglich ist es kein Wunder, dass die Informatik selbst auf diese Kritiken mit Versuchen reagiert, »faire« Verfahren des maschinellen Lernens zu entwickeln.²⁴ Des Weiteren wird aufgrund des

-
- 18 Friedman, Batya/Nissenbaum, Helen: »Bias in computer systems«, in: *ACM Transactions on Information Systems* 14/3 (1996), S. 330-47.
- 19 Crawford, Kate/Joler, Vadim: »Anatomy of an AI System«, *Anatomy of an AI System* 2018, <https://www.anatomyof.ai> vom 17.03.2021; B. Friedman/H. Nissenbaum: »Bias in computer systems«; Lyon, David: »Surveillance, Snowden, and Big Data: Capacities, Consequences, Critique«, in: *Big Data & Society* 1/2 (2014), S. 1-13.
- 20 S. U. Noble: *Algorithms of oppression*; O'Neil, C.: *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. New York: B/D/W/Y Broadway Books 2017.
- 21 <https://www.vox.com/future-perfect/2019/3/5/18251924/self-driving-car-racial-bias-study-autonomous-vehicle-dark-skin> vom 17.03.2021.
- 22 Gillespie, Tarleton: *Custodians of the internet: platforms, content moderation, and the hidden decisions that shape social media*. New Haven: Yale University Press 2018.
- 23 Matzner, Tobias: »Surveillance as a critical paradigm for Big Data?«, in: Ann Rudinow Saetnan/Ingrid Schneider/Nicola Green (Hg.): *The politics and policies of big data. Big data, big brother?*, New York: Routledge 2018, S. 68-86.
- 24 Binns, Ruben: »Fairness in machine learning: Lessons from political philosophy«, in: arXiv:1712.03586 [cs.CY], 2. Januar 2018.

Fokus auf die datengetriebene Modellierung oft eine starke Politisierung der Daten und ihrer Quellen betrieben. Kritik der KI ist dann Datenkritik.²⁵ Schließlich erschöpft sich der Einfluss von Technologien nicht darin, wie sie die Welt repräsentieren, sondern was sie in der Welt tun. Letztlich geht es ja nicht darum, ob und wie einzelne autonome Kraftfahrzeuge Fußgänger:innen erkennen – sondern darum, dass in einer Gesellschaft, in der autonome Kraftfahrzeuge unterwegs sind, Fußgänger:innen gut geschützt sind. Wie viele Beiträge in diesem Band verdeutlichen, bedeutet das andere Verkehrsstrukturen, Politiken, Gesetze etc. Was es heißt, Fußgänger:in zu sein, hängt auch vom Verhältnis Fußgänger:in – Kraftfahrzeug ab. Dieses wird ein anderes sein – also Fußgänger:innen werden andere sein – wenn viele autonome Kraftfahrzeuge unterwegs sind.

Mit der eingangs eingeführten Perspektive eines Dispositivs geschieht hier zweierlei: Einerseits werden die komplexen Bezüge der verschiedenen Elemente, die zur Erkennung von Fußgänger:innen beitragen, deutlich: Daten, Algorithmen, Sensoren, aber auch Standards, Konventionen der Forschung, Arbeitsteilung und mehr, was sonst nicht so oft Beachtung findet. Andererseits werden Bezüge zu den sozialen, kulturellen, politischen Aspekten möglich. Dann haben wir es auch nicht mehr nur mit dem Kraftfahrzeug als Anwendung der Modelle des maschinellen Lernens zu tun, sondern eben mit dem ganzen Dispositiv autonomes Auto – und hier genauer mit einem Ausschnitt davon, nämlich den informatischen Publikationen zum Thema. Das gilt nun auch für die Fußgänger:innen der autonomen Kraftfahrzeuge. Denn diese tauchen nicht nur als Gegenstand der Modellierung auf, sondern auch in unterschiedlichen anderen Formen. Gleichzeitig lässt sich auch fragen, wo Bezüge fehlen oder nur implizit mitverhandelt werden.

Fallstudie 1: Navigation in Menschenmengen – Präsentationen, Formen und Texte

Das lässt sich beispielhaft verdeutlichen an einer Studie zur »Socially Compliant Navigation in Dense Crowds«²⁶. Fußgänger:innen tauchen in diesem Text zuerst als Problem für autonome Kraftfahrzeuge auf: Es sei bekannt, dass ein hinreichend dichtes Aufkommen von Fußgänger:innen autonome Fahrzeuge

25 <https://excavating.ai> vom 17.03.2021.

26 Bresson R. et al.: »Socially Compliant Navigation in Dense Crowds«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 64-69.

entweder auf Zick-Zack Kurse lenkt, in denen sie irgendwann gefangen seien oder sogar »einfrieren«. ²⁷ Gleichzeitig erschienen autonome Kraftfahrzeuge aber auch als Problem für Fußgänger:innen: Diese hätten keinen »Sinn« für die »sozialen Normen«, welche die Bewegung strukturieren. Wenn zum Beispiel eine Familie als Gruppe unterwegs ist, gehen andere Fußgänger:innen weder durch diese Gruppe, noch sollte es das autonome Fahrzeug versuchen. ²⁸ Allerdings bleiben die sozialen Normen, von denen hier die Rede ist, auf dieses Beispiel beschränkt. Sie werden immer wieder angeführt, aber ohne Zitat. ²⁹ Das geschieht sowohl in der Kritik der verwandten Ansätze zum Thema, die wie üblich in einem einleitenden Teil diskutiert werden, als auch als Motivation des eigenen Ansatzes. Am Ende wird dieses Beispiel überführt in die Idee, dass bestimmte Gruppen von Fußgänger:innen als feste Einheit gesehen werden, die immer komplett zu umfahren ist, statt als einzelne Agenten. Erst hier taucht die vorgenannte Modellierung auf. Fußgänger:innen sind im verwendeten Modell Punkte mit Bewegungsrichtung und Geschwindigkeiten. Darauf wird nun ein Algorithmus des unüberwachten Lernens angewendet, der versucht, »Cluster« zu finden, in diesem Fall Gruppen von Agenten, die hinreichend nah beieinander sind und sich hinreichend ähnlich bewegen. Was »hinreichend« hier bedeutet, ist die konkrete Lernaufgabe für die KI in einem ersten Schritt. Daraufhin werden die Cluster gebildet und zu neuen Agenten zusammengefasst. Diese Information ist dann die Ausgangsbasis für den eigentlichen Routenplanungsalgorithmus, der eine nur leicht adaptierte Variante existierender Vorarbeiten ist. ³⁰

Diese Modellierung wiederum taucht im Text in drei verschiedenen Formen auf. Sie wird textuell beschrieben, und nur hier findet sich der Übergang von der Idee der sozialen Normen zur Bildung von Gruppen. Des Weiteren wird sie in Form von Pseudo-Code aufgeführt, der das generelle Vorgehen beschreibt. Dieser wird ergänzt durch Formeln, welche die Distanzmaße des Clusteralgorithmus beschreiben. Nur in diesen Formeln wird sichtbar, dass das Verhältnis von Geschwindigkeit und Position als relevantes Merkmal selbst vom Algorithmus geschätzt wird, also zu den zu lernenden Parametern

27 Ebd., S. 64.

28 Ebd., S. 64.

29 Ebd., S. 65.

30 Ebd., S. 66.

gehört.³¹ In dieser Formel ist es der Parameter λ , welcher Geschwindigkeit v und Position p ins Verhältnis setzt.

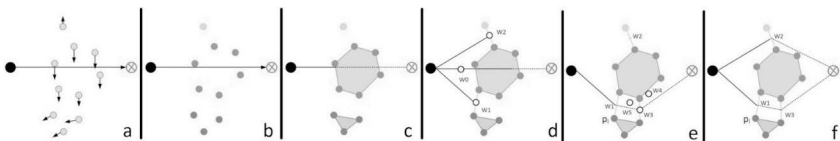
*Abbildung 1: Berechnung des Abstandes zweier Fußgänger*innen (a und b) basierend auf Geschwindigkeit (v) und Position (p) die durch λ ins Verhältnis gesetzt werden.*

$$\text{dist}_\lambda : a, b \rightarrow \frac{1}{1 + \lambda} (\|p(a) - p(b)\|_2 + \lambda \|v(a) - v(b)\|_2)$$

Bresson, R., J. Saraydaryan, J. Dugdale, und A. Spalanzani:
»Socially Compliant Navigation in Dense Crowds«, in: 2019
IEEE Intelligent Vehicles Symposium IV. S. 64-69, hier: S. 64.

Schließlich enthält der Text eine Visualisierung eines Beispielfalls durch Diagramme, in denen die Verarbeitung in sechs Schritten dargestellt ist, wobei nur im ersten die Fußgänger:innen als Punkte mit Bewegungsrichtung auftauchen. Später sind sie nur noch Punkte, der Fokus liegt dann hier auf der Clusterbildung und schließlich der Navigation um die Cluster herum³².

Abbildung 2: Darstellung der Verarbeitungsschritte zur Bildung von Clustern und anschließende Navigation um diese herum.



Bresson, R., J. Saraydaryan, J. Dugdale, und A. Spalanzani: »Socially Compliant Navigation in Dense Crowds«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium IV. S. 64-69, hier S. 64.

Die Lektüre dieses Textes macht deutlich, dass Fußgänger:innen nicht einfach in ein mathematisches Modell überführt werden. Sie tauchen in verschiedenen Formen und Präsentationen im Text auf, die jeweils unterschiedliche Rollen spielen. Diese ergeben sich aus dem gewählten Ansatz, aber auch

31 Siehe Abbildung 1 aus ebd., S. 67.

32 Siehe Abbildung 2 aus ebd.

den Konventionen des Genres (z.B. die Verwendung von Pseudocode oder Formeln). Diese bringen einen sehr klaren Fokus der Informationsvermittlung mit sich: es geht an jeder Stelle um ein bestimmtes Teilproblem. Das könnte ein Grund sein, dass sich die Darstellung der Fußgänger:innen im Diagramm ändert. Der Aufruf sozialer Normen zu Beginn ist hier vielleicht tatsächlich die Inspiration für die Forschung, auch wenn sie im weiteren kaum im Text auftauchen. Dieser Aufruf sorgt aber auch für einen Einleitungstext, der einen Fortschritt gegenüber anderen Verfahren verspricht, die dann implizit sozial ignorant sind – und einen guten Titel: Statt »Cluster Based Navigation in Dense Crowds«, steht hier »Socially Compliant Navigation in Dense Crowds«.

Wer sich also für ein Konzept wie »Fußgänger:in« in einem informativen Text als Dispositiv interessiert, begegnet diesem in mehreren Funktionen:

1. Abgrenzung zu anderen Ansätzen
2. Inszenierung der Autor:in
3. Inszenierung der Qualität; Relevanz der Forschung
4. Vorannahme für die Arbeit
5. Beispiel/Illustration
6. Zwischenschritt
7. Ergebnis

Nur die Punkte 6 und 7 betreffen die eigentliche Modellierung aus der fachlichen Eigenlogik (je nachdem, ob das Modell für einen anderen Zweck gebaut wird oder es selbst das Ergebnis ist.) Jedes dieser Vorkommnisse wiederum kann aus unterschiedlichen Quellen stammen:

1. der eigenen Wissenschaft (hier Informatik), z.B. Zitat aus anderen Publikationen
2. einer anderen Wissenschaft, z.B. Psychologie, meistens durch Zitat
3. aus der Gesellschaft/Allgemeinwissen als Postulat
4. aus der Gesellschaft/Allgemeinwissen als »empirisches« Resultat (z.B. durch Presse, Meinungsumfragen, graue Literatur)
5. Teil eines Formalismus, z.B. eines mathematischen Modells oder einer Programmiersprache

Mit Postulaten sind hier z.B. Dinge wie die zitierte unbelegte Aussage zur Bedeutung sozialer Normen gemeint, die auf dieser allgemeinen Ebene aber oft auch relativ plausibel sind. Der Punkt 4 wurde aufgenommen, weil mitunter auch Bezüge auf Presseberichte (z.B. aufsehenerregende Unfälle) hergestellt werden.

Schließlich taucht das »Konzept« Fußgänger:in in verschiedenen formalen und visuellen Erscheinungsweisen auf:

1. Fließtext
2. Diagramme
3. Fotos
4. Paratexte zu 2. und 3.
5. Mathematische oder logische Formeln
6. Programmcode oder Pseudocode

Diese Erscheinungsformen beziehen sich in der Regel aufeinander. Auch hier sollte die Eigenlogik informatischer Publikationen von einer Perspektive auf Fußgänger:innen innerhalb des Dispositiv unterschieden werden. Wer gewohnt ist, solche Texte zu lesen, erwartet z.B. bei der Verwendung eines Clustering-Verfahrens wie im vorliegenden Fall ein Abstandsmaß, das meistens als Formel dargelegt ist. Im genannten Beispiel wird nur in der Formel deutlich, dass das Verhältnis von Geschwindigkeit und Position in ihrem Einfluss auf den Algorithmus erstens variabel ist und zweitens automatisch gelernt wird. Diese Entscheidung wird im Text nicht weiter kommuniziert. Eine solche Konfiguration entspricht aber wiederum der Eigenlogik des verwendeten Clusteralgorithmus. Wie Bernhard Rieder beschreibt, sind Algorithmen nicht nur als Befehlsfolge oder Lösungsstrategie zu sehen, sondern eine Technik, die von »communities of practitioners«³³ getragen werden. Hier geschieht nun einfach das, was der im Sinne dieser Community üblichen Nutzung entspricht. Damit wird ein weiterer Einflussfaktor auf das Dispositiv sichtbar, nämlich eben jene etablierten Praktiken des Umgangs mit bestimmten algorithmischen Verfahren.

An diesem Beispiel zeigt sich, dass Forschungsgegenstände wie Fußgänger:innen in Publikationen der Informatik einen komplexen epistemischen

33 B. Rieder: Engines of Order, S. 106.

Status haben. Generell werden sie in Bezug auf die eingangs genannte fachliche Logik als Modellierungsproblem thematisiert. Doch bereits dies geschieht in mehreren Formen der Vermittlung, die nicht immer kohärent sind. Genauer entsteht mitunter die Kohärenz erst vor dem Hintergrund etablierter Praktiken der Informatik. Diese werden dann aber auch (implizit) vorausgesetzt. Zudem tauchen die eingangs genannten gesellschaftlichen Debatten, Strukturen und Politiken durchaus auf – und hier auch immer wieder zentral Fußgänger:innen als gefährdet und auch als Gefahr. Diese haben oft aber andere Funktionen im Text als die Modellierung von Fußgänger:innen – beispielsweise Inszenierung der Aktualität der Forschung. Werden solche Aspekte in die Forschung übersetzt, so geschieht das oft sehr ad hoc und in Bezug auf Intuitionen – wie im Beispiel die Idee der sozialadäquaten Verhaltensweise dann schnell zu einer Modellierung als Cluster führt.

Fallstudie 2: Typische Bewegungen von Fußgänger:innen und Radfahrer:innen – Differenzierungen und (postulierte) Arbeitsteilung

Ein relevanter Faktor für den Beitrag von Forschungsliteratur zum Dispositiv des autonomen Kraftfahrzeugs ist das Zusammenspiel verschiedener Forschungsbemühungen. Als hoch ausdifferenzierte Wissenschaft bearbeitet jedes Paper nur ein Teilproblem eines Teilproblems. Das wird akzeptiert, weil die Verfügbarkeit oder zumindest die Erforschung der anderen Teile bekannt ist oder plausibel vorausgesetzt werden kann. Die IV versammelt die Beiträge nicht nach der Differenzierung des Fachs Informatik, wie viele andere Konferenzen, die dann für alle möglichen Anwendungen Fragen z.B. des Machine Learning, von Datenbanken, der Komplexität etc. beantworten. Bei der IV ist im Gegensatz dazu die Anwendung festgelegt – das »intelligent vehicle« – und die Beiträge kommen aus allen Teilen der Informatik und mitunter sogar der gesellschaftswissenschaftlichen Forschung. Damit sind viele der vorgenannten »Teile« des Gesamtproblems autonomes Fahren auf einer Konferenz und einer Publikation versammelt.

Dieses implizite Verlassen auf gegebene Möglichkeiten wird anhand von zwei Papieren deutlich, die zum großen Teil aus derselben Arbeitsgruppe stammen und einmal Fußgänger:innen, einmal Radfahrer:innen mittels Radarsignalen untersuchen. Beide Texte nutzen den sogenannten Micro-Dopplereffekt, um etwas über die Bewegung dieser Verkehrsteilnehmer:innen herauszufinden. Der Dopplereffekt beschreibt die Verzerrung jeglicher Wellen, die von einem bewegten Objekt ausgehen. Im Alltag ist er

durch das Phänomen bekannt, dass ein sich näherndes Fahrzeug oder eine Sirene anders klingen, als wenn sie sich von der Hörer:in wegbewegen. Dieser Effekt taucht auch in den Radarsignalen auf, die viele Kraftfahrzeuge schon heute als zusätzliche Sensoren nutzen.³⁴ Der Micro-Dopplereffekt bezieht sich auf Teile eines bewegten Objekts. Das Bein einer Fußgänger:in bewegt sich während der Annäherung an ein Fahrzeug mehrmals zum Fahrzeug hin und wieder weg. Diese Bewegung des Beines verursacht im Radarsignal, das die Bewegung als Ganze auf das Fahrzeug hin anzeigt, einen Dopplereffekt, der – so die Hypothese des Papiers – erkennen lässt, wie sich die Person bewegt oder im Fall der Radfahrer:in wie schnell sie in die Pedale tritt. Die beiden Texte beschränken sich auf die Extraktion dieser typischen wiederholten Micro-Doppler-Muster aus den Radarsignalen. Dass dies für autonome Kraftfahrzeuge relevant sein könnte wird wie folgt motiviert: »In order to increase pedestrian safety, in addition to the mere object classification and Doppler analysis, the ability to separate, identify and extract individual limbs can be of enormous importance. This enables novel methods for radar-based behavioral prediction of pedestrians in road traffic and thus contributes essentially to the declared goal of safe autonomous driving.«³⁵ Und für Radfahrer:innen: »Especially the pedaling movement might be of particular importance for the prediction of behavioral indications of cyclists. Specific detection of the pedaling movement or its temporal change can be used for anticipatory activation of safety functions.«³⁶

In beiden Fällen wird also eine Möglichkeit aufgerufen: »can be of enormous importance«, »might be of particular importance«. Die Möglichkeit, aus den Bewegungsabläufen einzelner Körperteile, hier der Beine, wichtige Informationen zu extrahieren, wird also nur lose postuliert. Es werden auch keine Texte zitiert. Dennoch sind im Umfeld der IV Begriffe wie »behavioral prediction«, »anticipatory activation of safety functions« bekannte Forschungsfragen. Die Vermutung, dass die Bewegung einzelner Körperteile, wie hier der

34 Steinhauser, D. et al.: »Micro-Doppler Extraction of Pedestrian Limbs for High Resolution Automotive Radar«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 764-69, hier S. 764.

35 Ebd., S. 766.

36 Held, P. et al.: »Micro-Doppler Extraction of Bicycle Pedaling Movements Using Automotive Radar«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 744-49, hier: S. 744.

Beine, etwas über die zukünftige Bewegung von Fußgänger:innen oder Radfahrer:innen aussagt, wirkt erst einmal plausibel. Dies erlaubt also, die Forschung zu einem relativ spezifischen Problem der Radarsignalverarbeitung in den Kontext der autonomen Kraftfahrzeuge und ihrer Sicherheit für andere Verkehrsteilnehmer:innen einzusortieren. Diese Abhängigkeit von anderen Forschungen, die hier nur relativ allgemein aufgerufen werden, strukturiert aber nicht nur die potentielle Anwendung der Forschung, sondern auch diese selbst.

Das Radarsignal erlaubt laut den Aufsätzen, einzelne größere Körperteile zu erkennen, insbesondere den Rumpf als relativ kontinuierlich bewegtes Element und die Beine als regelmäßig hin und her bewegtes Element. Dazu kommen beim Fahrrad noch Rahmen und Räder als kontinuierlich bewegte Elemente.³⁷ Wenn die »Bewegung der Beine« erkannt werden soll, wird erkannt, dass etwas sich regelmäßig unter etwas anderem hin und her bewegt, das sich kontinuierlich bewegt. Auch beim Fahrrad wird eine elliptische Bewegung gesucht, die sich in der Nähe von etwas größerem (Rumpf) und zwischen zwei anderen Objekten (Rädern) befindet. Der Überführung von Mustern im Signal in die gesuchten Objekte (Bein, Rad, Rahmen, Rumpf etc.) beruht also auf allerlei Annahmen, wie Fußgänger:innen und Radfahrer:innen aussehen. Diese Annahmen sind im Rahmen des Textes plausibel, da hier die Signalverarbeitung ja durch das Problem motiviert ist, Signale zu finden, die erlauben vorherzusagen, was eine Fußgänger:in oder eine Radfahrer:in *tun* wird. Das setzt voraus, dass die Fußgänger:in oder Radfahrer:in bereits als solche erkannt ist. Ob die Muster von etwas anderem ausgelöst werden könnten, wird gar nicht gefragt. Diese Annahme geschieht wieder vor dem Hintergrund der Arbeitsteilung, die auf unzählige Forschungen eben zur Detektion unterschiedlicher Verkehrsteilnehmer:innen verweisen kann – oder das gar nicht mehr muss, weil auf derselben Konferenz bzw. im selben Band diverse Beiträge zu diesem Thema vorhanden sind. Damit wird aber die Plausibilität der Annahmen, die hier getroffen werden, auch von der jeweilig vorausgesetzten vorgehenden Teilproblemlösung abhängig.

Selbst wenn bekannt ist, dass es sich bei einem Objekt um eine Radfahrer:in handelt, sind diese Annahmen für sich genommen leicht zu verwirren. Eine elliptische Bewegung in der Nähe des Rumpfes und zwischen den Rädern könnte auch ein Winken sein. Die Identifikation von Rumpf und Rahmen könnte leicht durch größere Gepäckstücke gestört werden. Umgekehrt

37 D. Steinhauser et al.: Micro-Doppler, S. 766.

sind Pedelecs zwar hinsichtlich vieler wichtiger Eigenschaften Fahrräder, aber eben solche, die für längere Zeit nicht getreten werden. Zudem sind derlei Annahmen normalisierend. Diese Normalisierung durch bestimmte Formen der Datenverarbeitung und auch der Sensorik, die eben nur sehr bestimmte Signale detektieren kann und deshalb durch viele Annahmen ergänzt werden muss, ist ein bekanntes Thema im Feld der Mustererkennung und des maschinellen Lernens.³⁸ Dieses Phänomen schlägt sich nieder in Seifenspendern nur für helle Haut und Körperscanner am Flughafen, die Menschen mit Prothesen als Gefahr markieren. Oft wird hier kritisiert, dass die zusätzlich zu treffenden Annahmen, um aus den Daten sinnvolle Informationen zu machen, relativ unreflektiert auf Basis dessen getroffen werden, was im Umfeld der Forscher:innen oder Entwickler:innen normal ist.³⁹ Das ist sicher ein relevanter Faktor. Aus der kritischen Betrachtung von Medientechnologien sind aber differenziertere Analysen solcher normalisierenden Implikationen bekannt – vom Filmmaterial für helle Haut⁴⁰ bis zur »default whiteness« in textvermittelter Internetkommunikation.⁴¹ Hier spielen gesellschaftlich hegemoniale Vorstellungen zusammen mit materiellen Eigenschaften sowie technischen wie ökonomischen Pfadabhängigkeiten. Im Sinne einer solchen Erweiterung sind dann nicht nur die normalisierenden Annahmen jeder einzelnen Publikation zu thematisieren, sondern auch, wie sich dieser Fragekomplex in die Arbeitsteilung der Informatik einwebt. Denn die Plausibilität und auch die normalisierende Kraft der hier getroffenen Annahmen sind natürlich auch davon abhängig, wie zuvor die Fußgänger:in oder Radfahrer:in erkannt wurde. Liefert dieser vorausgehende Schritt bereits normalisierte Verkehrsteilnehmer:innen? Und geschieht dies in derselben Weise, d.h. in Bezug auf dieselben Annahmen wie hier?

Diese Fragen deuten bereits an, dass die Herausforderungen der Exklusion und Diskriminierung im Kontext autonomen Fahrens weit über die Frage nach der Repräsentation von verschiedenen Verkehrsteilnehmer:innen in Trainingsdaten hinausgeht, die im Abschnitt zur innerfachlichen Logik und

38 T. Matzner: »Surveillance as a critical paradigm for Big Data?«.

39 Campolo, A./Sanfilippo, M./Whittaker M. et al.: AI Now 2017 Report. New York: AI Now Institute 2017.

40 Dyer, Richard: »Das Licht der Welt Weiße Menschen und das Film-Bild«, in: Kathrin Peters/Andrea Seier (Hg.): Gender & Medien-Reader, Berlin: Diaphanes 2016, S. 151-170.

41 Nakamura, Lisa: Cybertypes: Race, Ethnicity, and Identity on the Internet. New York: Routledge 2002.

ihrer Kritik erwähnt wurde. Hier findet ein Zusammenspiel vieler Komponenten statt, entlang deren Signalwegen ständig Annahmen über die Welt (hier Fußgänger:innen), aber auch über die Fußgänger:innen der anderen Komponenten getroffen werden. Dieses Zusammenspiel kann dann auf verschiedenen Ebenen solche Probleme produzieren, wie sie vor allem der Auswahl der Trainingsdaten zugeschrieben werden. Beispielsweise können exkludierende Wirkungen dadurch entstehen, dass Teilsysteme unterschiedliche Annahmen machen, deren Kombination ein Problem ergibt.

Diese kleinteilige Verteilung von Prozessschritten hat auch über die Frage von Diskriminierung hinaus Bedeutung. Der bekannte Unfall in Tempe, bei dem zum ersten Mal eine Person durch ein selbstfahrendes Kraftfahrzeug getötet wurde, ist wahrscheinlich auf genau solche Probleme zurückzuführen. Laut Abschlussbericht der Untersuchungen wurde die Person bereits knapp sechs Sekunden vor dem Aufprall erkannt – genug Zeit zu bremsen. Danach wurde sie immer wieder von zwei Sensorsystemen (Radar, Lidar) erfasst und abwechselnd als »Vehicle«, »Other« und »Bicycle« klassifiziert. Auch wenn diese Detektion falsch war, hat dieser Fehler nicht zum Unfall geführt – alle Hindernisse wären ein Grund zu bremsen. Vielmehr konnte die Information über die Bewegung der Person nicht richtig genutzt werden, weil die Bewegungserkennung mit jeder neuen Klassifikation neu begann, als sei erst soeben ein neues Objekt im Sichtfeld aufgetaucht – statt richtigerweise davon auszugehen, dass dasselbe Objekt jetzt nur anders klassifiziert wurde. Deshalb wurde der Kollisionskurs viel zu spät berechnet, um eine angemessene Reaktion der Sicherheitsfahrerin anzufordern.⁴²

Ganz allgemein zeigt sich hier, dass das Ergebnis eines recht komplexen Mustererkennungsprozess oft nur die Input-Daten für den nächsten darstellt. Jeweils mit anderem Fokus geht es z. B. um die Detektion von Fußgänger:innen, dann um die Erkennung der Bewegung von Körperteilen, auf der dann potentiell eine Aktivitätserkennung oder Prognose aufsetzen könnte. Jeder dieser Teilprozesse zerfällt in weitere Teile, die in den untersuchten Texten beschrieben werden, hier aber nicht en détail ausgeführt werden können. All das betrifft im Beispiel nur Radarsignale. Es ist aber durchaus möglich, dass in einem Kraftfahrzeug dieselben Ziele nochmals mit Daten aus anderen Sensoren, z. B. Kameras oder wie im vorgenannten Fall Lidar realisiert werden.

42 National Transportation Safety Report: »Collision Between Vehicle Controlled by Developmental Automated Driving System and Pedestrian«, <https://www.ntsb.gov/news/Events/Documents/2019-HWY18MH010-BMG-abstract.pdf> vom 17.03.2021.

Die Fußgänger:in eines autonomen Kraftfahrzeugs ist also keine klare Hypothese, noch nicht einmal eine statistische. Vielmehr finden sich zu jeder Zeit diverse verteilte und fragmentierte Hypothesen, also Stückchen oder Perspektiven von Fußgänger:innen, die sich gegenseitig bedingen oder voraussetzen, aber auch in Konkurrenz und Widerspruch zueinander stehen können.

Fallstudie 3: Objekt-Tracking und Bewegungsvorhersage – Standards, Konventionen und Baukästen

Weitere wichtige Elemente der Arbeitsteilung in der Forschung sind Standardisierung und Konventionalisierung. Ein Paper, das künstliche neuronale Netze beschreibt, die Fußgänger:innen in Videobildern tracken sollen,⁴³ nutzt einen Trainingsdatensatz, der im Paper mit PETS2009 bezeichnet ist. Wer der Referenz folgt, findet heraus, dass PETS die Abkürzung des Workshop on Performance Evaluation of Tracking and Surveillance ist, der regelmäßig im Rahmen einer weiteren IEEE-Konferenz stattfindet, der *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Bei dieser Konferenz wird regelmäßig ein Datensatz veröffentlicht, der dann genutzt wird, um verschiedene System in Bezug auf derselbe Aufgabe zu vergleichen.⁴⁴ Der Datensatz diente aber nicht nur diesem Benchmark im Jahr 2009, sondern wird als reichhaltiger Datensatz zu »crowd activities« immer wieder genutzt, wenn es um Gruppen von Fußgänger:innen geht. Wie das zitierte Paper von der IV 2019 zeigt, wird er auch noch zehn Jahre später verwendet. Das Paper nutzt weitere Datensätze, z.B. TUD-Pedestrians und TUD-Stadtmitte.⁴⁵ Diese Datensätze wurden für ein Forschungsprojekt an der TU Darmstadt erhoben und in der Publikation der Ergebnisse verlinkt.⁴⁶ Dieser Datensatz soll keine Vergleichbarkeit ermöglichen, sondern wurde aus Gründen der wissenschaftlichen Nachvollziehbarkeit bzw. Reproduzierbarkeit veröffentlicht. Da solche Datensätze aufwändig zu produzieren sind, werden sie auch wiederverwendet. Hinzu kommt, dass die Arbeitsgruppe an der TU Darmstadt zur Zeit der

43 Mhalla, A./Chateau, T.: »Improving Multi Object Tracking-By-Detection Model Using a Temporal Interlaced Encoding and a Specialized Deep Detector«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 510-16.

44 <https://www.cvg.reading.ac.uk/PETS2009/a.html> vom 16.10.2020.

45 A. Mhalla/T. Chateau: »Improving Multi Object«, S. 513.

46 Andriluka, M./Roth, S./Schiele, B.: »People-tracking-by-detection and people-detection-by-tracking«, in: 2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (2008), S. 1-8.

Publikation im Bereich Bilderkennung führend war – mit ihren Ergebnissen möchte man sich also auch jenseits von organisierten Wettbewerben Benchmarks vergleichen.

Dass die daraus folgende Praxis der Wiederverwertung von Datensätzen üblich ist, zeigt sich daran, dass viele Institute diese gut dokumentiert und einfach zugänglich zur Verfügung stellen.⁴⁷ Die Auswahl von Trainingsdaten, die ja schon diskutiert wurde, zeigt sich hier also als Kreuzung von akademischen Ansprüchen (z.B. Vergleichbarkeit), akademischem Wettbewerb (z.B. Bezugnahme auf erfolgreiche Projekte) und ökonomischen Faktoren (Verfügbarkeit). Hinzu kommen die bekannten Annahmen über repräsentative oder typische Eigenschaften etc.

Solche Formen der Standardisierung oder zumindest Konventionalisierung betreffen aber nicht nur die Daten, sondern auch die Modelle selbst. Im vorliegenden Fall wird ein neuronales Netz benutzt, das unter dem Namen »Faster R-CNN« in einem anderen Paper veröffentlicht wurde.⁴⁸ Dieses Netz besteht aus zwei Stufen. Eine erste schlägt Regionen vor, in denen sich relevante Objekte befinden könnten. Nur diese Regionen werden in der zweiten Stufe mit einem genaueren Objekterkennungsnetz untersucht. Für die erste Stufe wird wiederum ein bereits bekanntes Netz benutzt, das bei Publikation eines der erfolgreichsten Bilderkennungsverfahren war und als VGG16 bekannt wurde (benannt nach der Visual Geometry Group in Oxford, wo es entwickelt wurde). Diese Nutzung von VGG16 als erste Stufe von Faster R-CNN schlagen bereits die Entwickler:innen des letztgenannten Netzes vor. In der hier untersuchten Studie von Mhalla und Chateau wird zudem eine vortrainierte Version von VGG16 benutzt. Viele der Parameter sind also bereits auf einem allgemeinen Datensatz zur Objekterkennung eingestellt.

Somit wird ein Großteil des verwendeten Systems aus anderen Quellen wiederverwertet. Die »Eigenleistung«, wenn man so will, besteht in einer Art Feintuning auf die konkret zu erkennenden Objekte, welche vor allem die zweite Stufe betrifft. Die Innovation von Mhalla und Chateau besteht dabei darin, dass sie in den Standarddatensätzen nach einem bestimmten

47 Im genannten Fall der TU Darmstadt z.B. hier https://www.visinf.tu-darmstadt.de/vi_research/datasets/index.en.jsp vom 16.10.2020.

48 S. Ren et al.: »Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks«, in: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 39/6 (2017), S. 1137-49.

Verfahren nah aufeinanderfolgende Frames der Videos überlagern und so mit einen neuen Datensatz gewinnen. In diesen überlagerten Bildern ist die Person dann jeweils mehrfach an leicht versetzten Orten zu sehen, die vom Netz sowohl als Einzelobjekte als auch als »interlaced« erkannt werden kann. Dies vereinfacht es, mehrere Objekte im Video zu verfolgen. So wird aus bekannten Datensätzen eine neue Form von Datensatz generiert, mit dem dann ein neuronales Netz trainiert wird, das als eine Art Baukasten aus zwei bekannten Netzen zusammengefasst wird. Entsprechend hat das Paper auch nur sieben Seiten, wobei der innovative Schritt, die Generierung der neuen Trainingsdaten, beinahe auf eine Seite passt.⁴⁹ Dort wird dieser in mathematischen Formeln und als Beispiel in Diagrammen dargestellt. Die Datensätze und neuronalen Netze werden nur per Referenz aufgerufen.

Diese Herangehensweise, d.h. die Nutzung bekannter neuronaler Netze, oft in vortrainierter Form, ist inzwischen die übliche und findet sich in allen untersuchten Beiträgen in den Proceedings zur IV, die neuronale Netze nutzen. Wie verbreitet diese Form der Wiederverwendung ist, zeigt sich daran, dass es inzwischen eigene Informationsangebote dazu gibt. So betreibt die Webseite Neurohive z.B. eine Sammlung mit »Popular Networks« wo auch die beiden hier genannten (Faster R-CNN und VGG16) zu finden sind.⁵⁰

Auch hier geht es nicht nur um Effizienz und Vereinfachung. Vielmehr wandeln sich neuronale Netze von dem Objekt, dessen Gestaltung im Hauptfokus der Forschung steht, zu einem relativ einfach nutzbaren Tool für komplexere Arrangements. Das hat nicht nur mit deren Qualität zu tun, sondern eben auch mit den genannten Informationsangeboten, gut verfügbaren Softwarebibliotheken und wachsenden Konventionen und Üblichkeiten.

Ein weiterer Text befasst sich mit der Vorhersage der Bewegung von Fußgänger:innen.⁵¹ Hier geht es darum, aus einer bekannten kurzen Bewegungssequenz vorherzusagen, wo sich die Person hinbewegen wird. Dazu sind aufwändige Trainingsdaten nötig. Im Prinzip müsste jemand in jedem Frame eines Videos auf dieselbe Person klicken. Da neuronale Netze sehr viele Daten (also hier viele Videos) brauchen, ist dieser Aufwand zu groß. Deshalb wird

49 A. Mhalla/T. Chateau: »Improving Multi Object«, S. 512.

50 <https://neurohive.io/en/popular-networks> vom 17.03.2021.

51 Styles, O./Ross, A./Sanchez V.: »Forecasting Pedestrian Trajectory with Machine-Annotated Training Data«, in: IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 716-721.

in diesem Fall das schon diskutierte Faster R-CNN benutzt, das als Tracking-Netz ja genau diese Aufgabe der Verfolgung einer Person durch mehrere Bilder realisiert, um die Trainingsdaten zu generieren. Die Forscher:innen verlassen sich also auf dieses bekannte und viel genutzte Netz dergestalt, dass sie dessen Ergebnisse als Ausgangspunkt für ihre eigene Forschung verwenden, die sie nur Stichprobenartig mit menschlich annotierten Daten überprüfen.⁵² Hier spielt die im letzten Abschnitt diskutierte Arbeitsteilung – Personenverfolgung wird als verlässlich gelöstes Problem vorausgesetzt, um Bewegungsvorhersage zu ermöglichen – mit den Fragen von Standards, Konventionen, Datensätzen und Softwarebibliotheken zusammen.

Das Netz, das die Bewegungsabläufe vorhersagt, ist ein weiteres bekanntes Standardnetz (ResNet-18), das hier als »backbone network« bezeichnet wird. Allerdings wird es nicht ganz im Baukastenprinzip verwendet, sondern einzelne Teile werden ausgetauscht. Dennoch kommt auch hier ein vortrainiertes Netz zum Einsatz.⁵³ Dieses Netz lernt allerdings nicht, die Position vorherzusagen, sondern die Abweichungen von der Annahme, dass sich die Person gerade mit gleicher Geschwindigkeit weiterbewegt. Damit wird verhindert, dass unwahrscheinliche oder stark fehlerhafte Positionen auftreten. Neuronale Netze sind bekannt dafür, dass sie keinerlei Logik oder Zusammenhänge des zu Lernenden erfassen, sondern einfach Eingabe auf Ausgabe mappen. Deshalb sind sie nicht nur durch große Performanz, sondern auch durch spektakuläre Fehler bekannt. Durch diese »Aufgabenstellung,« nur Abweichungen von einer linearen Fortbewegung zu lernen, werden solche Ausreißer durch eine Grundannahme über typische Bewegungen von Fußgänger:innen (sie bewegen sich oft relativ gerade vorwärts und wenn nicht, dann auch nur in bestimmten Formen der Abweichung von dieser Bahn) begrenzt. Die Standardisierung bringt es also auch mit sich, dass dieselben Netze verwendet werden, um unterschiedliche »Aufgaben« zu lösen – und schon diese Aufgabenstellung ist ein weiteres Einfallstor für normalisierende Annahmen.

Die Konventionalisierung und Standardisierung führen allgemein also dazu, dass die Frage, was eine Fußgänger:in für ein autonomes Kraftfahrzeug ist, im Fall von neuronalen Netzen immer weniger in den viel diskutierten Fragen der Auswahl von Daten und des Trainings entschieden werden. Vielmehr beginnen die Kategorien der Trainingsdaten und Anwendungsdaten zu verschwimmen, wenn diese selbst durch neuronale

52 Ebd., S. 720.

53 Ebd., S. 719.

Netze (auf zuvor durch Standards und Konventionen »gewählten« Daten) erzeugt werden. Zudem werden einzelne (Vor-)Verarbeitungsschritte, wie die Erzeugung der überlagerten Bilder oder bestimmte Initialisierungen immer relevanter – zumindest in der Forschung. Wie sich diese Verschiebungen auf ein konkret eingesetztes autonomes Kraftfahrzeuge auswirken, ist eine andere Frage. Hier wären dann auch nochmals Fragen des Standards im normativ-rechtlichen Sinn, der Zulassung etc. mit in den Blick zu nehmen. Auch Zertifizierungen oder zumindest Überprüfungen von Trainingsdaten werden angedacht.⁵⁴ Im Dispositiv des autonomen Kraftfahrzeugs durchdringen sich dann Standards und Konventionen auf Ebene der Forschung, Entwicklung und Prüfung oder Zulassung.

Fallstudie 4: Nochmals Bewegungsvorhersage – Epistemologien der Modelle und ihre Grenzen

Auch in Zeiten umfassender Erfolge neuronaler Netze nutzen längst nicht alle Ansätze diese Technik. Für den schon diskutierten Fall der Bewegungsvorhersage kommen z.B. immer noch recht altmodische physikalische Berechnungen zum Einsatz. Dies ist der Fall in einem Text, der gar nicht erst versucht, konkret vorherzusagen, wo eine Fußgänger:in (deren Identifikation als Fußgänger:in, Ausgangsposition und Geschwindigkeit wieder bekannt vorausgesetzt werden), sich in Zukunft befinden wird. Hier genügt es, herauszufinden, wo sie sinnvollerweise sein könnte.⁵⁵ Es steht also ein sicherheitsbasierter Ansatz im Vordergrund. Wenn das Kraftfahrzeug nur da fährt, wo die bekannten Fußgänger:innen gar nicht sein können, dann wird ein Unfall relativ wahrscheinlich vermieden. Dieser Ansatz ist sicher nicht optimal, dann gäbe wohl viele effizientere Routen, die durch ein Gebiet führen, wo eine Fußgänger:in sein könnte, aber wahrscheinlich nicht ist. Nur setzt die Berechnung dieser Routen weiteres Wissen voraus. Der Ansatz des Papers speist sich somit aus einer expliziten Reflektion dessen, was sicher gewusst und auch modelliert werden kann. Das formulieren die Autoren wie folgt:

54 Heesen, Jessica/Müller-Quade, Jörn/Wrobel, Stefan et al.: Zertifizierung von KI-Systemen – Kompass für die Entwicklung und Anwendung vertrauenswürdiger KI-Systeme. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme, München 2020.

55 Hartmann, M./Watzenig, D.: »Optimal motion planning with reachable sets of vulnerable road users«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 891-98.

The human body is controlled by the decisions made from the human brain. The dynamics of decisions and information flow in the human brain is very complex and unknown from the perspective of the vehicle. The behaviour of the pedestrian is dependent on the perception of the environment (e.g. city), cognitive conditions, internal factors (e.g. mood). From the perspective of the vehicle many important factors are unknown, therefore the models from [1] are used and extended in this paper.⁵⁶

Der Mensch wird hier also komplett in die Epistemologie der Informationsaufnahme (»perception of the environment«), Informationsverarbeitung (»information flow in the human brain«) und Ausgabe des Ergebnisses (»human body is controlled by the decisions made from the human brain«) vereinnahmt. Dabei wird ein (im Sinne der ersten Fallstudie) postuliertes Allgemeinwissen über Biologie und Kognition aufgerufen, welche dieser Informations-Epistemologie Plausibilität verleihen soll. Dieser Ausgriff informatischer Modellierung auf den Menschen führt hier aber nun ironischerweise zu einer enormen Selbstbeschränkung. Wenn erst einmal das menschliche Verhalten »in terms of information« beschrieben ist, wird schnell deutlich, dass das autonome Kraftfahrzeug all diese Informationen nicht hat. Was stattdessen benutzt wird (das ist der Verweis auf »[1]« im Zitat), ist einfachste Physik in drei Annahmen: Es wird erstens davon ausgegangen, dass eine Fußgänger:in eine Maximalgeschwindigkeit hat. Zweitens kann sie auch nur bedingt beschleunigen und verlangsamen, also z.B. nicht völlig abrupt die Richtung ändern. Schließlich können auch Änderungen der Beschleunigung nicht völlig beliebig erfolgen. Damit wird berechnet, wo sich eine Fussgänger:in unter diesen Annahmen in einer bestimmten Zeit hinbewegen könnte. Um diese Gebiete herum, kann dann die Route geplant werden. So wird neben den genannten unterschiedliche Auffassungen über Fußgänger:innen, die hier in einem Bild der Fußgänger:in als informationsverarbeitend zusammenfließend das Dispositiv ergänzen, auch die in den letzten beiden Fallstudien genannte Arbeitsteilung aufgerufen: die Ausgangsposition ist ebenso bekannt wie die Aufgabe der Routenplanung um bestimmte Gebiete herum.

Spannend an diesem Paper ist, dass die Grenzen der Modellierung aus epistemischer Sicht selbst als zentrale Motivation für die dann genutzte Modellierung genannt werden. Kritische Positionen, z.B. in der Medienwissen-

⁵⁶ Ebd., S. 893.

schaft beziehen sich ja oft darauf, bei einer informationstechnischen Anwendung solche informationstheoretischen oder kybernetischen Epistemologien aufzuzeigen und dann auf deren Grenzen hinzuweisen – etwa die Reduktion des Menschen auf ein informationsverarbeitendes System. Das hier untersuchte Paper verwendet eine solche Epistemologie ganz selbstbewusst – einschließlich der Reduktion des Menschen. Damit wird aber nun keine Angleichung an die Maschine, sondern eine informationsbasierte Differenz aufgerufen – mit entsprechenden Konsequenzen für den Algorithmus. Damit wird deutlich, dass nicht nur die Annahmen und Inhalte eines Modells, sondern auch deren Grenzen immer in Bezug zu anderen Elementen des Dispositiv gezogen werden. Sie beziehen sich auf eine bestimmte Epistemologie, hier die der Modellierung und damit auch auf ein bestimmtes Außen dieser Grenzen, welches mit zum Dispositiv gehört. Diese Stellen sich aus der Sicht der Informatik anders dar, als aus der Sicht anderer Wissenschaften. Die Tatsache, dass Medienwissenschaftler:innen diese Grenzen ganz anders gezogen hätte, verdeutlicht erstens, dass in kritischen Positionen mitunter solch ein Außen einfach impliziert wird bezüglich derer solche Grenzen vergleichbar wären und zweitens, dass die Grenzen eben nicht das Limit des Dispositiv sind, sondern als Teils des Dispositiv selbst dazu gehören. Damit ist mit der Einsicht in informatische Forschung – etwa im Vergleich zu medientheoretischen Analysen – keine epistemisch privilegierte oder reduzierte Sicht verbunden, sondern erst einmal eine andere.⁵⁷ Das bedeutet nun aber nicht, dass es hier nichts zu kritisieren gäbe. Denn genau aus dieser Sicht kann nun gefragt werden, welche Bezüge im Dispositiv diesseits und jenseits der Grenze liegen, welche Annahmen, Politiken, Praktiken eingebunden werden und welche nicht. Damit geschieht eine Erweiterung der Perspektive von der Epistemologie zur Praxis und Politik. Diese können aber als Konfigurationen im Dispositiv verstanden werden und brauchen kein Außen.

Schluss

Die Fußgänger:innen autonomer Kraftfahrzeuge sind viele. Die hier untersuchte wissenschaftliche Forschung in der Informatik stellt dabei einen bestimmten Ausschnitt dieser Vielfalt dar: sie abstrahiert von der sozialen, kul-

57 Matzner, Tobias: »The model gap: cognitive systems in security applications and their ethical implications«, in: *AI & Society* 31/1 (2016), S. 95-102.

turellen und ökonomischen Perspektiven auf Kraftfahrzeuge, Fußgänger:innen und Verkehr, sie abstrahiert auch vom Auto als Kraftfahrzeug und betrachtet es als ein Anwendungsfeld von KI, Mustererkennung, Routenplanung und dergleichen. Doch auch in dieser spezifischen Perspektive treten Fußgänger:innen in vielfältiger Form im Dispositiv des autonomen Fahrzeugs auf: Als Problematik, als Anlass für Fördergelder, als Gegenstand von Datensätzen, als Anwendungsbereich bestimmter Techniken wie Objekterkennung etc. All diese Formen haben unterschiedliche Ausprägungen: Text, Diagramme, Fotos, Bilder, Anspielungen auf (postulierte) Allgemeinannahmen und rigide Formalismen. Hier gibt es nun diverse Bezüge zu anderen Aspekten des autonomen Fahrens: Verkehrssituationen und ihre »sozialen Normen«, Unfälle, Annahmen über Fußgänger:innen und vieles mehr. Wie deutlich wurde, fließen diese verschiedenen Elemente des Dispositivs aber nicht alle in die zentrale Forschung ein. Teilweise stehen sie auch in den Texten selbst nur in lockeren Bezügen oder werden schnell in sehr formale Modelle (wie in Fallstudie eins von der Norm zum Cluster) oder Epistemologien (wie in Fallstudie vier) übersetzt. Dabei gehen viele Bezüge verloren – vor allem sozial-politische – und neue entstehen – primär zu Daten oder algorithmischen Techniken.

Neben dieser Vielfalt der Fußgänger:innen in einzelnen Texten zeigt sich ihre Vielfalt im Forschungsprozess. Dieser wird durch implizite und explizite Formen der Arbeitsteilung, Standards, Konventionen etc. strukturiert. Auch hier gibt es Bezüge zu anderen Elementen des Dispositivs. Zum einen lassen sich hier potentielle Probleme für konkrete Fahrzeuge ableiten. Die Arbeitsteilung der Forschung entspricht in Teilen der Zusammenarbeit vielzähliger Komponenten (in Hard- und Software) im selbstfahrenden Kraftfahrzeug, für die sich dann auch ähnliche Fragen der Interporabilität, impliziten und expliziten Voraussetzungen und Annahmen ergeben. Unfälle wie der in Tempe werden vor dem Hintergrund solcher Ergebnisse erklärbar (was nicht heißen soll entschuldigt.) Gleichzeitig wurde aber auch deutlich, dass Forschung eben nicht nur implementiert wird, sondern dann auch andere Logiken ins Spiel kommen: z.B. ist ein Standard der Forschung etwas anderes als ein Standard gemäß einer zulassungsrelevanten Norm.

Zum anderen wird damit auch die Kritik an KI allgemein und in ihrer Anwendung auf autonome Kraftfahrzeuge stärker konturiert. Zum Beispiel hat die Auswahl der viel diskutierten Trainingsdaten in der Forschung nochmals ihre eigene Logik aus Verfügbarkeit, Konventionen, Vergleichbarkeit etc. Zudem wurde deutlich, dass nicht einfach ein Datensatz ein Modell beeinflusst, sondern dass selbst für eine Aufgabe oft mehrere, teils vortrainierte

Modelle zum Einsatz kommen, die jeweils von mehreren oft gar nicht mehr bis in Detail nachvollziehbaren Datensätzen bestimmt werden. Diese einzelnen »Aufgaben« stehen dann in einer komplexen Verkettung vieler Schritte, womit nochmals mehr Daten und Algorithmen ins Spiel kommen. Hier sind auch Probleme möglich, die vor allem in inkompatiblen Annahmen über die anderen Schritte liegen und weniger in verzerrten Daten oder fehlerhaften Algorithmen – auch hierfür ist Tempe ein trauriges Beispiel. Die Generierung von Trainingsdaten aus einem bestehenden Standardsatz durch überlagerte Bilder oder die Annotation von Videos mit Hilfe von KI um diese als Trainingsdaten für andere Aufgaben zu nutzen (Positionsvorhersage statt -verfolgung) stehen stellvertretend dafür, dass sich auch derselbe Datensatz in ganz verschiedener Art und Weise verwenden und »befragen« lässt. Die Initialisierung des neuronalen Netzes in Fallstudie drei zur Abweichung gegenüber einer Normbewegung zeigt, dass das auch für Algorithmen oder Modelle gilt.

Hieraus ergeben sich weitere Fragen in Bezug auf selbstfahrende Kraftfahrzeuge. Wer kann die Daten nutzen, die anfallen? Welche Daten sollten erzeugt werden? Wie wird sichergestellt, dass relevante Daten erzeugt werden und verfügbar sind – und andere nicht? Viele der Komponenten müssen potentiell nicht nur innerhalb des Fahrzeugs zusammen funktionieren, sondern auch mit über Netzwerk verbundenen (wie Routenplaner) oder lokal anzutreffenden (wie Verkehrsschilder). Wie sind also die Fahrzeuge in die weitere sozio-technische Infrastruktur eingebettet? Diese Themen werden ebenfalls in Bezug auf aktuelle Forschung aus der Informatik diskutiert – weil hier wie gezeigt Anforderungen, Konflikte, Unklarheiten etc. auftreten.⁵⁸ Umgekehrt werden diese Debatten in der informatischen Forschung – zumindest im gesichteten Material – aber kaum aufgegriffen.

Schließlich wurde diskutiert, dass die epistemischen Grenzen der informatischen Verfahren durchaus eine Rolle in der Forschung spielen – aber eine andere als in kritischen Positionen. Einfach nur auf diese Grenzen hinzuweisen, genügt also sicher nicht – zumal diese eben auch ein jeweils anderes »Außen« mit aufrufen oder voraussetzen. Hier zeigt sich dann im Konkreten ein Punkt, der in der kultur- und geisteswissenschaftlichen Forschung zu Technik immer wieder aufkommt: die unterschiedlichen Perspektiven können nicht nur aufgrund ihrer epistemischen Qualität oder Tiefe verglichen werden. Wer »Informatik lesen kann« weiß nicht mehr – oder weniger – über

58 Siehe beispielsweise die Debatte um Dateneigentum in Bezug auf selbstfahrende Kraftfahrzeuge: G. Hornung/T. Goeble: »Data Ownership« im vernetzten Automobil«.

die Technik, sondern anderes. Vergleichbar und bewertbar wird diese Frage dann bezüglich der Praktiken oder Politiken, an die sie jeweils anschlussfähig sind. Diese Differenz verschiedener Perspektiven der Nutzung und der Informatik hat bereits Philip Brey als die zentrale Struktur der Epistemologie und Ontologie digitaler Technik ausgemacht.⁵⁹ Im Nachgang der durch Karen Barad und andere wieder aufgenommene Debatten um situiertes Wissen taucht diese Differenz in pluralisierter Form auf als Grenzziehungen die immer zugleich epistemisch und ethisch-politisch sind.⁶⁰ In der hier vorgeschlagenen Herangehensweise wäre das dann der Punkt, wo die im Begriff des Dispositivs schon angelegte Frage der Macht und Politik (als Ermöglichung und Begrenzung von Praktiken) wieder in den Vordergrund tritt. Denn genau damit wird ja gefragt, welche epistemischen wie politischen Differenzen zwischen verschiedenen Subjektpositionen und Praktiken das Dispositiv hervorbringt. Aus der Informatischen Forschung kann für diese Fragen aber viel über die Details, Bezüge und Komplexitäten der Fußgänger:innen der selbstfahrenden Kraftfahrzeuge erfahren werden: Sie sind viele – sie sind verteilt, fragmentarisch, hypothetisch und materiell, sich ergänzend oder widersprechend. Das heißt aber nicht, dass wir nicht fragen können und sollen wer die Fußgänger:innen der selbstfahrenden Kraftfahrzeuge sein sollten.

59 Brey, Philip: »The Epistemology and Ontology of Human-Computer Interaction«, in: *Minds Mach* 15 (2005), S. 383-98.

60 Siehe z.B. das Motiv des »Cuts« bei Barad, Karen: *Meeting the Universe Halfway*, Durham: Duke University Press 2007. Übertragen auf Informationstechnologie findet sich diese Herangehensweise bei Introna, Lucas D.: »The Enframing of Code: Agency, Originality and the Plagiarist«, in: *Theory, Culture & Society* 28/6 (2011), S. 113-141; Introna, Lucas D.: »Algorithms, Governance, and Governmentality: On Governing Academic Writing«, in: *Science, Technology & Human Values* 41/1 (2016), S. 17-49.

Neue Umgebungen des Fahrens

Fahren und Kontrollieren

Automatisierte Mobilität als programmatischer Kreislauf

Jan Distelmeyer

Für den Philosophen Gotthard Günther war das Auto ein ideales Beispiel. Daran zeigt er den Unterschied der »ersten« Maschinen, die er auch »archimedisch« oder »klassisch« nennt, zu jenen neuen und »zweiten« Maschinen der Kybernetik.¹ Diese Unterscheidung publizierte Günther erstmals 1952 in einem Nachwort zu Isaac Asimovs Roman »Ich, der Robot« und 1963 schließlich im Anhang seiner »Metaphysik der Kybernetik«.

Das Auto gehört dabei zu »ersten« Maschinen, deren Zweck darin besteht, körperliche Arbeit zu übernehmen oder zu erleichtern. Beim Automobil als »halbautomatische[m] Mechanismus«², kommt es, so Günther, für Menschen darauf an, es durch den Verkehr zu steuern und dafür sowohl Verkehrsregeln als auch das Verkehrsgeschehen (»[d]ie Kreuzung aber steht noch voll«³) als »Informationsdaten« zu verwenden, »die der Fahrer als allgemeine Richtlinien der Verkehrsordnung übernimmt und dann im Einzelfall der konkreten Fahrtsituation als detaillierte Information selbst produziert«.

Was dabei von Menschen verarbeitet werden muss, endet in dieser Logik »schließlich in einer ›kybernetischen‹ Bewegung«⁴, die z.B. das Herumreißen des Lenkrads oder der Druck auf das Bremspedal sein können. Genau diese Verarbeitungsfunktion des Gehirns zu ersetzen, ist die Aufgabe der »zweiten« Maschine: Die »Idee der kybernetischen Maschine«, die Günther am Beispiel

-
- 1 Vgl. Günther, Gotthard: Das Bewußtsein der Maschinen. Eine Metaphysik der Kybernetik, Krefeld: Agis 1963, S. 185-186.
 - 2 Ebd., S. 182.
 - 3 Ebd., S. 185.
 - 4 Ebd., S. 186.

des Autos entwickelt, verspricht »die konstruktive Verwirklichung eines Mechanismus, der Daten aus der Außenwelt aufnimmt, sie als Information verarbeitet und dieselbe in Steuerungsimpulsen dann an die klassische Maschine weitergibt«⁵. In dieser Logik von 1952 realisiert sich derart »autonome« Automobilität also, sofern der Mensch im Gebrauch der ersten Maschinen durch die Leistung der zweiten, kybernetischen Maschine ersetzt wird.

Bei den aktuellen Fragen, die sich um die technische Entwicklung und Wunschkonstellationen einer Autonomie von Fahrzeugen ranken, bleibt diese Substitution zentral. Abschied vom Anthropozentrismus: Gerade angesichts der intensiven Debatten über ethische Dimensionen autonomen Fahrens⁶ und der politischen Regelungen⁷ dazu wird deutlich, dass das Adjektiv »autonom« hier weniger im allgemeinen Sinn »selbstständig« und »unabhängig« bedeutet. Es geht vielmehr um eine spezifische Unabhängigkeit von menschlicher Aktivität und Verantwortung. »Autonom« meint hier nicht-menschlich.

Was mich im Folgenden an diesem Verhältnis zwischen derart automatisierten Fahrzeugen und ihren menschlichen Insassen und Teilzeit-Fahrer:innen besonders interessiert, sind die Prozesse, mit denen das Fahrzeug dieses Verhältnis herstellt und herzustellen anstrebt: wie die Funktion der Menschen als Fahrer:innen konzipiert ist, vermittelt wird und daraufhin verstanden werden kann.

Mir scheint diese Relation von Mensch und Technik durch eine besondere, zunächst verdoppelte und letztlich zirkuläre Form von Kontrolle und Evaluation geprägt zu sein: durch eine (Wunsch-)Konstellation spezieller Feedback-Schleifen, die Kontrolle durch menschliche Akteure und Kontrolle durch computerisierte Technik anhaltend verknüpft. Dieses Verhältnis möchte ich als

5 Ebd.

6 Vgl. dazu: Conradi, Tobias: »Verteilte Entscheidung – zersetzte Verantwortung? Automatismen und das ›Problem of Many Hands‹«, in: Norbert Otto Eke/Patrick Hohlweck (Hg.): Zersetzung. Automatismen und Strukturauflösung, Paderborn: Fink 2018, S. 79-97; Matzner, Tobias: »Autonome Trolleys und andere Probleme. Konfigurationen Künstlicher Intelligenz in ethischen Debatten über selbstfahrende Kraftfahrzeuge«, in: Zeitschrift für Medienwissenschaft 21 (2019), S. 46-55; Scholz, Volker/Kempf, Marius: »Autonomes Fahren: Autos im moralischen Dilemma?«, in: Heike Proff/Thomas Martin Fojcik (Hg.): Nationale und internationale Trends in der Mobilität, Wiesbaden: Springer 2016, S. 217-230.

7 Vgl. Aachtes Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes vom 16. Juni 2017 (BGBl. 2017 I, 1648).

Kreislauf von Kontrolle beschreiben. Er wird durch das Ineinandergreifen diverser Ebenen von Interfaces möglich, von denen das zentrale Dashboard-Display des Wagens nur die offensichtlichste und – als Touchscreen – ostentativ brauchbare Interface-Schicht darstellt.

Das Beispiel, auf das ich mich dabei konkret beziehen werde, ist die Marke Tesla. Der von seinem CEO und Mitgründer Elon Musk öffentlichkeitswirksam vertretene Hersteller nimmt aus mehreren Gründen eine Sonderrolle in diesem Feld der automatisierten und autonomen Mobilität ein, das selbst stark in Bewegung ist und in dem Bewegung als Fortschritt (gerade der Software-Entwicklung) zu den wichtigsten Versprechen gehört.⁸

Die folgenden fünf Facetten, mit denen ich diese spezielle Kontroll-Konstellation umreißen will, betreffen erstens das Verständnis von »Autonomie«, zweitens die Automatisierung durch *Machine Learning* für Teslas »data engine«, drittens den Touchscreen als Dashboard-Fenster, viertens den Kreislauf der Kontrolle, der durch das Fahren als Datenarbeit entsteht, und fünftens das Operieren mit Interfaces, das – vom Gaspedal bis zum Touchscreen – dieses Fahren auszeichnet und zu einem Schlüsselphänomen der laufenden Computerisierung macht.

Einschränkungen (der Autonomie)

Was derzeit unter dem Oberbegriff des autonomen Fahrens entwickelt, beworben und diskutiert wird, sind durchaus unterschiedliche Formen und Grade von Automatisierung. Dabei stehen dem weitverbreiteten Versprechen von Autonomie, das bei Tesla »Volles Potenzial für autonomes Fahren«⁹ lautet, nicht nur technische Herausforderungen gegenüber, »um in Zukunft einen autonomen Betrieb unter fast allen Umständen zu ermöglichen«¹⁰. Auch juristische Fragen schränken ein, was hier »autonom« sein soll.

8 Neben dem ökonomischen Erfolg zählt Christopher Cox zu den Hauptgründen »its in-house production of both automobiles and the software agent«, die Selbstbezeichnung als »the world's only vertically integrated energy company« sowie die kulturelle Bedeutung und den Prominentenstatus von Tesla-CEO Elon Musk (vgl. Cox, Christopher: *Autonomous Exchanges: Human-Machine Autonomy in the Automated Media Economy*. Dissertation, Atlanta 2018, S. 49).

9 https://www.tesla.com/de_DE/autopilot vom 02.02.2021.

10 Ebd.

Dazu sind 2018 für die Mitglieder des Deutschen Bundestages im rechtlichen Rahmen für »[a]utonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße«¹¹ fünf Stufen des automatisierten Fahrens unterteilt worden. Diese orientieren sich an der Einteilung der *Society of Automotive Engineers* aus dem Jahr 2014¹², weichen allerdings in der Kategorienbildung in Stufe 4 und 5 ab. Als »autonomes Fahren« wird hier die fünfte Stufe des »sog. automatisierten Fahrens« verstanden, wohingegen in der Stufen-Einteilung der *Society of Automotive Engineers* nicht von Autonomie die Rede ist. Die einzelnen Stufen werden im rechtlichen Rahmen für den Deutschen Bundestag so aufgeschlüsselt:¹³

- Stufe 1 als »assistierte[s] Fahren«: Assistenzsysteme (z.B. Abstandsregeltempomat) helfen »bei der Bedienung des Fahrzeugs«
- Stufe 2 als »teilautomatisierte[s] Fahren«: Funktionen wie »Einparken, Spurhalten, allgemeine Längsführung« werden vom Fahrzeug-System übernommen
- Stufe 3 als »hochautomatisierte[s] Fahren«: das Fahrzeug-System übernimmt ebenfalls »viele Fahrleistungen wie Bremsen, Lenken, Spurwechsel oder Überholen«, der Mensch wird allerdings nur noch bedarfsweise aufgefordert, »die Führung zu übernehmen«
- Stufe 4 als »vollautomatisierte[s] Fahren«, während die *Society of Automotive Engineers* erst bei Stufe 5 von »full automation«¹⁴ ausgeht: die Fahrzeugführung wird »dauerhaft vom System übernommen« und der Mensch nur dann zur Übernahme des Fahrzeugs aufgefordert, »wenn die Fahraufgaben vom System nicht mehr bewältigt werden können«
- Stufe 5 als »autonome[s] Fahren«: die Fahrzeuge haben »keinen Fahrer, sondern nur Passagiere«, und mit der Ausnahme »vom Festlegen des Zieles und Starten des Systems« ist danach »kein menschliches Eingreifen mehr erforderlich«

11 Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages: Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße – rechtlicher Rahmen (Ausarbeitung WD 7 – 3000 – 111/18), 2018, S. 4.

12 Vgl. SAE International: Automated driving. Standard J3016, 09.09.2014, https://web.archive.org/web/20150909233851if_/www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf vom 17.03.2021.

13 Alle folgenden Zitate: Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages: Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße, S. 4.

14 SAE: Automated driving.

Damit ist Autonomie auch hier explizit eine nicht-menschliche Aktivität. Sie bezeichnet die Unabhängigkeit dieses so verstandenen »Systems« vom Menschen, sofern und solange es läuft. Feine Unterschiede: Mensch und »System« sollen hier grundsätzlich getrennt bleiben. Die Stufe 0, das bezeichnende Gegenstück zu allen Automatisierungsstufen, soll dazu jeden Zweifel ausräumen und meint »das nicht automatisierte Fahren [...], bei dem der Fahrer alle Fahr-funktionen selbst ausführt, auch wenn unterstützende Systeme (z.B. ABS) vorhanden sind«¹⁵.

Im Sinne dieser Unterscheidung gradueller Automatisierung hat Florian Sprenger die Bedeutung des Autonomie-Begriffs präzisiert. Sofern damit die ersten vier Stufen automatisierten Fahrens bezeichnet werden und nicht die zukünftige Option von *full automation* bzw. des autonomen Fahrens, handele es sich um eine »durch Fahrassistenzsysteme ermöglichte Semi-Autonomie spezifischer Aufgaben des Fahrens«¹⁶.

Eine solche graduelle Einschränkung trägt auch dem rechtliche Rahmen Rechnung, weil für die letzte Stufe gegenwärtig gilt, dass in Deutschland »autonomes Fahren nach wie vor grundsätzlich unzulässig«¹⁷ ist. Gerade für Tesla hat diese juristische Schranke bemerkenswerte Folgen. Im Juli 2020 entschied das Landgericht München, Tesla die Werbung mit dem Begriff »Autopilot« zu untersagen. Erstens sei »eine Fahrt, ohne dass menschliches Eingreifen erforderlich wäre, nicht möglich«, Tesla aber suggeriere, »ihre Fahrzeuge seien technisch in der Lage, vollkommen autonom zu fahren«; darüber hinaus werde »der Eindruck erweckt, ein autonomer Fahrzeugbetrieb sei in der Bundesrepublik Deutschland straßenverkehrsrechtlich zulässig«, was aber »nach den geltenden Vorschriften des StVG (§§ 1a f StVG)« nicht zutrifft.¹⁸

Dass diese rechtlichen Rahmenbedingungen unter zunehmendem Druck stehen und in Bewegung sind, die Initiative der Bundesregierung für eine neues »Gesetz zum autonomen Fahren« vom Februar 2021: Auf Bundesebene und für die EU soll zukünftig ein Rechtsrahmen geschaffen werden, um

15 Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages: Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße, S. 4.

16 Vgl. den Beitrag von Florian Sprenger in diesem Band.

17 Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages: Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße, S. 9.

18 <https://www.justiz.bayern.de/gerichte-und-behoerden/landgericht/muenchen-1/press/e/2020/7.php> vom 02.02.2021.

»autonome Kraftfahrzeuge (Stufe 4)« im »öffentlichen Straßenverkehr im Regelbetrieb« zu erlauben und damit »aus der Forschung in den Alltag« zu holen.¹⁹ Der Gesetzentwurf, der im Mai 2021 vom Bundestag beschlossen und vom Bundesrat bestätigt wurde, will der »Innovationsdynamik der Technologie des autonomen Fahrens« Rechnung tragen, wobei »autonom« auch hier Unabhängigkeit vom Menschen bedeutet – genauer: die »Fahraufgabe ohne eine fahrzeugführende Person selbständig in einem festgelegten Betriebsbereich erfüllen« zu können, während die »Technische Aufsicht« (ehedem: »der Fahrzeugführer«) im Zweifelsfall die »autonome Fahrfunktion« deaktivieren können muss.²⁰

Zu diesen graduellen und rechtlichen Bestimmungen dessen, was im Zusammenhang mit Automobilen »autonom« heißen kann, kommt eine weitere Einschränkung hinzu. Sie betrifft die Frage des Verständnisses von Autonomie, sofern es um die technischen Grundlagen jener Automatisierung geht, die im rechtlichen Rahmen als »System« adressiert wird.²¹

Was als (semi-)autonome Autos diskutiert und konkret von Firmen wie Tesla produziert und angestrebt wird, sind Wagen, die Antrieb (Automobilität) und Computersteuerung auf eine neue Weise zusammenbringen. Darauf beruht insbesondere bei Tesla die Wunschkonstellation einer bestimmten Autonomie, deren logischer Fluchtpunkt nicht nur, wie Suzana Alpsancar betont, »die Autonomisierung eines Automobils«, sondern »die Automatisierung des Transports und Verkehrs« darstellt.²² Dies zeigt sich nicht zuletzt in Teslas Flotten-Konzept – der »fleet«, auf die ich noch zurückkommen werde.

19 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: »Deutschland wird international die Nummer 1 beim autonomen Fahren«, BMVI, <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/gesetz-zum-autonomen-fahren.html> vom 10.02.2021.

20 Bundesregierung: »Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren«, 08.02.2021, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Gesetze/Gesetze-19/gesetz-aenderung-strassenverkehrsgesetz-pflichtversicherungsgesetz-autonomes-fahren.pdf?__blob=publicationFile vom 17.03.2021.

21 Dies adressiert den Autonomie-Begriff auf einer Ebene, die vor der Zuweisung von Verantwortung steht, die der Philosoph Christoph Hubig »mit Blick auf das Agieren autonomer Systeme« diskutiert und dafür eine Unterscheidung von operativer, strategischer und moralischer Autonomie getroffen hat (vgl. Hubig, Christoph: »Haben autonome Maschinen Verantwortung?«, in: Hartmut Hirsch-Kreinsen/Anemari Karčić (Hg.): *Autonome Systeme und Arbeit. Perspektiven, Herausforderungen und Grenzen der Künstlichen Intelligenz in der Arbeitswelt*, Bielefeld: transcript 2019, S. 275-297.)

22 Vgl. den Beitrag von Suzana Alpsancar in diesem Band.

Wesentlich ist dabei, dass die Entscheidungen, die ein solches automatisiertes Fahrzeug treffen muss, um den fahrenden Menschen beim Lenken, Beschleunigen und Bremsen zu entlasten oder zu ersetzen, nicht im klassischen Sinne programmiert werden. Sie sind Ergebnisse von (genau dafür gebauten, programmierten und trainierten) Computerverfahren, denen unter den Schlagworten »Künstliche Intelligenz« (KI) bzw. Artificial Intelligence (AI) die Fähigkeit eingeräumt wird, sich im Sinne des *Machine Learning* weiter auszubilden. Hier kommt zum Einsatz, was in der Informatik »Künstliche Neuronale Netze« genannt wird: ein Netzwerk der Informationsverarbeitung, bei dem die Interaktion der einzelnen Informationsverarbeitungseinheiten (sogenannte »Neuronen«) bewusst flexibel angelegt ist, damit Abläufe der Signalübertragung trainiert werden und sich durch Erfahrungswerte ausprägen können.²³

Diese Computeranwendung des *Machine Learning* kann als muster-gültige und Wahrscheinlichkeit berücksichtigende Hochrechnung von Vergangenheit verstanden werden. Ziel dieser Verfahren, die zur Entwicklung angemessener Entscheidungen bei unerwarteten Ereignissen im Verkehr eingesetzt werden, ist, »dass sie einen Computer in die Lage versetzen, aus Erfahrungen zu lernen, um bestimmte Aufgaben zu lösen und Vorhersagen zu treffen, ohne für diese Funktion explizit programmiert worden zu sein«²⁴. Dafür werden möglichst große Mengen an erhobenen Daten gebraucht, aus denen »gelernt« werden soll. Eine neue, intrinsisch automatisierte Form von *Big Data*: In diesen vergangenen Verhältnissen werden Muster erkannt, aus denen für kommende Fragen Entscheidungen abgeleitet werden.

23 Hier – in der Bedeutung des *Machine Learning*, die sich bei Tesla im Modell einer datenproduzierenden Flotte zuspitzt – liegt zugleich ein wichtiger Unterschied zu anderen Konzepten »autonomer Automobilität« wie z.B. der »Seamless Autonomous Mobility« bei Nissan mit der menschlichen Intervention durch einen »Mobility Manager« (vgl. den Beitrag von Sam Hind in diesem Band).

24 Sudmann, Andreas: »Zur Einführung. Medien, Infrastrukturen und Technologien des maschinellen Lernens«, in: Christoph Engemann/Andreas Sudmann (Hg.): *Machine Learning. Medien, Infrastrukturen und Technologien der Künstlichen Intelligenz*, Bielefeld: transcript 2018, S. 9-23, hier S. 10.

Automatisierung (qua *data engine*)

Damit dieses trainierte Netzwerk, das von Tesla als Zentrum einer »data engine«²⁵ konzipiert wird, auf eine je aktuelle Fahrsituation reagieren kann, braucht es Sensoren. Bei Tesla heißen sie »Autopilotkomponenten zur aktiven Überwachung der Fahrzeugumgebung«²⁶: Dazu gehören acht Kameras – angebracht »oberhalb des hinteren Kennzeichens«, »in jeder Türsäule«, »an der Windschutzscheibe oberhalb des Rückspiegels« sowie »an beiden Vorderkotflügeln« – sowie 12 Ultraschallsensoren (»in den vorderen und hinteren Stoßfängern«) und ein Radarsensor (»hinter dem vorderen Stoßfänger auf der Fahrzeugseite«).²⁷

Mit diesem Modus des »Sensing«²⁸ kann erfasst werden, was als Input verarbeitet, auf der Grundlage von *Machine Learning*-Verfahren prozessiert und dann zur entschiedenen Aktion des Fahrzeugs wird. Die sensorische Erfassung der Umgebung wird dank Filteralgorithmen so verarbeitet, dass Modelle dessen berechnet werden können, was als Welt buchstäblich erfahren werden soll. So laufen permanent mathematische Verfahren eines »world modeling based on sensor data and filter algorithms«²⁹.

Dadurch zeichnet sich ein implizites Bild von jener Instanz ab, die hier entlastet/ersetzt werden soll. »Die Parallelsetzung von ›Mensch hinter dem Steuer‹ und ›KI«, so hat Tobias Matzner unterstrichen, »aktiviert ein Menschenbild, das aus einer bestimmten Kombination kybernetischer und humanistischer Motive besteht.«³⁰ Weil Autofahren für Menschen eine »relativ habitualisierte Tätigkeit« ist, liegt es nahe, dafür künstliche neuronale Netze

25 <https://www.youtube.com/watch?v=UcpoTTmvqOE> vom 17.03.2021 und Marshall, Arian: »Old Promises Broken, Musk Offers New Pledges on Self-Driving«, in: WIRED vom 24.04.2019, <https://www.wired.com/story/promises-broken-musk-offers-new-pledges-self-driving> vom 25.03.2021.

26 Tesla: Model 3 Benutzerhandbuch, 2020, S. 106.

27 Ebd.

28 vgl. Gabrys, Jennifer: *Program Earth: Environmental Sensing Technology and the Making of a Computational Planet*, Minneapolis: University of Minnesota Press 2016 sowie Angerer, Marie-Luise et al.: »Sensing. Zum Wissen sensibler Medien«, ZEM Brandenburg vom 01.10.2018, <https://www.zem-brandenburg.de/de/sensing.html> vom 25.03.2021.

29 Sprenger, Florian: »Microdecisions and Autonomy in Self-Driving Cars: Virtual Probabilities«, in: *AI & Society* 7/5 (2020), S. 176-190.

30 T. Matzner: »Autonome Trolleys und andere Probleme«, S. 51.

einzusetzen – »ein Ansatz der KI, welcher aus der kybernetischen Annahme hervorgegangen ist, dass Lernen durch Feedback zwischen Reizen und Reaktionen erfolgen kann«³¹.

Diese Betonung der kybernetischen Hypothese als Basis maschinellen Lernens ergänzt das Modell der Kybernetik, nach dem Gotthard Günther die »zweiten Maschinen« gedacht hat. Dies hilft der Präzisierung, wie heute – nicht nur, aber besonders im Hinblick auf »autonomes« Fahren – eine solche Autonomie zu verstehen ist. Was hier mit den Begriffen Lernen und Intelligenz bezeichnet wird, ist eine spezialisierte, automatisierte Quasi-Selbständigkeit, die von Dritten angelegt, ausgerichtet und trainiert werden muss.

Sie bedarf der präzisen Vorbereitung, Wartung und Evaluation. Bei Tesla werden diese Prozesse als ein Kreislauf der KI, als Iterationsprozesse des *Machine Learning*, angelegt.³² In diesem Kreislauf werden Daten erhoben, annotiert, das Netzwerk damit trainiert, auf die Entscheidungseffekte hin getestet, diese Ergebnisse überprüft, daraufhin ein neuer Datensatz für das Training erzeugt, wiederum annotiert, damit das Netzwerk trainiert, getestet, überprüft usw. So können durch das Netzwerk jene probabilistischen Vorhersagen getroffen werden, auf deren Grundlage dann das Fahrzeugverhalten auf kommende Ereignisse reagiert.

Der »Director of Artificial Intelligence and Autopilot Vision« bei Tesla, Andrej Karpathy, erklärt dazu:

We refer to this iterative process, by which we improve these predictions, as the *data engine*. Iteratively deploying something, potentially in shadow mode, sourcing inaccuracies, and incorporating the training set over and over again. And we do this basically for all the predictions of these neural networks.³³

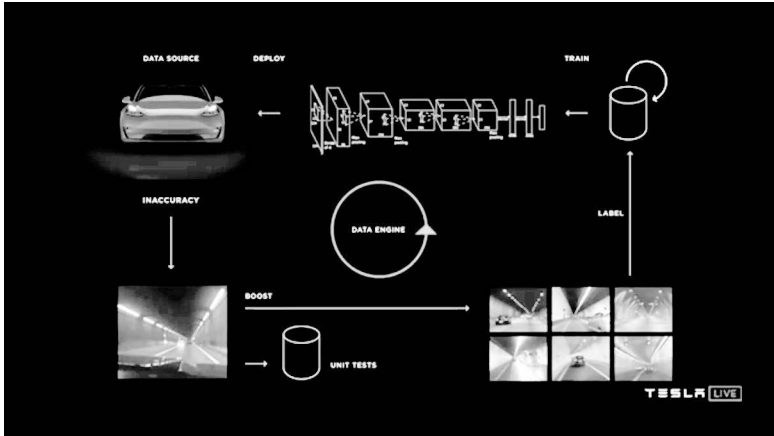
Im Tesla-Fahrzeug werden diese Vorhersagen/Entscheidungen vom Chip-System FSD (Full Self Driving) prozessiert, das aus zwei auf einer Platine mit doppelter Stromversorgung verlöteten Chips besteht, von denen jeder laut Tesla zu über 30 Milliarden Operationen in der Sekunde fähig ist. Diese Doppelung erhöht nicht nur die Operations- bzw. Rechenleistung, sondern hat zwei weitere Funktionen: Sollte einer der Chips ausfallen, kann der

31 Ebd.

32 Vgl. <https://www.youtube.com/watch?v=UcpoTTmvqOE> vom 02.02.2021.

33 Ebd.

Abbildung 1: »Over and over again« – Darstellung der Data Engine beim »Tesla Autonomy Day« 2019



<https://www.youtube.com/watch?v=UcpoTTmvqOE> vom 02.02.2021.

zweite im Notfall den Betrieb fortsetzen. Im Normalfall kontrollieren sich beide Chips gegenseitig, weil beide mit den gleichen Sensordaten arbeiten und vor einem Fahrbefehl ihre Ergebnisse/Entscheidungen vergleichen.³⁴ Schon hier also, auf der Chip-Ebene, wirkt eine Dopplung von Kontrolle und Evaluation.

Die Verarbeitung von sensorisch ermitteltem Input auf der Grundlage dieser technischen Prozesse der *data engine* kann folglich nur dann (semi-)autonom genannt werden, wenn Autonomie auf der Grundlage der kybernetischen Annahme gedacht wird, die Menschen und Maschinen als in diesem Sinne funktional identisch konzipiert. Sobald das Autonomie-Verständnis an Bewusstsein und Willensfreiheit gekoppelt ist und die Frage von Selbständigkeit mit der nach Freiheit und deren »ethisch-politischen Strukturbedingun-

34 Vgl. <https://www.youtube.com/watch?v=UcpoTTmvqOE> vom 02.02.2021 und Ernst, Nico: »KI für autonomes Fahren: Teslas FSD-Chip vereint CPU, GPU und KI-Prozessor«, Heise online vom 26.04.2019, <https://www.heise.de/newsticker/meldung/KI-fuer-autonomes-Fahren-Teslas-FSD-Chip-vereint-CPU-GPU-und-KI-Prozessor-4408291.html> vom 17.03.2021.

gen«³⁵ zusammenhängt, kann bei dieser Sorte Maschine davon keine Rede sein.³⁶

In diesem Sinne können Computersysteme Eigenschaften wie Autonomie nicht besitzen und kann diese Quasi-Selbstständigkeit der KI besser als Eigendynamik bezeichnet werden. Eigen ist diese Dynamik, weil es sich um automatische und gleichwohl nicht gemäß klassischer Programmierung explizit vorgeschriebene Abläufe handelt, die sich nach eigenen (im jeweiligen Prozess des *Machine Learning* aufgestellten) Regeln entwickeln³⁷, für die es wiederum einen je eigenen Rahmen und Bedingungs-zusammenhang braucht. Dieser Bedingungs-zusammenhang ist computerbasiert und bleibt somit immer *pro-*

35 Rebutisch, Juliane: Die Kunst der Freiheit. Zur Dialektik demokratischer Existenz, Berlin: Suhrkamp 2013, S. 22.

36 Gerade angesichts der Forschungen zu Brain-Computer-Interfaces, die nicht zuletzt durch Elon Musks Firma Neuralink vorangetrieben werden, gewinnt die, so Monika Kalmbach-Özdem, »ungelöst im Raum stehende Debatte über die Beschaffenheit von Bewusstseinsprozessen und über die Urheberschaft von Willensfreiheit« besondere Bedeutung (vgl. Kalmbach-Özdem, Monika: Neurostimulations-Kultur: Die Tiefe-Hirnstimulation zwischen Kulturtechniken und experimenteller Gestaltung, Berlin: Kadmos 2017, S. 7). Dieter Mersch betont, die »Frage des Bewusstseins von Maschinen« könne eben »nicht systematisch gelöst werden«, und weist in diesem Zusammenhang auf den »gegen Turing und mit Maurice Merleau-Ponty« vorgebrachten Einwand von Hubert L. Dreyfus hin, »dass wir in erster Linie leiblich denken und folglich Bewusstsein eine Funktion des gesamten Körpers darstellt, nicht eines einzelnen Gehirns – eine Kritik, wie sie später ebenfalls von Alva Noë und Markus Gabriel wiederholt werden sollte« (vgl. Mersch, Dieter: »Kreativität und Künstliche Intelligenz. Einige Bemerkungen zu einer Kritik algorithmischer Rationalität«, in: Zeitschrift für Medienwissenschaft 21 (2019), S. 65-74, hier S. 67). Dieser Unterschied zwischen Maschinenprogramm und Bewusstsein wird in Raphaela Edelbauers Roman »Dave« so pointiert: »Programmieren heißt festzulegen, wie auf etwas reagiert wird. Bewusstsein auf der anderen Seite (nicht zu verwechseln mit Intelligenz) heißt, sich selbst zu setzen: sich selbst entdecken und darin neu konstituieren, sich anschauen und gleichzeitig Objekt dieses Anschauens sein.« (Edelbauer, Raphaela: Dave, Stuttgart: Klett-Cotta 2021, S. 169).

37 Vgl. Parisi, Luciana: »Das Lernen lernen oder die algorithmische Entdeckung von Informationen«, in: Christoph Engemann/Andreas Sudmann (Hg.): Machine Learning. Medien, Infrastrukturen und Technologien der Künstlichen Intelligenz, Bielefeld: transcript 2018, S. 93-113 und Parisi, Luciana: »The Alien Subject of AI«, in: Subjectivity 12 (2019), S. 27-48.

grammatisch – also auf Programmierbarkeit beruhend und Programmierung auf der materiellen Grundlage diverser Prozesse des Leitens realisierend.³⁸

Bereits 1965 hatte der Mathematiker und Philosoph Georgi Schischkoff den Autonomie-Status von »lernende[n] Automaten und Rechenmaschinen«³⁹ zurückgewiesen. Seine »Kritik am kybernetischen Positivismus« reagierte nicht zuletzt auf Gotthard Günther und charakterisierte »die ›autonomen‹ Mehrleistungen von hochentwickelten Automaten«⁴⁰ ausdrücklich als eine Rechenleistung, die entsprechend vorbereitet und einkalkuliert ist. Diese Quasi-Autonomie läuft, damals wie heute, planmäßig. Sie ist, so Schischkoff, eine »nachträgliche Auswirkung von latent angelegten Funktionsentfaltungen« und kommt zustande, indem diese Maschinen »über die Möglichkeit verfügen, die Mengen aller ihnen eingegebenen Grundelemente, aufgespeicherter Daten oder Werte sowie aller hereinströmenden Informationen kombinatorisch vollständig durchzuarbeiten und daraus nach weiteren mathematischen Gesetzmäßigkeiten Zusammensetzungen von besonderen, vorgegebenen (bzw. durch Außenwelt-Information herausgelockten) Merkmalen auszulesen oder Optimalwerte zu errechnen«⁴¹.

Aus dem gleichen Grund werden die Ausdrücke KI oder AI kritisch gesehen. Um den Intelligenz-Begriff an dieser Stelle zu vermeiden – »the term ›intelligence‹ invokes connotations of a human-like autonomy and intentionality that should not be ascribed to machine-based procedures«⁴² –, schlägt die Initiative AlgorithmWatch vor, hier besser von »algorithmically controlled, automated decision-making (ADM)« zu sprechen: »[A]n ADM system [...] is a socio-technological framework that encompasses a decision-making model, an algorithm that translates this model into computable code, the data this

-
- 38 Die Bedeutung von »programmatisch« als »richtungweisend« oder »einem Grundsatz entsprechend« präzisiere ich hier bewusst mit der grundsätzlichen Bedingung der Programmierbarkeit; zumal genau diese Flexibilität, unterschiedlichste Prozesse programmierend automatisieren zu können, einer der Gründe ist, warum Fortschritt und Computer (als »richtungweisende« Technologie) seit Jahrzehnten zusammengedacht werden. Vgl. Distelmeyer, Jan: Kritik der Digitalität, Wiesbaden: Springer 2021, S. 1-11.
- 39 Schischkoff, Georgi: »Philosophie und Kybernetik. Zur Kritik am kybernetischen Positivismus«, in: Zeitschrift für philosophische Forschung 19 (1965), S. 248-278, hier S. 260.
- 40 Ebd.
- 41 Ebd.
- 42 Alfter, Brigitte/Müller-Eiselt, Ralph/Spielkamp, Matthias: »Introduction«, in: Matthias Spielkamp (Hg.): Automating Society. Taking Stock of Automated Decision-Making in the EU, Berlin: AlgorithmWatch 2019, S. 6-12, hier S. 9.

code uses as an input – either to ›learn‹ from it or to analyse it by applying the model – and the entire political and economic environment surrounding its use.«⁴³

Die KI-basierte (Semi-)Autonomie automatisierter Fahrzeuge, von Stufe eins bis Stufe fünf, möchte ich vor diesem Hintergrund als eine ADM-basierte Eigendynamik beschreiben: Sie besteht in einer programmatisch-automatisierten Entscheidungsfindung, die in Steuerungsprozesse der Automobile übersetzt wird. Darum werde ich im Folgenden – bei allen fünf Stufen – von automatisierten Fahrzeugen sprechen, wobei die fünfte Stufe ganz im Sinne der SAE-Einteilung *full automation* bedeutet.

Fenster (nach »innen« und »außen«)

Automatisierte Fahrzeuge, die mit eigendynamischen Entscheidungsfindungen mobil werden, stehen – sowohl als Wunschkonstellation, die Christopher Cox am Beispiel von Tesla als »ideology of autonomy«⁴⁴ diskutiert hat, als auch als konkrete Produkte – in besonderer Weise exemplarisch für die gegenwärtige Entwicklung der Computerisierung. Sie sind Beispiele jener Form von programmatischer, angeleiteter Aktivität, von eigendynamischer »agency«, die N. Katherine Hayles als »the third wave of computation«⁴⁵ bezeichnet hat. Sie gehören zum Phänomen der Ausbreitung, Einbettung und Eigendynamik von Computertechnologie im Sinne einer relationalen Implikation⁴⁶, die eine Verumweltlichung von Computertechnologie anstrebt: »the *becoming environmental of computation*«⁴⁷. Sensoren werden dabei wesentlich. Sie sorgen für den durch sie immer schon mitbestimmten Input der maschinellen Verarbeitung und sind somit nicht nur an der Produktion von Daten, sondern auch von neuen Verhältnissen (in jedem Wortsinn) beteiligt.

Beispielhaft sind automatisierte Fahrzeuge dabei nicht nur, weil sie so offensichtlich auf die »richtige« Erfassung und Verarbeitung der Umwelt (des

43 Ebd.

44 Cox, Christopher: *Autonomous Exchanges*, S. 61-64.

45 Hayles, Katherine N.: »Foreword«, in: Ulrik Ekman et al. (Hg.): *Ubiquitous Computing, Complexity and Culture*, New York: Routledge 2016, S. 33-38, hier S. 33.

46 Vgl. Hansen, Mark B.N.: *Feed Forward. On the Future of Twenty-First-Century-Media*, Chicago: University of Chicago Press 2015, S. 580-629.

47 Gabrys, Jennifer: *Program Earth*, S. 4, Herv.i.O.

Fahrzeugs) angewiesen sind, worauf gerade Berichte über Unfälle und Opfer der automatisierten Auto-Entscheidungsfindung immer wieder hinweisen. Beispielhaft sind diese Formen von Computerisierung auch deshalb, weil sie ebenso offensichtlich das vielleicht vordringlichste Versprechen jener größeren Entwicklung ausstellen, die als »die Digitalisierung« läuft: Automaton. Was alle der extrem diversen und auch unterschiedlich effektiven Prozesse eint, die unter dem Schlagwort Digitalisierung zusammengefasst werden, sind programmatische Prozesse des Automatisierens. Darauf verweist die Stufeneinteilung für »[a]utonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße« gleich fünffach.⁴⁸

Der wichtigste Punkt aber, der automatisierte Fahrzeuge zu einem faszinierenden Beispiel für die laufenden Prozesse der Computerisierung macht, ist das damit angelegte, präsentierte und prozessierte Verhältnis zwischen Mensch, Technik und dem, was beide als Umwelt gemein zu haben scheinen. Automatisiertes Fahren ist insofern eine besondere Begegnung mit ADM-basierter Computerisierung, als sich Fahrer:innen in dieser Begegnung permanent mit den Folgen dieser technischen Operationen befassen können und, so der rechtliche Rahmen, auch können müssen.

Im Autopilot-Modus sehen und erfahren Menschen die Auswirkungen der eigendynamischen *agency* des ADM-Systems in jenem Moment, in dem es Fahrentscheidung an das Auto weitergibt. Der Wagen wird bewegt und wir mit ihm. Die Mobilität des Autos ist in Teilen auch die der Fahrer:innen; ihre Körper fühlen, ihre Sinne nehmen wahr, was geschieht. Ihr Blick durch die Scheiben zeigt ihnen, wie sich ihr Gefährt (und sie in ihm) durch eine Welt bewegt, die nie nur statisch, nie nur Weg (zum Ziel) ist, sondern auch aus zahllosen anderen Formen von *agency* besteht, die auf Mensch und Auto aktiv zukommen mögen.

Die programmatische Automatisierung, die z.B. im Hinblick auf den Hochfrequenzhandel an der *Börse*, auf Prozesse des Cloud-Computing, der Sensing-Verfahren in *Smart Cities* und des *Machine Learning* in z.B. Sprach-Assistenzen wie Siri oder Alexa schon länger alltäglich ist, wird beim automatisierten Fahren dahingehend zugespitzt, dass hier die versprochene Automatisierung permanent in ihren Folgen beobachtbar und korrigierbar ist. Im Gegensatz zu anderen ADM-basierten Verfahren, die

48 Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages: Autonomes und automatisiertes Fahren auf der Straße, S. 4.

sich Menschen als Dienste anbieten (wie z. B. Sprach-Assistenzen und Online-Übersetzungsdienste), erfahren wir die Entscheidungen des Autopiloten hier existenziell, am eigenen Leibe, und sind korrigierende Eingriffe hier nicht nur möglich und erlaubt: Die Möglichkeit zur Korrektur ist vielmehr gesetzlich festgeschrieben.

In §1a des »Achten Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes« sind Kraftfahrzeuge mit hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktion u. a. dadurch definiert, dass ihre technische Ausrüstung »jederzeit durch den Fahrzeugführer manuell übersteuerbar oder deaktivierbar ist«⁴⁹. Nur so kann die in §1b beschriebene Pflicht »des Fahrzeugführers« realisiert werden, die Steuerung im Zweifelsfall »unverzüglich wieder zu übernehmen«, wofür die Fahrer:innen permanent »wahrnehmungsbereit bleiben« müssen.⁵⁰

Auf die Möglichkeit, das Verhalten des Autos zu überprüfen, kommt es an. Und sie hängt hier nicht nur von jenem Abgleich ab, den ich in einem konventionellen Wagen zwischen dem Druck aufs Gaspedal und dem vornehme, was ich durch die Scheiben sehen und auch beim Lenkverhalten spüren kann. Hinzu kommt – und das ist für die aktuelle Situation des automatisierten Fahrens und die Frage von Kontrolle wesentlich – ein User-Interface zur Steuerung des Wagens: bei Tesla ein 15-17 Zoll großer Touchscreen in der *Mittelkonsole*, ein »dashboard touchscreen«⁵¹.

Hier zeigen sich alle Angaben zum Status und Verhalten des Fahrzeugs. Dieses Interface ist als »fünftes Fenster« (nach jenen zur Seite, nach vorn und nach hinten) für die Beziehung zwischen Fahrer:in, Fahrzeug und Fahren buchstäblich zentral. Es dient nicht nur »zur Steuerung vieler Funktionen, die in herkömmlichen Autos mithilfe physikalischer Knöpfe gesteuert werden (z. B. Einstellen von Heizung, Klimaanlage, Scheinwerfer usw.)«⁵², zur Kopplung mit einem Smartphone oder zur Benutzung als »Media Player«, sondern auch zur Steuerung der vielleicht wichtigsten Funktion des Autos: Mobilität.

Eine Frage der Geschwindigkeit: Der Touchscreen zeigt sie an und ist – neben dem Scrollrad – zugleich auch das Mittel, mit dem im Autopilot-Modus

49 Achstes Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes vom 16. Juni 2017 (BGBl. 2017 I, 1648).

50 Ebd.

51 <https://forums.tesla.com/discussion/15452/dashboard-touchscreen> vom 02.02.2021.

52 Tesla: Model X Benutzerhandbuch 2019, S. 6.

die Geschwindigkeit erhöht oder gedrosselt werden kann. Eine Berührung der Plus- oder Minus-Zeichen neben der Tempoanzeige genügt.⁵³

Dieser kapazitative Monitor ist somit sowohl das Display, auf dem Status, Einstellungen, Lage und Verhalten des Autos und seiner Steuerungssysteme angezeigt werden, als auch die Oberfläche von Interface-Prozessen zur Veränderung dessen: Auf/mit ihr werden durch »operative Bilder« in einer Interface-Inszenierung Eingaben zur Steuerung ermöglicht und zum Teil auch gefordert.⁵⁴ Beim Modus »Autoparken« wird z.B. das komplette Fahrverhalten – von der Geschwindigkeit über das Lenkverhalten bis zum Bremsen – über die Berührung des Buttons »Starten« im Touchscreen angeleitet.

Hier, auf dem Touchscreen als Dashboard-Fenster zur Steuerung, läuft das Navigationssystem und zudem eine Simulation des Fahrzeugs und seiner engeren Umgebung. Hier werden »der aktuelle Fahrstatus und eine von den Autopilotfunktionen ermittelte Darstellung der Fahrbahn in Echtzeit angezeigt«⁵⁵. In dieser Simulation wird die durch den Lenkassistenten »erkannte« – also sensorische erfasste und als Datensammlung von den FSD-Chips entsprechend verarbeitete – Fahrspur blau markiert, werden nahe Fahrzeuge (auch »in Ihrem toten Winkel«) ebenfalls simuliert und werden Warnmeldungen wie jene angezeigt, den Spurwechsel des Autopiloten zu bestätigen und also den entsprechenden Blinker zu setzen.⁵⁶

Dieses Interface zur Steuerung ist also eine spezielle Art Fenster zu einem programmatischen »Innen« – genauer: zur internen Darstellung und Steuerung dessen, was das System des ADM-bewährten und sensorbestückten Computer-Fahrzeugs von »sich« und seiner Umgebung simulierend und operativ vermittelt. Darum ist es gerade die gleichzeitige Präsenz der verschiedenen Fenster (des Fensters zum programmatischen »Innen« und jener zum umweltlichen »Außen«), dank der die Steigerung von Kontrolle (zunächst als Verdopplung) möglich und ablesbar wird.⁵⁷

53 Diese Geschwindigkeitsregulierung kann durch den Druck auf das Gaspedal oder die Bremse jederzeit verändert und somit übersteuert werden.

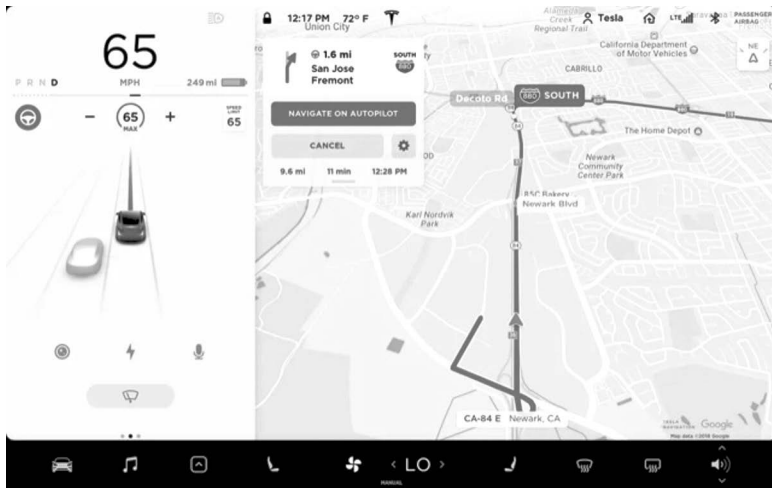
54 J. Distelmeyer: Kritik der Digitalität, S. 92-98.

55 Tesla: Model 3 Benutzerhandbuch, 2020, S. 73.

56 Ebd., S. 74-74.

57 Daraus entstehen auch unheimliche Effekte, wovon der Erfahrungsbericht eines Tesla-Fahrers 2017 erzählt, der den Autopilot als »ein wenig erschreckend« beschreibt, »da er gegen jeden Instinkt und jede Muskelbewegung geht, die man in der Fahrstunde gelernt hat«. (<https://www.businessinsider.de/tech/ich-habe-teslas-autopiloten-vier-stunden-lang-verwendet-es-war-erschreckend-2017-9/> vom 17.03.2021.)

Abbildung 2: Die Simulation des Fahrzeugs und seiner engeren Umgebung: der Tesla-Touchscreen (Model 3) im Autopilot-Modus



<https://www.businessinsider.com/teslas-navigate-on-autopilot-review-2018-11> vom 02.02.2021.

Im Herbst 2020 kündigte Tesla an, das Autopilot-System sei künftig fähig, das »Umfeld aus einer Vogel-Perspektive darzustellen«, sodass »auf der Grundlage von Berechnungen der neuronalen Autopilot-Netze« ein neues Übersichtsbild der Fahrzeugumgebung auf dem Touchscreen angezeigt werde.⁵⁸ Diese, so Elon Musk, »Vektorraum-Vogelperspektive«⁵⁹, ergänzt somit die Simulation des Fahrzeugs und seiner engeren Umgebung um eine programmatische Perspektive, die kein menschlicher Blick durch die Außenfenster je gewinnen kann und unterstricht somit die Auffassung, dass »Autonomie« hier dezidiert als nicht- oder besser: über-menschlich gedacht wird. Der Touchscreen als Dashboard-Fenster wird zunehmend zum Ort, an dem sich »Innen« und »Außen« programmatisch überlagern.

Dies ist nicht zuletzt deshalb interessant, weil die Geschichte des Dashboards Nathaniel Tkacz zufolge von Anfang an – das heißt: seit der Pferde-

58 <https://teslamag.de/news/musk-tesla-autopilot-vogel-perspektive-auf-spezielle-art-30333> vom 17.03.2021.

59 Ebd.

kutsche – auf eine Trennung von Innen und Außen hin angelegt worden ist: »The dashboard is literally the board which separates the driver from the ›dashing up‹ of mud and dirt from the horses' hooves. Its first function is one of separation.«⁶⁰ Diese Trennung aber war und ist zugleich eine, die, so Tkacz, genau damit eine Erweiterung (der Wahrnehmung und des Fahrens) ermöglicht: Denn erst durch das Einziehen einer Trennwand, die später zum Ort der Anzeige von Zuständen und »inneren« Prozessen der Automobile wird, können Fahrende besser auf jene »environmental elements«⁶¹ konzentrieren, die das Dashboard auf räumliche Distanz hält.

Lange bevor also das Dashboard zum Ort und Schauplatz von Anzeigetafeln und Touchscreens wird, die nach Gotthard Günther »Information direkt von der Maschine her«⁶² vermitteln, damit Fahrer:innen »dieses informative Datenmaterial« verarbeiten können, steht das Dashboard sowohl für Trennung als auch für (dadurch ermöglichte) neue Relationen. Es fügt eine Trennung ein und ermöglicht damit zugleich eine neue Verbindung zwischen dem Getrennten. So verstanden wird das Dashboard für Tkacz zu einer Art prä-programmatischem »interface«⁶³. Diese historische Relation von Innen und Außen kommt mit dem »dashboard touchscreen« der automatisierten, semi-autonomen Fahrzeuge auf eine neue Ebene.

Kontrolle (im Kreislauf)

Kontrolle wird hier nicht delegiert, sondern potenziert: Nachdem die Steuerung des Wagens (insbesondere bei den Stufen drei und vier) an die Autopilot-Technik übertragen worden ist, haben Fahrer:innen hinter dem Steuer *wahrnehmungsbereit* zu bleiben.⁶⁴ Ihre Erfahrungen, ihre Sinneswahrnehmung und vor allem ihr Blick auf die unterschiedlichen Fenster-Typen evaluieren die Eigendynamik des Fahrens. Sie kontrollieren die Kontrolle mit der permanenten Option des Eingriffs. Nach deutschem Recht kann diese

60 Tkacz, Nathaniel: »Connection Perfected: What the Dashboard Reveals«, Digital Methods Initiative, Winter 2015, https://www.academia.edu/12077196/Connection_Perfected_What_the_Dashboard_Reveals vom 17.03.2021.

61 Ebd.

62 G. Günther: Das Bewußtsein der Maschinen, S. 186.

63 N. Tkacz: »Connection Perfected«.

64 Vgl. Ahtes Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes vom 16. Juni 2017 (BGBl. 2017 I, 1648).

Option jederzeit – wenn es das Fahrzeug oder die Situation erfordern – zur Pflicht werden.⁶⁵

»So, if you ask the car to accelerate or brake or steer right or left,« formuliert dies Pete Bannon, Vice President of Silicon Engineering bei Tesla, »you can look at the accelerometers and make sure that you are in fact doing that. So, there's a tremendous amount of redundancy and overlap, in both, our data acquisition and our data monitoring, capabilities, here.«⁶⁶ Auf dieser (rechtlich immens bedeutenden) Ebene der Kontrolle können/müssen Menschen in »real time« die Effekte der Automatisierung erfahren, überprüfen und korrigieren. Potentiell dreht sich damit der Zeitdruck der Computer – »[i]n computer systems, ›real time‹ reacts to the live: their ›liveness‹ is their quick acknowledgment of and response to users' actions«⁶⁷ – also um.

Zu dieser (im Sinne der Kybernetik nur folgerichtigen) Umkehrung kommt eine weitere hinzu. Denn die von Bannon betonten *Redundanzen* und *Überschneidungen* von Kontrolle erschöpfen sich keineswegs in dieser Evaluierung der automatisierten Fahrzeugkontrolle durch Fahrer:innen, die neben dem äußeren Geschehen auch den Touchscreen als User-Interface dieses automobilen Computers im Blick und im Griff haben. Die Erklärung von Lex Fridman, AI-Forscher am MIT und Influencer via Twitter und YouTube, »control is transferred from human to machine and back to human«⁶⁸, beschreibt nur die Hälfte dieser Transferleistung in Sachen Kontrolle: Zugleich werden in jedem Moment die Steuerung des Fahrzeugs sowie die Einflussnahmen und Korrekturen der Fahrer:innen durch die Maschine selbst erfasst, um die

65 Eine Folge ist die bei Tesla durch ein Software-Update Ende 2019 durchgesetzte 15-Sekunden-Regel, nach der im Autopilot-Modus »in Europa nach spätestens 15 Sekunden das Lenkrad berührt werden«, muss, während in Nordamerika »eine deutlich längere Zeitspanne erlaubt« ist (vgl. Hebermehl, Gregor/Knecht, Jochen/Sommer, Marcel: »Europa schränkt den Autopiloten ein«, in: *Auto, Motor und Sport* vom 18.12.2019, <https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/alternative-antriebe/tesla-retrofit-autopilot-hardware-update> vom 11.07.2021). Technisch umgesetzt wird dies durch die Erfassung des Drehmoments am Lenkrad: »Der Lenkassistent erkennt Ihre Hände, indem leichter Widerstand bei Drehungen des Lenkrads oder leichte manuelle Lenkeingaben erkannt werden (ohne ausreichende Kraft, um die Kontrolle zu übernehmen)« (Tesla: *Model 3 Benutzerhandbuch*, S. 119).

66 <https://www.youtube.com/watch?v=UcpoTTmvqOE> vom 02.02.2021.

67 Chun, Wendy Hui Kyong: *Updating to Remain the Same. Habitual New Media*, Cambridge: MIT Press 2016, S. 79.

68 <https://youtu.be/OoC8oHoCLGc> vom 02.02.2021.

Daten auszuwerten und für die Trainingsverfahren der *data engine* nutzbar zu machen.

Jedes Fahrzeug und Fahrverhalten wird in diesem Sinne noch einmal programmatisch kontrolliert. Das Zusammenspiel zwischen Sensoren- und Computer-Technologie wird benutzt, um Fahren jederzeit in Datenströme zugunsten automatisierter Evaluationsverfahren zu verwandeln. Was Fahrzeug und Fahrer:in tun, erfasst auch durch z.B. die interne Steuerungs-Sensorik des Lenkassistenten⁶⁹, wird automatisch zur Vermehrung und Aktualisierung der Datenmenge und Beispielschätze.

Zu diesem Zweck ist vorgesehen, dass alle Fahrzeuge permanent miteinander verbunden sind. Alle Modelle verfügen über eine eingebaute, drahtlose Internet-Verbindung, die als »Standard-Konnektivität« sowohl den Service der »Over-the-Air-Software-Updates«⁷⁰ ermöglichen soll als auch die Übermittlung aller Daten des Fahrzeugs, oder besser: des Fahrens. Dieses Datenaufkommen, diese stetig wachsende Masse an Beispielen, ist das Produkt aller Fahrzeuge, die deshalb als »the fleet«⁷¹, als datenproduzierende Flotte, zur treibenden Kraft der *data engine* werden.

Fahren wird somit zur unbezahlten »Datenarbeit«⁷², die der automatischen Erfassung durch das menschliche Verhalten die entscheidende Komponente gibt. »Essentially, everyone is training the network all the time«, betont Elon Musk: »Whether the autopilot is on or off, the network is being trained. Every mile that's driven [...] is training the network.«⁷³ Diese Autos werden also zwar als Einzelobjekte gekauft, verpflichten aber gleichzeitig ihre Besitzer:innen zur kollektiven Arbeit des Datamining durch persönliche Erfahrungswerte – »sharing data with the company in a process called ›fleet learning‹«⁷⁴. Andrej Karpathy bringt den Anteil der menschlichen Datenarbeit dieser Lernprozesse auf den Punkt: »While you are driving a car, what

69 Vgl. Tesla: Model 3 Benutzerhandbuch 2020, S. 119.

70 https://www.tesla.com/de_DE/support/software-updates vom 02.02.2021.

71 <https://youtu.be/Ucp0TTmvqOE> vom 02.02.2021.

72 Heilmann, Till A.: »Datenarbeit im ›Capture‹-Kapitalismus. Zur Ausweitung der Wertungszone im Zeitalter informatischer Überwachung«, in: Zeitschrift für Medienwissenschaft 13 (2015), S. 35-47.

73 <https://youtu.be/Ucp0TTmvqOE> vom 02.02.2021.

74 Stilgoe, Jack: »Machine Learning, Social Learning and the Governance of Self-Driving Cars«, in: Social Studies of Science 48/1 (2017), S. 25-56, hier S. 35.

you're actually doing is: you are annotating the data. Because you are steering the wheel, you are telling us how to traverse different environments.«⁷⁵

Dass diese Datenarbeit – auch durch die Kameras inner- und außerhalb des Fahrzeugs – erfasst und gespeichert wird, ist Gegenstand einer Debatte um Tesla als »Datenkrake«, deren Fahrzeuge, so der Europäische Datenschutzbeauftragte Wojciech Wiewiórowski, »Informationen über unser Verhalten erheben und übertragen.«⁷⁶ Erfassung und Auswertung von Daten sei hier bereits, so wurde der Datenschutzbeauftragte des Landes Baden-Württemberg zitiert, »das zweite große Geschäftsmodell«⁷⁷.

Die Benutzung automatisierter Fahrzeuge bildet demzufolge ein weiteres, nicht offensichtliches Beispiel der »soziotechnischen Voraussetzungen«⁷⁸ von ADM-Verfahren. Was (insbesondere bei Tesla) als autonome Automobilität versprochen und verkauft wird, ist Teil jener als KI, AI und *Machine Learning* in sich geschlossen scheinenden Ermächtigungen einer Computertechnologie, die gleichwohl weiter auf »Interaktionsformen durch menschliche Akteure angewiesen«⁷⁹ ist.

Arbeits(ver)teilung: Weil die automatisierte Überwachung der humanen Kontroll- und Steuerungsaktivität wesentlicher Teil der Funktion dieses Mobilitäts- und Geschäftsmodells ist, lässt sich das Tesla-Prinzip des *fleet learning* als avanciertes Beispiel des Capture-Kapitalismus verstehen, in dem »durch Verfahren des *capture* aus beliebigen Aktivitäten Daten gewonnen werden, die von kommerziell operierenden Unternehmen angeeignet und ökonomisch verwertet werden«⁸⁰. Das Unternehmen profitiert von der unbezahlten Datenarbeit ihrer Kunden, welche ihrerseits – wenn die Auswertung

75 <https://youtu.be/UcpoTTmvqOE> vom 02.02.2021.

76 Humbs, Chris/Weller, Marcus: »Verstößt Tesla gegen Datenschutzregeln?«, Tagesschau.de vom 17.09.2020, <https://www.tagesschau.de/investigativ/kontraste/tesla-datenschutz-101.html> vom 11.07.2021.

77 Ebd.

78 Mühlhoff, Rainer: »Menschengestützte künstliche Intelligenz. Über die soziotechnischen Voraussetzungen von »deep learning«, in: Zeitschrift für Medienwissenschaft 21 (2019), S. 56-64.

79 Engemann, Christoph: »Rekursionen über Körper. Machine Learning-Trainings-daten-sätze als Arbeit am Index«, in: Christoph Engemann/Andreas Sudmann (Hg.): *Machine Learning. Medien, Infrastrukturen und Technologien der Künstlichen Intelligenz*, Bielefeld: transcript 2018, S. 247-268, hier S. 252.

80 T. Heilmann: »Datenarbeit im »Capture«-Kapitalismus«, S. 43.

in die *Over-the-Air-Software-Updates* einfließt – über entsprechend verbesserte Produkte verfügen.

Die in dieser Weise potenzierte Kontrolle und Evaluierung des Fahrens (der Mensch, der das selbstfahrende Fahrzeug kontrolliert, wird seinerseits vom Fahrzeug kontrolliert) erweist sich somit als ein Kreislauf der Kontrolle, weil die Daten dieser Doppel-Evaluierung fortlaufend in die *data engine* eingespeist werden. Ein, so die »over and over again«-Zielvorstellung von Tesla, unaufhörlicher Feedback-Loop spannt Maschinen für Menschen und Menschen für Maschinen ein.

Das zumindest ist die Wunschkonstellation des »Volles Potenzial für autonomes Fahren«-Konzepts, das von Tesla vorangetrieben und offensiv vermittelt wird: Der Regelkreis der kybernetischen Hypothese wird geschlossen. Menschliches Kontrollieren wird durch das Interagieren im Auto (d.h. mit zahlreichen User-Interfaces) zum wirksamen Element eines Kreislaufs der Kontrolle, der, wie das Konzept der *data engine* demonstriert, aus mehreren Feedback-Schleifen besteht.

Interfaces (als Vermittlungsprozesse)

Dieser Zirkelschluss ist nur möglich, weil sich der Status aller Komponenten verändert hat, mit denen sich diese Sorte Autos steuern lassen. Es handelt sich bei all diesen Bestandteilen des Steuerns – vom Lenkrad über Gas und Bremse bis zu sämtlichen Funktionen des Touchscreens – um Interfaces, die Computerleistungen ermöglichen und dafür Input geben. Darauf baut die *data engine*: Das Besondere all dieser Steuerungsmittel liegt gerade darin, dass sie ebenso der Kontrolle eines computerisierten Autos dienen wie auch zugleich ein Netzwerk mit Eingaben versorgen.

Genau das markiert sie als Interfaces. Interfaces stiften Verbindungen, dank denen Computer funktionieren, mit anderen Computern verbunden sind und Beziehungen zu Menschen, anderen Maschinen und weiteren Teilen der Welt jenseits des Computers aufbauen. Interfaces leisten Vermittlungsprozesse für und als Computerarbeit. Sie stellen Verbindungen her und stiften Vermittlung zwischen Hardware und Hardware, Software und Hardware, Software und Software sowie zwischen diesen Hardware-Software-Verhältnissen und all dem, was kein Computer ist.⁸¹

81 Vgl. J. Distelmeyer: Kritik der Digitalität, S. 53-60.

Insofern kann hier auch nur dann noch von User-Interfaces gesprochen werden, wenn es sich z.B. um die Touchscreen-Steuerung der Geschwindigkeit handelt, deren *usability* sich mir noch mittelbar erschließen soll. Doch selbst diese User-Interfaces gehören im Sinne des *fleet learning* gleichzeitig zu jenen Interfaces zwischen (v)ermittelbarer Welt und Computern, die eigen-dynamisch-sensorisch und ohne mein Verständnis erfassen, was für sie zu Daten werden kann.

Alles, was ich in einem automatisierten Modell der Flotte zu seiner Steuerung bediene, wird im übergeordneten Sinne zu einem Interface der Datenarbeit. An diesem Beispiel erweist sich einmal mehr, dass Datenarbeit zualterer Arbeit mit und durch Interfaces ist, die sich durch Vielschichtigkeit auszeichnen und genau deshalb produktiv werden. Ihre oft betonte Prozessualität – »Interfaces are not things, but rather processes that effect a result of whatever kind.«⁸² – basiert auf Komplexität: Interfaces vermitteln auf mehreren, miteinander verbundenen Ebenen zwischen Hardware, Software und dem, was jenseits jener Hardware-Software-Verhältnisse des Leitens mit ihnen (in Modi der Erfassung, Steuerung und Interaktion) in Verbindung kommen soll.⁸³

Damit meine Änderung der Geschwindigkeit in/mit dem User-Interface des Touchscreens gelingen kann, wirken diverse Interface-Prozesse: An den mit operativen Bildern belegten Stellen des kapazitiven Bildschirms kommt es durch die Berührung zu veränderten elektrischen Kapazitäten. Akte des Leitens: Indem ich die Leitungsfähigkeit meines Körpers einsetze, können die betreffenden Befehle an die »innere Telegrafie«⁸⁴ des Computers geleitet werden, um jene Programmabläufe zu gewährleisten, die dann dem elektrischen Motor und seiner Steuerung entsprechende Signale geben.

Beim automatisierten Spur- und Abstandhalten laufen permanent Interface-Prozesse zwischen Hardware und Software, um den *real time*-Abgleich zwischen der Verarbeitung des sensorischen Inputs und den entsprechenden Befehlen zur Steuerung zu gewährleisten. Sobald Internet-Verbindungen wichtig werden, z.B. beim Datentransfer zum *fleet learning* und den Momenten des Fahrzeug-Updates, weiten sich die Interface-Prozesse

82 Galloway, Alexander R: *The Interface Effect*, Cambridge: Polity Press 2012, S. viii.

83 Vgl. J. Distelmeyer: *Kritik der Digitalität*, S. 53-95.

84 Winkler, Hartmut: *Prozessieren. Die dritte, vernachlässigte Medienfunktion*, Paderborn: Fink 2015, S. 284.

aus und kommen zusätzlich externe Hardware- und Software-Korrelationen der Netzwerkverfahren ins Spiel.

Der Kreislauf der Kontrolle schließt sich durch Interface-Prozesse, von denen die wenigsten auf ein bewusstes Umgehen von Menschen mit dem angewiesen sind, was ehemals User-Interfaces waren. Sensoren automatisierter Fahrzeuge sind nichts anderes als Interfaces zu jenen Teilen der Welt, die für die »aktive[] Überwachung der Fahrzeugumgebung«⁸⁵ als relevant und prozessierbar bestimmt worden sind. Ihr Input wird durch die leitenden Verbindungen zum FSD-Chip-System zu Entscheidungen verarbeitet, welche als Signale mittels weiterer Interface-Prozesse den Elektromotor und die Steuerungssysteme erreichen. Anders gesagt: Alles an den Verfahren, mit denen automatisierte Fahrzeuge durch die »Kombination von Sensorik und Filteralgorithmen jene Umgebungen als virtuelle Modelle technisch hervorbringen, an die sie sich adaptieren, indem sie sich bewegen und mit ihnen interagieren«⁸⁶, ist an Interface-Prozesse gebunden.

Dass und wie all diese eigendynamischen Verfahren an menschliche Evaluation gekoppelt werden, die dann als neuer Input für die Ausbildung dieser Automatisierung erfasst und verwertet wird, macht das automatisierte Fahren zu einem Schlüsselphänomen der gegenwärtigen Computerisierung. Sie setzt sich von menschlicher Verantwortung und Handlungsmacht ab, indem sie diese Verantwortung und Handlungsmacht zugleich genau dafür einspannt. Hier, in den mannigfachen Interface-Prozessen dieser programmatischen Absatz- und Beteiligungs-Bewegung, kann eine Auseinandersetzung mit diesem Phänomen ansetzen.

85 Tesla: Model 3 Benutzerhandbuch 2020, S. 106.

86 Vgl. den Beitrag von Florian Sprenger in diesem Band.

»Nahtlose Autonomie«

Nissans Vision von Interventionen durch Mobilitätsmanager:innen

Sam Hind

Einführung

Ein Mann im Hemd sitzt in einem abgedunkelten Raum vor einen Widescreen-Display, auf dem mehrere Live-Feeds von einem elektrisch angetriebenen und scheinbar autonom fahrenden Nissan Leaf angezeigt werden. Zusätzlich zu den Live Feeds ist auf einem Bildschirmausschnitt ein Satellitenbild einer städtischen Umgebung zu sehen. Über das leicht verschwommene Bild sind eine Reihe parallel verlaufender gelber Linien gelegt, die dem Verlauf einer Straße folgen. Umgeben sind sie von verstreuten farbigen Punkten, die umstehende Zäune, Straßeninventar und potenziell problematische Hindernisse auf der Straße selbst anzeigen. Der Mann bedient eine elegante, drahtlose Maus auf einer glänzenden, aufgeräumten Oberfläche. Bei jedem Mausklick erscheint ein neuer cyanfarbener Punkt auf dem Bildschirm vor ihm. Mit jedem neuen Punkt, den er setzt, wird eine saubere Linie weitergeführt, die von einem Avatar des Fahrzeugs auf dem Bildschirm ausgeht. Als die Linie gezogen wird, umfährt der echte Nissan Leaf das mysteriöse Cluster aus bunten Punkten: Eine Reihe von Verkehrskegeln, die um ein Fahrzeug herum stehen, das gerade entladen wird.

Dieses Kapitel untersucht das Projekt »Seamless Autonomous Mobility« (SAM) von Nissan, zu dem die oben beschriebene Szene gehört. SAM verspricht die »ultimative intelligente Integration«¹ eines dem Namen nach au-

1 Nissan, Seamless Autonomous Mobility: The Ultimate Nissan Intelligent Integration, https://www.youtube.com/watch?v=_iGcKTLI-f4 vom 09.01.2017.

tonomen Fahrzeugs in eine übergeordnete Infrastruktur, die in die algorithmischen Entscheidungen des Fahrzeugs eingreifen kann. In diesem Kapitel wird die Sichtweise von Nissan auf das Projekt als Weg zur »Realisierung vollständig autonomer Mobilität«² analysiert, in deren Rahmen jedoch menschliche Akteure aus der Ferne eingreifen können, sollte es zu Schwierigkeiten kommen.³ Damit entzieht Nissan sich dem üblichen Algorithmus-Narrativ anderer Akteure, wie z.B. der Uber ATG (Uber Advanced Technologies Group), die Software als Schlüssel zur autonomen Zukunft sieht,⁴ oder des Unternehmens HERE, das »selbstheilende Karten« als erfolgsversprechend betrachtet.⁵ In der »mobilen Utopie« von Nissan⁶ ist die Intervention von einem entfernten Standort der Normalfall. Dabei akzeptieren Fahrer:innen kurzfristige Verzögerungen,⁷ während sie auf Assistenz warten,⁸ im Gegenzug für ein besseres Fahrerlebnis, bei dem sie selber keine Entscheidungen treffen müssen.

Ich beginne damit, die Bedeutung der konkurrierenden Imaginarien zu diskutieren, vom logistischen »Albtraum«⁹ über den Traum von der Automation¹⁰ bis hin zum »technological sublime«, der Erhabenheit der Technolo-

-
- 2 Nissan, Seamless Autonomous Mobility (SAM): The Ultimate Nissan Intelligent Integration, <https://global.nissannews.com/en/releases/release-38d144e67f3bedef1b961fff830fo8e9-seamless-autonomous-mobility-sam-the-ultimate-nissan-intelligent-integration> vom 21.05.2019.
 - 3 Sprenger, Florian/Vagt, Christina: »Introduction«, in: John Durham Peters/Florian Sprenger/Christina Vagt: *Action at a Distance*, Lüneberg: Meson Press 2020.
 - 4 Shetty, Sameepa: »Uber's Self-Driving Cars Are a Key to its Path to Profitability«, in: CNBC vom 28.01.2020, <https://www.cnbc.com/2020/01/28/ubers-self-driving-cars-are-a-key-to-its-path-to-profitability.html> vom 11.07.2021.
 - 5 HERE HD Live Map Technical Paper: A Self-Healing Map for Reliable Autonomous Driving 2017, <https://engage.here.com/hubfs/Downloads/Tech%20Briefs/HERE%20Technologies%20Self-healing%20Map%20Tech%20Brief.pdf?t=1537438054632> vom 27.04.2021.
 - 6 López-Galviz, Carlos/Büscher, Monika/Freudental-Pederson, Malene: »Mobilities and Utopias: A Critical Reorientation«, in: *Mobilities* 15/1 (2020), S. 1-10.
 - 7 Farman, Jason: *Delayed Response: The Art of Waiting from the Ancient to the Instant World*, New Haven, CT: Yale University Press 2019.
 - 8 Bissell, David: »Animating Suspension: Waiting for Mobilities«, in: *Mobilities* 2/2 (2007), S. 277-298.
 - 9 Rossiter, Ned: *Software, Infrastructure, Labor: A Media Theory of Logistical Nightmares*, London: Routledge 2016.
 - 10 Bassett, Caroline/Roberts, Ben: »Automation Now and Then: Automation Fevers, Anxieties and Utopias«, in: *New Formations* 98 (2020), S. 9-28.

gie.¹¹ Ich behaupte, dass das SAM-Projekt von Nissan eine Art »spekulativer Banalität« bietet, in der die Normalität des menschlichen Eingriffs in der realen Fahrsituation nicht nur hingenommen, sondern zelebriert wird. Kurzum, hier geht es um das Gegenteil der sogenannten »Geisterarbeit«¹² bei der die menschliche Arbeit im Zusammenspiel mit KI unsichtbar bleibt. Diese technologische Spekulation¹³ wird durch die Figur des/der »Mobilitätsmanager:in« verkörpert, der (spekulativ) in denjenigen (banalen) Fahrsituationen eingreifen soll, die die algorithmischen Entscheidungskapazitäten des selbstfahrenden Fahrzeugs überschreiten. Ein solcher erkenntnistheoretischer Rahmen regelt die angestrebten Interventionen der Mobilitätsmanager:in, die bei ihren präzisen, jedoch banalen Eingriffen eine ganz neue Testlogik¹⁴ an den Tag legen, indem sie *am* sozialen Gefüge des Autofahrens arbeiten ohne *darin* zu sein, und so das Fahren (als eine Reihe etablierter Praktiken) und die Straße (als bestimmten sozialen Raum) neu konstituieren.¹⁵

Dass sie als »Manager:innen« bezeichnet werden, deutet darauf hin, dass man ihre Rolle bei Nissan nicht nur als die eines/einer Content-Moderator:in¹⁶ oder geringqualifizierter digitaler Arbeiter:innen betrachtet.¹⁷ Auf den ersten Blick erscheint es nämlich, als träfe dies beides auf Mobilitätsmanager:innen zu: Sie sitzen vor einem Computerbildschirm, sehen visuelle »Inhalte«, schalten diese frei, und führen intermittierend Aufgaben durch. Doch ihre Rolle unterscheidet sich auf subtile Weise, da sie

-
- 11 Hildebrand, Julia M.: »On Self-Driving Cars as a Technological Sublime«, in: *Techné: Research in Philosophy and Technology* 23/2 (2019), S. 153-173.
- 12 Gray, Mary L./Suri, Siddharth: *Ghost Work: How to Stop Silicon Valley from Building a New Global Underclass*, Boston: Houghton Mifflin Harcourt 2019.
- 13 Hong, Sun-ha: *Technologies of Speculation: The Limits of Knowledge in a Data-Driven Society*, New York: NYU Press 2020.
- 14 Marres, Noortje/Stark, David: »Put to the Test: For a New Sociology of Testing«, in: *The British Journal of Sociology* 71/3 (2020), S. 423-443.
- 15 Brown, Barry/Laurier, Eric: »The Trouble with Autopilots: Assisted and Autonomous Driving on the Social Road«, in: *CHI '17: Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* 5 (2017), S. 416-429; Laurier, Eric: »Civility and Mobility: Drivers (and Passengers) Appreciating the Actions of Other Drivers«, in: *Language & Communication* 65 (2020), S. 79-91.
- 16 Vgl. Gillespie, Tarleton: *Custodians of the Internet: Platforms, Content Moderation, and the Hidden Decisions That Shape Social Media*, New Haven: Yale University Press 2018.
- 17 Irani, Lilly: »The Cultural Work of Microwork«, in: *New Media & Society* 17/5 (2013), S. 720-739.

den »Aufnahmen aus dem laufenden Betrieb«,¹⁸ die das Fahrzeug überträgt, einen Sinn entnehmen müssen. Daher vertrete ich den Standpunkt, dass Nissan eine alternative Vision von menschlicher Arbeit im Zusammenhang mit KI postuliert, in der die typischen Kategorien der Vorbereitung, Imitation und Verifikation von KI nicht notwendigerweise zutreffen.¹⁹ Daher führe ich hier die Rolle der »Intervenierer:innen« als zusätzliche Rolle ein, in der menschliche Akteure mithilfe von in Echtzeit übertragenen Video-Streams und anderen Sensordaten direkt und aktiv in die Bewegungen »autonomer« Fahrzeuge eingreifen, wodurch die Fahrzeuge lernen und das Verhalten in zukünftigen, vergleichbaren Situation kopieren sollen.²⁰

Um diesen Interventionismus verständlich zu illustrieren, vergleiche ich ihn auf zweierlei Weise mit Katherine Hayles.²¹ Erstens betrachte ich die Grenzen der Auffassung der dezentralisierten Infrastruktur als eine solche »kognitive Assemblage«. Stattdessen biete ich einen alternativen Ansatz an, bei dem die Kognition in die Entscheidungsfindung integriert ist anstatt ihr Vorläufer zu sein. Darin betrachte ich die von den Mobilitätsmanager:innen geforderten Interventionen als Beispiele geskripteter Praktiken statt als streng kognitive Prozesse. Zweitens arbeite ich den Unterschied zwischen dem von Hayles diskutierten *Automated Traffic Surveillance and Control System* (Automatisches Verkehrsüberwachungs- und Steuerungssystem, ATSAC) und dem SAM-Projekt von Nissan heraus. Obwohl beide Systeme auf den ersten

-
- 18 Farocki, Harun: »Phantom Images«, in: Public 29 (2004), S.12-22; Hoel, Aud Sissel: »Operative Images: Inroads to a New Paradigm of Media Theory«, in: Luisa Feiersinger/Kathrin Friedrich/Moritz Queisner (Hg.): Image – Action – Space: Situating the Screen in Visual Practice, Berlin: De Gruyter 2018 S.11-22; Distelmeyer, Jan: »Carrying Computerization: Interfaces, Operations, Depresentations«, in: Luisa Feiersinger/Kathrin Friedrich/Moritz Queisner (Hg.): Image – Action – Space: Situating the Screen in Visual Practice, Berlin: De Gruyter 2018, S. 55-68.
- 19 Tubaro, Paola/Casilli, Antonio A./Coville, Marion: »The Trainer, The Verifier, The Imitator: Three Ways in Which Human Platform Workers Support Artificial Intelligence«, in: Big Data & Society 7/1 (2020), S. 1-12.
- 20 Dabei fungieren sie auch als juristische Puffer, wie der Fall von Rafael Vasquez, einem »Vehicle Operator« (VO) bei Uber, aufzeigt. Vasquez wurde nach einem tödlichen Unfall der fahrlässigen Tötung angeklagt; Porter, Jon: »Uber Backup Driver Charged in Fatal 2018 Self-Driving Car Crash«, in: The Verge vom 16.09.2021, <https://www.theverge.com/2020/9/16/21439354/uber-backup-driver-charge-d-autonomous-self-driving-car-crash-negligent-homicide> vom 27.04.2021.
- 21 Hayles, Katherine N.: Unthought: The Power of the Cognitive Nonconscious, Chicago: The University of Chicago Press 2017.

Blick ähnliche Aufgaben erfüllen – sie bieten infrastrukturelle Unterstützung für Entscheidungen, die den Automobilverkehr betreffen – überwacht ATSAC nur den *Verkehr* und greift nur in diesen ein.²² Im Gegensatz dazu überwacht SAM das *Fahrzeug* an sich und interveniert in dessen Prozesse. Obwohl SAM über das Erscheinungsbild einer klassischen Verkehrsleitzentrale verfügt,²³ hat das System in betrieblicher Hinsicht mehr mit einem Call-Center oder anderen Umfeldern gemein, in denen Tätigkeiten durchgeführt werden, die auf von KI erstellten Bildern beruhen.

In den letzten beiden Abschnitten analysiere ich ein von Nissan zum SAM-Projekt produziertes Video, das aufzeigt, wie diese »normalen« Interventionen in der Vorstellung von Nissan bei der Überwindung von Verkehrshindernissen, wie z.B. Straßenbauarbeiten oder einem vorübergehend zum Entladen geparkten Fahrzeug, funktionieren sollen. Darin argumentiere ich, dass die Vision von Nissan anstrebt, durch die Intervention von Mobilitätsmanager:innen in reale Situationen eine gänzlich neue Form von »Mikroarbeit« zu normalisieren und die Praxis des Autofahrens radikal zu verändern. Ob dies gelingen wird, sei dahingestellt.

Visionen für die Zukunft des Fahrens

Für Bassett und Roberts basierte der »Traum (oder Albtraum) von der Automatisierung« Mitte des 20. Jahrhunderts »eher auf einer Idee als auf einer funktionierenden Realität«²⁴. Doch trotz der relativ geringen Verbreitung von Computern in den USA außerhalb des US-Militärs stellte sich die Lage schon Mitte der 1960er Jahre folgendermaßen dar: »Die *Idee* von der Automatisierung als ernsthaftem Unterfangen hatte sich in den sozialen und politischen Milieus fest verankert, teils angeregt durch den kybernetischen Anspruch auf generelle Systematisierung; und für diejenigen, die an der Schaf-

22 Vehlken, Sebastian: »Traffic Life: Temporal Dynamics and Regulatory Dimensions in Agent-Based Transport Simulations«, in: *Mobilities* 15/5 (2020), S. 725-739; Wagenknecht, Susann: »The Moral Work of Timing Mobilities: Limited Insights and Truncated Worth in Municipal Traffic Management«, in: *Mobilities* 15/5 (2020), S. 694-707.

23 Luque-Ayala, Andrés/Marvin, Simon: »The Maintenance of Urban Circulation: An Operational Logic of Infrastructural Control«, in: *Environment and Planning D: Society and Space* 34/2 (2016), S. 191-208; Boersma, Asher: »Mediatization of Work: A History of Control Room Practice«, in: *Zeitschrift für Kulturwissenschaften* 2 (2018), S. 113-132.

24 C. Bassett/B. Roberts: »Automation Now and Then«, S. 14.

fung und Verbreitung dieses Imaginariums beteiligt waren, unterschied sie sich *deutlich* von einer bloßen Mechanisierung.«²⁵ Man kann also sagen, dass die Träume (und Alpträume) der Automatisierung begannen, ein Eigenleben zu entwickeln. Statt einer geradlinigen Weiterführung oder Intensivierung der Mechanisierung industrieller Prozesse – wie die Automatisierung in einigen Definitionen konzeptualisiert wurde – beschwor das neue Imaginarium der Automatisierung ein eigenes, anderes Bild herauf. In diesen Träumen war die Automatisierung etwas, das nicht am Werkstor endete oder enden musste, und das weiter gefasste gesellschaftliche Wirkung außerhalb von Produktionsstätten entfaltete. In dieser Vorstellung entlastete die Automatisierung nicht nur menschliche Hände von mühsamen Produktionsprozessen oder den Körper von niederen »kaufmännischen und Verwaltungstätigkeiten«²⁶, sondern befreite den Geist insgesamt von der Arbeit und, im Grunde, von *Entscheidungen* überhaupt.

Die Automatisierungsdebatten, schließen Bassett und Roberts, »spiegeln also nicht bloß die Chronologien technischer Entwicklungen, sondern greifen ihnen sogar vor«²⁷. Dementsprechend geht es mir nicht darum, die *Machbarkeit* des Nissan-Projekts oder die Wahrscheinlichkeit der realen Umsetzung zu beurteilen. Mein Interesse gilt vielmehr der Frage danach, inwiefern die »technologische Vorstellungskraft«²⁸ bzw. Nissans Traum von der Auslagerung der Entscheidungsaufgabe an menschliche »Operator:innen« sich »auf andere, relativ eigenständige und unerwartete Weise entwickelt als die verschiedenen Formen, in denen sie – gegebenenfalls teilweise – umgesetzt werden könnte«.²⁹ In anderen Worten: Ich gehe der Frage nach, warum Nissan überhaupt einen anderen Traum von der Aufgabenteilung bei der Entscheidungsfindung träumt als andere.

Diese Träume sind mit einer technischen Utopie vergleichbar sind, wie sie Rossiter als das »logistische Imaginarium der nahtlosen Interoperabilität«³⁰ beschreibt, ganz im Gegensatz zu den »logistischen Alpträumen«³¹ der tatsächlich existierenden Organisationssysteme. Während das Nissan-Projekt,

25 Ebd., S. 14. Hervorhebung S.H.

26 Ebd., S. 14.

27 Ebd., S. 22.

28 Ebd., S. 23.

29 Ebd., S. 23.

30 N. Rossiter: Software, Infrastructure, Labour.

31 Rossiter, Ned: »Logistical Worlds«, in: Cultural Studies Review 20/1 (2014), S. 53.

auf das ich mich hier konzentriere, kein logistisches System im eigentlichen Sinne ist, beruht es doch auf einem vergleichbaren Motiv: Eine imaginäre Zukunft, in der Bilder, Messdaten, Aufgaben, Entscheidungen und algorithmische Updates nahtlos von einem Punkt zum anderen fließen. Die Bezeichnung der Vorstellungen von Nissan als »Träume« sollen dabei in keiner Weise die Materialität der idealisierten Arbeit schmälern. Diese Träume sind nicht von greifbarer Praxis abgekoppelt oder davon unabhängig. Sie sind vielmehr Entwürfe oder Pläne, die der angedachten Entwicklung zukünftiger Projekte zur Verwaltung und Verteilung von Aufgaben der Fahrzeugsteuerung vorgreifen.

Nissan unterhält ein sogenanntes »Technologie-Archiv«³², das online bereitgestellt wird und aktive Projekte im Unternehmen erfasst. Es unterteilt sie in drei Kategorien: Fahrzeugtechnik (wie z.B. »High-Beam Assist« (Fernlichtassistent) oder »Lane Departure Warning« (Spurhalteassistent)), Zukunftstechnologien (Radmotoren, drahtlose Ladesysteme usw.) und Konzepte (Stromversorgungssysteme vom Fahrzeug zur Wohnung usw.). Projekte werden weitgehend nach ihrem Reifegrad klassifiziert, wobei die meisten Projekte in der Kategorie Fahrzeugtechnik schon heute in die Nissan-Fahrzeugmodelle integriert sind. Einträge in den Kategorien »Zukunftstechnologien« oder »Konzepte« sind zwar nicht unbedingt Vorläufer zukünftiger Produkte, aber sie stellen eigene soziotechnische Realitäten dar, indem sie beliebigen »marktreifen« Systemen vorgreifen und Nissan so als zukunftsorientiertes Unternehmen mit einem von großer Vorstellungs- und Innovationskraft geprägtem Forschungs- und Entwicklungsprogramm (F&E) positionieren. SAM wurde 2017 bei der Consumer Electronics Show (CES)³³ und 2018 beim Genfer Auto-Salon vorgestellt und gilt bei Nissan als Zukunftstechnologie, die irgendwo zwischen einem reinen Konzept und einem marktreifen Produkt anzusiedeln ist.

Nichtsdestotrotz bestehen möglicherweise zwei sich überschneidende »Chronologien der technischen Entwicklung« im Bezug auf autonome Fahrzeuge. Zum einen die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen, die den Fahrer unterstützen, die eine autonome Fahrzeugsteuerung aber nur in ganz bestimmten Fahrsituationen, wie z.B. bei Autobahnfahrten, oder

32 Nissan Technology 2020, vom 11.07.2021.

33 Golson, Jordan: »Nissan is Using Mars Rover Tech from NASA to Control Autonomous Car Fleets«, in: The Verge vom 05.01.2017, <https://www.theverge.com/2017/1/5/14184356/nissan-nasa-mars-rover-autonomous-control-ces-2017> vom 11.07.2021.

für ganz bestimmte Aufgaben, wie z.B. das Einparken, ermöglichen.³⁴ Auf Grundlage der langen und schrittweisen Entwicklungsgeschichte von Assistenzsystemen wie der Servolenkung oder dem Antiblockiersystem werden solche Systeme von den Fahrzeugherstellern zunehmend als Serienausstattung anstatt als Sonderausstattung angeboten. Sie sind darauf ausgerichtet, den Menschen bei der Steuerung des Fahrzeugs zu unterstützen, nicht zu ersetzen. In komplexen Fahrsituationen, wie zum Beispiel beim Durchfahren von Baustellen oder bei Fahrten in der Stadt, wird üblicherweise nicht auf solche Assistenzsysteme zurückgegriffen.

Zum anderen die jüngere Entwicklung »vollständig autonomer« Fahrzeuge, bei denen ein umfassendes Fahrzeugsystem in einer Vielzahl von Fahrsituationen die Steuerung übernimmt. Hier ist eine Steuerung durch den Menschen zwar technisch noch möglich, aber das Fahrzeugsystem selbst ist für die Erfassung der Umwelt und die angemessene Reaktion auf mögliche Gefahren verantwortlich. Diese Systeme werden üblicherweise von »Big Techs«, den großen Technologiefirmen, wie z.B. Uber ATG, Waymo oder zuletzt Argo AI und Aurora entwickelt; treibende Kraft sind hier Algorithmen und Software, die auf Basis einer Kombination von realen Tests und virtueller Modellierung maschinell lernen.³⁵ In dieser Kategorie muss das autonome Fahrzeug auch unerwartete Situationen selbstständig durch den Einsatz seiner Sensorik bewältigen, die durch die im Fahrzeug verbaute Assemblage von Ka-

-
- 34 BMW: »In What Way Does Cruise Control Make Driving Easier?«, in: BMW.com vom 02.02.2021, <https://www.bmw.com/en/innovation/the-main-driver-assistance-systems.html#pwjt-cruise-control> vom 11.07.2021 sowie Volvo: »Parallel Parking with Park Assist Pilot.«, in: Volvocars.com vom 25.11.2019, <https://www.volvocars.com/uk/support/to-pics/use-your-car/car-functions/parallel-parking-with-park-assist-pilot> vom 11.07.2021.
- 35 Levin, Sam/Carrie Wong, Julia: »Self-Driving Uber Kills Arizona Woman in First Fatal Crash Involving Pedestrian«, in: The Guardian vom 19.03.2018, <https://www.theguardian.com/technology/2018/mar/19/uber-self-driving-car-kills-woman-arizona-tempe> vom 11.07.2021; Hawkins, Andrew J.: »Waymo Gets the Green Light to Test Fully Driverless Cars in California«, in: The Verge vom 30.10.2018, <https://www.theverge.com/2018/10/30/18044670/waymo-fully-driverless-car-permit-california-dmv> vom 11.07.2021; Korosec, Kirsten: »Self-Driving Startup Argo AI Hits \$7.5 Billion Valuation«, in: TechCrunch.com vom 30.07.2020, <https://techcrunch.com/2020/07/30/self-driving-startup-argo-ai-hits-7-5-billion-valuation> vom 11.07.2021; Schiffer, Zoe: »Aurora is Finally Ready to Show the World What it's Been Up to«, in: The Verge vom 24.01.2020, <https://www.theverge.com/2020/1/24/21080298/aurora-self-driving-car-announcement-2020-plan-waymo-ford-general-motors> vom 11.07.2021.

mera-, Lidar- und Radartechnik sowie Objekterkennungssoftware ermöglicht wird.

Beide Entwicklungspfade »bedienen sich der visuellen Rhetorik des Erhabenen« (des »Sublime«), um »die idealistischen ›vordefinierten Ziele‹ des autonomen Fahrens zu fördern«³⁶. Dieses soziotechnische Imaginarium spielt eine maßgebliche Rolle bei der Gestaltung der Zukunft der Automobilität, indem es die zur Umsetzung bestimmten Zukunftsszenarien entwirft. Ebenso stellen Edward Wigley und Gillian Rose die These auf, dass es die unterschiedlichen »Visionen« sind, die die Entwicklungspfade vorgeben, bzw. geben Visionen vor, wie »CAVs [*Connected and Autonomous Vehicles*, Vernetzte Autonome Fahrzeuge] als Mobilität der Zukunft dargestellt werden – und, letztlich, wem dieser besondere Bereich des Netzwerkkapital zugeschrieben wird.«³⁷ Der Effekt dieser technologischen Visionen liegt in einem neuartigen Fahrerlebnis und, damit einhergehend, der Kultivierung ganz neuern Identitäten des Fahrens.

Im Folgenden argumentiere ich, das einige dieser Imaginarien – wie z.B. das SAM-Projekt von Nissan – naturgemäß spekulativer sind als andere. Dabei geht es weniger darum, den Fahrplan zu einem zukünftigen Soll-Status zu entwerfen; vielmehr sind solche Visionen als Forschungs- und Entwicklungsübung formuliert, die eine wissenschaftliche Nomenklatur und etablierte Kommunikationsformen nachahmen. Nissan geht hier mit der Einbindung der NASA in die Entwicklungsarbeit und die öffentliche Kommunikation von SAM noch einen Schritt weiter. Als Koordinator des Apollo-Raumfahrtprogramms (1961-1972) verkörpert die NASA einen heroischen Quantensprung – im Englischen in Anlehnung an die Mondlandung oft als »Moonshot«³⁸ bezeichnet. Diese Geisteshaltung des wissenschaftlichen Forschergeists um des Fortschritts, nicht des Gewinns willen schreibt man sich auch Silicon Valley gern zu. Doch ist das Projekt selbst eher eine Angelegenheit spekulativer Banalität: Einer Zukunft, die nicht von allsehenden Sensoren und allwissenden Algorithmen bestimmt wird, sondern die

36 J. M. Hildebrand: »On Self-Driving Cars as a Technological Sublime«, S. 155-156.

37 Wigley, Edward/Rose, Gillian: »Who's Behind the Wheel? Visioning the Future Users and Urban Contexts of Connected and Autonomous Vehicle Technologies«, in: *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography* 102/2 (2020), S. 155-171.

38 Haigh, Thomas: »Hey Google, What's a Moonshot? How Silicon Valley Mocks Apollo«, in: *Communications of the ACM* 62/1 (2019), S. 30.

auf der routinemäßigen, repetitiven Arbeit eines/einer Mobilitätsmanager:in beruht, der dem/der Fahrer:in kritische Entscheidungen abnimmt.

Abbildung 1: Im Rahmen des SAM-Projekts trifft ein Nissan Leaf auf ein Hindernis.



Quelle: Nissan

Ich behaupte, dass die idealisierte Intervention durch die Mobilitätsmanager:innen insofern ein Beispiel für eine neue Testlogik ist, als dass in den sozialen Lebensbereich des Fahrens mithilfe einer dezentralen Architektur und mithilfe einer Vielzahl von Sensoren und Geräten zur Erfassung und Übertragung von Daten an entfernten Bediener:innen aktiv eingegriffen werden soll. Nissan ist in der Automobilindustrie die beste Verkörperung dieses Interventionismus, bei dem die Narrative der Omnipotenz von Algorithmen oder der Dominanz der künstlichen Intelligenz gemäßigt werden. Die Logik dieses Interventionismus besteht darin, dass die »Settings getestet werden«,³⁹ in deren Rahmen der/die entfernte Operator:in in den eigentlichen Fahrvorgang eingreifen können soll, indem die Reaktion des Fahrzeugs auf bestimmte Arten von Fahrsituationen optimiert wird. Hier wirkt dieses »Testen auf das soziale Leben, durch die Veränderung des Settings«,⁴⁰ um soziale

39 N. Marres/D. Stark: »Put to the Test«, S. 435.

40 Ebd., S. 435.

Phänomene, die sich in dessen Rahmen entfalten, »mit Information zu versorgen, zu modellieren oder zu beeinflussen«. ⁴¹

Die spekulative Banalität der verteilten Entscheidungsfindung, die in diesem Kapitel diskutiert wird, ist gleichermaßen *banal* in der Art und Weise, wie sie in alltägliche Fahrsituationen eingreift und dadurch die algorithmischen »Mikroentscheidungen« ⁴² des imaginären autonomen Fahrzeugs unter normalen Bedingungen verändert, wie *spekulativ* aufgrund des ambitionierten Versuchs, die sozialen Settings des Fahrens zu modifizieren, indem sie die Fernsteuerung autonom fahrender Fahrzeuge übernimmt, um diese an Hindernissen vorbei zu führen. Wie Marres und Stark dazu im Weiteren ausführen:

... die Operationen, die heute die Umgebung für das totale Testen ausmachen, bestehen aus kleinen Modifikationen der gesellschaftlichen Umfeldler, um das *Setting zur Datenerfassung, Analyse und Rückmeldung zu befähigen* – also es als Testumgebung so auszustatten, dass es die – angestrebte – Repräsentation *und* Intervention auf mehr oder weniger dauerhafter Basis ermöglicht. ⁴³

Die Entwicklung von SAM, die Nissan vorschwebt, beruht auf der von der NASA bei der Erforschung des Mondes eingesetzten Technologie und ist eine Erweiterung dieser »totalen Testmentalität«, – bzw. zumindest dem Streben danach – bei der jede erfasste Aktion das Testen der Settings gestattet und so den Rahmen für die aktive Intervention vorgibt. Die Interventionen selbst werden durch eine dezentrale Architektur von Call-Center-ähnlichen Arbeitsplätzen ermöglicht und jeweils an eine bestimmte, verfügbare Person ausgelagert, deren Entscheidung dann idealerweise im Netzwerk eines Herstellers vernetzter Fahrzeuge *weiterverteilt* wird. So soll in Zukunft die algorithmischen Entscheidungsfähigkeiten ähnlicher Fahrzeuge verbessert werden. Obwohl man hier einen festen Endpunkt vermuten könnte, an dem die Fahrzeuge in der Lage sind, eigenständig Entscheidungen zu treffen, ist das

41 Ebd., S. 436.

42 Sprenger, Florian: Politik der Mikroentscheidungen. Edward Snowden, Netzneutralität und die Architekturen des Internets, Lüneberg: Meson Press 2015; Sprenger, Florian: »Microdecisions and Autonomy in Self-Driving Cars: Virtual Probabilities«, in: *AI & Society* 7/5 (2020), S. 176-190.

43 N. Marres/D. Stark: »Put to the Test«, S. 436. Hervorhebung durch den Autor.

aktive Eingreifen notwendig für die fortlaufende Optimierung der Entscheidungsfindung, da neue Fahrzeugmodelle, Kreuzungen und Straßen oder neuartige Szenarien die Fahrzeugnavigation immer wieder vor neue Herausforderungen stellen werden, die eine fortlaufende Unterstützung aus der Ferne erforderlich machen.

Stilgoe sagt dazu, dass »Behauptungen über die Zukunft anzustellen, ein Versuch ist, Anspruch auf die Zukunft zu erheben und Alternativen auszuschließen«⁴⁴. So etwas nährt den »Verdacht, dass vieles von dem, was als »KI« bezeichnet wird, in Wirklichkeit eine Art Schachtürke ist – altbekannte Technologie unter der Maske des Neuen«⁴⁵, oder, um es auf den Punkt zu bringen, dass jede Technologie die menschliche Arbeit maskiert. Hier geht es nicht darum, diese Maske herunterzureißen, um den »echten« Mechanismus zu entlarven (Menschen, die sich als Technologie ausgeben), sondern darum, den erkenntnistheoretischen Rahmen zu etablieren, der diese Repräsentationen ermöglicht, um dann zu analysieren, woraus diese imaginären Praktiken bestehen, die als algorithmisch präsentiert werden. Es soll also beschrieben werden, wie die *Vision* des Fahrens in der Zukunft durch das Skripten neuartiger Interventionen *umgesetzt* wird.

Verteilte Entscheidungsfindung und die Normalität der Intervention

Gegenstand des SAM-Projekts von Nissan ist weder ein Sensorensystem noch eine eigenständige Fahrzeugplattform, sondern eine dezentrale Infrastruktur, die die verteilte Überwachung von autonomen Nissan-Fahrzeugen und Eingriffen in ihr Verhalten ermöglicht. In diesem Rahmen ist der Aspekt der Autonomie – der Automatisierung von Entscheidungen und Handlungen – Teil einer übergeordneten Architektur, zu der auch menschliche Bediener:innen gehören. Der höherrangige Traum vom verteilten Entscheidungsprozess weicht hier dem nachrangigen Einfühlungsvermögen, mit der die Mobilitätsmanager:innen virtuelle Fahrwege für die Nissan-Fahrzeuge zeichnen, auf denen sie Hindernissen ausweichen. Nissan bezieht hier durch Schaffung einer Rolle, die ich als »Intervenierer:in« bezeichne, den Menschen auf

44 Stilgoe, Jack: *Who's Driving Innovation? New Technologies and the Collaborative State*, London: Palgrave Macmillan 2019, S. 40.

45 Ebd., S. 43.

eine Weise dauerhaft mit ein.⁴⁶ Diese Rolle sprengt den Kategorisierungsrahmen für die plattformbezogene KI-Mikroarbeit von Paola Tubaro, Antonio A. Casilli und Marion Coville, die in die drei Kategorien Vorbereitung der KI (»Schulung« durch »Trainer«), Personifikation von KI (»Imitation« durch »Imitatoren«) und Überprüfung der KI (»Verifizierung« durch »Verifizierer«) unterscheiden. In dieser Form von KI-bezogener Arbeit greifen die Intervenier:innen aktiv in Situationen ein, in denen autonome Fahrzeuge nicht selbständig navigieren können.

Dadurch erfüllen sie zwar eine ähnliche Rolle wie die »Trainer:innen«, die KI-Systeme für Einsätze »in freier Wildbahn« schulen; der Unterschied ist jedoch, dass die Interventionen selbst in freier Wildbahn geschehen, auf echten Straßen, in echten Situationen. Da das SAM-Projekt den beiden zuvor skizzierten Chronologien in der Automobiltechnik (Fahrerassistenz, volle Autonomie) eine neue Komplexität hinzufügt, möchte ich einen Vergleich zu dem von Hayles diskutierten Verkehrsleitsystem anstellen.

Mit dem Gedanken der verteilten Kognition oder der verteilten Aktivität eng verwandt ist etwas, das Hayles als »kognitive Assemblage« bezeichnet.⁴⁷ Dadurch möchte Hayles das »Spektrum des Begriffs des Entscheidungsträgers auf alle biologischen Lebensformen und viele technische Systeme ausweiten«:⁴⁸

Während die kognitive Assemblage physische Handlungsträger und Kräfte umfassen kann (und dies auch fast immer tut), nehmen die Cognizer⁴⁹ innerhalb der Assemblage, die die Affordanzen in Anspruch und steuern ihre Kräfte zum Handeln in komplexen Situationen steuern.⁵⁰

Insofern betont die »kognitive Assemblage den Informationsfluss durch ein System und die Wahlmöglichkeiten und Entscheidungen, die diesen Fluss er-

46 M. L. Gray/S. Suri: Ghost Work; Taylor, Simon M/De Leeuw, Marc: »Guidance Systems: From Autonomous Directives to Legal Sensor-Bilities«, in: *AI & Society* 36 (2021), S. 1-14.

47 Hutchins, Edwin: *Cognition in the Wild*, Cambridge: MIT Press 1995 sowie Turner, William/Bowker, Geoff-rey/Gasser, Lee et al.: »Information Infrastructures for Distributed Collective Practices«, in: *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)* 15/2-3 (2006), S. 93-110.

48 Ebd., S. 115.

49 [Anmerkung des Übersetzers: Die Übersetzung von »Cognizer« lautet: »ein Lebewesen oder System, das zur Wahrnehmung, Einordnung und Verarbeiten von Reizen und Informationen fähig ist«.]

50 Ebd., S. 116.

zeugen, modifizieren und auslegen«. ⁵¹ Hayles ist daran interessiert, zu artikulieren, wie Kognition funktioniert und wie die »Assemblage« diese kognitive Kraft formt. Hayles ist dabei wichtig, dass die Definition von Kognition über die menschliche Dimension und über das Bewusstsein hinausgeht. Durch die kognitive Assemblage konzentriert Hayles sich darauf, wie »Entscheidungsgewalt in einer Ära, in der komplexe menschliche Systeme von technischer Kognition durchdrungen sind, geschaffen, umgestaltet, verteilt und ausgeübt wird« ⁵². Kognition wird als Prozess verstanden, der »Information in Zusammenhängen interpretiert, um ihr Bedeutung zu verleihen«, ⁵³ wobei die »Aktionen der Interpretation, Auswahl und Entscheidung« ⁵⁴ der Schlüssel sind. Die kognitive Assemblage ist Hayles' Erklärungsmodell dafür, wie diese Tätigkeiten zusammenhängen und wie Information durch ein solches System geleitet wird, um damit die kognitiven Aktionen der Interpretation, Auswahl Entscheidung zu unterstützen.

Im weiteren Verlauf lenkt Hayles ihre Aufmerksamkeit auf Infrastrukturen sowie technische Kognition und konzentriert sich dabei insbesondere auf das ATSAC-System in Los Angeles, dass für die »Steuerung des Verkehrs auf einem Straßennetz von 11.000 Kilometern« ausgelegt ist. ⁵⁵ Sie erklärt:

Das Herzstück von ATSAC ist das Rechnersystem. Es wird mit Information gespeist, die von den im Stadtgebiet verteilten Sensoren und Aktoren bereitgestellt wird. Es ist flexibel, adaptiv, evolutionär und in der Lage, seinen eigenen Operationen zu modifizieren. Durch das Zusammenspiel mit den menschlichen Bedienern:innen, die an ATSAC arbeiten, zeigt das System auf, wie technische Kognitionsarbeit in Verbindung mit menschlichen Fähigkeiten das Leben von Millionen Stadtbewohnern beeinflussen kann. ⁵⁶

Hayles betrachtet dieses System, das an der alltäglichen Regelung des Verkehrsflusses in Los Angeles beteiligt ist, als Beispiel einer kognitiven Assemblage, die ebenso »flexibel, adaptiv und evolutionär« wie andere (eher menschliche) Cognitzer ist.

51 Ebd., S. 116.

52 Ebd., S. 117.

53 Ebd., S. 22.

54 Ebd., S. 118.

55 Ebd., S. 121.

56 Ebd., S. 121.

Hayes stellt sich sogar eine noch spezifischere Frage: Wie interagieren die in ATSAC instanziierten technischen Kognitionen mit menschlichen Kognitionen?⁵⁷ Im Prinzip erkennt das System Muster in der Verkehrsinformation, um daraus den Verkehrsfluss zu optimieren. Darüber hinaus erkennen aber auch die *Fahrer:innen* Muster⁵⁸ – im »Falle von Anomalien bemerken sie diese schnell und rufen häufig in der Leitzentrale an, um die Operator:innen z.B. auf Probleme an bestimmten Kreuzungen hinzuweisen«⁵⁹. Ihrerseits müssen die Operator:innen diese »Muster verinnerlichen«⁶⁰, um selbst eine Entscheidungen zu fällen. Muster und Entscheidungen sind, so scheint es, überall. Es besteht also bei der Arbeit eine gewisse wechselseitige Abhängigkeit zwischen ATSAC (dem technischen System), den Fahrer:innen und den Bediener:innen des Systems – jeder von ihnen trägt dabei mit eigenen, situierten Informationen und den eigenen Mustererkennungsfähigkeiten zur Funktion des anderen bei und übt somit einen erheblichen Einfluss auf die von Hayles genannten »Aktionen der Interpretation, Auslegung und Auswahl« aus.

Die Tätigkeit der ATSAC-Operator:innen kann jedoch nicht als eine Form von Mikroarbeit betrachtet werden. Sie arbeiten nicht »remote«, also aus der Entfernung, an »kurzen Einzelaufgaben«,⁶¹ die in einer Art Akkordarbeit an sie ausgelagert sind, obwohl sie ihre Arbeit im Zusammenspiel mit einem mustererkennenden System ausüben, in dem Algorithmen zur Optimierung des Verkehrsflusses eingesetzt werden. Die von Tubaro, Casilli und Coville aufgestellte Kategorie der KI-Mikroarbeit »Vorbereitung der KI« trifft auf sie jedoch nicht wirklich zu. Nach Hayles' Darstellung haben die ATSAC-Operator nicht den Auftrag, das System auf die Erkennung von Verkehrsmustern zu schulen oder zur Erzeugung von Trainingsdaten beizutragen, die zur Verfeinerung solcher Erkennungsprozesse verwendet werden. Zwei weitere von Tubaro, Casilli und Coville entworfene Kategorien – die Imitation und Verifizierung der künstlichen Intelligenz – sind jedoch relevant.

Offizielle Darstellungen betonen stets den Automatisierungsaspekt des Systems. Die städtische Verkehrsbehörde von Los Angeles (*L.A. Department of Transport*, LADOT) gibt an, das »fortschrittlichste Signalsystem« der Verei-

57 Ebd., S. 122.

58 Ebd., S. 122.

59 Ebd., S. 122.

60 Ebd., S. 122.

61 P. Tubaro/A. A. Casilli/M. Coville: »The Trainer, The Verifier, The Imitator«, S. 3.

nigten Staaten zu betreiben,⁶² seitdem die eigenen Mitarbeiter:innen während der Olympischen Spiele von 1984 »eine Technologie erfunden haben, die die automatische Anpassung von Ampelphasen ermöglicht, um so den Verkehr dynamischer fließen zu lassen«⁶³. Die Bediener:innen von ATSAC (oder »Techniker«, wie sie im LADOT-Jargon genannt werden) »sehen grafische Darstellungen der Verkehrsbedingungen« und »werden automatisch benachrichtigt, wenn die Verkehrsbedingungen abnormal sind.«⁶⁴ An anderer Stelle wird erklärt: »Die fortschrittlichsten Teile des Systems sind adaptiv, das heißt, das System überwacht das Verkehrsaufkommen nach Fließrichtung in Echtzeit mithilfe von Detektorschleifen zwischen und an den Kreuzungen und passt die Ampelphasen sich ändernden Verkehrsbedingungen an.«⁶⁵ Die automatische Benachrichtigung über abweichende Verkehrsbedingungen wird in einem adaptiven Prozess in die automatische Anpassung der Ampelphasen eingespeist; das System erhält kritische Verkehrsinformationen und reagiert darauf. Weitere Darstellungen betonen ebenfalls die technologischen Aspekte des Systems und stellen besonders die »25,000 eingebetteten Sensoren« im gesamten Stadtgebiet von Los Angeles sowie den Betrieb der »rund 450 Videoüberwachungskameras« und die »4.400 Ampelkreuzungen« heraus.⁶⁶

An zwei Details in der letzten Darstellung kristallisiert sich die Relevanz der Kategorien »Imitation« und »Verifizierung« von künstlicher Intelligenz: Erstens wird in der Darstellung angeführt, dass »große Teile der Infrastruktur [des Systems] für den Fahrer unsichtbar sind«,⁶⁷ und dass lediglich die »leicht erhöhten Areale im Bürgersteig einen Hinweis auf die Sensoren unter der Oberfläche geben.«⁶⁸ Auf den Straßen selbst läuft die automatisier-

62 Los Angeles Department of Transport (LADOT) (2020): ATSAC: 21st Century Automated Signal Control, <https://ladot.lacity.org/projects/transportation-technology/atsac> vom 11.07.2021.

63 Ebd.

64 Ebd.

65 Los Angeles Department of Transport (LADOT) (2016): Los Angeles Signal Synchronization, https://ladot.lacity.org/sites/default/files/documents/ladot-atsac-signals_-fact-sheet-2-14-2016.pdf vom 11.07.2021.

66 Bliss, Laura (2014): LA's Automated Traffic Surveillance and Control System, in: Los Angeles Magazine vom 21.05.2014, <https://www.lamag.com/citythinkblog/crossed-signals> vom 11.07.2021.

67 Ebd.

68 Ebd.

te Arbeit versteckt ab. Man nimmt die Infrastruktur, die den Verkehrsfluss in Los Angeles regelt, kaum wahr. Aber in all diesen Darstellungen wird das »automatisierte« System (fast wörtlich) erhoben (erhabene Areale, Detektorschleifen), in den Mittelpunkt gestellt (25.000 Sensoren, 450 Kameras, 4.400 Ampelkreuzungen) und voller Stolz gefeiert (das fortschrittlichste Signalsystem der USA).

Zweitens wird zwar angedeutet, dass die »Techniker:innen manuell in den Hauptrechner von ATSAC eingreifen können«, aber dass dies selten erforderlich sei, da das System »so programmiert ist, dass es sich sofort anpasst und dafür sorgt, dass der Verkehr weiter fließt«. ⁶⁹ Die Operator:innen (oder Techniker:innen), die ATSAC bedienen, werden lediglich als überwachende Instanz dargestellt, die nur gelegentlich interveniert, um das System zu »korrigieren«. Hierin besteht zwar keine Imitation in dem von Tubaro, Casilli und Coville dargelegten Sinn (wie bei dem schachspielenden »mechanischen Türken« des 19. Jahrhunderts), aber die menschliche Arbeit – wie z.B. die von Hayles beschriebene Mustererkennung – wird ausgeblendet und in den angeführten Darstellungen auf die bloße Korrektur des Systems, weniger noch auf die Verifikation, reduziert. Nach diesen Darstellungen braucht das System keine Verifikation: Meist arbeitet es fehlerfrei.

Auf Hayles aufbauend lassen sich zwei Unterscheidungen differenzieren. Erstens möchte ich das Konzept der »Verteilung« der Prozesse über die Kognition selbst hinaus erweitern und die situative Entscheidungsfindung im weiteren Sinne mit einbeziehen. Dabei beziehe ich die oben angedeuteten »Korrekturmaßnahmen«, mit ein, die, wie ich argumentiere, wesentliche Interventionen darstellen, ohne die das als »automatisiert« oder »autonom« bezeichnete System nicht funktionsfähig wäre. Darstellungen der verteilten Kognition erfassen die Bedeutung solcher Interventionen nicht wirksam, da sie diese durch die Bezeichnung als »Verinnerlichung von Mustern« oder vergleichbare kognitive Leistungen in den Hintergrund treten lassen. Während ATSAC ein Beispiel für die geteilte Überwachung, Anpassung an und Intervention in den Verkehr ist, gilt nur die automatisierte Überwachung und Anpassung an den Verkehrsfluss als normal. Eingriffe durch einen ATSAC-Operator:innen sind selten und liegen außerhalb der (wahrgenommenen) Normalbedingungen der Arbeit des Systems. Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass sowohl Hayles (auf konzeptioneller Ebene) und die

69 Ebd.

Verkehrsbehörde LADOT (auf operativer Ebene) die Bedeutung der Interventionen herunterspielen, auch wenn Hayles dies tut, um die der Kognition zu erhöhen, während LADOT dies tut, um das automatisierte System selbst in den Mittelpunkt zu rücken.

Im unmittelbaren Vergleich werden jedoch signifikante Unterschiede von ATSAC und SAM deutlich. Erstens: ATSAC überwacht und beeinflusst die *kumulierten* Bewegungen und den *kumulierten* Fluss der einzelnen Fahrzeuge im Straßennetz.⁷⁰ ATSAC »steuert« den Verkehr, indem es beispielsweise Ampelphasen anpasst, aber die Steuerungsfunktion erstreckt sich nicht auf die Fahrzeuge selbst – selbst wenn die Auswirkungen in jedem einzelnen Fahrzeug zu spüren sind. Beim SAM-Projekt von Nissan hingegen geht es, wie ich später erläutern werde, um die Überwachung einzelner Fahrzeuge und Eingriffe in das einzelne Fahrzeug, in die nicht-aggregierten Einheiten, die »den Verkehr« ausmachen. Unterschiede bestehen also auf Ebene der Größenordnung (gesamtes Stadtgebiet, Fahrzeughersteller), aber auch auf analytischer (Verkehr/Fahrzeug) und operativer Ebene (Steuerung von Ampeln, Steuerung von Fahrzeugsoftware/-hardware). Diese Unterscheidungen unterstreichen nochmals die angestrebte Normalität der Intervention bei SAM.

Zweitens: Wenn die ATSAC-Techniker:innen in den Verkehrsfluss in Los Angeles eingreifen, so tun sie dies von einer *zentralen Leitstelle* aus. In der von Nissan entworfenen Vorstellung mögen – ebenso wie in der Leitstelle in Los Angeles – Bildschirme, Karten und Live-Video-Feeds vorhanden sein. Ich behaupte jedoch, dass dieser Raum mehr Ähnlichkeit mit einem Call-Center haben dürfte, in dem Entscheidungsaufgaben (statt Telefonanrufe) den einzelnen Mitarbeiter:innen je nach Verfügbarkeit und/oder Expertise »zugewiesen« werden. Die Anzahl der in der Leitstelle benötigten ATSAC-Techniker:innen erscheint dabei recht klein;⁷¹ aller Wahrscheinlichkeit nach würde bei Nissan eine weit größere Zahl von Mobilitätsmanager:innen eingesetzt werden müssen, wenn Nissan seine eigenen Ziele für dieses Projekt erreicht, wobei das Wesen der ausgeführten Arbeit – die Überwachung von Video-Feeds und das Erstellen von Linien auf einem Bildschirm – kontinuierlicher und repetitiver sein dürfte als bei ATSAC. ATSAC ist ein System, in dem Entscheidungen zentral und einer Art »Leitstellen-Logik«⁷² folgend getroffen werden,

70 S. Wagenknecht: The Moral Work of Timing Mobilities.

71 Los Angeles Department of Transport: ATSAC.

72 A. Luque-Ayala/S. Marvin: The Maintenance of Urban Circulation, S. 192.

während SAM als dezentralisierte Infrastruktur gedacht ist, in der Entscheidungen verteilt getroffen werden.

Drittens: Ein weiterer Unterschied zu ATSAC ist, dass die Intervention bei SAM – ungeachtet der Übernahme der Kontrolle durch den Menschen in den »abnormalen« Szenarien, die die Kapazitäten eines autonomen Fahrzeugs übersteigen – ein integraler Bestandteil des Betriebs des Systems ist und Eingriffe nicht nur dazu gedacht sind, die Fahrzeuge aus vertrackten Situationen zu »retten«, sondern auch dazu, ihre algorithmischen Entscheidungsfähigkeiten durch KI-Training und Intervention in Echtzeit für zukünftige Situationen zu verbessern. Dabei ist jeder Eingriff durch SAM-Mobilitätsmanager:innen gleichzeitig ein Schulungsereignis, durch das dem Fahrzeug neue »Tricks« beigebracht werden und es in einem Prozess der »Terrain-Optimierung«⁷³ darauf »geschult« wird, bisher unbekannte Hindernisse erfolgreich zu überwinden.

Diese Schulung erfolgt jedoch in einem echten Umfeld, in alltäglichen Fahrsituationen, und nicht als Vorläufer oder in Vorbereitung algorithmischer Operationen »in freier Wildbahn«. Das Warten auf eine solche Intervention wird dabei normalisiert, um nicht zu sagen »dramatisiert«,⁷⁴ und die Fahrer:innen erleben die Verzögerung als erstrebenswert und notwendig. Bei der Steuerung des Verkehrs in Los Angeles spielen die ATSAC-Techniker:innen (soweit bekannt) keine solche Rolle, auch wenn sie laut Hayles' Darstellung (zusammen mit den Fahrer:innen) auf die Erkennung von Verkehrsmustern ausgerichtet sind. Zwar sind Wartezeiten im Verkehr in Los Angeles normalisiert, doch die Rolle der ATSAC-Techniker:innen ist deren Minimierung, nicht deren Normalisierung. Verzögerungen gelten bei ATSAC als Fehler im System und nicht als Erfolgsfaktor.

73 Hind, Sam: »Digital Navigation and the Driving-Machine: Supervision, Calculation, Optimization, and Recognition«, in: *Mobilities* 14/4 (2019), S. 401-427.

74 Schindler, Larissa: »Practices of Waiting: Dramatized Timing Within Air Travel«, in: *Mobilities* 15/5 (2020), S. 651.

Der Umgang mit Hindernissen

In diesem vorletzten Abschnitt werde ich untersuchen, wie diese »normalen« Interventionen in einem Video zum SAM-Projekt dargestellt werden.⁷⁵ In diesem Video wird eine gewagte Behauptung aufgestellt:

Um die Zeit bis zur Einführung sicherer selbstfahrender Fahrzeuge auf den Straßen zu verkürzen, hat Nissan bei der CES 2017 eine bahnbrechende Technologie namens »Seamless Autonomous Mobility«, kurz SAM, angekündigt. [...] Auf der Grundlage von NASA-Technologie entwickelt, kombiniert SAM die auf künstlicher Intelligenz (KI) basierenden Bordsysteme des Fahrzeugs mit menschlicher Intelligenz, um so das Fahrzeug bei Entscheidungen in unvorhersehbaren Situationen zu unterstützen und das Wissen der im Fahrzeug verbauten KI zu erweitern. Diese Technologie hat das Potential, Millionen selbstfahrender Fahrzeuge schon früher zusammen mit den von Menschen gesteuerten auf die Straße zu bringen. Sie ist Teil der Intelligenzen Integration von Nissan.⁷⁶

Das Video beginnt mit den ikonischen Worten Neil Armstrongs aus dem Jahr 1969. Das berühmte Bild der Erde, Blue Marble, erscheint kurz. Im Vordergrund sehen wir Astronauten in Raumanzügen. Anschließend folgt eine Montage verschiedener NASA-Projekte, von Laborversuchen über Tests mit zweibeinigen Robotern und terrestrischen Vorführungen von Mondrovern. Der Direktor des Nissan-Forschungszentrums im Silicon Valley, Maarten Sierhuis, erscheint im Bild und sagt, dass solche Technologien der NASA auch dafür eingesetzt werden können, »unsere Probleme hier auf der Erde zu lösen«.

Der Mondrover der NASA soll dabei die neue Testlogik⁷⁷ verkörpern, die man sich für SAM vorstellt. Das Gefährt, das für die Erforschung von Planeten konzipiert ist, sammelt mit Unterstützung eines menschlichen Teams auf der Erde Materialproben und erfasst Bilder. Janet Vertesi sagt dazu, dass »die Teammitglieder ihre Forschung nur durch die ständige Interaktion – mit den

75 Das vollständige Video wurde inzwischen von Nissan entfernt, eine identische Version ist aber noch online zu finden (Nissan: Seamless Autonomous Mobility). Das B-Roll-Material zu den Interviews und die Visuals für die Mobility Manager, aus denen einige der Abbildungen in diesem Kapitel stammen, sind ebenfalls noch verfügbar.

76 Nissan: Seamless Autonomous Mobility.

77 Vgl. dazu N. Marres/D. Stark: »Put to the Test«.

Software-Systemen für die Bildverarbeitung, mit den Kollegen im Team, mit ihren Robotern – überhaupt durchführen können.«⁷⁸ Doch ebenso wie Thomas Haigh argumentiert, dass sich die »Divison X« von Google zu Unrecht als »Moonshot-Fabrik« verkaufe,⁷⁹ so ist die Gleichstellung des SAM-Projekts und der Bemühungen von Nissan um ein besseres Verständnis des Lebens auf der Straße mit den Bemühungen der NASA um ein besseres Verständnis der Planeten falsch. Denn bei SAM geht es nicht um den Einsatz von Sonden, die »weitab des Bekannten und Alltäglichen«⁸⁰ Proben aus fremden Umgebungen für Labors gewinnen, die ebenso weitab von alltäglichen sozialen Räumen sind. Die Vision von SAM umfasst eine Form von Intervention (aus einer anderen Distanz), die die ständige Modifikation alltäglicher Fahrumgebungen normalisiert.

Der Verständnissgewinn wird durch das sondierende Eingreifen der Mobilitätsmanager:innen erzielt, die jederzeit bereitstehen, um stellvertretend für die autonomen Fahrzeuge Hindernisse zu überwinden. Das menschliche Element wird dabei an keiner Stelle in den Hintergrund gerückt. Im Gegenteil, es wird als kritische Dimension des vorliegenden logischen Testvorgangs an die Oberfläche geholt. Das Warten des/der Fahrer:ins auf den Eingriff aus der Ferne wird hier als doppelter Vorteil für den/die Fahrer:in dargestellt: Einerseits, weil das Warten die Echtzeit-Navigation des Fahrzeugs um das Hindernis ermöglicht und andererseits, weil das autonome Fahrzeug durch den Eingriff zukünftig besser in der Lage ist, selbst zu entscheiden. In beiden Fällen wird die Fahrerfahrung im Fahrzeug verbessert. Die systeminhärente Verzögerung bei der Entscheidung bestätigt, dass das System funktioniert.

Hier wechselt das Video auf Aufnahmen der »Realität auf der Straße« – Fahrzeuge, Stoßstange an Stoßstange – und Sierhuis informiert uns, dass »völlig autonom fahrende Fahrzeuge, die nie Unterstützung brauchen, ein Ding der Unmöglichkeit« sind. »Jedes autonome System«, fährt er fort, wird von Menschen für Menschen gebaut. Die Lösung, die Nissan entwickelt, sei daher ein System zur »nahtlosen Integration in die menschliche Gesellschaft«, heißt es weiter, während ein Fahrzeug mit NASA-Branding eine Mondlandschaft durchstreift und ein Nissan Leaf im Bild erscheint. An dieser Stelle stellt Melissa Cefkin, leitende Wissenschaftlerin am Nissan Research

78 Vertesi, Janet: *Seeing Like a Rover: How Robots, Teams, and Images Craft Knowledge of Mars*, Chicago: The University of Chicago Press 2015: 14.

79 T. Haigh: »Hey Google, What's a Moonshot?«, S. 24.

80 N. Marres/D. Stark: »Put to the Test«, S. 427.

Center, uns SAM erstmalig vor: »Ein System zur Unterstützung autonomer Fahrzeuge und von Transportsystemen«. Hier wird ein gewöhnlicher Stau als alltägliches Ereignis dargestellt, eine Art »geistloses« Warten, zu dem SAM eine intelligente Alternative darstellt.

Hierzu erklärt uns Sierhuis, dass das System »der Flugverkehrsüberwachung nicht unähnlich« sei: Dass zu jeder Zeit »tausende von Flugzeugen in der Luft« und »Piloten in Cockpits« seien, und dass »eine Überwachung und Kontrolle des Luftraums durch Menschen aus der Ferne« nach wie vor nötig sei. Die Schlussfolgerung ist, dass SAM am Boden dieselbe Aufgabe erfüllt, und dafür sorgt, dass der Verkehr fließt und die Verkehrsteilnehmer:innen sicher sind. Wie bereits an anderer Stelle diskutiert,⁸¹ wird die Flugzeugtechnik, insbesondere hinsichtlich der Automatisierung und Steuerung von Fahrzeugen, von Fahrzeugherstellern häufig als Referenzpunkt herangezogen. Der Vergleich mit der Flugverkehrsüberwachung bietet sich, ebenso wie der mit bestehenden Verkehrsleitsystemen wie z.B. ATSAC. Der Vergleich mit der Flugverkehrsüberwachung hinkt jedoch insofern, als diese keine unmittelbare Steuerung der Flugzeuge zulässt, sondern sich hauptsächlich mit der Überwachung des *Flugverkehrs* beschäftigt (d.h., der Flugzeuge in Summe) und im Prinzip nur in zwei Situationen zum Einsatz kommt: Beim Start und bei der Landung (und nicht während des Flugs). Auch ATSAC lässt, wie zuvor besprochen, keine unmittelbare Steuerung des einzelnen Fahrzeugs zu, sondern kontrolliert nur die Infrastruktursysteme (Ampeln, Kreuzungen usw.), die den Verkehrsfluss beeinflussen. Eine wichtige Gemeinsamkeit stellt der Vergleich jedoch heraus, nämlich, dass ein/e entfernt sitzender Operator:in in den Bewegungsfluss der Fahrzeuge eingreifen kann, und dabei notwendige, »gute«, intelligente Verzögerungen verursacht, die die Fahrerfahrung durch »soziale Navigation« »besser« und »smarter« machen.⁸²

Darauf folgt im Video eine detailliertere Erklärung von SAM: Zunächst werden die Situationen, in denen SAM zum Einsatz kommen könnte, aufgezeigt; dann werden die Sensorsysteme des Fahrzeugs erläutert. Im Bild sehen wir eine kleine Gruppe von Forscher:innen, die um einen NASA-Mondrover herum stehen, umgeben von einer Reihe orangefarbener Verkehrskegel (Abb.

81 Hind, Sam: »On ›Living in a Box‹: Distributed Control and Automation Surprises«, in: *Technikgeschichte* 87/1 (2020), S. 43-68.

82 Hind, Sam/Gekker, Alex: »›Outsmarting Traffic, Together‹: Driving as Social Navigation«, in: *Exchanges: the Warwick Research Journal* 1/2 (2014), S. 1-17.

1). Der Kamerasatz des Nissan Leaf, die Lidar-Einheit, die »Laser Range Finder«-Technologie und »Milli-Wave«-Technik, so erfahren wir, werden gemeinsam in der Lage sein, die Situation einzuschätzen und auf Grundlage der Stärken jedes Sensors ein Abbild der Umwelt zu erstellen. Nissan nennt das »Sensor Fusion«, fährt Sierhuis fort. Es handelt sich dabei um eine Art sensorischer Assemblage, innerhalb derer unterschiedliche Sensortechnologien miteinander »interoperabel«⁸³ sind, und die so über eine besondere Form »maschineller Sensibilität«⁸⁴ verfügt und »Aufnahmen aus dem laufenden Betrieb«⁸⁵ überträgt, auf die der Mobilitätsmanager zurückgreifen kann.

Abbildung 2: Der Mobilitätsmanager bewertet die Situation



Quelle: Nissan

In der nächsten Einstellung schwenkt das Video vom Fahrzeug weg in einen abgedunkelten Raum, in dem ein Mann in einem Hemd vor einem

83 Wilmott, Clancy: »Small Moments in Spatial Big Data: Calculability, Authority and Interoperability in Everyday Mobile Mapping«, in: *Big Data & Society* 3/2 (2016), S. 1-16; Wilmott, Clancy: *Mobile Mapping: Space, Cartography and the Digital*, Amsterdam: Amsterdam University Press 2020.

84 Hong, Sun-ha: »Data's Intimacy: Machinic Sensibility and the Quantified Self«, in: *communication+1* 5/1 (2016), S. 1-36.

85 H. Farocki: »Phantom Images«.

Widescreen-Display sitzt. Wir erfahren, dass es sich hierbei um den Mobilitätsmanager handelt (Abb. 2). Um es noch einmal in Sierhuis Worten auszudrücken:

Das Bild [der angetroffenen Situation] wird an den Mobilitätsmanager übertragen, der dann einen neuen Fahrweg um das Hindernis herum zeichnet. Das Fahrzeug kann diesem neuen Pfad folgen und sicher weiterfahren. Ist der neue Pfad einmal festgelegt, wird die künstliche Intelligenz diesen über die Cloud an alle anderen Fahrzeuge weiterverteilen, so dass diese das Problem ohne menschliches Zutun lösen können. Das nächste autonome Fahrzeug, das diese Strecke befährt, wird das Hindernis selbstständig und ohne die Unterstützung des Mobilitätsmanagers umfahren können.

Im Hauptfenster des Bildschirms des Mobilitätsmanagers ist jetzt eine Vogelperspektive auf den Nissan Leaf zu sehen. Satellitenbilder der Umgebung dienen als Basiskarte, auf der durchgehende, parallel gezogene gelbe Linien über die abgebildeten Straßen gelegt sind. Am oberen linken Bildschirmrand ist ein Tab mit der Beschriftung »VERVE 3D view« zu sehen. VERVE, erfahren wir, steht für Visual Environment for Remote Virtual Exploration – eine Entwicklung der NASA – und ist:

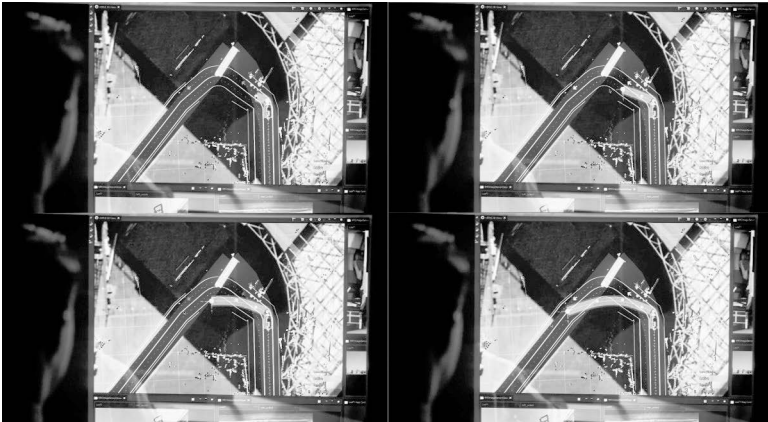
ein 3D-Visualisierungssystem mit Situationserkennung, wissenschaftlichen Analyseinstrumenten und Datenverständnis-Kapazität, das für die Robotikforschung und wissenschaftliche Erkundungen entwickelt wurde. Es handelt sich hierbei um eine hochgradig modulare, erweiterbare Technologie, die eine 3D-Szenengraphen-Datenbank und einen interaktiven 3D-Viewer umfasst und über zugehörige graphische Benutzeroberflächen für OSGi [Open Services Gateway initiative]-Plugin-Anwendungen verfügt.⁸⁶

Dieser »interaktive 3D-Viewer« der NASA wurde für die Anwendung am Boden weiterentwickelt und ermöglicht es dem Mobilitätsmanager, die Sensordaten als Grundlage für die vorliegende Entscheidung zu verwenden, indem die Bilder in den Workflow eingebunden und die Situation aus der Ferne beurteilt werden kann. In den nächsten Einstellungen des Videos wird der Mobilitätsmanager aktiv: Er klickt auf mehrere unterschiedliche Punkte vor dem Fahrzeug sowie, was besonders wichtig ist, rund um das erkannte Hindernis herum (den Transporter, die Wissenschaftler:innen und den Mondrover). In

86 NASA: Visual Environment for Remote Virtual Exploration (VERVE), Version 2, <https://software.nasa.gov/software/ARC-16457-1A> vom 27.04.2021.

dem Moment, in dem er das tut, verbindet sich ein cyanfarbener Punkt vor dem Fahrzeug durch eine dünne, gebogene, cyanfarbene Linie mit einem anderen Punkt, der an der Stelle aufgetaucht ist, auf die der Mobilitätsmanager eben geklickt hat. Dieser setzt noch drei weitere Klicks und entwirft so eine sichere Route, der das Fahrzeug folgen kann (Abb. 3). Unterhalb der cyanfarbenen Linie erscheint ein grauer Bereich, der den Raum anzeigt, den der Nissan Leaf voraussichtlich beanspruchen wird.⁸⁷ Das Video schwenkt nun wieder auf das Fahrzeug, dann zurück auf den Mobilitätsmanager und wir sehen, wie der Nissan Leaf seiner neuen Route folgt (Abb. 4).

Abbildung 3: Der Mobilitätsmanager entwirft eine Route.



Quelle: Nissan.

Während das Video sich von dem sicher überwundenen Hindernis weg bewegt, erklärt Sierhuis uns, dass SAM einem übergeordneten Zweck dient: Ein »vollständiges System für nahtlose Mobilität«, mit dem Ziel, zukünftig »tausende von Fahrzeugen auf einmal« innerhalb eines umfassenderen »Ökosystem der autonomen Mobilität« steuern zu können. SAM wird also nicht nur die Entwicklung der autonomen *Automobilität* vorantreiben,

87 In der Robotik-Forschung wird dies oft als »Occupancy Set« (Belegungssatz) bezeichnet, siehe: Pek, Christian/Manzinger, Stefanie/Koschi, Markus et al.: »Using Online Verification to Prevent Autonomous Vehicles From Causing Accidents«, in: *Nature: Machine Intelligence 2* (2020), S. 518-528.

sondern auch viele andere Mobilitätsformen in einer »vernetzten Welt ohne Verkehr«. SAM wird uns hier mittels einer einzelnen Intervention in einer alltäglichen Fahrsituation (das Entladen eines Transporters) vorgestellt, aber das ultimative Ziel ist die netzwerkweite Steuerung einer viel größeren Zahl von Fahrzeugen in vielfältigen Szenarien. Darüber hinaus sollen diese Interventionen – die natürlich eine *neue Art* von Verzögerung schaffen – eine Lösung für eine als geistlos und gestrige dargestellte Art der Verzögerung sein: den Stau. Statt dies durch die Vermeidung oder ein »Austricksen« hoher Verkehrsaufkommen zu erreichen,⁸⁸ ist die Ambition hier, die Intervention und somit das *Warten* auf die Intervention zu normalisieren: Fahrer sollen die Intervention erwarten und, letztlich, wollen.

Abbildung 4: Der Nissan Leaf weicht dem Hindernis aus.



Quelle: Nissan

Intervention als ambitionierte Mikroarbeit

Die in dem Video von Nissan entworfene Vision unterscheidet sich von einer anderen, die in einer Analyse von Julia Hildebrand aus dem Jahr 2015 pos-

88 S. Hind/A. Gekker: »Outsmarting Traffic, Together«.

tuliert wird. Hierin wird die Vorstellung des »Technological Sublime« aufgegriffen und das autonome Konzeptfahrzeug als »berauschend, beflügelnd und verlässlich« beschrieben.⁸⁹ In einer Szene fährt das Konzeptfahrzeug eine Straße entlang und »beachtet den Verkehr, erkennt Fahrradfahrer:innen und kommuniziert höflich mit Fußgänger:innen«. Zwar tut es dies »innerhalb hochgradig kontrollierter Parameter«⁹⁰, dennoch wird das Fahrzeug als vernunftbegabt und einzigartig intelligent porträtiert. Im Gegensatz dazu wird der Nissan Leaf im SAM-Video durchaus als fehlbar, das SAM-Projekt von Nissan jedoch als *sozial* intelligent dargestellt: Das Fahrzeug verlässt sich auf die menschliche Unterstützung, wenn es einer neuen und verwirrenden Situation ausgesetzt ist.

Die Intervention selbst ist ein bescheidener, geradezu banaler Vorgang, bei dem eine Person, die an einem anderen Ort vor eine Widescreen-Displaysitzung, ruhig und ganz einfach einen Pfad um das (zumindest für das menschliche Auge) leicht zu erkennende Hindernis vorgibt. Der Zweck des Eingriffs ist dabei, wie bereits erwähnt, ein zweifacher: Erstens wird in die Bewältigung eines Hindernisses eingegriffen, als das Fahrzeug an die Grenze seiner eigenen Fähigkeiten gerät. In diesem Moment gibt das Fahrzeug seine Autonomie auf und fordert bei Mobilitätsmanager:innen Hilfe an. An dessen entfernten Standort, der eher einem Call Center als einer Leitstelle ähnelt, werden Mobilitätsmanager:innen sofort eine Reihe von Live-Feeds gezeigt: Verschiedene Kameraperspektiven aus dem Fahrzeug selbst sowie ein Satellitenbild mit bunten Linien, die den Fahrweg markieren und in das relevante Objekte eingeblendet sind. Der/die Mobilitätsmanager:in schätzt die Situation ein, erkennt das zu überwindende Hindernis (die Wissenschaftler:innen, die den Mondrover aus dem Transporter laden) und zeichnet eine neue Route um die Verkehrskegel herum ein. Zweitens dienen diese direkten Interventionen in eine echte, zwar gewöhnliche, aber doch unerwartete Fahrsituationen dazu, dem Fahrzeug beizubringen, diese schlussendlich selbstständig bewältigen zu können.

Aus dem Video erfahren wir nur wenig darüber, wie das realiter funktionieren würde: Über das Fachwissen und die Ausbildung der Mobilitätsmanager:innen, die Beurteilungskriterien, das Protokoll für die Routenerstellung, die Zugriffsrechte oder Freigaben, die den Personen, die das Fahrzeug aus der Ferne steuern, erteilt werden. Wir erfahren auch wenig über den kumulative

89 J. M. Hildebrand: »On Self-Driving Cars as a Technological Sublime«, S. 162.

90 Ebd., S. 164.

Effekt solcher Eingriffe, die Lernprozesse des Fahrzeugs, die Umsetzung von Anweisungen in durchführbare Befehle oder die Vergleichbarkeit zukünftiger Situationen mit vergangenen, um festzustellen, ob das Erlernte anwendbar ist. Dennoch scheint klar zu sein, dass es bei der angestrebten Vision darum geht, dass eine dezentralisierte Architektur verteilte Entscheidungsprozesse in einem Modell ermöglichen soll, das der typischen KI-Arbeit ähnlicher ist als der Art, wie Transportnetzwerke bisher üblicherweise verwaltet wurden.

Die Intervention ist dabei streng genommen, kein Beispiel für die Vorbereitung von KI nach der Definition von Tubaro, Casilli und Coville obwohl die selbstfahrenden Fahrzeuge sicherlich auf ähnliche Situationen oder *Kategorien* von Situationen in der Zukunft vorbereitet werden. Ebenso ist sie kein Beispiel für die Imitation von KI, da der Mobilitätsmanager – trotz seines entfernten Standpunkts – sich nicht hinter der »magischen« Autonomie des *Auto*-mobils versteckt. Gleichmaßen ist sie nicht zwingend ein Beispiel für die Verifizierung von KI, die nach einem »Output« des Fahrzeugs erfolgt. Vielmehr stellt sie eine ganz neue Kategorie dar, in der Elemente der Vorbereitung und Verifikation mit der direkten Intervention verknüpft werden, so dass ein ganz anderes Ergebnis dabei zustande kommt. Des Weiteren wird diese Vorbereitungs- oder Verifikationsarbeit dem Verhalten des autonomen Fahrzeugs nicht vorangestellt (Vorbereitung) oder nachgelagert (Verifikation), sondern wird im Zuge der Handlungen, Bewegungen oder Manöver des Fahrzeugs durchgeführt, die dieses unterbricht, um beim Mobilitätsmanager:innen Hilfe anzufordern.

Das in dem Video gezeigte Hindernis – der Transporter, der entladen wird – wird wahrscheinlich in zukünftigen Situationen nicht jedes Mal gleich aussehen. Da das Entladen eines Fahrzeugs ein veränderlicher Vorgang ist (anderer Transporter, andere Gegenstände, andere Menschen), kann dieses Hindernis nicht im Vorfeld auf einer Karte erfasst werden wie ein statisches Element (Baum, Ampel, Gebäude usw.). Während die von Sierhuis gepriesene »Sensor Fusion« zwar vermutlich in der Lage sein wird, das Sammelsurium an Objekten im Bild zu erkennen, von den Forscher:innen über das geparkte Fahrzeug und den Mondrover bis hin zu den Verkehrskegeln, stellt die Tatsache, dass sie auf dem geplanten Fahrweg des Fahrzeugs liegen, das System offenbar vor ein Problem. Der Nissan Leaf ist dabei – soweit die Erklärung von SAM – nicht in der Lage, selbst einen neuen Pfad zu entwerfen, der um das Hindernis herumführt. Stattdessen hält das vor der (im wörtlichen Sinne) sensorisch erfassten Problemstelle an und setzt sich mit Mobilitätsmanager:innen in Verbindung, um Unterstützung anzufordern.

In der Theorie erwirbt das Fahrzeug, nachdem das Hindernis überwunden wurde, Wissen darüber, wie ein solches Hindernis zu navigieren ist und kann das Wissen des/der Mobilitätsmanager:in in seine eigene Wahrnehmungsfähigkeit integrieren. Die problematische Situation (Vorgang der Fahrzeugentladung, der einen Spurwechsel erfordert) wird somit für das Fahrzeug und andere mit dem Netzwerk verbundene Fahrzeuge erkennbar. Solche Szenarien sind nicht ungewöhnlich, die spezifischen Umstände jeder einzelnen Situation könnten es jedoch sein. Aber statt der herkulischen Bemühungen, umfassende Datenbanken über obskure oder komplexe Straßen- oder Kreuzungssituationen aufzubauen, auf die sich jedes autonom fahrende Fahrzeug direkt beziehen kann,⁹¹ setzt der Vorschlag von Nissan darauf, dass unerwartete Situationen spontan und in freier Wildbahn von einer ganz besonderen, Nissan-eigenen Kategorie von Verkehrs- und KI-Arbeiter:innen ausgehandelt wird: Den Intervenierer:innen.

Während des gesamten Videos bleiben die Passagiere des Fahrzeugs auf mysteriöse Weise unsichtbar, sind wie in Abbildung 1 auf eine Silhouette reduziert oder verschwinden wie in Abbildung 4 hinter den Spiegelungen auf der Windschutzscheibe. In einem Szenario, indem die Agency menschlicher Fahrer:innen bereits reduziert ist, ist die Erwartung, dass man diese freudig an einen anderen Menschen – einschließlich einer Verzögerung – auslagert, wohl fragwürdig. Doch die Vision der automobilen Zukunft von SAM entwirft ein Bild fahrender *Subjekte* und entwickelt neue Fahrzeugkategorien, die neue Formen des Fahrer*lebnisses* und neue *Erwartungen* an das Fahren hervorbringen. Die spekulative Banalität der verteilten Entscheidungsfindung ist lediglich die infrastrukturelle Erweiterung einer Form von Mikroarbeit, die schon heute in der Automobilindustrie eingesetzt wird⁹² und die in Projekten wie zum Beispiel dem »Teleassist«-Service von Aurora verkörpert ist.⁹³ Diese Akte der Intervention aus der Ferne haben das Potential, auf subtile Weise und wiederkehrend solche neuen Fahrsubjekte, Fahrerfahrungen und Erwartungen zu generieren. Folglich ist es nicht weit hergeholt, sich vorzustellen, dass

91 Madrigal, Alexis C.: »Inside Waymo's Secret World for Training Self-Driving Cars«, in: The Atlantic vom 23.08.2017, <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2017/08/inside-waymos-secret-testing-and-simulation-facilities/537648/> vom 27.04.2021.

92 Tubaro, Paola/Casilli, Antonio: »Micro-Work, Artificial Intelligence and the Automotive Industry«, in: Journal of Industrial and Business Economics 46/3 (2019), S. 333-345.

93 Aurora: Teleassist: How Humans Collaborate with the Aurora Driver, in: Medium vom 16.12.2019, <https://medium.com/aurora-blog/teleassist-how-humans-collaborate-with-the-aurora-driver-a8b3529fb937> vom 27.04.2021.

die Zukunft der Automobilität auf verteilten, digitalen Infrastrukturen beruht: Arbeiter:innen, die im Namen und mittels einer räumlich entfernten Technologie Entscheidungen treffen, um momentane Navigationsprobleme zu lösen. Der Effekt dessen wäre, dass der Alltag auf der Straße sich schrittweise verändert.

Schlussfolgerung

In diesem Kapitel habe ich angedeutet, dass einige der Fahrzeughersteller, die sich mit der Entwicklung autonomer Fahrzeuge befassen, nicht so sehr an einer Version des »Technological Sublime« orientieren, sondern von der Verteilung von Aufgaben träumen. Anstatt also die Vormacht algorithmischer Entscheidungsfindung oder die Präzision kartografischen Daten zu feiern, schwebt ihnen eine Form von menschlicher Fernsteuerung vor, bei Arbeiter:innen in die Entscheidungsfindung des Fahrzeugs selbst eingreifen. Diese Vision wird durch das SAM-Projekt von Nissan verkörpert. Es normalisiert eine Zukunft des Fahrens, in der die Insassen eines Fahrzeugs erwarten, dass sie im Gegenzug für ein verbessertes Fahrerlebnis auf eine Entscheidung aus der Ferne warten müssen; in der die Fahrer:innen des Fahrzeugs nicht nur von der physischen Steuerung des Fahrzeugs oder den Fahraufgaben entbunden sind, sondern von sämtlichen Fahrentscheidungen.

Allerdings löst SAM nicht nur Probleme, wie in dem Video, das ich in diesem Kapitel diskutiert habe, heißt, sondern es schafft auch Probleme, da Entscheidungen, Risiken und Verantwortlichkeiten in einer dezentralen Infrastruktur verteilt werden. Die »spekulative Banalität«, wie ich sie genannt habe, zeigt die Menschengebundenheit der Entscheidungsfindung bewusst auf statt sie zu maskieren. Entscheidend für diese Vision ist der Wunsch, die Interventionen zu normalisieren, die sowohl dem/der betreffenden Fahrer:in als auch allen anderen mit dem Netzwerk verbundenen Fahrer:innen zugute kommen. Diese Interventionen bilden, wie ich argumentiert habe, eine eigene Form der KI-Mikroarbeit, die sich bestehenden Kategorien wie der Vorbereitung oder Verifikation von KI entzieht. Stattdessen könnte man Mobilitätsmanager:innen als Intervenierer:innen betrachten, die die autonomen Fähigkeiten eines Fahrzeugs, das ihrer flüchtigen Kontrolle untersteht, erweitern. Die Vision von der Umverteilung der Kontrolle weg von den Fahrer:innen und nicht nur an das Fahrzeug selbst, sondern an Arbeiter:innen an einem entfernten Ort, ist insofern bedeutsam, als jede Intervention dazu dient, das

autonome Fahrzeug und alle anderen mit ihm vernetzten Fahrzeuge auf den Umgang mit vergleichbaren Situationen in der Zukunft zu schulen.

Verkehrsleitsysteme sind, trotz der Einzigartigkeit von SAM, vielleicht das relevanteste Beispiel für die Verteilung automobiler Entscheidungsprozesse. Hayles' Analyse des ATSAC-Systems der Stadt Los Angeles ist ein solcher Fall, in dem das System als »kognitive Assemblage« verstanden wird und in dem kognitive Aufgaben auf unterschiedliche Weise zwischen einem IT-System, das sich auf ein Netzwerk von im Stadtgebiet von Los Angeles verteilten Sensoren verlässt, und den ATSAC-Techniker:innen in der Leitstelle aufgeteilt werden. In diesem Kapitel habe ich mich in erster Linie auf Projekte wie SAM von Nissan als Beispiele für eine verteilte Entscheidungsfindung bezogen, um die verteilte Interpretation und Intervention, die erforderlich sind, um Fahrzeuge aus der Distanz in Bewegung zu halten, in den Vordergrund zu stellen. Im Gegensatz zu den Bediener:innenn des ATSAC-Systems arbeiten die Mobilitätsmanager:innen von SAM dezentral, ist ihre Tätigkeit für die Optimierung des Systems maßgeblich und sie tragen zur Normalisierung einer neuartigen, wünschenswerten Form der Verzögerung beim Fahren bei.

Dennoch ist es nicht die Absicht des Kapitels, Nissan als den pragmatischeren Hersteller im Gegensatz zu den hochgradig unwahrscheinlichen Hochglanz-Visionen einer vollständig autonomen Zukunft der Big-Tech-Unternehmen zu porträtieren. In der Tat ist es auffällig, dass Nissan hier zwei Schritte in einem geht: Gleichzeitig wird die menschliche Arbeit bei Entscheidungen in alltäglichen Fahrsituationen in den Vordergrund gestellt und dennoch betont, dass dieses System nahtlose autonome Mobilität bietet. In dieser Hinsicht habe ich angedeutet, dass die Vision der spekulativen Banalität von Nissan, in der KI-Mikroarbeit eine entscheidende Komponente ist, über die aktuellen Trends innerhalb und außerhalb der Mobilität hinausgeht.

Das in diesem Kapitel besprochene Video hebt die Beteiligung der NASA hervor und stellt eine direkte Verbindung zwischen den Mondrovern des Raumfahrtunternehmens und dem Nissan-Projekt her. Hier setzt Nissan die Sprache und Form wissenschaftlicher Arbeit ein, um zu betonen, wie intelligent das Projekt ist und um anzudeuten, dass die im Video gezeigten Mobilitätsmanager:innen den Mitarbeiter:innen in der Leitstelle einer Raumfahrtmission, die aus der Ferne ein Roboterfahrzeug steuern, nicht unähnlich sind. Doch ganz ähnlich wie bei der »Moonshot«-Rhetorik der Firmen im Silicon Valley wird durch den Verweis auf die Mondsonden der NASA eine falsche Parallele gezogen. Tatsächlich stelle ich zur Debatte, dass SAM eine neue Test-

logik⁹⁴ bietet, im Rahmen derer Eingriffe *in* das alltägliche, soziale Leben des Autofahrens getätigt werden und *daran* gearbeitet wird. Die angestrebten Ergebnisse haben das Potential, die automobilen Praxis der Zukunft radikal zu verändern – wenn die Entscheidungsfindung tatsächlich so reibungslos funktionieren sollte, wie man es sich ausmalt.

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Projektnummer 262513311 – SFB 1187.

94 N. Marres/D. Stark: »Put to the Test«.

Kranke Karten und elektronische Horizonte

Zur Stellung geografischer Informationssysteme im Kontext des autonomen Fahrens

Max Kanderske

»In jenem Reich erlangte die Kunst der Kartographie eine solche Vollkommenheit, dass die Karte einer einzigen Provinz den Raum einer Stadt einnahm und die Karte des Reichs den einer Provinz. Mit der Zeit befriedigten diese maßlosen Karten nicht länger, und die Kollegs der Kartographen erstellten eine Karte des Reiches, die die Größe des Reiches besaß und sich mit ihm in jedem Punkte deckte.«

Jorge Luis Borges – Von der Strenge der Wissenschaft¹

Autonomes Fahren ist stets auf Karten der Umgebung angewiesen. Die industriellen Bemühungen um die Entwicklung der Technologie lassen sich dabei in zwei Lager differenzieren, deren jeweilige strategisch-ökonomische Ausrichtung mit einem spezifischen Umgang mit geografischen Informationen korrespondiert. Mit einer dezidiert mediengeografischen Perspektive auf das Kartenmaterial autonomer Fahrzeuge lässt sich so ein Bild jener weiteren technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen zeichnen, als deren Voraussetzung und Produkt die Karte zu verstehen ist.

Für das erste Lager stellt sich die Konkurrenz bei der Technologieentwicklung nicht zuletzt als ein Wettlauf um hochauflösendes Kartenmaterial dar² – ein Wettlauf, der früher oder später in der asymptotischen Annäherung

1 Borges, Jorge Luis: Von der Strenge der Wissenschaft, in: ders.: Borges und ich (= Gesammelte Werke, Band VI), München: Hanser 1982, S. 121.

2 So werben die Kartierungsfirmen mittlerweile mit Genauigkeiten im Zentimeterbereich. Vgl. dazu etwa <https://www.tomtom.com/blog/autonomous-driving/how-we-make-our-hd-maps/> vom 20.01.2020.

an das Borges'sche Ideal einer Karte im Maßstab 1:1 kulminieren muss.³ So gingen einer bereits 2013 von Mercedes durchgeführten PR-Testfahrt, in deren Rahmen ein über weite Strecken autonom agierendes Fahrzeug auf den Spuren Bertha Benz' von Mannheim nach Pforzheim fuhr, aufwändige Kartierungsarbeiten durch den niederländischen Geodatenanbieter HERE voraus.⁴ Wirtschaftliche Entwicklungen wie die zwei Jahre später erfolgte Übernahme von HERE durch ein Konsortium deutscher Autobauer für 2,8 Milliarden Euro, der Einstieg etablierter Navigationssystem- und Geodatenanbieter wie *TomTom* in den HD-Kartenmarkt sowie der Aufstieg von Startups wie *DeepMap* verdanken sich einer unmittelbar mit den Verheißungen des autonomen Fahrens verknüpften kartografischen Goldgräberstimmung, die etwa in der Rede von einem »billion dollar war over maps«⁵ ihren Ausdruck findet. Die Basiskarte in Form eines 3D-Modells soll dabei einerseits – etwa durch Landmarkenabgleich innerhalb des Modells – der Onboard-Sensorik die Erkennungsarbeit erleichtern. Andererseits sollen die auch bei momentanem Ausfall der Sensorik verfügbaren Geodaten im Sinne einer redundanten Informationsschicht die Betriebssicherheit der Fahrzeuge gewährleisten.

Das zweite Lager, zu dessen Exponenten Tesla, Apple und einige weitere mit verschiedenen Autobauern kooperierende Forschungsgruppen und Startups zählen⁶, vertritt demgegenüber einen generalistischen Ansatz, der auf ad-hoc-Situationserkennung fokussiert und den Verzicht auf prästabilisiertes Kartenmaterial selbstbewusst unterstreicht.⁷ Das Problem reduziert sich aus dieser Perspektive auf die Gesamtheit jener Erkennungs- und Entscheidungsleistungen autonomer Fahrzeuge, die situiert, d.h. auf die Umgebung

3 Dazu Sanjoy Sood, Manager bei HERE: »Unsere Vision ist, eine digitale Echtzeitkarte der Welt zu erstellen – und zwar von allem, nicht nur ein geografisches Abbild mit Straßen, Gebäuden und Gewässern, sondern auch von dynamischen Objekten wie Fahrzeugen, Waren und Gütern« zitiert nach <https://www.handelsblatt.com/technik/digitale-revolution/digitale-revolution-warum-die-3d-karten-von-here-fuer-die-deutschen-autobauer-so-wichtig-sind/24468026.html> vom 02.01.2020.

4 Vgl. ebd.

5 Siehe <https://money.cnn.com/2017/06/07/technology/business/maps-wars-self-driving-cars/index.html> vom 02.01.2020.

6 Siehe <https://www.businessinsider.com/new-apple-patent-self-driving-cars-minimize-map-usage-2017-12?r=DE&IR=T> vom 2.1.2021 sowie <https://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/self-driving/mit-experts-selfdriving-cars-wont-need-accurate-digital-maps> vom 02.01.2021.

7 Siehe <https://www.theverge.com/2019/4/24/18512580/elon-musk-tesla-driverless-cars-lidar-simulation-waymo> vom 02.01.2021.

des Fahrzeugs bezogen, zu erbringen sind. Diese sollen durch Entwicklungen im Bereich der KI, in erster Linie von Machine-Learning-Modellen, ermöglicht werden.⁸ Der kartografische Verzicht bleibt dabei jedoch auf die in Quasi-Echtzeit ablaufende Meso- und Mikronavigation innerhalb der jeweiligen Verkehrssituationen beschränkt; die Start-Ziel-Navigation erfolgt in der Regel nach wie vor durch GPS-Verortung in bereitgestelltem Kartenmaterial.

Die nicht zuletzt im Kontext der Konkurrenz unter den Herstellerfirmen vorgebrachte Kritik an diesem Ansatz reicht von der Rahmung des Verzichts auf Kartenmaterial und die damit einhergehenden Möglichkeiten redundanter Ortsbestimmung als ökonomisch motivierte Inkaufnahme von Sicherheitseinbußen⁹ bis hin zu konkreten Vorwürfen von Fahrlässigkeit im Nachgang tödlicher Unfälle.¹⁰ Invers dazu wird den Verfechtern hochauflösenden Kartenmaterials eine grundsätzliche Inkompatibilität zwischen der vermeintlich statischen Umgebungskarte und der dynamischen Verkehrssituation attestiert und der hohe technische Aufwand flächendeckender HD-Kartierung kritisiert. Dieser treibe nicht nur die Kosten in die Höhe, sondern leiste – sofern die Funktionalität autonomer Fahrzeuge auf bereits kartierte Areale beschränkt bliebe – der Marginalisierung eben jener Landstriche Vorschub, deren Kartierung im Rahmen des ökonomischen Kalküls die Profitabilität abgesprochen wird.¹¹

Unabhängig davon, welchen Ansatz die jeweiligen Hersteller verfolgen, sind die Erkennungs- und Entscheidungsleistungen autonomer Fahrzeuge also innerhalb eines Spannungsfeldes aus lokal generierten und extern vorgehaltenen Beständen geografischen Wissens zu verorten, das die Grundlage ih-

-
- 8 Natürlich sind die öffentlich ausgetragenen Debatten um Sinn oder Unsinn hochauflösender Karten nicht zuletzt als Eigenwerbung zu verstehen: Eine kursorische Plattformanalyse à la Montfort/Bogost zeigt, dass die Hersteller diejenigen Navigationsverfahren propagieren, die mit der in ihren Fahrzeugen verbauten Hardware sowie den bereits getätigten (oder unterlassenen) Investitionen in kartografische Unternehmungen korrespondieren.
- 9 Siehe etwa <https://www.automotiveworld.com/articles/autonomy-without-hd-maps-raises-serious-safety-questions/> vom 02.01.2021.
- 10 Siehe <https://www.forbes.com/sites/bradtempleton/2020/02/13/ntsb-releases-report-on-2018-fatal-silicon-valley-tesla-autopilot-crash/?sh=8de5aa542a81> vom 02.01.2021.
- 11 Hier fällt das ökonomische Argument gegen die kostenbedingte Beschränkung des eigenen Absatzmarktes mit der humangeografischen Kritik an einer weiteren infrastrukturellen Reproduktion des Gefälles zwischen urbanen und ruralen Gegenden bzw. zwischen globalem Norden und Süden in eins.

rer autonomen Funktionalität bildet. Um mit den Worten Shannon Matterns zu sprechen: »In other words, autonomous vehicles will rely on an epistemological dialectic, balancing empiricism with carto-rationalism, and chorography with geography.«¹²

Ein Blick auf die Systemarchitektur autonomer Fahrzeug belegt, dass es sich dabei mitnichten um eine seitens der (Medien)Geografie ex post vorgenommene Kategorisierung handelt. Vielmehr sind die unterschiedlichen geografischen Bezugsgrößen sowie die mit ihnen korrespondierenden Erkennungs- und Steuerungsvorgänge fest in die Hard- und Softwarestruktur autonomer Fahrzeuge eingeschrieben. So differenzieren etwa Richard Matthaei und Markus Maurer in der von ihnen im Kontext des »Stadtpilot«-Projekts der TU Braunschweig entworfenen funktionalen Systemarchitektur für autonome Fahrzeuge zwischen drei Funktionsebenen, denen sie mit unterschiedlichen Maßstäben operierende Lokalisierungsleistungen zuordnen: die mit Ortsbestimmung im Makrobereich verknüpfte strategische Ebene, auf der das Fahrzeug plant und navigiert; die mit Ortsbestimmungen im Mesobereich assoziierte taktische Ebene, auf der die Entscheidungsfindung in der konkreten Verkehrssituation stattfindet; sowie die operationale Ebene, auf der reaktive Stabilisierungen der Fahrzeugposition stattfinden, die eine fein aufgelöste Verortung im Mikrobereich notwendig machen.¹³

Ziel dieses Beitrages soll es daher sein, der solchermaßen umrissenen epistemischen Dialektik heterogener geografischer Wissensbestände im Kontext des autonomen Fahrens auf den Grund zu gehen. Die bereits etablierten Analysekatoren von Makro-, Meso- und Mikronavigation, Chorografie¹⁴ und Geografie sowie von situiertem und prästabilisiertem Kartenmaterial sollen im Folgenden im Hinblick auf ihre weiteren menschlichen und nicht-menschlichen Anknüpfungspunkte – um mit Bruno Latour zu sprechen, das

12 Mattern, Shannon: »Mapping's Intelligent Agents«, in: Places Journal (2017), <https://placesjournal.org/article/mappings-intelligent-agents/> vom 17.03.2021.

13 Vgl. Matthaei, Richard/Maurer, Markus: »Autonomous driving – a top-down-approach«, in: at – Automatisierungstechnik 63 (2015), S. 155-167, hier S. 159. Wie die Auseinandersetzung mit aktuellen geografischen Informationssystemen zeigen wird, wird diese eindeutige Zuordenbarkeit von Lokalisierungsskala und Entscheidungsebene jedoch zusehends brüchig.

14 Hier verstanden als die zur Meso- und Mikronavigation notwendige Beschreibung der lokalen Fahrzeugumgebung, im Gegensatz zu den zur Makronavigation nötigen geografischen Beschreibungen der Straßennetze größerer Areale bzw. des gesamten Globus.

weitere Akteur-Netzwerk – untersucht werden. Die These ist dabei, dass gerade eine Doppelbelichtung der Karte Aufschluss über das spezifische Verhältnis von Fahrer:in, Fahrzeug und geografischem Informationssystem liefern kann, dient sie im Kontext des autonomen Fahrens doch gleichzeitig als a) Navigationsmittel und Interface im Kontext (menschlicher) Steuerungs- und Wegfindungspraktiken sowie als b) Produkt von und Grundlage für Prozesse der sensorischen Umwelterfassung und die daran anschließenden Vorgänge verteilter Entscheidungsfindung.

Automobile Navigation

Um das Verständnis für die Spezifik der später analysierten Karten autonomer Fahrzeuge zu erleichtern, möchte ich an dieser Stelle zunächst die historische Entwicklung der mediengestützten automobilen Navigation während des 20. Jahrhunderts kursorisch nachzeichnen. Anschließend soll anhand eines Vergleichs zweier Werbegrafiken die Bedeutung kartografischer Informationssysteme für das historische und gegenwärtige Versprechen der Automatisierung von Navigationsprozessen dargestellt werden.¹⁵

Das auch heute noch mit der navigatorischen Entscheidungsfindung und Fahrzeugsteuerung betraute Netzwerk aus Kartenhersteller, Navigationsgerät, Fahrzeug und Fahrer:in etablierte sich bereits mit dem Aufkommen der ersten automobilen Navigationsmedien in Form von Routenführern und Karten. Die anschließende Entwicklung lässt sich dementsprechend in erster Linie als sich zwischen diesen Knotenpunkten entspannendes Wechselspiel verschiedener Formen gegenseitiger technischer Bezugnahme fassen. So gab es

15 Eine ausführliche Geschichte der mediengestützten automobilen Navigation findet sich etwa bei French, Robert L.: »Maps on wheels«, in: Akerman, James. R. (Hg.): Cartographies of travel and navigation, Chicago: University of Chicago Press 2006, S. 260-290; Alvarez León, Luis F.: »How cars became mobile spatial media: A geographical political economy of on-board navigation«, in: Mobile Media & Communication 7 (2019), S. 362-379. Thielmann, Tristan: »Der ETAK Navigator. Tour de Latour durch die Medientgeschichte der Autonavigationssysteme«, in: Georg Kneer/Markus Schroer/Erhard Schüttpeitz (Hg.): Bruno Latours Kollektive. Kontroversen zur Entgrenzung des Sozialen, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2008, S. 180-218; Wilken, Rowan/Thomas, Julian: »Maps and the Autonomous Vehicle as a Communication Platform«, in: International Journal Of Communication, 13 (2019), S. 2703-2727.

bereits im frühen 20. Jahrhundert erste Versuche einer unmittelbaren Verschaltung von Fahrzeug und Navigationsgerät. Diese odometerbasierte, d.h. an die Achsenrotation – und damit an die Fahrzeugbewegung – gebundenen Aktualisierung der Routeninformationen sah jedoch noch keine automatische Verortung innerhalb einer mitgeführten Karte vor. Es folgten verschiedene auf Trägheits- und Radsensoren basierende Versuche der Koppelnavigation, bevor sich schließlich mit dem ETAK-Navigator (1985) der egozentrische Darstellungsmodus etablierte. Dieser konfigurierte das Verhältnis von Fahrer:in und Karte neu und schuf die visuelle Schablone aller modernen Navigationssysteme, indem er stets auf die eigene Fahrzeugposition zentrierte, während die Karte sich darunter hinwegzubewegen schien.¹⁶

In den 90er Jahren existierten GPS-basierte Onboard-Geräte und externe Systeme nebeneinander, bis in den 2000ern eine Phase der Externalisierung durch Navigationsapps für Smartphones einsetzte. Indem das autonome Fahren die Karte von einem Hilfsmedium der Automobilität zur technischen Möglichkeitsbedingung automatischer Steuerungs- und Wegfindungsprozesse macht, läutet es eine gegenwärtige Welle der Wiedereinlagerung navigatorischer Kapazitäten in die Fahrzeuge ein.

Die heterogenen Betätigungsfelder der an der Entwicklung autonomer Fahrzeuge beteiligten Firmen erklären sich dementsprechend insbesondere aus jenen letzten wechselhaften Phasen, in deren Fokus die mobilen vernetzten Medien standen. Luis Alvarez León hält dementsprechend für die gegenwärtige Entwicklung fest: »The contours of the nascent third stage can be read as a synthesis of the previous competitive dynamics, where both automakers and third-party firms (navigation device makers, mobile phone manufacturers, and software companies) are now converging, in new configurations, towards the reincorporation of navigation into car manufacturing for the development of autonomous driving.«¹⁷ Die zentrale Rolle der Karte für diese Entwicklung führte zu der eingangs erwähnten Hochstimmung der Branche, ist jedoch auch mit einer radikalen Umwertung der Position der am Akteurnetzwerk beteiligten Nutzer:innen verbunden. Um diese zu verstehen, lohnt ein Blick auf die Nutzungspraktiken der Karte.

Anschließend an die von Valérie November, Eduardo Camacho-Hübner und Bruno Latour beschriebenen Kategorien des mimetischen und navigato-

16 Vgl. T. Thielmann: »Der ETAK Navigator«.

17 L. F. Alvarez León: »How cars became mobile spatial media«, S. 364.

rischen Kartengebrauchs¹⁸ lässt sich eine weitere, der sukzessiven Zunahme automatisch ablaufender Steuerungsprozesse entsprechende Nutzungsform identifizieren. Indem diese Automatismen die navigatorische Praxis des kontinuierlichen Abgleichs von Karte und Umgebung überflüssig machen, bereiten sie den Weg für eine Bandbreite *supervisorischer* Gebrauchsformen, die sich nach Intensität und Dauer der Beschäftigung mit der Karte unterscheiden lassen.¹⁹ Die supervisorischen Praktiken reichen dabei von der flüchtigen Zurkenntnisnahme der sich rot färbenden zurückgelegten Strecke als Indikator des eigenen Fortkommens bzw. der verbleibenden Restreisedauer bis zur aktiven Überprüfung der Aktualität einzelner Streckeninformationen im Kontext vernetzter (sozialer) Kartierungsvorgänge.

Abbildung 1: Werbung für die Jones Live-Map (1911) und die HERE HD Live Map (2020).



Quelle: <http://factlets.info/JonesLiveMap> vom 25.03.2021.

In ihrer Beschreibung der fünften Autonomiestufe spricht die SAE dementsprechend nur noch von »Passagier:innen«²⁰ und schließt so an ein Ideal der Autofahrt als Zugfahrt an, das bereits in einer Werbeanzeige für die odometerbasierte Jones Live-Map (siehe Abb. 1) formuliert wird: »A promotional booklet for the Jones Live-Map read: ›You are always sure of your road.

18 Vgl. November, Valérie/Camacho-Hübner, Eduardo/Latour, Bruno: »Entering a risky territory: Space in the age of digital navigation«, in: Environment and planning D: Society and space 28 (2010), S. 581-599.

19 Ich beschränke mich an dieser Stelle auf die Nutzung durch die Passagiere. Zur Routenbeaufsichtigung durch externe Akteure siehe den Beitrag Sam Hinds in diesem Band.

20 Siehe dazu auch die SAE-Definition der fünften Autonomiestufe in Florian Sprengers Einleitung zu diesem Band.

... You fly past sign boards at speed without a thought. You never stop to inquire your way. Right or wrong, all chance information is useless to you. You are as easy about your road as though you were ›running on rails.«²¹ Das solchermaßen beworbene Navigationsgerät setzt freilich eine andere Art von Automatisierung voraus: Das Fahren – hier im engeren Sinne verstanden als die Ausführung der zur Fahrzeugsteuerung notwendigen Handlungen – wird an dieser Stelle bereits als ein auf der Ebene von Körperwissen ablaufender Quasi-Automatismus gerahmt, demgegenüber sich die makronavigatorische Komponente des Fahrens als anstrengend und von Zufällen geplagt darstellt. An dem grundsätzlichen Konvenienzversprechen, das darin besteht, die navigatorischen Entscheidungen sowie die dazu nötige Auseinandersetzung mit der Umgebung auf ein Minimum zu reduzieren, hat sich demnach wenig geändert. Lediglich der Begriff der navigatorischen Entscheidung wurde auf den chorografischen Bereich der Fahrzeugsteuerung ausgeweitet, die seitens der Fahrer:in erbrachten Steuerungsleistungen darunter subsumiert und so zum Ziel weiterer Automatisierung erklärt.

Die grundsätzliche Spannung zwischen dem Ideal eines Fahrzeugs, das den Fahrenden die Entscheidungen abnimmt, indem es ›wie auf Schienen«²² fährt, und dem gerade in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kulturell dominanten Bild des Automobils als Werkzeug zur Durchsetzung individueller Freiheit²³ bleibt dabei bestehen. Vor diesem Hintergrund werden verschiedene technische Innovationen der Hersteller als kompensatorische Maßnahmen zur Vorbeugung einer Kränkung dieses Ideals der Selbstbestimmtheit lesbar, etwa das in die supervisorische Nutzung eingeschriebene Potential der Kontrollübernahme im Sinne eines glücklichen Eingriffes in die ablaufenden Vorgänge, oder die qua kartografischem Interface erfolgende Verschiebung auf andere Entscheidungsfreiheiten:²⁴ Man könnte jederzeit einschreiten, die Route ändern, einen neuen Zielpunkt auswählen, das vorgeschlagene

21 Paumgarten, Nick: »Getting There. The Science of Driving Direction«, in: The New Yorker vom 24.04.2006, <https://www.newyorker.com/magazine/2006/04/24/getting-there-2>, zitiert nach T. Thielmann: »Der ETAK Navigator«, S. 185.

22 Dieses sprachliche Bild manifestiert sich momentan in Las Vegas: Tesla errichtet dort ein Nahverkehrssystem, bei dem die Passagiere von autonomen Fahrzeugen durch unterirdische Tunnel transportiert werden sollen: <https://www.heise.de/hintergrund/Vegas-Loop-Teslas-im-Tunnel-unter-Sin-City-4999253.html> vom 02.01.2021.

23 Vgl. T. Thielmann: »Der ETAK Navigator«, S 185.

24 Z.B. die Einstellung der Onboard-Elektronik oder während der Reise getroffene Konsumentscheidungen.

Restaurant besuchen etc. Im Zeichen der Kompensation scheinen ebenfalls die Bemühungen zu stehen, die letzte Bastion des fahrerischen Willens – die Auswahl des Zielpunktes – mittels Einsatz von Sprachsteuerung und neuen, auf proprietären Georeferenzsystemen wie What3words basierenden Adressierungssystemen zu optimieren.²⁵

Angesichts der bei beiden beworbenen Karten identischen Zielsetzungen und Annahmen über das Verhältnis von Fahrer:in und Fahrzeug wundert es nicht, dass beide Grafiken analoge Kompositionen aufweisen, bei denen der Blick über das Lenkrad hinweg die beworbenen Interfaceelemente in Szene setzt. Die Tatsache, dass in der HERE-Grafik keine Fahrer:in mehr am Steuer sitzt, suggeriert dabei, dass das Ziel der Vollautomatisierung bereits erreicht sei, auch wenn die solchermaßen beworbene Live-map in der technischen Dokumentation als Werkzeug zum Erreichen jenes Ziels eingestuft wird. Diese Janusköpfigkeit lässt sich auf die gleichzeitige Ansprache von Erstausrüstern und Endkunden zurückführen und zieht sich, wie die folgenden Abschnitte zeigen werden, durch die gesamte Rede über die eigenen Produkte.

Die Subsumption der auf der taktischen und operationalen Ebene ablaufenden Vorgänge unter den Begriff der Navigation und die Betonung der Kontinuität zwischen den Akteurnetzwerken historischer automobiler Navigation und des autonomen Fahrens zahlen sich für die Herstellerfirmen dabei in doppelter Hinsicht aus: Wie die folgenden Abschnitte zeigen werden, bildet einerseits die Verdatung etablierter Praktiken der Navigation und Steuerung die technische Grundlage für höhere Stufen der Automatisierung. Andererseits scheinen die automatisch ablaufenden Steuerungsprozesse autonomer Fahrzeuge auch von dem Vertrauen der Nutzer:innen zu profitieren, das sich Karte und Navigationsgerät über die beschriebenen historischen Entwicklungsschritte hinweg erarbeiten konnten.

Die Karten autonomer Fahrzeuge

An diese historische Einordnung soll eine mediengeografische Perspektivierung der zentralen Charakteristika digitaler Karten im Kontext des autonomen Fahrens anschließen. Die folgenden Überlegungen stellen eine Analyse

25 Zum Problem kartografischer Hegemonialordnungen siehe S. Mattern: »Mapping's Intelligent Agents.«

der herstellereigenen technischen Dokumentationen konkreter Softwarefeatures dar, sind also unmittelbar aus den Beschreibungen innerhalb des Feldes agierender professioneller Akteure entwickelt. Neben den Versprechen technischer Funktionalität werden dabei auch die in das Material eingeschriebenen impliziten Vorstellungen der Hersteller bezüglich des Verhältnisses von Fahrenden, Fahrzeugen und Kartenmaterial Gegenstand der Untersuchung sein. Dieser zweifache Fokus rechtfertigt sich durch den bereits erwähnten Doppelstatus der Quellen als technische Dokumentation einzelner Features und an Geschäftskunden gerichtetes Werbematerial.

Sensoragnostische Lokalisierung

Hinter dem Begriff der sensoragnostischen Lokalisierung verbirgt sich das Versprechen der Kartenanbieter, für möglichst viele der in autonomen Fahrzeugen zum Einsatz kommenden Konfigurationen aus Sensortechnik und Erkennungs- bzw. Lokisierungsalgorithmen die passenden, d.h. die reibungslose Zusammenarbeit der Systeme gewährleistenden, kartografischen Informationen bereitzustellen. Während zuvor lediglich die Qualität der verfügbaren Sensorinformationen und die Leistungsfähigkeit der Erkennungsalgorithmen über die Tauglichkeit des resultierenden Umgebungsmodells und somit auch die Präzision der Lokalisation entschieden, soll nun das zum Abgleich verfügbare Kartenmaterial den Ausschlag geben. Der solchermaßen zwischen Sensorik und Lokalisationssoftware positionierten Karte wird also eine normalisierende und vermittelnde Funktion zugesprochen. Als flexibles Bindeglied steht sie quer zu den heterogenen Hard- und Softwarearrangements der einzelnen Herstellerfirmen und muss mögliche Inkompatibilitäten kompensieren – sowohl zwischen internen Hard- und Softwarekomponenten als auch zwischen Fahrzeugsensorik und Umwelt. Das Versprechen sensoragnostischer Lokalisierung wird so als implizite Kritik der Kittler'schen Setzung »There is no software« lesbar, wenn nicht gar als ihre programmatische Umkehrung: Die Absage an spezifische, zur Verortung absolut notwendige Hardwarearrangements und die Möglichkeit der kartografischen, d.h. datenbasierten Kompensation möglicher sensorischer Fehlleistungen setzt die Bedeutung der gesamten Hardwareebene herab.

Wenn auch nicht die Existenz der Hardware in Frage gestellt wird, so scheint sie doch der Beliebigkeit preisgegeben.²⁶

Realisiert werden soll dieses Versprechen mittels der Anreicherung der Karte um multiple Sets von Landmarken bzw. Lokalisationsfeatures, etwa in Form des *RoadDNA*-Systems des Anbieters *TomTom*: »Automated vehicles today come equipped with a variety of sensors: cameras, radars, and even LiDARs, which can be used for localization. RoadDNA consists of multiple sets of data tailored to each type of sensor, delivered in a storage-friendly and processing-friendly format [...].«²⁷ Die auf die Einzigartigkeit der DNA rekurrende Namensgebung suggeriert dabei, dass sich Straßenabschnitte und die aus ihren spezifischen Umgebungsmerkmalen generierten Muster einander ebenso sicher zuordnen lassen, wie Erbgut und Erbgutträger:in. Indem die Karte die freie Erkennung der Umgebungsobjekte durch das technisch wesentlich weniger aufwändige *Wiedererkennen* vorkartierter Landmarken ersetzt, erhöht sie also die Maschinenlesbarkeit der Umgebung und erspart den individuellen Fahrzeugen aufwändige Rechenarbeit. Sie wird so zu einem wichtigen Faktor dessen, was Sam Hind als »Terrain Optimization« bezeichnet. Hind versteht darunter nicht etwa die Zurichtung der Umgebung für das Fahrzeug, sondern vielmehr die Optimierung des Autos und seiner Systeme für das Terrain.²⁸ Es erscheint daher nur folgerichtig, dass mit den beschriebenen Systemen neben der physischen Umgebungsstruktur weitere von Hind unter dem Begriff des Terrains subsummierte Faktoren wie das Wetter oder der Einfluss der Jahreszeiten als zu optimierende Probleme adressiert werden: »[RoadDNA] makes positioning robust against minor changes in reality such as weather and seasonal impacts.«²⁹ Erreicht werden soll diese Robust-

26 Die Repräsentationsformen der Sensordaten scheinen dabei zusehends ineinander überführbar zu sein und – nach der entsprechenden Konversion – die gleiche Weiterverarbeitung zuzulassen. Zur Umrechnung stereooptisch gewonnener Tiefeninformationen in Pseudo-LIDAR-Bilder siehe etwa Wang, Yan/Chao, Wei-Lun/Garg, Divyansh et al.: »Pseudo-LiDAR From Visual Depth Estimation: Bridging the Gap in 3D Object Detection for Autonomous Driving«, in: IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Long Beach, CA (2019), S. 8437-8445.

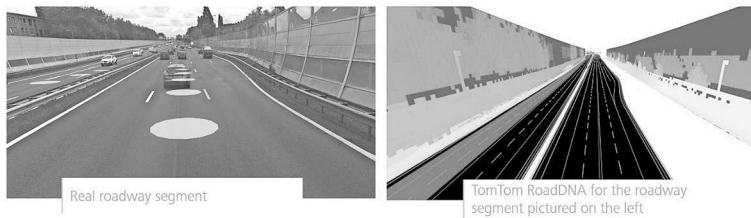
27 TomTom HD-Map Product Sheet: <https://download.tomtom.com/open/banners/HD-Map-with-RoadDNA-Product-Sheet.pdf> vom 02.01.2021.

28 Hind, Sam: »Digital navigation and the driving-machine: supervision, calculation, optimization, and recognition«, in: *Mobilities* 14 (2019), S. 401-417.

29 HERE RoadDNA Product Info Sheet: http://download.tomtom.com/open/banners/HD_Map_with_RoadDNA_Product_info_Sheet.pdf vom 02.01.2021.

heit jedoch gerade nicht durch eine weitere Erhöhung der Kartenpräzision, sondern im Gegenteil vermittels der Reduktion der kartografischen Informationsdichte. So werden beispielsweise die Punktwolken der die Straße säumenden Objekte auf zwei links und rechts entlang des Weges verlaufende Ebenen projiziert und alle Objekte mittels eines gering aufgelösten Rasters dargestellt (siehe Abb. 2).³⁰ Vorteil dieser Abstraktionen ist zum einen, dass Umgebungsveränderungen, wie sie beispielsweise durch Laub oder Schnee ausgelöst werden, ihrer Struktur nach zu fein sind, um die in größerem Maßstab³¹ stattfindende Zuordnung von modelliertem Objekt und realweltlicher Entsprechung ernsthaft zu stören. Zum anderen entsprechen die solchermassen reduzierten Karten dem angesichts begrenzter Bandbreiten und Speicherkapazitäten dringlich werdenden Wirtschaftlichkeitsprinzip.

Abbildung 2: RoadDNA-Visualisierung.



Quelle: TomTom

Verortung und Navigation stellen sich vor diesem Hintergrund primär als Verfolgungsleistungen dar, in deren Rahmen sich das Fahrzeug von Landmarke zu Landmarke hangelt – oft entlang regelmäßig auftretender Elemente der Straßeninfrastruktur wie Spurmarkierungen oder Straßenlaternen.

30 Das RoadDNA-System illustriert so, dass der durch das Systemarchitekturmodell der TU Braunschweig vorausgesetzte, grundsätzliche Zusammenhang zwischen feinerer Auflösung und präziserer Lokalisierung nicht für alle Anwendungsszenarien gilt.

31 Dass die gröbere Auflösung dabei im Sinne einer Unkenntlichmachung bestehende Datenschutzbedenken ausräumt, ist für die Herstellerfirma ein willkommener Nebeneffekt.

›Automatisch‹ aktualisiertes Kartenmaterial

Als Ausgangspunkt der Überlegungen soll hier erneut die *HERE HD Live Map* dienen, deren Aktualisierungsfunktionalität die Herstellerfirma folgendermaßen beschreibt: »The HERE self-healing map approach utilizes rich sensor data, emitting from multiple OEM's connected vehicles, for fast change detection and data updates. The combination of various OEM sensors, and satellite imagery, cross validates data sources and eliminates errors.«³² Das Versprechen der Selbstheilung adressiert dabei zwei Probleme sensorgestützter Kartierung: zum einen die sowohl der verwendeten Sensorik als auch den auf sie zurückgreifenden Mustererkennungsverfahren inhärente Restunsicherheit, die sich in die resultierende Karte einschreibt, zum anderen den Alterungsprozess, dem die erhobenen kartografischen Informationen ab dem Zeitpunkt ihrer Eintragung in die Karte ausgesetzt sind. Denn selbst innerhalb der Meso- und Mikronavigationssituation als ›statisch‹ eingeordnete Elemente wie Spurmarkierungen oder Aufbauten in der Straßenperipherie (Leitplanken, Lärmschutzwände, Straßenbeleuchtung) sind Umgestaltungsprozessen unterworfen und weisen so eine höhere Dynamik auf als etwa die Objekte der klassischen physischen Geografie. Angesichts solcher Symptome ist die Diagnose klar: Die Karten des autonomen Fahrens leiden chronisch unter »broken data«, zeichnen sich also dadurch aus, dauerhaft unvollständig, kontingent und im Werden begriffen zu sein.³³ Aus diesem Befund ergibt sich die Notwendigkeit umfangreicher Reparations- und Kompensationsleistungen – Kartierungs- und Rekartierungsbemühungen, die als permanente Exkursionen in bekanntes Gebiet beschrieben werden können.³⁴

Insbesondere in der Frage nach den Akteuren dieser kartografischen Kraftanstrengung erweist sich die kranke Karte jedoch als unehrliche Patientin: Begrifflichkeiten wie Selbstaktualisierung oder Selbstheilung betonen gezielt die Handlungsträgerschaft der Karte, bzw. der mit Sensortechnik ausgestatteten Fahrzeuge – hier verstanden als Teil der Flotte der kooperierenden Automobilhersteller, nicht etwa als datengenerierendes Eigentum

32 Siehe Here Tech Brief: <https://go.engage.here.com/self-healing.html> vom 02.01.2021.

33 Vgl. Pink, Sarah/Ruckenstein, Minna/Willim, Robert et al.: »Broken data: Conceptualising data in an emerging world«, in: *Big Data & Society* 5/1 (2018).

34 Vgl. Kanderske, Max/Thielmann, Tristan: »Simultaneous localization and mapping and the situativeness of a new generation of geomeedia technologies«, in: *Communication and the Public* 4/2 (2019), S. 118-132.

oder Produktionsmittel der Käufer:innen. Dementsprechend kommen die potentiellen Fahrer:innen in den technischen Dokumentationen der Geodatenanbieter, die eine zeitnahe Realisierung von Stufe 5-Autonomie auf Basis der eigenen Vermessungsarbeiten optimistisch voraussetzen, bereits nur noch als Rezipient:innen von »driving experiences« vor, nicht jedoch als Urheber:innen navigatorischer Abläufe und der daraus resultierenden geografischen Daten. Diese Reduktion auf die technischen Akteure des Netzwerks unterschlägt, dass es beim aktuellen Entwicklungsstand in erster Linie die Fahrleistungen der Nutzer:innen (und erst in zweiter Linie die ihrer vielleicht einmal vollautonom agierenden Fahrzeuge) sind, die die flächendeckende Integration lokaler chorografischer Informationen in ein vernetztes geografisches Informationssystem, also die Produktion und Reproduktion der Karte, überhaupt ermöglichen. Die dem Prinzip des *fleet learning*³⁵ folgende Akkumulation und Aktualisierung geografischer Informationen erweist sich so als plattformkapitalistisches Geschäftsmodell³⁶, bei dem die fortlaufende Verdatung der Fahrpraxis der Nutzer:innen das Rohmaterial für ein zu verkaufendes kartografisches Produkt darstellt – ein Produkt, das in Form der selbstheilenden Karte wiederum die Grundlage weiterer, zukünftig zunehmend autonom ablaufender, Datenerhebungsvorgänge bildet.³⁷

Die Fahrpraxis der Nutzer:innen erfüllt für die Unternehmen also in erster Linie den Zweck, die zur Kartierung notwendige sensorische Apparatur zu *bewegen*. Die anhand der selbstheilenden Karte beschriebene geografische Informationserzeugung unterscheidet sich dementsprechend nur im wahren Sinne des Wortes oberflächlich, nämlich in Bezug auf das (nicht) zum Einsatz kommende Interface, von bereits etablierten Praktiken und Technologien verteilter Navigation und Kartierung. Denn auch wenn es aus medizinwissenschaftlicher Perspektive naheliegt, Social Navigation-Apps wie *Waze* auf die mit ihnen ausgeführten kooperativen Annotationspraktiken oder die dahinterliegende Plattforminfrastruktur zu reduzieren, darf die Diagnose einer Verschiebung von der interfacebasierten Kooperation mit Konsens à

35 Vgl. Stilgoe, Jack: »Machine Learning, Social Learning and the Governance of Self-Driving Cars«, in: *Social Studies of Science* 48/1 (2017), S. 25-56.

36 Die permanent im Werden begriffenen Karte mit den ihr anhängenden, kontinuierlich zu erbringenden Reparaturleistungen scheint dabei – ähnlich wie dauerhaft im Betastatus verbleibende Software – für die Vermarktung per Abonnementmodell geradezu prädestiniert zu sein.

37 Eine differenziertere Analyse dieses Verhältnisses nimmt Jan Distelmeyer in seinem Beitrag in diesem Band vor.

la *Waze* oder *OpenStreetMap* hin zur interfacelosen und ohne den expliziten Konsens der Fahrenden erfolgenden Hintergrundkooperation selbstaktualisierender Karten³⁸ nicht darüber hinwegtäuschen, dass in beiden Fällen ein nicht unerheblicher Teil der erbrachten kartografischen Leistung seitens der Fahrenden in der Kontrolle der den (Re)Kartierungspraktiken vorgelagerten *Bewegung*³⁹ durch den umgebenden Verkehrsraum besteht.⁴⁰

So ist es auch die wiederholte Bewegung, d.h. die mehrfache Erfassung des selben Streckenabschnitts durch Nutzer:innen des gleichen Kartenanbieters, die – so verspricht es beispielsweise NVIDIAs *MyRoute*-Funktion⁴¹ – eine über die bloße Aktualisierung vorhandener Informationen hinausgehende Ausdehnung der Karte auf bis dahin noch nicht vermessene Areale erlauben soll. Gerade die teure Initialvermessung, die bislang den Einsatz professioneller Vermessungsfahrzeuge notwendig machte und an der sich dementsprechend die eingangs erwähnten Diskussionen um Wirtschaftlichkeit und Marginalisierung entzündeten, soll also mittlerweile kooperativ durch die Verkehrsteilnehmenden bzw. ihre mit der entsprechenden Sensorik ausgestatteten Fahrzeuge erbracht werden können. Auch dieser zunächst nach Demokratisierung klingende Crowdsourcing-Ansatz folgt jedoch den oben beschriebenen Verwertungslogiken. Im Gegensatz etwa zu dem bei *Mapping Parties*⁴² erzeugten *OpenStreetMap*-Kartenmaterial, das keinen Lizenz- und Copyright-Beschränkungen unterliegt, werden hier proprietäre Daten generiert, die nur über die NVIDIA-Cloud zugänglich sind.

Nachdem das Verhältnis von menschlichen Akteuren und Karte im Prozess der vermeintlich automatisch ablaufenden Produktion geografischer Daten solchermaßen bestimmt ist, lässt sich die Brücke zu bestehenden Debatten um die Möglichkeit nutzerseitiger ökonomischer Kontrolle über das

38 Vgl. M. Kanderske/T. Thielmann: »Simultaneous localization«, S. 130.

39 Dass dieser grundsätzliche Zusammenhang zwischen Bewegung und geografischer Wissensgenerierung auch für technische Akteure gilt, zeigt sich besonders an der engen Verschränkung von Bewegungs- und Beobachtungsmodell im Kontext von SLAM-Algorithmen.

40 Diese Tatsache ist bei historischen kartografischen Expeditionen noch völlig augenfällig. Hier bestand die Schwierigkeit i.d.R. nicht in der handwerklichen Komponente der Vermessungspraxis, sondern im Erreichen der zu vermessenden Orte.

41 Siehe <https://www.nvidia.com/de-de/self-driving-cars/hd-mapping/> vom 02.01.2021.

42 Für eine genauere Beschreibung der kooperativen Praktik der »Mapping Party« siehe https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mapping_parties vom 02.01.2021.

im Kontext von Plattformen produzierte Datenmaterial bzw. um die Entlohnung datenproduzierender Nutzer:innenaktivität schlagen.⁴³ Gleichzeitig lassen die im Zuge kartografischer Produktions- und Aktualisierungsvorgänge generierten Mengen an Positions- und Sensordaten Fragen nach der Privatsphäre von Fahrenden und anderen Verkehrsteilnehmenden dringlich werden,⁴⁴ sowie nach der Rolle, die jene Daten im Kontext der weiteren Strukturen überwachungskapitalistischer Aggregation und Verwertung spielen.⁴⁵ Ausgehend von dem Befund, dass die Momente von Kartenproduktion und -konsumption beim autonomen Fahren in eins fallen, erscheint es nur folgerichtig, dass die kommerzielle Verwertung der erhobenen Daten ebenfalls über die Karte – hier in ihrer Rolle als zentrales Interfacelement und Gegenstand supervisorischer Aufmerksamkeit – erfolgen soll: »Early signs of this development are already present in the appearance of advertised content and digital commerce in on-board navigation maps and dashboard interfaces, which turn the car into a space for data mining, commercial transactions, and context-rich advertising [...]«. ⁴⁶

Erweiterungen des chorografischen Kalkulationsraumes

Das Prinzip von Kartenfeatures wie Boschs *Connected Horizon* oder dem *TomTom HD Map Horizon* lässt sich auf Basis der bereits geleisteten Beschreibungsbearbeitung leicht zusammenfassen. Das eigentlich auf seinen Sen-

-
- 43 Siehe Arrieta-Ibarra, Imanol/Goff, Leonard/Jiménez-Hernández, Diego et al.: »Should We Treat Data as Labor? Moving beyond ›Free‹«, in: American Economic Association Papers & Proceedings 108 (2018), S. 38-42. Dass diese Frage auch innerhalb des Feldes Beachtung findet, zeigt das Beispiel des mit dem Firmennamen selbstbewusst auf die Vollautomatisierung verweisenden Startups *lv5*, das die eigene Kartenproduktion mit dem smartphonebasierten Crowdsourcing von Kamerabildern bestritt. Die beteiligten Fahrer:innen wurden dabei für Ihre Bilddaten in Abhängigkeit der zurückgelegten Streckenkilometer bezahlt (vgl. <https://www.theverge.com/2017/7/19/16000272/lv5-self-driving-car-tesla-map-lidar> vom 02.01.2021).
- 44 Siehe dazu etwa die Debatte um das von Tesla gesammelte Videomaterial: <https://www.tagesschau.de/investigativ/kontraste/tesla-datenschutz-101.html> vom 02.01.2021.
- 45 Siehe Alvarez León, Luis F.: »Eyes on the road: surveillance logics in the autonomous vehicle economy«, in: Surveillance & Society 17/1-2 (2019), S. 198-204, sowie Gekker, Alex/Hind, Sam: »Infrastructural Surveillance«, in: New Media & Society 22/8 (2020): S. 1414-1436.
- 46 L. F. Alvarez León: »How cars became mobile spatial media«, S. 374.

sorhorizont, d.h. die Summe seiner sensorischen Reichweiten beschränkte Fahrzeug kann – hat es sich erst einmal erfolgreich innerhalb des kartografischen Modells lokalisiert – auf Informationen über Umgebungen und Objekte zugreifen, die von anderen Objekten verschattet werden oder hinter dem Horizont der eigenen technischen Wahrnehmung liegen. Die Hersteller versprechen »lokales Wissen, das über die Sichtbarkeit der Onboardsensoren hinaus geht [Übers. d. A.]«. ⁴⁷ Zwecks Generierung dieses Wissens in Form des erweiterten elektronischen Horizontes ⁴⁸ werden Daten aus verschiedensten Quellen zusammengeführt, etwa statische topografische Informationen, GPS-Daten, von der Fahrzeugflotte generierte Live-Daten und gestreamtes zwei- und dreidimensionales Kartenmaterial. Für das in Bewegung befindliche Fahrzeug korrespondiert diese spatiale Ausdehnung der eigenen Wahrnehmung unmittelbar mit einer ebensolchen temporalen Ausdehnung der eigenen Reaktions- und Entscheidungsfähigkeit.

Der elektronische Horizont löst so ein Versprechen von Voraussicht ein, mit dem bereits das in den 1950er Jahren von General Motors erprobte Leitkabelsystem warb: »Signals on another frequency will warn of obstructions in the highway half-a-mile or a mile ahead – perhaps a stalled vehicle, or a highway maintenance crew at work[...]«. ⁴⁹ Der elektronische Horizont soll den technischen Akteuren also im wahrsten Sinne »vorausschauendes Fahren« beibringen. Konkret findet er in erster Linie bei der Optimierung prädiktiver Fahrassistenzsysteme wie der adaptiven Geschwindigkeitsregelung und der vorausschauenden Antriebsstrangkontrolle ⁵⁰ Anwendung. Im Kontext dieser als ökonomisch und ökologisch vorteilhaft beworbenen Systeme

47 HERE HD Live Map Dokumentation: https://www.here.com/sites/g/files/odxslz166/file/s/2018-11/HERE_HD_Live_Map_one_pager.pdf vom 02.01.2021.

48 Der elektrische Horizont ist eines der Kernelemente des standardisierten ADASIS (Advanced Driver Assistant Systems Interface Specifications-)Protokolls, das die Kommunikation kartografischer Informationen sowohl zwischen Kartenanbieter und Fahrzeug als auch zwischen den einzelnen Fahrzeugsystemen (ADAS, Steuergeräte etc.) regelt.

49 Anonym: »Highway of the future«, in: *Electronic Age* 17 (1958), S. 12–14. Zitiert nach R. Wilken/J. Thomas: »Maps and the Autonomous Vehicle as a Communication Platform«, S. 2718.

50 Predictive Powertrain Control (PPC). Siehe dazu <https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Predictive-Powertrain-Control-PPC--10-Fragen-und-Antworten-zum-vorausschauenden-Tempomaten-von-Mercedes-Benz-Trucks.xhtml?oid=46682406> vom 02.01.2021.

wird der elektronische Horizont zu einem zentralen Element des nachhaltigen Fahrzeugs der Zukunft hochstilisiert – die zu Aufbau und Erhaltung der geografischen Informationssysteme nötigen Energiemengen werden dabei getrost unterschlagen.

Der Umgang autonomer Fahrzeuge mit Raum- und Zeitfragen lässt sich also nicht auf eine einfache Formel wie die in der Humangeografie populäre ›time-space compression⁵¹ oder den klassischen medienwissenschaftlichen Befund zunehmender (medien)technischer Raumüberwindung im Sinne Virilios herunterbrechen. Die vorausgehende Beschäftigung mit den kartografischen Funktionen autonomer Fahrzeuge zeichnet vielmehr das Bild einer komplexen Konfiguration von Kompressions- und Expansionsbemühungen, die das Ergebnis andauernder Aushandlungsprozesse zwischen Ansprüchen der Wirtschaftlichkeit, Funktionalität und Werbewirksamkeit darstellen. Die Verflachung der Straßenumgebung via *RoadDNA*, verstanden als Sparmaßnahme zur Verringerung der zu empfangenden Datenmengen, existiert so parallel zu der unter umgekehrten Vorzeichen ablaufenden Entwicklung von zwei- zu dreidimensionalem Kartenmaterial und der Ausweitung des sensorischen Wahrnehmungsraumes durch externe geografische Wissensbestände.

Der sich mit dem Fahrzeug fortbewegende elektronische Horizont, der einen im Zentrum des auf diese Weise erweiterten Wahrnehmungsraumes befindlichen Akteur voraussetzt, lässt sich so als Aktualisierung des mit dem ETAK-Navigator etablierten egozentrischen kartografischen Modus begreifen. Blieb dieser Modus vormals jedoch als Darstellungsform auf die navigatorische Nutzung der Karte beschränkt, so macht die sensorgestützte ad hoc-Kartografie die eigene Position nun auch zum Ausgangspunkt der Kartenerstellung und -aktualisierung.⁵²

Fazit: (Un-)Vermittelte Unsicherheiten

Auf Basis der bisherigen Ergebnisse soll abschließend die Karte hinsichtlich ihre Rolle im Kontext der Fahrzeugsicherheit oder – subjektiv gewendet – im Kontext des Vertrauens der Fahrenden in die Fahrzeuge, befragt werden.

51 Vgl. McHale, John: *The Future of the Future*, New York: C. Braziller 1969; vgl. auch Harvey, David: *The Condition of Postmodernity*, Oxford: Basil Blackwell 1989.

52 Vgl. M. Kanderske/T. Thielmann: »Simultaneous localization and mapping«, S. 123.

Wie im Abschnitt zur selbstheilenden Karte beschrieben, nötigt die grundsätzliche Unsicherheit der sensorischen und informatischen Verfahren den Herstellerfirmen einen probabilistischen Umgang mit den erhobenen Daten und den daraus generierten Modellen auf. Da die einzelnen Berechnungsschritte – etwa beim simultanen Lokalisieren und Kartieren – mit jenen durch Wahrscheinlichkeitswerte repräsentierten Unsicherheiten operieren, ist es für die nahtlose Einbindung kartografischen Materials in diese Prozesse vorteilhaft, die kartierten Elemente ebenfalls mit entsprechenden (Un)Sicherheitswerten zu versehen. Die Hersteller tragen diesem Umstand Rechnung, indem sie Kartenmaterial, das neben den bloßen Landmarken auch die ihrer sensorischen Erfassung inhärenten Wahrscheinlichkeitswerte enthält, mit dem Versprechen gesteigerter Interoperabilität bewerben. Während auf Business-to-business-Ebene die ausgewiesene Unsicherheit so zum Qualitätsmerkmal wird, sieht es in der Kommunikation mit den Nutzer:innen anders aus: Im Rahmen der chorografischen Darstellungen auf dem fahrzeuginternen Interface findet der probabilistische Charakter der Kartierungsvorgänge ebenso wenig Berücksichtigung, wie die den erkannten Objekten anhaftende Restunsicherheit. Ganz im Gegenteil wird die in das System eingeschriebene Uneindeutigkeit durch eine vermeintlich eindeutige Darstellung kaschiert.⁵³ Während des Erkennungsvorgangs auftretende Schwierigkeiten können durch die Fahrer:in daher nur erkannt werden, wenn sich die Einschätzung bereits angezeigter Objekte bereits so stark verändert hat, dass sie seitens des Fahrzeugs anders klassifiziert und visualisiert werden. Problematisch wird dies besonders in Situationen, in denen starke Fluktuationen der Wahrscheinlichkeitswerte auftreten, eine eindeutige Identifikation der betreffenden Objekte und eine informierte Entscheidungsfindung mithin nicht möglich sind. Dies kann etwa bei Spoofing-Attacken der Fall sein, bei denen Angreifer die Sensorik von Fahrzeugen durch die Anbringung spezifischer Muster in der Umgebung gezielt verwirren möchten,⁵⁴ aber auch bei der Konfrontation des Fahrzeuges mit Objekten, die beim Training des Machine-Learning-Modells nicht ausreichend berücksichtigt wurden. So schreibt der vorläufige Bericht der US-Behörde für Transportsicherheit über den Uber-Crash, bei dem Elaine Herzberg ums Leben kam: »As the vehicle and pedestrian paths converged,

53 HERE verspricht zumindest, die Genauigkeit des erhobenen Kartenmaterials über einen »Quality Index« zu kommunizieren.

54 Siehe dazu Stefan Riegers Beitrag in diesem Band.

the self-driving system software classified the pedestrian as an unknown object, as a vehicle, and then as a bicycle with varying expectations of future travel path.«⁵⁵

Vor diesem Hintergrund erscheint es folgerichtig, dass eine seitens der Royal Automobile Club Foundation for Motoring durchgeführte Simulatorstudie zu möglichen Gefahren durch abgelenkte Fahrer:innen autonomer Fahrzeuge der Stufe 3⁵⁶ das Interface als zentralen Schauplatz möglicher Sicherheitsoptimierungen positioniert.⁵⁷ Hier böte sich die konsequente Sichtbarmachung der beschriebenen Unsicherheiten sowohl im Hinblick darauf an, möglicherweise problematische Situationen frühzeitig an die Fahrer:in zu kommunizieren⁵⁸, als auch dem von technischer Seite in diesem Maße nicht zu rechtfertigen Verlass auf die gegenwärtigen Fahrzeuge entgegenzuwirken.⁵⁹ Insbesondere auf den mittleren Stufen der Autonomie muss die Karte den tatsächlichen technischen Gegebenheiten Rechnung tragen, indem sie auf der supervisorischen Aufmerksamkeit der noch nicht vollends zu Passagieren gewordenen menschlichen Akteure beharrt. Dieser Anspruch läuft jedoch den Interessen der ohnehin um das Vertrauen der Fahrer:innen ringenden Herstellerfirmen zuwider. Sie wollen den Vertrauensvorschuss erhalten, von dem die chorografische Repräsentation der unmittelbaren Fahrzeugumgebung und die damit verbundenen Abläufe auf taktischer und operationaler Ebene profitieren.

Wie die Analyse gezeigt hat, speist sich dieses Vertrauen in erster Linie aus zwei Quellen: zum einen aus der Assoziation von ad hoc generiertem,

-
- 55 National Transportation Safety Board: »Preliminary Report Highway HW18FH011«, 2018, S. 2. <https://ntsb.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HWY18FH011-preliminary.pdf> vom 02.01.2021.
- 56 Siehe dazu auch die SAE Definition der fünften Autonomiestufe in Florian Sprengers Einleitung zu diesem Band.
- 57 Burnett, Gary/Large, David R./Salanitri, Davide: How will drivers interact with vehicles of the future, London: RAC Foundation 2019, S. 4.
- 58 Zu den Problematiken der Kontrollübernahme in Notfallsituationen siehe Dixit, Vinayak V./Chand, Sai/Nair, Divya J.: »Autonomous Vehicles: Disengagements, Accidents and Reaction Times«, in: PloS one 11 (2016).
- 59 Der in den gesichteten technischen Dokumentationen der Kartenanbieter erweckte Eindruck, dass die Transformation von aktiven Fahrerenden zu Passagieren, denen maximal noch eine supervisorische Rolle zukommt, bereits nahezu vollzogen ist bzw. nach einer kurzen Übergangsphase rasch vollzogen sein wird, lässt eine Anstrengung in Richtung solcher Optimierungen jedoch bisher nicht vermuten.

probabilistischem Kartenmaterial mit verlässlichen geografischen Beschreibungen über die Zeit stabilerer Objekte, wie geologischen Formationen oder Verkehrsinfrastrukturen. Dieser Effekt verstärkt sich in dem Maße, in dem die Produkte der Kartierungsfirmen, allen voran der elektronische Horizont, diese hinsichtlich ihrer temporalen Dynamik heterogenen Objekte in ein gemeinsames geografisches Modell integrieren und so die Trennung zwischen Chorografie und Geografie sowie den korrespondierenden Ebenen von Meso- und Makronavigation brüchig werden lassen. Wie die Betrachtung der historischen Entwicklung automobiler Navigation gezeigt hat, lässt sich der Vertrauensvorschuss zum anderen auf die formale Ähnlichkeit sowie die funktionale Verwandtschaft mit gegenwärtigen und historischen Navigationssystemen⁶⁰ zurückführen. Der durch diese Kontinuitäten ermöglichte Übertrag bereits etablierter Verstehens- und Steuerungsmuster erlaubt es den Fahrenden, einen routinierten Umgang mit den Interfaces und Oberflächen einer noch in Entwicklung befindlichen Technologie zu pflegen und leistet so einer sich aus dem *sicheren Umgang* mit der Technik speisenden Wahrnehmung der technischen Abläufe *als sicher* Vorschub.

Die Karte lässt sich jedoch nicht auf ein Werbeutensil für die vermeintliche Zuverlässigkeit autonomer Fahrzeuge reduzieren. Sie agiert als Vermittlerin zwischen Onboardsensorik und externen geografischen Wissensbeständen, ermöglicht verschiedenste raumzeitliche Kompressions- und Expansionsvorgänge und ist gleichzeitig Objekt und Subjekt einer Vielzahl vernetzter Praktiken, die zur ihrer eigenen Herstellung und Evidenthaltung notwendig sind. Indem die Karte zur Möglichkeitsbedingung des autonomen Fahrens wird, sei es in Form verhältnismäßig simpler, zur Makronavigation benötigter 2D-Karten oder in Form verteilt produzierter und aktualisierter hochauflösender 3D-Karten, fordert sie eine Intensivierung der kritischen mediengeografischen Beschäftigung heraus – in Fragen der Verkehrssicherheit, aber auch der unentgeltlich geleisteten Arbeit zahlloser Expéditeurs und des (Geo-)Datenschutzes.

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Projektnummer 262513311 – SFB 1187

60 Natürlich spielt hier auch die generelle Vertrautheit mit den grafischen Bedienoberflächen digitaler Systeme eine Rolle.

Automobile Subjektivitäten

Assistenz für wen?

Autonomes Fahren zwischen Norm und Variabilität

Robert Stock/Jan Muggenburg

1. Vor der Einleitung: Paul

Für Menschen mit Behinderung kann ein entsprechend an ihre Bedürfnisse angepasstes Fahrzeug einen großen Gewinn an Autonomie bedeuten. Dies gilt für behinderte Fahrer:innen wie für Passagier:innen. Da einer der beiden Autoren dieses Aufsatzes als Vater eines mehrfach schwerbehinderten Sohnes diesen Gewinn an Autonomie für sein Kind und die ganze Familie täglich in seinem Alltag erfährt, aber auch die Hindernisse auf dem Weg zu mehr Autonomie durch ein entsprechend angepasstes Fahrzeug kennengelernt hat, möchten wir diesem Aufsatz einen kurzen Erfahrungsbericht voranstellen:

Als Folge einer Asphyxie und Hypoxie unter der Geburt lebt mein Sohn Paul (Name geändert) mit einer schweren Form infantiler Cerebralparese und einer s.g. globalen Entwicklungsstörung. Paul ist sieben Jahre alt, kann sich nicht selbstständig bewegen und benötigt Assistenz in allen Lebenslagen. Während sein passives Sprachverständnis hoch ist, kann er bis auf eine rudimentäre Ja/Nein-Kommunikation durch Öffnen des Mundes nicht selbst sprechen. Aufgrund seiner frühkindlichen Hirnschädigung weist Paul eine erhöhte Anfallsbereitschaft auf, weshalb er Notfallmedikamente mit sich führen muss. Der medizinische Dienst hat bei ihm entsprechend den höchsten Pflegegrad ›5‹ (›schwerste Beeinträchtigung der Selbstständigkeit mit besonderen Anforderungen für die pflegerische Versorgung‹) festgestellt. Seit etwa zwei Jahren hat Paul einen Sprachcomputer mit Augensteuerung. Eine der größten Herausforderungen für unseren Sohn und die gesamte Familie ist seine eingeschränkte Mobilität. Paul kann sich nicht selbstständig von einem Ort zum nächsten bewegen. Aufgrund einer starken Spastik in den Armen und Beinen ist seine generelle Toleranz gegenüber medizinischen

Hilfsmitteln außerdem niedrig. Innerhalb unseres Haushaltes haben meine Frau und ich Paul in seinen ersten Lebensjahren viel getragen. Außerhalb der eigenen vier Wände haben wir ihn in einem Reha-Buggy mit fester, individuell auf der Basis eines Vakuumabdrucks angefertigter Sitzschale transportiert. Seit März 2018 hat er einen Rollstuhl mit der gleichen Sitzschale. Der Rollstuhl ermöglicht die Montage des Sprachcomputers und stellt im Gegensatz zu einem Reha-Buggy ein altersgerechteres Hilfsmittel für ihn dar. Paul ist auf die individuell angepasste Sitzschale angewiesen. In ›normalen‹ (massenproduzierten) Fahrzeugsitzen, Stühlen oder sogar Rollstühlen kann er nicht sitzen. Paul hat einen Fahrradanhänger mit der gleichen Sitzschale, den ich mit einer Fahrradkupplung an meinem Fahrrad befestigen kann. Viele Dinge, die er im Alltag benötigt – vor allem sein Rollstuhl – lassen sich auf diese Weise aber nicht mitnehmen.

Aufgrund von Pauls Behinderung sind wir auf das Auto angewiesen: Termine bei Ärzt:innen oder Therapeut:innen, die oft weit entfernt sind, können wir anders nicht wahrnehmen. Auch Familienausflüge (Paul hat zwei Geschwister), Besuche von Freund:innen und Familie, Urlaube und andere Unternehmungen setzen ein Auto voraus. Der Transport mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist möglich, aber sehr beschwerlich für Paul und seine Begleiter:innen. Linienbusse haben in der Regel nur einen einzigen Platz für Rollstühle, die manchmal eingesetzten Reisebusse haben gar keinen. Ist der Platz für Rollstuhlfahrer:innen besetzt, sind Busfahrer:innen angewiesen, uns nicht einsteigen zu lassen. Pauls Anfallsbereitschaft und die Tatsache, dass Schreien oft seine einzige Möglichkeit ist, seinen Unmut zu äußern, führen dazu, dass die Mitfahrt in öffentlichen Verkehrsmitteln den Stress für alle Beteiligten erhöht. Der öffentliche Nahverkehr ist in der Regel auch deshalb keine Alternative, weil Paul sehr viel Gepäck bei sich haben muss: Sprachcomputer, Stativ für Sprachcomputer, Tasche mit Orthesen, Notfallmedikamente, Wickelzeug, Wechselkleidung, Utensilien für das Anreichen von Mahlzeiten und Getränken, Regenschutz etc.

Im Frühjahr 2020 wurde unserem Sohn nach langen Auseinandersetzungen mit der Krankenkasse und dem örtlichen Sozialamt (Fachstelle Bildung und Teilhabe) die Finanzierung eines behindertengerechten Umbaus eines neuen Fahrzeuges bewilligt. Seitdem haben wir einen VW-Bus mit einem unter der seitlichen Schiebetür fest installierten elektrohydraulischen Kassettenlift (Abb. 1). Der Innenraum des Fahrzeugs wurde mit einer Rollstuhlhalterung und einem zusätzlichen Gurtsystem so angepasst, dass wir unseren Sohn in seinem Rollstuhl sitzend in den Bus ein- bzw. ausladen und transpor-

tieren können. Zusätzlich zu Paul und seinem Rollstuhl können sechs weitere Personen mitfahren. So können neben allen Familienmitgliedern auch sein:e persönliche:r Assistent:in mitfahren. Das neue Fahrzeug ermöglicht Paul und uns als Familie in einer schwierigen Situation ein gewisses Maß an Autonomie, Selbstbestimmtheit und Sicherheit. Indem wir mit dem Fahrzeug Familienausflüge wie etwa Zoobesuche unternehmen können, gewinnen wir ein kleines Stück ›Normalität‹. Klinikbesuche, die auch ohne den Stress der Anfahrt immer eine große Belastung darstellen, werden durch das neue Fahrzeug etwas angenehmer. Essen und Trinken ist für meinen Sohn mit großen Schwierigkeiten verbunden – das Platzangebot im neuen Fahrzeug erlaubt Pausen zwischendurch: Der Beifahrersitz lässt sich um 180° drehen, sodass wir Paul direkt gegenüber sitzen und ihm etwas zu essen anreichen könnte, ohne ihn in seinem Rollstuhl sitzend ausladen zu müssen. Die Rückbank lässt sich zu einer Liegefläche umklappen, auf der man Windeln wechseln kann, wenn gerade keine Behindertentoilette in der Nähe ist. Wenn wir mit Paul in unserem Auto sitzen, fühlen wir uns für den Moment der Fahrt als gleichberechtigte Verkehrsteilnehmer:innen: Wir können Dinge tun, die für andere Familien selbstverständlich sind. Das Fahrzeug fungiert für uns als ein ›enabling space‹.

Im Rahmen dieses Erfahrungsberichtes bedeutet autonomes Fahren nicht, von einem Computer gefahren zu werden, der die Arbeit des Lenkens, Schaltens etc. übernimmt, sondern in einem an die Bedürfnisse von Menschen mit Behinderung angepassten Fahrzeug überhaupt selbstbestimmt am Straßenverkehr teilnehmen zu können. Aus der Perspektive von Paul wird das Fahrzeug zum Teil eines Ensembles aus technischer und menschlicher Assistenz, das ihn bewegt und an Dingen teilhaben lässt, die für ihn sonst nicht erreichbar wären. Für einen bestimmten Zeitraum und in einer spezifischen Konstellation wird der »Dis/Ability-Komplex«¹ durch den Einsatz eines adaptierten Fahrzeugs verschoben, kommen behindernde Faktoren in Pauls Umgebung nicht so zum Tragen, wie sie es ohne das Fahrzeug tun würden.

1 Vgl. Goodley, D.: »The Dis/ability Complex«, in: Journal of Diversity and Gender Studies 5/1 (2016), S. 5-22.

Abbildung 1: Modernes Fahrzeug mit seitlichem Kassettenlift: VW Bus mit Kassettenlift K7 und individuell angepasstem Rollstuhl der Marke Hoggi Cleo-Ti



Fotografie Jan Müggenburg

2. Einleitung: Fahren mit »Handicap«

Autonomes Fahren wird häufig in Bezug auf die Themen der Vernetzung und Automatisierung sowie neuer Möglichkeiten und Gefahren diskutiert. Sarah Pink u.a. weisen darauf hin, dass diese Fokussierung im englischsprachigen Diskurs zu einseitig sei und die Debatte um autonome Fahrzeuge ebenso gesellschaftliche Ungleichheiten und Diversität einbeziehen solle.² Die Autor:innen unternehmen einen Schritt in diese Richtung, indem sie Projekte aus dem globalen Süden, namentlich Brasilien analysieren. Wir greifen

2 Pink, Sarah/Gomes, Alex/Zilse, Renata/Lucena, Rosamaria/Pinto, Jananda/Porto, Angélica et al.: »Automated and connected? Smartphones and automobility through the global south«, in: Applied Mobilities 6/1 (2018) S. 1-17.

diese Anregung von Pink und weiteren kritischen Untersuchungen³ hier auf und argumentieren, dass eine Berücksichtigung der Dimensionen körperlicher Differenz und Dis/Ability im Hinblick auf das, was assistiertes Fahren in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft bedeutet, von essenzieller Bedeutung ist. Menschen mit Behinderung machen einen signifikanten Anteil der Bevölkerung aus und haben wie alle Bürger:innen ein Recht darauf, mobil zu sein.⁴ Vor diesem Hintergrund stellt sich die dringende Frage nach einer Historisierung und kritischen Reflexion zukünftiger Optionen, different mobil zu werden.⁵ Technologien assistierten Fahrens oder autonomen Fahrens – einschließlich ihrer kontingenten Effekte und Veränderbarkeit – werden wie das Phänomen der Automobilität erhebliche Konsequenzen für eine mögliche Mobilität aller Menschen haben und daher nicht zu unterschätzende Effekte auf die Mobilitätsgerechtigkeit entfalten.⁶

Mit Marcel Mauss lässt sich Autofahren als eine spezifische, kulturell überformte Körpertechnik beschreiben.⁷ Es verlangt dem Körper eine gewisse Disziplinierung, ein Training ab,⁸ um das Fahrzeug in Gang zu bringen, es auf bestimmten Routen zu halten und Ziele in »flexibler Weise«⁹ zu erreichen. Der Körper der/s Autofahrer:in und das Fahrzeug werden durch ihre enge Verknüpfung – mit weiteren Elementen und Infrastrukturen – mobil: »This double resonance of ›auto‹ is suggestive of the way in which the car-driver is a ›hybrid‹ assemblage, not simply of autonomous humans, but simultaneously of machines, roads, buildings, signs and entire cultures of mobility.«¹⁰

-
- 3 Vgl. u.a. Hildebrand, Julia M./Sheller, Mimi: »Media Ecologies of Autonomous Automobility«, in: *Transfers* 8/1 (2018), S. 64-85.
 - 4 Vgl. Degener, Theresia: *Handbuch Behindertenrechtskonvention. Teilhabe als Menschenrecht – Inklusion als gesellschaftliche Aufgabe*. Bonn: BpB (Schriftenreihe/Bundeszentrale für Politische Bildung, 1506) 2015.
 - 5 Sawchuk, Kim: »Impairment«. In: Peter Adey/David Bissell/Kevin Hannam/Peter Merriam/Mimi Sheller (Hg.): *The Routledge Handbook of Mobilities*. London, New York: Routledge 2014, S. 409-420; Goggin, Gerard: »Disability and mobilities. Evening up social futures«, in: *Mobilities* 11/4 (2016), S. 533-541.
 - 6 Sheller, Mimi/Urry, John: »The City and the Car«, in: *International Journal of Urban and Regional Research* 24/4 (2000), S. 737-757.
 - 7 Vgl. Schüttpelz, Erhard: »Körpertechniken«, in: *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung* 1 (2010), S. 101-120.
 - 8 M. Sheller/J. Urry, »The City and the Car«, S. 743
 - 9 Ebd.
 - 10 Ebd., S. 739.

Auf der Ebene des Körpers und dessen Einpassung in den Raum des Autos ist zu beobachten, dass durch die Positionierung des Lenkrads, der Pedale, die Gestaltung des Sitzes usw. ein gewisser Idealkörper des Fahrers (hier verwenden wir absichtlich die männliche Form) vorausgesetzt, ja materiell eingeschrieben wird. Die Gestaltung von Fahrerkabinen orientierte sich zunächst am männlichen Norm-Körper, variable Sitzpositionen wurden erst später eingeführt, wodurch das Auto auch vergeschlechtlichte Subjektpositionen reproduziert.¹¹ Die Formatierung von Fahrenden betrifft die Motorik wie auch die Sinne bei gleichzeitiger, relativer Immobilisierung der Fahrenden: »The driver's body is itself fragmented and disciplined to the machine, with eyes, ears, hands and feet all trained to respond instantaneously, while the desire to stretch, to change position, or to look around must be suppressed.«¹²

Verkompliziert wird diese sensorische und körperliche Fragmentierung und Disziplinierung durch die Maschine durch die Existenz so genannter Assistenzsysteme. In den Ingenieurwissenschaften versteht man unter diesem Begriff »eine technische Einrichtung, die meist von einem Rechner gesteuert wird und den Menschen bei einer Tätigkeit unterstützen soll.«¹³ Gemeint ist mit »Tätigkeit« in der Regel die Nutzung einer anderen technischen Einrichtung, also zum Beispiel das Fahren eines Autos. So unterstützen Fahrassistenzsysteme wie das Antiblockiersystem (ABS), Spurwechsel- oder Parkassistenten den Fahrer bei der Kontrolle seines Autos.¹⁴ Sind sie eingeschaltet, greifen sie auf unterschiedliche Sensoren zurück (Drehzahl-Sensoren, Kameras etc.). Auf der Basis dieser »maschinellen Wahrnehmung« nehmen sie dann eine Bewertung der aktuellen Situation vor und greifen korrigierend in die Nutzung des primären technischen Systems ein.¹⁵ Entsprechend kann man den Einsatz von Assistenzsystemen aus ingenieurwissenschaftlicher Perspektive als eine Form der »Arbeitsteilung« beschreiben, bei

11 Ebd., S. 748.

12 Ebd., S. 739

13 Gerke, Wolfgang: Technische Assistenzsysteme. Vom Industrieroboter zum Roboterassistenten, Berlin: De Gruyter Oldenbourg 2014, S. 2.

14 Bengler, Klaus et al.: »Three Decades of Driver Assistance Systems. Review and Future Perspectives«, in: IEEE 6/4 (2014), S. 6-22.

15 K. Gerke et al., Technische Assistenzsysteme, S. 3.

der die gleiche Arbeit »vom Menschen und vom technischen System verrichtet [wird]«:¹⁶ Das Assistenzsystem »handelt« mit.¹⁷

Für das Thema dieses Aufsatzes ist diese Einführung eines zusätzlichen Handlungsträgers insofern relevant, als die Grenzen zwischen »konventionellen« Assistenzsystemen und assistiven Systemen für Fahrende und Passagier:innen mit Behinderung fließend sind: worin unterscheidet sich ein »normales« Lenkrad von einem »speziellen« Joystick (»Joy-Steer-System«), wie er von Menschen mit motorischer Einschränkung eingesetzt wird, um das Fahrzeug zu lenken? Noch komplexer wird das Geflecht aus Assistenzen, wenn ein:e Passagier:in mit Behinderung von einer anderen Person in einem behindertengerecht umgebauten Fahrzeug gefahren wird, die ihrerseits Unterstützung durch Assistenzsysteme wie Lenk- und Bremsassistenten erhält. Auf die Frage »Assistenz für wen?« gibt es je nach Perspektive folglich eine ganze Reihe von Antworten, von denen keine der komplexen Situation des assistierten Fahrens vollständig gerecht wird.

Die Norm eines bzw. die Normalisierung des Fahrer:innen-Körpers gilt es angesichts dieser Komplexität einer motorischen und sensorischen Fragmentierung, verbunden mit der »Unterstützung« durch Assistenztechnologien, zu hinterfragen. Denn das Auto als ein Symbol von Freiheit und Selbstständigkeit war nicht nur für normal-körperliche – und maskuline Subjektivierungsweisen – von Bedeutung. Vielmehr verbinden sich mit dem Streben nach Freiheit auch Bestrebungen nach Unabhängigkeit und Autonomie von Menschen mit Behinderung. In welcher Form diese wiederum in Automobilität integriert wurden bzw. welche neuen Fahrzeugmodelle für solche Zwecke modifiziert wurden, wird nun genauer erörtert. Dies geschieht vor dem Hintergrund der Einsicht in die produktiven wie auch paradoxen und schwierigen Verbindungen von Automobilität und Behinderung – ist doch der Straßenverkehr, und in besonderem Maße auch die individuelle, motorisierte Mobilität erheblich mit der Produktion von Behinderung verbunden. Eine Vielzahl von Menschen wird jährlich durch Autos verletzt und unterzieht sich

16 Ebd., S. 8.

17 Rammert, Werner/Schulz-Schaeffer, Ingo: »Technik und Handeln. Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt«, in: dies. (Hg.): Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik. Frankfurt a.M.: Campus 1990, S. 11-64.

in Folge von Unfällen unterschiedlichsten Rehabilitationsmaßnahmen.¹⁸ Außerdem ist zu bedenken, dass die berechtigte Teilhabe im Straßenverkehrsgeschehen als Fahrzeugführer:in oder Passagier:in mit Behinderung, wie der Erfahrungsbericht zu Beginn dieses Aufsatzes zeigt, einerseits zwar als Abbau behindernder infrastruktureller Faktoren und als ein Gewinn von Autonomie empfunden werden kann. Andererseits lässt sich dieses Empfinden als Effekt einer Integration in ein Verkehrssystem beschreiben, dass auto-lose Menschen, Personen auf Gehwegen, Radfahrer:innen und andere benachteiligen kann: »automobility disables those who are not car-drivers (children, the sight impaired, those without cars) by making their everyday habitats dangerously non-navigable«.¹⁹ Es handelt sich folglich um eine komplexe Gemengelage, in der sich Autos, assistierte Fahrweisen und Menschen mit Behinderung begegnen. Solche mobilen Anordnungen prozessieren Assistenz in verschiedenen Artikulationen und fabrizieren heterogene Konstellationen, die sowohl ermöglichende, als auch behindernde Effekte entfalten können.

3. Spezielle Fahrzeuge für behinderte Menschen

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde in England, aber auch Deutschland und einigen osteuropäischen Ländern begonnen, dreirädrige Fahrzeuge zu produzieren, die »Invaliden« motorisierte Mobilität ermöglichen sollten.²⁰ In England wurde etwa das Invacar Model 70 und das Morris Minor Car vertrieben.²¹ Invacar wurde 1948 von Oscar Greeves in Essex gegründet, der für einen querschnittsgelähmten Verwandten ein Fahrzeug entwickelt hatte. Ab

18 Moser, Ingunn: On becoming disabled and articulating alternatives, in: *Cultural Studies* 19/6 (2005), S. 667-700.

19 M. Sheller/J. Urry, »The City and the Car«, S. 744.

20 https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Invalid_carriage&oldid=1027579801 vom 10.6.2021.

21 Goodwill, C. J.: »Wheels: Powered Vehicles and the Disabled Driver«, in: *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 67/5 (1974), S. 416-420, hier: S. 416. Auch in anderen Ländern wurden vergleichbare dreirädrige Fahrzeuge für Menschen mit Behinderung hergestellt, zum Beispiel das in der DDR von 1961-1990 produzierte »Versehrtenfahrzeug« DUO der Firma Louis Krause (ab 1971 von VEB FAB Brandis), vgl. Elisabeth Bösl: »Versehrtenfahrzeuge« in der DDR. Kurzvorstellung des BMBF-Projektes DisHist: Menschen mit Behinderungen in der DDR: 2. Mobilitätstechnik und gebaute Umwelt«, Online-Vortrag in der Reihe »Technikgeschichte über Mittag« der Gesellschaft für Technikgeschichte am 2. Juli 2021.

Abbildung 2: Werbeanzeige für das INVACAR MODEL 70

Freedom for the disabled



INVACAR MODEL 70
 The Model 70 has been developed to provide mobility for the disabled. 56 control variations are available and it is fitted with automatic transmission, which makes it possible for anyone with practically any disability to become independent, which is so vital to a happy contented life.







Control 1.
 Conventional steering wheel and foot control. Manual throttle and brake are available with or without foot assistance.

Control 2.
 Bicycle handle bar steering with brake operated by handle bar depression. Hand throttle. Foot controls can be fitted.

Control 3.
 Tiller control for left or right hand. Brake operated by depression of tiller. Hand throttle.
 Most auxiliary controls can be adjusted for left or right hand position.





ACCESS

A wide sliding door on each side of the car, coupled with a sliding seat provides a really easy access from either side and enables the driver to load and stow his folding wheel chair by his side.

INVACAR (LIMITED)
 Armstrong Road, Benfleet, Essex, SS7 4PF Telephone: South Benfleet 2761 Telex: SPEYBRIG BFT 996192

Quelle: <https://forum.retro-rides.org/thread/210592/1976-invacar-model-general-ramblings>

den 1950er Jahren stellte Invacar in Zusammenarbeit mit verschiedenen Autoherstellern und im Auftrag des britischen Gesundheitsministeriums unterschiedliche Modelle her, die noch bis Anfang der 2000er Jahre auf den Straßen unterwegs waren – wenngleich sie u.a. wegen ihrer beschränkten Geschwin-

digkeit oft zum Objekt des Spottes wurden.²² Doch für die Besitzer:innen dieser Autos standen solche stigmatisierenden Einordnungen nicht im Vordergrund. Das Gegenteil war der Fall, wie der Werbeslogan des Invacar Model 70 »Freedom for the Disabled« nahelegt (Abb. 2). Es geht um eine erhöhte Unabhängigkeit ganz in dem Sinne, wie es Goodwill bezüglich des Rollstuhls formulierte: »A wheelchair as an aid to mobility and a means of increasing independence is not a sign of disability.«²³

3.1 Adaptierte Fahrzeuge

Neben Spezialanfertigungen für »The handicapped driver«²⁴ gab es auch Ansätze, mit denen Standard-PKWs für Menschen mit Behinderung nutzbar gemacht werden sollten. »Automotive adaptive equipment«²⁵ erlaubte es ihnen, als Autofahrer:in die Rolle eines »normalen« motorisierten Verkehrsteilnehmers einzunehmen. In den 1970er Jahren erschienen zahlreiche Publikationen, die sich mit der Frage der behinderten Autofahrer:in beschäftigt. Dabei wurde vornehmlich ein »physically handicapped driver« bzw. ein »invalidierter Fahrzeuglenker«²⁶ adressiert und vorgeschlagen, die passende Kopplung von Auto und Person, die nicht dem Norm-Körper eines Autofahrers entsprach, durch Hilfsmittel – »automotive adaptive devices«²⁷ – zu realisieren.²⁸ Die

-
- 22 van Hampton, Tudor: Britain's 3-Wheel Solution to Mobility for the Disabled, New York Times 3.12.2009, <https://www.nytimes.com/2009/12/06/automobiles/collectibles/06IN VACAR.html> vom 10.6.2021.
- 23 Goodwill, C. J.: »Wheelchairs and Powered Vehicles«, in: Stephen Mattingly (Hg.): Rehabilitation Today, Dordrecht: Springer 1977, S. 82-88. Doch wurden solche Zwei- oder Einsitzer gegenüber einem Auto mit vier Rädern und mehr Kapazität für weitere Fahrgäste auch kritisch gesehen. Vgl. dazu Carlaw, J. S.: »Mobility and the disabled«, in: British Medical Journal 1/6120 (1978), S. 1142-1143.
- 24 Long, Charles: The Handicapped Driver, in: Journal of rehabilitation 40/2 (1974), S. 34.
- 25 Murphy, Eugene F.: »Reflections on automotive adaptive equipment – an essay«, in: Bulletin of prosthetics research 16/2 (1979), 191-207.
- 26 Hartmann, H.P.: Der Kranke als Fahrzeuglenker: Mit jeweils einem Beitrag über die rechtlichen Verhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland, Berlin: Springer 1980.
- 27 Koppa, Rodger J./McDermott, Make/Raab, Charles/Sexton, Donna J./Texas Transportation Institute/United States: Human factors analysis of automotive adaptive equipment for disabled drivers. Washington: The Administration; National Technical Information Service 1980, <https://hdl.handle.net/2027/ien.35556021131198> vom 10.6.2021.
- 28 Eine zweijährige Studie des U.S. Department of Transportation stellte 1980 fest, dass das Fahren mit »adaptive devices« kein Sicherheitsrisiko darstellen würde. Untersucht wurden die Reaktionen beim Bremsen, Ausweichen von Hindernissen, Ermüdung bei

standardisierte Körpertechnik des Autofahrens wird etwa u.a. durch Zusatzelemente für Lenkräder, per Hand bedienbare Gas- und Bremspedale ange-reichert, die also beim Vorgang des Fahrens mithandeln.²⁹ Zudem wird die Frage des Transports von Hilfsmitteln wie Rollstühlen sowie der Einsatz von Liften für das Ein- oder Ausladen schwerer Elektrorollstühle bei umgebauten Vans diskutiert (Abb. 3).³⁰

Im Kontext der Behindertenrechtsbewegung in den USA waren etwa die ADAPT-Proteste in den 1970er Jahren wichtig. Dort wurden die Barrieren im öffentlichen Nahverkehr kritisiert und Änderungen herbeigeführt.³¹ Parallel dazu setzten sich in Deutschland Aktivist:innen um 1980 für barrierefreies Wohnen und einen ÖPNV ein, der von allen Bürger:innen genutzt werden kann.³² Doch es gibt einen weiteren Aspekt, der dazu beiträgt über die Mobilität behinderter Menschen in dieser Zeit zu reflektieren.³³ Vom Contergan-Skandal betroffene Personen wurden um diese Zeit erwachsen.³⁴ Für sie stellt sich nicht nur die Frage nach einer geeigneten Wohnung, persönlicher Assis-tenz oder Berufstätigkeit. Auch die individuelle und motorisierte Mobilität spielte eine Rolle,³⁵ wie bei Kevin Donellon in einem Filmclip von Different-PR zu sehen ist.³⁶ Seine durch Hilfsmittel ermöglichte Mobilität reicht von (schmerzhaften und für die Träger:in gefährlichen) Beinprothesen über elek-trische Rollstühle bis hin zu adaptierten Fahrzeugen. Der Clip von 2012 macht

Handsteuerung. Der Bericht forderte die National Highway Traffic Administration da-zu auf, die Entwicklung weiterer standardisierter Hilfsmittel in diesem Bereich durch die Veterans Association zu fördern, denn so könne die Adaptionsfähigkeit und Crash-festigkeit von Autos für alle Fahrer:innen verbessert werden, ebd.

- 29 C. J. Goodwill: »Powered Vehicles and the Disabled Driver«; Murray-Leslie, C.: »Aids for disabled drivers«, in: *British Medical Journal* 301/6762 (1990), S. 1206-1209.
- 30 Tachakra, S. S.: »Driving for the disabled«, in: *British Medical Journal (Clinical Research Edition)* 283/6291 (1981), S. 589-591.
- 31 G. Goggin: »Connected Cars«.
- 32 Köbsell, Swantje: *Wegweiser Behindertenbewegung. Neues (Selbst-)Verständnis von Behinderung*. Neu-Ulm: AG-SPAK-Bücher 2012, S. 23.
- 33 S.S. Tachakra: »Driving for the Disabled«, S. 591.
- 34 Freitag, Walburga: *Contergan. Eine genealogische Studie des Zusammenhangs wis-senschaftlicher Diskurse und biographischer Erfahrungen*. Münster: Waxmann 2005.
- 35 Vgl. den Spielfilm *On Giant's Shoulders* (UK 1979, R: Anthony Simmons). <https://www.youtube.com/watch?v=cNoAk5mpOac> vom 10.6.2021. Ab 00:55:49: Die Szene zeigt, wie Terry Wiles ein von seinem Vater selbstgebautes elektrisches Kinderauto fährt.
- 36 Kevin Donnellon, *DifferentPR* 12.07.2012, <https://www.youtube.com/watch?v=VQT2l2s80Co> vom 10.6.2021.

Abbildung 3: Historisches Fahrzeug mit behindertengerechten Umbau: Opel Kadett 16S mit Hubmatik-Hecklift, Ausstellungsstück der Firma AMF Bruns, ca. 1977-1979.



Fotografie Jan Müggenburg

deutlich, welche finanziellen Ressourcen, Aufwand und Wissen für Donelson notwendig sind, um ein eigenständiges Leben zu führen. Seit Beginn der 2000er Jahre fährt der »Thalidomide Survivor« einen umgebauten Mercedes mit Lift für den E-Rollstuhl, automatischer Hecktür, einem beweglichen Fahrersitz und angepasster Steuerung. Der Film zeigt Donnellon u.a. bei einer Fahrt an einem sonnigen Nachmittag mit lässiger Hintergrundmusik und an-

schließender Spazierfahrt mit Rollstuhl an der Küstenpromenade. Der Van bringt Donnellon Freiheit und Unabhängigkeit. Den öffentlichen Nahverkehr bezeichnet er hingegen als »rubbish«: »So, I love driving. It gives me immense freedom. It is the only time, when I feel equal with everyone else.«³⁷ Das aus der Sicht Donnellos teure adaptierte Fahrzeug (ca. 40.000 GBP), das durch Kostenträger finanziert wurde, lohnt sich folglich. Andererseits ließe sich einwenden, dass Budgets für individuelle Lösungen womöglich für die öffentliche Hand günstiger ausfallen, als umfangreiche Umgestaltungen im öffentlichen Nahverkehr, von denen alle Bürger:innen profitieren würden. Hinzu kommt, das nicht nur Funktionalität, sondern auch Mehraufwand und affektive Bünde – wie eingangs im Erfahrungsbericht deutlich wird – ausschlaggebend sind.³⁸

4. Blinde Autofahrer:innen?

Das Thema Blindheit löst im Automobilbereich oft Aufregung aus und wird mitunter zu medialen Spektakeln aufbereitet.³⁹ Goggin zufolge stellt der Traum vom blinden Fahrer »a constitutive element of the social imaginary of the connected cars«⁴⁰ dar. Gegenüber solchen Imaginationen steht etwa die Perspektive der blinden Bloggerin Lydia Zoubek.⁴¹ In einem Post ist sie auf mehreren Fotos mit einem umgebauten Smart for Two zu sehen: scheinbar ein Prototyp, ausgestattet mit spezifischen Bedienelementen wie z.B. Sprachausgabe für Informationen zur Geschwindigkeit sowie zum Straßenverlauf. Dass der Blogbeitrag als Aprilscherz gemeint war, wurde

37 Ebd., 00:05:58-00:06:22.

38 Janis McDavid, der ohne Beine und Arme lebt, äußert sich ähnlich wie Donnellon. 2014 argumentiert der Paravan-Fahrer zudem, dass die Politik die Voraussetzung schaffen soll, damit Menschen mit Behinderung ein adaptiertes Auto fahren können – »weil ein Auto und Mobilität die Grundvoraussetzung für die Teilhabe am Leben und auch am Arbeitsleben ist.« <https://www.youtube.com/watch?v=p1k2nRUharl> vom 10.07.2021.

39 My Father's Dream: Blinder Mechaniker fährt zum ersten Mal im Leben Auto, Mercedes Benz, 12.2.2019, <https://www.youtube.com/watch?v=y6SUegrOZPY> vom 10.6.2021.

40 Goggin, Gerard: »Cars and Contemporary Communication. Disability, Connected Cars, and Communication«, in: International Journal of Communication 13 (2019), S. 2748-2773, hier S. 2757.

41 Zoubek, Lydia: Autofahren für Blinde – kein Traum mehr, Lydias Welt 01.04.2017.2009, <https://lydiaswelt.com/2017/04/01/autofahren-fuer-blinde-kein-traum-mehr> 10.06.2021.

von vielen, die den Beitrag kommentierten, wohl nicht beachtet. Zoubek betont jedoch,⁴² dass eine funktionierende Kopplung blinder Menschen und autonomer Fahrssysteme noch in weiter Ferne liegen würde. Zudem, so schreibt sie, hätte sie generell kein Interesse am Autofahren. Sie »habe [...] über Jahrzehnte ohne eigenes Auto gelebt und quasi gelernt ohne Auto zu denken.«⁴³

Angesichts der Diskussionen um das autonome Fahren stellt sich trotzdem die Frage, wie dieses für Menschen mit Seh- oder anderen Behinderungen gestaltet werden kann. Einige Studien legen nahe, dass der Idee eines ÖPNVs mit autonomer Fahrzeugflotte durchaus mit Akzeptanz und Hoffnungen auf bessere, unabhängige Mobilität begegnet wird.⁴⁴ Vor diesem Hintergrund skizzieren die folgenden Abschnitte die Bedeutung von Blindheit für den Bereich des assistierten und autonomen Fahrens. Von besonderem Interesse sind Systeme zur automatischen Geschwindigkeitsregulierung und nicht-visuell bedienbare On-board-Systeme.

4.1 Ein blinder Ingenieur und der »Speed-o-Stat«

Eine Geschichte, die oft erzählt wird, wenn es um PKW-Assistenzsysteme geht, betrifft den Ingenieur und Firmendirektor von Perfect Circle Co., Ralph Teetor. Als Kind erblindet studierte Teetor Mechanik und Ingenieurwissenschaften an der Universität von Pennsylvania. Später übernahm er den Vorsitz der Firma von seinem Vater. Neben vielen Erfindungen und Patenten geht die Idee der Geschwindigkeitsregelanlage auf ihn zurück. Laut einer Anekdote kam Teetor darauf, als er mit seinem Anwalt unterwegs war. Letzterer fuhr den Wagen, wobei er beschleunigte, wenn er zuhörte und bremste, wenn er selbst redete. Das irritierte Teetor laut eigener Auskunft so sehr, dass er sich daranmachte, einen »Speed-o-Stat« zu entwickeln. 1945 meldete er das Gerät

42 Ebd.

43 Zoubek, Lydia: Autonomes Fahren, wollen wir das?, *Lydias Welt* 20.08.2019, <https://lydiaswelt.com/tag/autofahren/> vom 10.6.2021.

44 Bennett, Roger/Vijaygopal, Rohini/Kottasz, Rita: »Attitudes towards autonomous vehicles among people with physical disabilities«, in: *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 127 (2019), S. 1-17; Hwang, Jinuk/Li, Wie/Stough, Laura M./Lee, Chanam/Turnbull, Katherine: »People with disabilities' perceptions of autonomous vehicles as a viable transportation option to improve mobility: An exploratory study using mixed methods«, in: *International Journal of Sustainable Transportation* (2020), S. 1-19.

zum Patent an. Die »cruise control« kam Ende 1958 in Modellen von Chrysler erstmals serienmäßig zum Einsatz.⁴⁵ Entscheidend waren dafür lange und gerade Highways sowie gesetzliche Geschwindigkeitsbeschränkungen – während des zweiten Weltkriegs (35 mph) und der Ölkrise 1972/73 (55 mph).⁴⁶

Die »cruise control« bildet einen wichtigen Schritt hin zu Assistenzsystemen und autonomen Fahrzeugen. Dabei erscheinen das »supergadget« und der »Auto-Pilot«⁴⁷ auch als Moment einer Crip-Technoscience.⁴⁸ Technologien werden von Menschen mit Behinderung aktiv gestaltet. Sie setzen ihr Wissen und ihre Kompetenzen dazu ein, Probleme des Alltags auf kreative Weise selbst zu lösen. Doch ist der »Speed-o-Stat« zugleich auch als eine »nicht-unschuldige« Technologie einzuordnen:⁴⁹ Durch Teetor – der für die US-Navy Dampfturbinen optimierte, die in Torpedobootzerstörern eingesetzt wurden – ist der Tempostat auch mit militärisch-industrieller Entwicklungsforschung verbunden. Und während Teetor eine Vorbildrolle als Leistungsträger mit Behinderung zukommt – in den 1930er Jahren war er Präsident der Society of Automotive Engineers (SAE) und wurde 1988 posthum in die Automotive Hall of Fame in Dearborn, Michigan aufgenommen – konnten viele erblindete US-Veteranen womöglich nicht von Assistenzsystemen für Autos profitieren. Sie erhielten in Rehabilitationszentren psychologische Betreuung und wurden mit dem neu entwickelten Konzept für Orientierung und Mobilität mit dem Langstock vertraut gemacht – um ihnen selbstständige Fortbewegung zu Fuß, per Bahn oder Bus zu ermöglichen.⁵⁰

45 Meyer, Marjorie T.: *One Man's Vision: The Life of Automotive Pioneer Ralph R. Teetor*, Indianapolis: Guild Press 1995.

46 Degani, Asaf: *Taming Hal. Designing interfaces beyond 2001*, New York: Palgrave Macmillan 2004.

47 Kröger, Fabian: »Das automatisierte Fahren im gesellschaftsgeschichtlichen und kulturwissenschaftlichen Kontext«, in: Markus Maurer et al. (Hg.): *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*, Berlin: Springer 2015, S. 41-67, hier S. 56.

48 Hamraie, Aimi; Fritsch, Kelly: »Crip Technoscience Manifesto«, in: *Catalyst* 5/1 (2019), S. 1-33, hier S. 2; G. Goggin: »Cars and Contemporary Communication«.

49 A. Hamraie/K. Fritsch : »Crip Technoscience Manifesto«, S. 3.

50 Miyagawa, S.: *Journey to Excellence: Development of the Military and VA Blind Rehabilitation Programs in the 20th Century*, Lakeville: Galde Press 1999.

4.2 Selbst-fahrende Autos blind steuern

Im Verlauf des 20. Jahrhunderts scheint es nach dem »Speed-o-Stat« zwischen blinden Menschen und der Entwicklung autonomer Fahrzeuge wenig Berührungspunkte zu geben.⁵¹ Dies ändert sich im Anschluss an die von der DARPA 2004, 2005 und 2007 ausgerufenen Grand Challenge für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge.⁵² So eröffnete das Jernigan Institute der National Federation of the Blind (NFB) 2006 eine »Blind Driver Challenge«. Obwohl die NFB für Mobilitätsgerechtigkeit eintritt, schreibt ihr damaliger Präsident, Mark A. Riccobono, dass ein »blind-drivable vehicle«⁵³ auf der Wunschliste vieler blinder Menschen stehen würde. Das Projekt sollte in diesem Sinne die Entwicklung nicht-visueller Steuerungskomponenten anregen und Entwickler:innen für Barrieren von Technologien für Menschen mit Behinderung sensibilisieren.⁵⁴ Das Team um Dennis Hong vom Robotics and Mechanisms Laboratory an der Virginia Tech University begann 2006 mit der Entwicklung eines Prototypen. Dieser sollte es blinden Personen erlauben, mittels haptischer Technologien informierte Entscheidungen über Fahrtrichtung, Geschwindigkeit zu treffen sowie über nicht-visuelle Board-Systeme die Umgebung zu kontrollieren.⁵⁵ Tests mit einem umgebauten Stock Dune Buggy bzw. Golfmobil und Ford Escape zeigten durchaus Erfolge.⁵⁶ Doch sind

-
- 51 Vgl. zur Entwicklung selbst-fahrender Rollstühle u.a. Madarasz, R.; Heiny, L.; Crompt, R.; Mazur, N.: »The design of an autonomous vehicle for the disabled«, in: IEEE Journal on Robotics and Automation 2/3 (1986), S. 117-126.
- 52 Guvenc, Levent/Guvenc, Bilin Aksun/Emirler, Mumin Tolga: »Connected and autonomous vehicles«, in: Hwaiyu Geng (Hg.): The internet of things and data analytics handbook. Hoboken: Wiley 2016, S. 581-595; Schmid, Sigrid: Hello world. Was Algorithmen können und wie sie unser Leben verändern. München: C. H. Beck 2019.
- 53 Riccobono, Mark A.: Driving Independence and Innovation through Imagination. The NFB Blind Driver Challenge, Braille Monitor (December 2009), <https://www.nfb.org/images/nfb/publications/bm/bm09/bm0911/bm091103.htm> vom 10.06.2021.
- 54 Mele, Dana M.: »The Quasi-Autonomous Car as an Assistive Device for Blind Drivers: Overcoming Liability and Regulatory Barriers«, in: Syracuse Journal of Science & Technology Law 28 (2013), S. 26-64, hier S. 30f.
- 55 Sucu, Burkay/Folmer, Eelke: »The blind driver challenge«, in: Sri Kurniawan (Hg.): Proceedings of the 16th International SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility, October 20-22, 2014, Rochester, New York, USA. New York, NY: ACM 2014, S. 3-10.
- 56 Hong, D.: Making a car for blind drivers, YouTube 3.6.2011, <https://www.youtube.com/watch?v=O2OQxHNVLNY> vom 10.6.2021.

rechtliche Fragen der Haftbarkeit – und damit auch die generelle Einführung solcher Systeme – ungeklärt.⁵⁷

Die großen Tech-Firmen wie Google sind jedoch weiter daran interessiert, Projekte bezüglich blinder Fahrer:innen zu entwickeln – nicht zuletzt um ihre Diversity- und Accessibility-Projekte voranzutreiben.⁵⁸ 2012 wurde etwa ein Toyota Self-Driving Car für eine Testfahrt genutzt.⁵⁹ Der dazugehörige Filmclip wurde in Zusammenarbeit mit dem Morgan Hill Police Department und dem Santa Clara Valley Blind Center San Jose produziert: Der damalige Präsident des Centers, Steve Mahan sucht in Begleitung eines Technikers im umgebauten Toyota einen Drive-In auf und hält bei einer Kleiderreinigung. Das selbst-fahrende Google-Auto versetzt den blinden Fahrer scheinbar in die Lage, den Vorort zu verlassen, um tägliche Erledigungen zu machen. Doch das Filmexperiment (bei dem es keinen Gegenverkehr gibt) lässt offen, wie Mahan dem Fahrzeug die Ziele ansagt oder Parkplätze gefunden werden. Die Bedingungen für die gelingende Kommunikation von blindem Fahrer und selbstfahrendem Auto bleiben unklar.

Die Entwicklungsabteilungen großer Firmen und Forschungslabore schlagen autonomes Fahren für Menschen mit Sehbehinderungen folglich als Modell für eine individualisierte, motorisierte Fortbewegung vor, die sich nahtlos in das System der Automobilität einzufügen scheint.⁶⁰ Insofern ist es wahrscheinlich, dass weiter an Self-Driving Car für blinde Menschen gearbeitet wird. Ob ein solches Modell jedoch für blinde Menschen eine geeignete und finanziell erreichbare Mobilitätsform darstellt, muss sich erst noch zeigen.⁶¹ Vor diesem Hintergrund sind Pilotprojekte wie »HEAT«, ein autonom fahrender Kleinbus der Hamburger Hochbahn überaus spannend, die u.a. bereits von Heiko Kunert, Geschäftsführer beim Blinden- und Sehbehindertenverein Hamburg e.V. (BSVH), ausführlich bezüglich der Barrierefreiheit für blinde Menschen getestet wurden.⁶²

57 D. M. Mele: »The Quasi-Autonomous Car«, S. 27f.

58 G. Goggin: »Connected Cars«.

59 »Self-Driving Car Test: Steve Mahan (Audio Described)«, Google 28.3.2012, <https://www.youtube.com/watch?v=peDyzstzXpQ> vom 10.6.2021.

60 M. Sheller/J. Urry, »The City and the Car«.

61 Vgl. Blanck, Peter: »Disability Inclusive Employment and the Accommodation Principle: Emerging Issues in Research, Policy, and Law«, in: *Journal of occupational rehabilitation* 30 (2020), 505-510.

62 <https://twitter.com/BSVH/status/1328352184380121090> vom 10.6.2021

5. Fazit

In den 1970er Jahren wurde in Deutschland darüber diskutiert, ob Menschen mit Behinderungen überhaupt Autos fahren sollten oder dürften.⁶³ Daran zeigt sich eine vorherrschende defizitorientierte Sichtweise auf Behinderung. Wie oben erläutert wurde, weisen adaptiertes Zubehör und umgebaute Fahrzeuge auf einen Paradigmenwechsel hin, sodass auch Fahrer »mit Handicap« denkbar wurden. Wenn nun gegenwärtig autonome Fahrzeuge sowie deren Nutzung durch Menschen mit Behinderungen im Gespräch sind, so verschieben sich die Koordinaten von Assistenzsystemen und motorisierter Mobilität ein weiteres Mal. Wenn, wie eingangs beschrieben, das Assistenzsystem mit-handelt und die Relation von Fahrer:in-Körper und Fahrerkabine wichtig für die Stabilisierung des Fahrvorgangs ist, scheint nunmehr nicht mehr nur der männliche Normkörper im Zentrum zu stehen, sondern auch körperliche Variabilität zur Kenntnis genommen zu werden.

Angesichts einer Fokussierung auf autonome und elektrisch motorisierte Individualmobilität möchten wir hier mit Georgina Kleege auf die soziale Bedeutung des öffentlichen Nahverkehrs hinweisen. Der städtische – und in Zukunft autonom fahrende – Bus wäre, wie Kleege treffend bemerkt, etwas, das eine signifikante Bindung (»bond«) zwischen den Fahrgästen stiften kann. In *Sight Unseen* schreibt die blinde New Yorkerin über eine Busfahrt, die sie zum Nachdenken über die Begriffe »handicapped«, »challenged« und »disabled«⁶⁴ anregt:

Those of us who could, gazed through the window, looking down at the unchallenged in their cars, complacent in their independence, their unobstructed door-to-door mobility. Someday some of them will join us on the bus – sooner rather than later, given the way some of them drive. When it happens, we will do what we can do for them. We'll give up our seat. We'll announce their stop, reach for the button to ring the bell, take an extra moment to explain. We've been riding the bus long enough to sense what's needed. [...] The bus is no more perfect than the world outside. But that day it felt right to us. It was where we all belonged.⁶⁵

63 Köbsell, Swantje: Wegweiser Behindertenbewegung. Neues (Selbst-)Verständnis von Behinderung. Neu-Ulm: AG-SPAK-Bücher 2012, S. 10.

64 Kleege, Georgina: *Sight unseen*, New Haven: Yale University Press 1999, S. 41.

65 Ebd., S. 42.

Eine gegenseitige Akzeptanz (»mutual acceptance« ebd.) ist in dieser Situation ausschlaggebendes Charakteristikum der gemeinsamen Fahrt. Letztere wird dabei auch mit Techniken der Assistenz angereichert. Etwa wenn es darum geht, dass jemand gerade nicht an den Halteknopf heranreicht, die Haltestelle individuell angesagt wird oder Mitfahrenden andere Details erklärt werden. Herausforderungen und Handicaps, die nur gemeinsam gelöst werden können, gibt es folglich zur Genüge und bei allen Fahrgästen: »Simply by being on the bus we announce our difference, our specialness, our handicap.«⁶⁶ Zugleich bleibt fraglich, ob und in welchem Sinne jene Personen außerhalb des öffentlichen Busses tatsächlich »unchallenged« sind, könnten sich unter ihnen ja auch adaptierte Vans mit heterogener Besatzung befinden. Die Trennlinie bleibt folglich unscharf. Grenzziehungen bedürfen immer einer genauen Reflexion und Prüfung, inwiefern solche Automobilitätsformen nicht nur weitere Freiheitsgrade übersetzen, sondern womöglich einem Mehr an Gerechtigkeit bezüglich der Mobilität dienen können. Zentral scheint dabei für das gemeinsame, assistierte Fortkommen jedenfalls eine wechselseitige Abhängigkeit zu sein – in Abgrenzung zum Autonomie-Begriff, der so oft in den Debatten um das Autonome Fahren angeführt wird. Wie Gerard Goggin betont:

All of us depend on others, and on various support systems, including increasingly technological systems, for our lives. This is immediately applicable as a corrective to the recurrent strain in work on robotics, intelligent systems, and other technology that puts a strong emphasis on and often valorizes autonomy [...]. This constitutive contradiction is especially salient in notions of »self-driving« or »driverless« cars or »autonomous vehicles,« where the assembling of the social in such emergent technologies of mobility and communication remains largely occluded.⁶⁷

Die Anstrengungen, die eine Mobilität für Alle betreffen, gehen gegenwärtig weiter – ob es nun um Busrampen, ebenerdige Einstiegsmöglichkeiten bei der Tram oder Behindertenparkplätze⁶⁸ und andere öffentliche Infrastruk-

66 Ebd.: S. 41.

67 G. Goggin: »Connected Cars«, S. 2764)

68 Stone, Donald H.: »You Take My Space, I Take Your Air: An Empirical Study of Disabled Parking and Motor Vehicle Laws for Persons with Disabilities«, in: Ohio Northern University Law Review 33/2 (2007), S. 665-714.

turen (z.B. Gehwege) geht.⁶⁹ So scheinen viele Menschen im Kontext individualisierter Automobilität weiterhin von aktuellen Mobilitätsversprechen und -anforderungen ausgeschlossen, sei es aufgrund von Alter (Kinder, Senior:innen), sozialer Schicht oder Zugehörigkeit sowie Behinderung.⁷⁰ Die Zugänglichkeit von Bussen, Bahnen und Flugzeugen mag sich schrittweise gebessert haben. Doch der Mangel an (der Bereitstellung von) entsprechenden finanziellen Mitteln sowie die prekäre ökonomische Situation vielerorts – besonders im globalen Süden – wird womöglich dazu führen, dass ›smarte‹ Mobilität weiterhin auf einen kleinen Kreis von Menschen beschränkt bleibt. Die Frage bleibt also, wie in Zeiten des digitalen Datenkapitalismus Mobilitätsgerechtigkeit erreicht und Formen autonomen Fahrens für alle zugänglich gemacht werden können.

69 S. Köbsell: Wegweiser Behindertenbewegung, S. 10.

70 Martin, George T.: Sustainability prospects for autonomous vehicles. Environmental, social, and urban. London, New York: Routledge 2019.

Bildschirm-Kamera-Autos

Selbstfahrende Automobile im filmischen Imaginären

Sonia Campanini

Die Verbindungen zwischen Autokultur und audiovisuellen Medien sind in der Film- und Medienwissenschaft auf verschiedenen Ebenen und mit diversen Ansätzen erforscht worden, indem das Auto als Medium der Mobilität berücksichtigt wurde oder seine Repräsentation in Filmen und anderen Medien untersucht wurde.¹ Selbstfahrende Autos² stellen die Film- und Medienwissenschaft vor neue Herausforderungen: autonome Fahrzeuge können als komplexe mediale Umgebungen bzw. Ökosysteme verstanden werden, in denen vielfältige audiovisuelle Konfigurationen stattfinden. Bereits lange bevor es die ersten selbstfahrenden Prototypen in der Autoindustrie gab, wurden autonome Autos in Filmen und Fernsehsendungen repräsentiert, vom Science Fiction über den Fantasy-Film bis hin zu TV-Serien. Selbstfahrende Autos wurden als Hauptcharakter in filmischen Erzählungen gezeigt und personifiziert, wie in den berühmten Fällen des Volkswagen Beetle Herbie in *THE LOVE BUG* (USA 1968, R: Robert Stevenson), des sprechenden Autos K.I.T.T. aus der NBC TV-Serie *KNIGHT RIDER* (USA 1982-1986) und des Batmobile

-
- 1 Vgl. u.a. McLuhan, Marshall: *Understanding Media. The Extensions of Man*, New York: McGraw Hill 1964; Friedberg, Anne: *The Virtual Window. From Alberti to Microsoft*, Cambridge: MIT Press 2006; Beckman, Karen: *Crash. Cinema and the Politics of Speed and Stasis*, Durham: Duke University Press 2010.
 - 2 Ich benutze im Text die Begriffe autonomes Auto und selbstfahrendes Auto als Synonyme. Die zwei Begrifflichkeiten wecken aber unterschiedliche Implikationen und Suggestionen. Während der Begriff selbstfahrendes Auto eher den Akzent auf die Fähigkeit setzt, selbstständig zu fahren, weckt der von autonomen Auto die Idee von Autonomie und Unabhängigkeit des Autos von den menschlichen Akteur:innen. Zur komplexen Bezeichnung von Autonomie in diesem Kontext siehe die Einleitung zu diesem Band.

aus den verschiedenen Filmen und TV-Serien des Batman Franchises: *BATMAN* (USA 1966, R: Leslie Martinson), *BATMAN* (USA 1989, R: Tim Burton), *BATMAN FOREVER* (USA 1995, R: Joel Schumacher).

In der heutigen Zeit haben sich autonom fahrende Autos von der großen Leinwand und den kleinen Bildschirmen in unsere Realität und eigene Erfahrung bewegt. Wir sind Zeugen der technologischen Verwirklichung dieser kinematografischen Fantasien und audiovisuellen Vorstellungen. In diesem Aufsatz³ möchte ich einige Verbindungen zwischen dem filmischen Imaginären autonom fahrender Autos und realen selbstfahrenden Autos ziehen. Mit dem Begriff filmischen Imaginären beziehe ich mich auf Repräsentationen in Filmen und TV-Serien, die das westliche kulturelle Imaginäre und kollektive Gedächtnis auf unterschiedliche Weise geprägt haben. Fabian Kröger hat in seiner Studie über Repräsentationen von selbstfahrenden Autos in unterschiedlichen Medien (vor allem Literatur und Film) eine umfassende Reihe interessanter Beispiele präsentiert.⁴ Ich konzentriere mich auf bekannte filmische Beispiele mit dem Ziel, die Formen der Interaktion zwischen Mensch und Maschine anhand der Begriffe *Agency*, *disengagement* und *Assemblage* zu untersuchen.

Der Austausch von *Agency* und Handlungsmacht zwischen menschlichem und maschinellen Akteur ist ein entscheidender Moment im realen autonomen Fahrerlebnis, in dem ein:e Fahrer:in das Lenkrad loslässt, den Fuß vom Pedal hebt, die Kontrolle über das Fahrzeug abgibt und das Auto das Fahren übernimmt. Situationen in denen die Maschine das Fahren übernimmt oder der/die menschliche Fahrer:in die Kontrolle über das Fahrzeug zurückerlangt, werden als Momente des *disengagement* definiert. Solche Momente, die den Verzicht auf Handlungsmacht und Kontrolle abgrenzen, stellen eine Herausforderung bei der Entwicklung selbstfahrender Autos dar: Tests zeigen, dass der/die menschliche Fahrer:in nicht immer bemerkt, wenn das autonome Fahrsystem an seine Grenzen stößt oder einen Fehler macht, und sie oder er nur mit Schwierigkeiten, insbesondere in Notsituationen, die Kontrolle über das Fahrzeug zurückerlangt. Ich betrachte das Thema der *Agency*

3 Dieser Aufsatz ist eine überarbeitete Übersetzung von Campanini, Sonia: »Screen-Camera-Cars: Audiovisuality in Self-Driving Cars«, in: *Film Studies* 21/1 (2019), S. 53-64.

4 Vgl. Kröger, Fabian: »Das automatisierte Fahren im gesellschaftsgeschichtlichen und kulturwissenschaftlichen Kontext«, in: Markus Maurer et al. (Hg.): *Autonomes Fahren, Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*, Heidelberg: Springer 2015, S. 41-67.

und Handlungsfähigkeit in filmischen Repräsentationen, also wie der Mensch und die Maschine in der Konfiguration autonomen Fahrens ihre Handlungsmacht verhandeln. Anhand dieser Analyse definiere ich den Zusammenhang zwischen Mensch und K.I. Maschine in der Konfiguration autonomer Autos in Bezug auf die theoretischen Konzepte des *socio-technical assemblage* (Weber und Suchman) und *ensamble* (Stiegler, Simondon). Mein Ansatz ist es, das Auto als Medium in seinem sozio-technologischen Milieu zu betrachten, dem Vorschlag des Medienwissenschaftlers Marshall McLuhan folgend:

A structural approach to a medium means studying its total operations, the *milieu* that it creates – the environment that the telephone or radio or movies or the motor car created. One would learn very little about the motor car by looking at it simply as a vehicle that that carried people hither and thither. Without understanding the city changes – the environment it created – one would learn very little about the motor car. The car then has never been studied structurally, as a form.⁵

Mit diesem Ziel untersuche ich die ersten Auftritte selbstfahrender Autos im amerikanischen medialen Imaginären. In Filmen und Serien wie THE LOVE BUG und KNIGHT RIDER hebe ich die Beziehungen zwischen den Repräsentationen selbstfahrender Technologien und der gegenwärtigen Realisierung und Aktualisierung hervor. Ich betrachte die Rolle der audiovisuellen Medien und Kamera-/Bildschirmgeräte bei der technologischen Konfiguration selbstfahrender Autos und definiere diese Fahrzeuge als Bildschirm-Kamera-Autos (*screen-camera-cars*), d.h. Medien, deren Funktionsweise auf dem Zusammenspiel von Automatisierungstechnologien und Technologien der audiovisuellen Reproduktion beruht. Ich gehe auf Fragen zur Interaktion Mensch-K.I. in der Konfiguration des selbstfahrenden Autos ein, nämlich Automatisierung, Handlungsfähigkeit und *disengagement*.⁶ Diese Themen tauchen in diversen filmischen Darstellungen selbstfahrender Autos im Hollywood-Kino der 1990er und 2000er Jahre auf, die ich mithilfe der Fallbeispiele TOTAL RECALL (USA 1990, R: Paul Verhoeven), MINORITY REPORT (USA 2002, R: Steven Spielberg) und I, ROBOT (USA 2004, R: Alex Proyas) im zweiten Teil dieses Aufsatzes analysiere.

5 Stearn, Gerald Emanuel: McLuhan Hot and Cool, Penguin: Harmondsworth 1968, S. 316.

6 Ich benutze in diesem Aufsatz das englischen Wort *disengagement*, da es keine zutreffende Übersetzung dieser Begrifflichkeit auf Deutsch gibt.

Die Mensch-K.I. Maschine-Interaktion ist der Hauptfokus meiner Untersuchung, um die die Fallstudien und theoretischen Fragen organisiert sind. Filmische Darstellungen (mit diesem Begriff beziehe ich mich auch auf Darstellungen in TV-Serien) bieten in der Tat eine gemeinsame Grundlage für die Artikulation und Verhandlung technologischer und gesellschaftlicher Veränderungen. Diese Darstellungen führen neue Technologien ein und fördern sie, weisen aber auch auf ihre Herausforderungen und Probleme hin. In den untersuchten Fallbeispielen bieten filmische Darstellungen einen Katalog von Prototypen für selbstfahrende Autos, aber auch eine Bestandsaufnahme möglicher Situationen und Interaktionen der Mensch-K.I.-Maschine-Konfiguration. In diesem Sinne machen sie das Publikum zunehmend mit der neuen Technologie vertraut, schlagen eine Reihe von Verhaltensweisen mit der Maschine vor und tragen dazu bei, ein Gefühl von Vertrauen oder Misstrauen aufzubauen. Aus diesen Gründen halte ich es für produktiv, filmische Darstellungen und das soziotechnisch Imaginäre zu untersuchen, um die Entwicklung neuer Technologien und ihre Integration in zeitgenössische Gesellschaften zu verstehen. In diesem Rahmen analysiere ich Beispiele für die Darstellungen selbstfahrender Autos in Filmen und Fernsehserien, um einige Merkmale dieser frühen autonomen Automobilvorstellungen zu identifizieren und narrative Konstrukte zu erkennen, die die Interaktion zwischen Mensch und selbstfahrenden Maschinen symbolisieren.

Selbstfahrende Autos in filmischen Imaginären: Herbie der Archetyp, K.I.T.T. der Prototyp

Eines der ersten Erscheinungen selbstfahrender Autos findet sich in dem kurzen Werbe- und Bildungsfilm *THE SAFEST PLACE*, der 1935 von Jam Handy für die Chevrolet Division von General Motors produziert wurde.⁷ Am Anfang des Films sagt eine männliche Stimme aus dem Voice-over, dass zwar die Mehrzahl der Unfälle zu Hause passiere, das Auto aber »the safest place to be« sei, wenn es von einem vorsichtigen Fahrer gefahren würde. Um diese Annahme zu untermauern, macht die männliche Stimme aus dem Voice-over folgende Vorhersage: »Wenn Hersteller jedes Auto mit einem automatischen

7 <https://archive.org/details/SafestPh1935> vom 11.6.2021. Den Hinweis auf den Film verdanke ich Fabian Krögers Aufsatz (2015).

Fahrmechanismus ausstatten, würde das Auto immer tun, was es tun sollte, wenn es auf der Straße ist: in der Spur bleiben, gefährliche Spurwechsel vermeiden, Ampeln und Verkehrsregeln respektieren.« Begleitend zu diesen Worten sehen wir ein Chevrolet-Auto, das von selbst, ohne Fahrer aus der Fabrik auf die Straße fährt. In der folgenden Einstellung wird die Kamera auf dem Rücksitz platziert. Während niemand vorne auf dem Fahrersitz sitzt, lenkt das Lenkrad von allein damit das Auto die Spur hält. Der Film sieht die Möglichkeit eines fahrerlosen Autos als sichersten Fahrmodus vor und alle möglichen Gefahren im Straßenverkehr von menschlichem Verhalten verursacht. Im letzten Teil nimmt der Film einen pädagogischen Ton an, wobei die Stimme aus dem Voice-over auf sicheres Fahrverhalten hinweist, damit das »Zuhause auf Rädern« zum sichersten Ort werden kann. Dieser Kurzfilm problematisiert bereits 1935 eines der Hauptthemen der Realisierung selbst-fahrender Autos, nämlich die Frage der Sicherheit in Bezug auf die Mensch-Maschine-Interaktion.

Die Schwierigkeiten und Herausforderungen der Mensch-Maschine-Interaktion sind im Film *THE LOVE BUG* Stevenson, 1968 zum Ausdruck gebracht, der ersten von fünf Walt Disney-Komödien, die sich auf den perlweißen Volkswagen-Käfer namens Herbie konzentrieren.⁸ Die erste Szene, in der Herbie die Kontrolle übernimmt, während Jim Douglas (Dean Jones) fährt, spielt auf der Autobahn: Das Auto bremst plötzlich, kehrt um und wechselt die Richtung, bis es schließlich den Rolls Royce des Autohändlers Peter Thorndyke (David Tomlinson) trifft, welcher Herbie beleidigt hatte und seinen Wert im Vergleich zu anderen Luxusautos diskreditierte. Anschließend fährt Thorndykes Assistentin und Autospezialistin Carole Bennet (Michele Lee) mit Douglas, um das Auto zu testen. Während Bennet fährt, funktioniert das Auto ohne Probleme, wohingegen Herbie unter Douglas Steuerung aus eigenem Willen an einer Ampel das Tempo anzieht, um das Auto mit dem jungen Paar, das Herbie gerade noch verspottet hat, zu überholen. Herbie wird im Film als anthropomorphes Auto dargestellt: Er kann nicht nur alleine fahren, sondern scheint auch ein gewisses Bewusstsein und Sensibilität zu haben, wobei er Emotionen wie Eifersucht und Liebe spürt und entsprechend reagieren kann. In diesen beiden Szenen wird das Auto

8 Der Erfolg des Filmes brachte vier Fortsetzungen hervor: *HERBIE RIDES AGAIN* (USA 1974, R: Robert Stevenson), *HERBIE GOES TO MONTE CARLO* (USA 1977, R: Vincent McEveety), *HERBIE GOES BANANAS* (USA 1980, R: Vincent McEveety), und *HERBIE: FULLY LOADED* (USA 2005, R: Angela Robinson).

als ein Charakter dargestellt, der empfindlich ist, sich aufspielt, und sein Ansehen schützen will. Herbie ist eines der bekanntesten selbstfahrenden Autos auf der großen Leinwand und blieb über Generationen im kinematografischen Imaginären, Fankulturen und kulturellem Gedächtnis bestehen. Herbie stellt also eher einen Archetyp als ein Prototyp des selbstfahrenden Autos dar, weil sein autonomes Handeln von einer magischen und mysteriösen Kraft hergeleitet wird, während ein Prototyp-Charakter auf der Basis technologischer Prinzipien funktionieren würde.

In diesem Sinne gilt als Paradebeispiel des Prototyps selbstfahrender Autos der legendäre Charakter K.I.T.T., auch bekannt als Knight Industry Two Thousand, aus der von NBC von 1982 bis 1986 ausgestrahlten Fernsehserie *Knight Rider*.⁹ Der Vergleich zwischen den Charakteren von Herbie und K.I.T.T. ist für meine Untersuchung relevant, um die Idee von Archetyp und Prototyp selbstfahrender Autos im kinematographischen Imaginären anzudeuten. K.I.T.T. und Herbie sind beide anthropomorphe Autos, die eine individuelle Persönlichkeit und menschliches Verhalten zum Ausdruck bringen, wobei K.I.T.T. im Gegensatz zu Herbie durch Sprache mit Menschen kommunizieren kann. Während Herbie ein archetypisches autonomes Auto mit mechanischer Struktur und übernatürlichem Bewusstsein ist, stellt K.I.T.T. einen Prototyp selbstfahrender Autos dar, das mit Elektronik-, Video- und Radartechnologien ausgestattet ist und dank künstlicher Intelligenz funktioniert. K.I.T.T. wurde in Serien-Werbematerialien als »erstes intelligentes Auto« beworben und kann als echter Prototyp für selbstfahrende Autos angesehen werden: Es fährt autonom, besitzt künstliche Intelligenz und kann mit Menschen über Sprache kommunizieren. Während Herbie die Funktion eines freundlichen Helfer oder Haustiers hat und dem Mensch untergeordnet ist, repräsentiert K.I.T.T. einen Charakter, der auf demselben Niveau wie Menschen unabhängig agieren kann.

Protagonist der Serie ist Michael Knight (David Hasselhoff), ein ehemaliger Polizeidetektiv in Los Angeles, der nach einer Schießerei eine neue Identität erhält und ein Verbrechensbekämpfer für die von Devon Miles (Edward Mulhare) geleitete Foundation for Law and Government wird. Miles stellt in der ersten Episode Knight das K.I.T.T.-Auto, einen schwarzen Pontiac Firebird Trans Am, zur Verfügung, der ihm als Werkzeug und Begleiter zur Verbrechensbekämpfung dienen wird. Die Fähigkeit der sprachlichen Kommu-

9 Die Serie wurde ein Franchise mit den Spin-off-Serien TEAM KNIGHT RIDER (1997-98) und KNIGHT RIDER (2008-2009).

nikation unterstreicht der rote Lichtstreifen am Kühlergrill, der wie eine Art Mund leuchtet, wenn K.I.T.T. spricht. In den ersten Episoden tritt K.I.T.T. als ein echter Co-Protagonist mit einer definierten Persönlichkeit auf: Knight nennt K.I.T.T. »pak« als wäre es sein bester Freund, ihre Beziehung entwickelt sich im Laufe der Serie. Es ist daher zu betonen, dass K.I.T.T. ein bestimmtes Gendering¹⁰ des autonomen Autos darstellt: der Charakter ist stark männlich konnotiert, in erster Linie mit der Verwendung einer sehr wiedererkennbaren männlichen Stimme, die von William Daniels synchronisiert wurde. Die Dialoge zwischen K.I.T.T. und Knight, die eine wichtige Rolle bei narrativen Konstruktionen der Folgen spielen, sind als Austausch zwei männlicher Akteure dargestellt.

Die Szene, in der das Auto K.I.T.T. seinen ersten Auftritt in der Pilotfolge hat, ist bedeutend für die Identifizierung einiger Hauptmerkmale selbstfahrender Fahrzeuge im Imaginären. Diese Merkmale bilden eine bestimmte Idee und Vorstellung der Technologie und sind mit gewissen Versprechen verbunden. Miles stellt Knight K.I.T.T. als das »schnellste, sicherste, stärkste Auto der Welt« vor, weil es vollständig von Mikroprozessoren betrieben wird. Sicherheit, Zuverlässigkeit und Schnelligkeit werden als Versprechen dieser Technologie thematisiert. Die Relevanz der Elektronik für K.I.T.T.s Funktionsweise wird durch das Armaturenbrett dargestellt, das voll von Tasten und Schaltern ist und zwei VRC-Monitore auf der rechten Seite hat.¹¹ Um die Stärke des Autos zu beweisen, schlägt Miles das Auto mit einem Hammer: Das Fahrzeuggehäuse bleibt intakt, da es aus einem fast unverwüchtlichen Material besteht. Nach dieser Demonstration steigt Knight zum ersten Mal ins Auto und erlebt, wie er ohne Konsequenzen gegen eine Wand fahren kann. Miles erklärt, dass das Auto im »normalen Modus« von einem Menschen gefahren werden kann und wenn es sich im »Auto-Modus« befindet vollautomatisch selbst fahren kann. Auch diese Merkmale finden sich in realen Autos wieder.

Knight testet K.I.T.T. auf der Straße. Das Auto beschleunigt autonom, wechselt die Spur, überholt einen Lkw, der mit voller Geschwindigkeit fährt,

10 Zum Thema Autonome Autos und Gender vgl. Jutta Weber und Fabian Kröger: »Autonomous Driving and the Transformation of Car Cultures«, in: *Transfers – Interdisciplinary Journal for Mobility Studies* 8/1 (2018), S. 15-23.

11 Das K.I.T.T.-Fahrzeug hatte einen großen Einfluss auf kinematografische Imaginäre und Fankulturen, wobei Fans exakte Nachbildungen von K.I.T.T. nachbauen, indem sie ein selbst-gebautes K.I.T.T. Armaturenbretts zu schwarzen Pontiac Firebird Trans Am Exemplaren anstellen.

bremst und hält am Straßenrand an. Miles versichert Knight, dass das Auto niemandem schaden wird, denn es ist »entworfen, um das menschliche Leben zu bewahren« und insbesondere Knights Leben. Der Autopilot sei in der Tat in der Lage, jede Art von Kollision zu vermeiden. Knights Reaktion ist voller Ungläubigkeit und Erstaunen und wird in seinem Ausruf »Mein Auto denkt?!« zusammengefasst. Die menschliche Reaktion auf ein denkendes und intelligentes Auto, das seine eigenen Entscheidungen trifft und das Fahren kontrolliert, kann in der Tat voller Unbehagen sein, wie man es heutzutage erleben könnte, wenn man zum ersten Mal in einem Tesla fährt. Das K.I.T.T.-Auto umfasst viele Eigenschaften von selbstfahrenden Autos: Es verfügt über einen Autopiloten, der durch in das Armaturenbrett integrierte Kameras und Bildschirme funktioniert. Wie in realen autonomen Fahrzeugen nutzt K.I.T.T. Radare und Sonare, um die Umgebung zu analysieren und Hindernisse während der Fahrt zu erkennen und zu vermeiden. Der K.I.T.T. Bordcomputer kann als Prototyp der Advanced Driver Assistance Systems (auch ADAS genannt) betrachtet werden. Das Fahrerassistenzsystem besteht aus einem Computer, der selbstfahrende Vorgänge wie lenken, bremsen und beschleunigen in aktuellen selbstfahrenden Autos steuert.

Selbstfahrende Autos als Screen-Camera-Cars

Die heutigen selbstfahrenden Autos stützen sich alle auf die bereits erwähnten Advanced Driver Assistance Systems sowie auf audiovisuelle Medien, die die Außenwelt dem Autopilot vermitteln und die Interaktion mit der Umgebung ermöglichen. Man kann es so formulieren, dass selbstfahrende Autos dank optischer Kameras funktionieren. In einem autonomen Auto können bis zu einem Dutzend Kameras eingesetzt werden. Diese Kameras sind vorne, hinten und an den Seiten verteilt, um einen 360-Grad-Bereich um das Fahrzeug erfassen zu können. Die Kameras sind die Hauptgeräte, die es dem Fahrzeug ermöglichen, die Umgebung um es herum zu sehen und wahrzunehmen, damit es mit ihm interagiert. Diese Kameras sind mit Bilderkennungstechnologien ausgestattet, die durch die Analyse bewegter Bilder verschiedene Elemente in der Umgebung erkennen, wie Fahrräder, Fußgänger und Gebäude. Neben Kameras tragen Radare und Lidar-Systeme auch dazu bei, Informationen über die äußere Umgebung zu sammeln. Beide dienen dazu, die Entfernung zu einem Ziel zu messen: Radare tun dies, indem sie Radiowellen aussenden, während Lidars Infrarotlicht ver-

wenden.¹² Straßenerkennungssysteme integrieren die Informationen aus Radargeräten, Lidar-Systeme und Kameras, um die externe Umgebung zu analysieren und zu navigieren.

Wenn Kameras, Radar und Lidar die Augen des Autos sind, die die Welt wahrnehmen und erkennen, dann befindet sich das Gehirn, das die Bilder und Signale interpretiert, im ADAS Bordcomputersystem. Die audiovisuellen Daten, die von diesen Aufzeichnungssystemen gesammelt werden, werden von der künstlichen Intelligenz des Autos verwendet, um die Umgebung zu interpretieren, Urteile zu fällen und letztlich Entscheidungen über das Vorgehen zu treffen. Die künstliche Intelligenz automatisierter Fahrsysteme basiert auf selbstlernenden Algorithmen, die selbstfahrende Funktionen ermöglichen und steuern. Bordcomputer verwenden gegenständliche und kognitive Modelle um Vorhersagen über die Bewegungen und Flugbahnen jedes Akteurs auf der Straße auszuarbeiten und dann entsprechende Entscheidungen zu treffen.¹³

Das Funktionieren der selbstfahrenden Fahrzeuge ist daher weitgehend von audiovisuellen Technologien, Computervision und künstlicher Intelligenz abhängig. In meiner Untersuchung bezeichne ich selbstfahrende Autos als Bildschirm-Kamera-Autos, da verschiedene Arten von Kameras, Bildschirmen und anderen audiovisuellen Geräten in eine komplexe mediale Konfiguration integriert sind, um das Funktionieren künstlicher Intelligenz und maschinellen Lernens zu ermöglichen. Ich unterscheide zwischen drei Arten audiovisueller Technologien, die in selbstfahrenden Autos installiert sind:¹⁴ Erstens den

-
- 12 Lidar (eine Abkürzung für light imaging, detection, and ranging) ist ein Gerät zur Vermessung von Entfernungen zwischen Objekten, das Objekte in der Umgebung mit gepulstem Laserlicht beleuchtet und die reflektierten Impulse mit einem Sensor misst. Die Ergebnisse werden in einer Punktwolke zusammengestellt, die eine 3D Map der Umgebung in Echtzeit darstellt.
- 13 Zur Beschreibung und Analyse des Lern- und Entscheidungsprozesses in selbstfahrenden Autos vgl. Mackenzie, Adrian: *Machine Learners. Archaeology of a Data Practice*, Cambridge: The MIT Press 2018; Sprenger, Florian: »Intervals of Intervention: Micro-decisions and the Temporal Autonomy of Cars«, in: Kyle Stine/Axel Volmar (Hg.): *Hard-wired Temporalities*, Amsterdam: Amsterdam University Press 2021, S. 157-176.
- 14 Vgl. Campanini, Sonia: »Exposed Auto-Mobility: Self-Driving Cars on Stage«, in: Diego Cavallotti/Simone Dotto/Andrea Mariani (Hg.): *Exposing the Moving Image. The Cinematic Medium Across World Fairs, Cultural Exhibition and Art Museums*, Milano-Udine: Mimesis 2018, S. 277-284. Der Aufsatz analysiert die BMW-Live-Multimediashow im Rahmen der Internationalen Automobilausstellung 2017 in Frankfurt, in der Prototypen selbstfahrender Autos präsentiert wurden.

audiovisuellen Technologien, die zur Analyse, zum Verständnis und zur Kontrolle der äußeren Umgebung verwendet werden, wie eingebauten Kameras, Radare, Lidar und Dashcams. Zweitens den In-vehicle-Sensortechnologien, die auf Gesichtserkennung, Echtzeit-Biometrie und Computervision basieren und unterschiedlichen Sicherheitszwecken dienen, zum Beispiel um zu erkennen, ob der Fahrer müde oder unaufmerksam wird. Drittens den audiovisuellen Dispositiven wie Touchscreens, Monitoren und Tablets, die im Auto und in das Armaturenbrett installiert sind, damit Mensch und Auto durch Stimmbefehle und Computersteuerungen interagieren können.

Audiovisuelle Technologien in selbstfahrenden Autos regulieren die Wechselwirkungen und Verhandlungen zwischen Mensch, Maschinen und Umwelt, die sowohl quantitativ als auch qualitativ in medienökologischen Systemen des zukünftigen Stadtverkehrs weiter wachsen werden. Autonome Autos sollen Ampeln, Schilder und Verkehrszeichen lesen und gleichzeitig mit anderen Autos, Fußgängern, Fahrrädern und Motorrädern interagieren. Die Modi der Mensch-Maschine-Interaktionen in dieser Konfiguration werfen eine Reihe von Fragen auf: Wie können wir den Automatisierungsprozess selbstfahrender Autos definieren? Wie interagiert die menschliche Autonomie mit der Maschinenautomation? Haben selbstfahrende Autos eine Agency bzw. Handlungsfähigkeit und wie steht das im Zusammenhang mit menschlicher Entscheidungsfreiheit? Wie werden Entscheidungsfähigkeit und Kontrolle in diesem System von menschlichen Fahrer:innen an die Maschine übergehen? Wie wird Selbstbestimmung und Entscheidungsfreiheit in diesem Zusammenspiel ausgeübt? Aus dieser Reihe von Fragen ergeben sich zwei Themen bei der Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Mensch, Maschine und Umwelt in der medialen Konfiguration des autonomen Fahrens: Automatisierung und Agency.

Wie von Florian Sprenger in der Einleitung dieses Bandes erläutert, sind selbstfahrende Autos nach einer Klassifizierung der Society of Automotive Engineers (SAE) und der National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) in fünf Stufen der progressiven Automatisierung unterteilt.¹⁵ In meiner Untersuchung wird die SAE/NHTSA-Klassifikation als eine Möglichkeit interpretiert, die Art der Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu messen, nämlich wie Kontrolle, Entscheidungsfreiheit und Macht während des Fahraktes zwischen Mensch und Maschine verteilt werden. Diese Klassifizierung reicht von Stufe 0 bis 5 und bestimmt die fortschreitende Zunahme

15 Vgl. dazu Florian Sprengers Einleitung in diesen Band.

der Kontrolle und Entscheidungsfreiheit auf der Maschinenseite und den entsprechenden Verlust der Kontrolle und des Freiheitsgewinns auf der menschlichen Seite. Auf Ebene 0 gibt es keine Automatisierung; der menschliche Fahrer steuert alle Fahrhandlungen und Aufgaben vollständig: Lenkung, bremsen, Gas und Kraft. Auf der anderen Seite der Skala bezeichnet Level 5 ein voll automatisiertes fahrerloses Auto, das völlig allein und von Menschen unabhängig überall und unter allen Bedingungen fahren und alle Fahraufgaben in jedem Fahrscenario ohne Kontrolle durch den Menschen ausführen kann. In der autonomen Fahrkonfiguration kommen zwei Gruppen von Agency ins Spiel, die dem Menschen und der Maschine zugehören: Während menschliche Fahrer:innen eine selbstbewusste vorsätzliche Handlung haben, haben selbstfahrende Autos eine automatisierte, rechenbasierte Agency.

Automation, Agency, Disengagement: *Total Recall, Minority Report und I, Robot*

Die Themen Automatisierung, Agency und Kontrolle über die Fahrsituation entstehen in Filmerzählungen einiger Hollywood-Blockbuster der 1990er und 2000er Jahre, die selbstfahrende Autos in futuristischen Kontexten präsentieren. Hier wird die Mensch-Maschine-Interaktion in selbstfahrenden Autos mit unterschiedlichen Facetten dargestellt, von Beispielen unproblematischer Beziehungen bis hin zu solchen, die einen direkten Konflikt darstellen. Durch die Analyse filmischer Darstellungen von Automatisierung, Agency und *disengagement* können wir meiner Meinung nach diese Themen besser verstehen und in einen Kontext setzen, mit denen wir in unserer sich abzeichnenden selbstfahrenden Realität konfrontiert sind und immer mehr konfrontiert werden.

Eine der ikonischsten Szenen in dieser Hinsicht stammt aus Paul Verhoevens *Total Recall*, einem Science-Fiction-Actionfilm aus den frühen 90er Jahren, in dem der Bauarbeiter Douglas Quaid (Arnold Schwarzenegger) in Spionage auf dem Mars verwickelt wird. Im ersten Teil des Films, der 2018 auf der Erde spielt, fährt Quaid mehrmals ein selbstfahrendes Taxi, das vom sprechenden Automaten Johnny, der Kopf und Oberkörper eines 50er-Jahre-Chauffeurs reproduziert, angetrieben wird. Johnny kann als Verkörperung eines ADAS Systems betrachtet werden, wobei der Automat die Illusion eines »echten« Fahrers gibt. Während Quaid von bewaffneten Verfolgern gejagt wird, tritt er ins selbstfahrende Taxi und wird vom Roboter

nach dem Ziel gefragt. Quaid wiederholt ›drive, just go!‹ aber Johnny erkennt in seiner Antwort kein Ziel und fährt das Auto nicht los. Um die sprachliche Zwickmühle aufzulösen, reißt Quaid den Roboter aus seiner Montage und übernimmt die Kontrolle über das Auto, indem er mit einem Joystick das Auto fährt und seinen Verfolgern entkommt. Bei der Flucht stürzt Quaid ab und das Taxi fängt Feuer. Die Szene thematisiert mögliche Grenzen und Probleme in der Kommunikation zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz in der selbstfahrenden Konfiguration, insbesondere in Bezug auf Sprache, Fehlkommunikation und deren Kodifizierung in bestimmten Situationen.

Momente des *disengagement* zwischen Fahrer und automatisierten Fahrsystemen werden in zwei Blockbuster-Science-Fiction-Actionfilmen aus den 2000er Jahren weiter problematisiert: *Minority Report* und *I, Robot*. Neben thematischen Analogien zwischen den beiden Filmen in Bezug auf die Darstellung dystopischer Zukunftsaussichten, in denen die menschliche Freiheit durch den Einsatz von Technologien reguliert und kontrolliert wird, setzen beide Filme eine ähnliche Produktionsstrategie zur Darstellung selbstfahrender Autos in die Praxis um, nämlich die Einbeziehung eines Automobilherstellers für die Gestaltung von Konzeptautos, die für die Dreharbeiten verwendet wurden. Für *Minority Report* hat Lexus, die Luxus-Sparte des japanischen Herstellers Toyota, den Lexus 2054 entwickelt, während *I, Robot* den von Audi konzipierten RSQ präsentiert. Beides sind Konzeptautos, die der Automatisierungsstufe 5 entsprechen und alleine, ohne menschliche Hilfe fahren können. Die Kooperationen zwischen Film- und Autoindustrie sind nicht nur Teil einer Produktplatzierungsstrategie mit Marketingzielen, sondern zeigen auch eine interessante Verbindung zwischen Kino- und Autokultur. Filmerzählungen werden zu einem Ort, an dem die Autoindustrie mit technologischen und Designlösungen für selbstfahrende Autos experimentieren kann.

In beiden Filmen erkennt man einen kritischen Umgang mit Mensch-Maschine-Interaktionen, auch im Hinblick auf selbstfahrende Autos, sowie mit den Themen freier Wille, technologischem Determinismus und Roboter-Agency. *Minority Report* spielt im Jahr 2054 in Washington, wo Verbrechen durch Vorhersagen von drei mutierten Menschen namens Precogs vom Pre-Crime Police Department verhindert werden. Der Film ist nach der Geschichte *The Minority Report* von Philip K. Dick adaptiert und wurde zuerst als eine Fortsetzung von *Total Recall* konzeptioniert, die auch von Dicks Kurzgeschichte *We Can Remember it for You Wholesale* inspiriert wurde. In der futuristischen

Stadtlandschaft von Washington besteht im Jahr 2054 der Verkehr größtenteils aus autonomen Fahrzeugen und der Mensch kann sich mit anderen Aktivitäten beschäftigen, während das Auto von selbst fährt. Straßen verzweigen sich horizontal und vertikal wie Rohre, in denen Autos wie rollende Bälle entlang gleiten. Im Film kann die künstliche Intelligenz des Autos auch gegen den Willen der transportierenden Person die Kontrolle übernehmen, wie es in der Szene geschieht, die den Ausweg des Protagonisten, PreCrime-Detektiv John Anderton (Tom Cruise), zeigt.

Nachdem Agent Danny Witwer (Colin Farrell) vom US-Justizministerium Precogs Vorhersage entdeckt hat, welche besagt dass Anderton in den nächsten 36 Stunden einen Mann töten wird, beschließt Anderton, aus dem Pre-Crime-Department zu fliehen. Er steigt in ein selbstfahrendes Auto, aber während er in einem Videoanruf mit seinem Chef spricht, kündigt die Stimme des Autos an, dass eine Sicherheitssperre aktiviert und das Ziel überarbeitet wird. Die künstliche Intelligenz des Autos registriert die Identität des Benutzers durch Iriserkennung und kommuniziert sie dem Rechenzentrum der Polizei, sodass Anderton sofort lokalisiert wird und das Auto den Auftrag erhält, die Flugbahn zu ändern, um ihn zurück ins Büro zu bringen. Es gibt keine Möglichkeit für Anderton die Sperre zu umgehen und die Kontrolle über das Fahren zu übernehmen. Er kann nur versuchen, aus dem Auto zu entkommen, indem er die Windschutzscheibe zertritt und aus dem Auto springt, während es mit voller Geschwindigkeit fährt. Diese Szene kann als eine mögliche Kritik einer *disengagement*-Situation gelesen werden, in dem die menschliche Entscheidungsfreiheit und die Handlungsmacht der Maschine kollidieren und der Mensch nicht in der Lage ist die Kontrolle über die Maschine zu übernehmen.

Nachdem er von seinen Kollegen aus dem Pre-Crime-Team gejagt wurde, muss Anderton Witwer entgegentreten. Die Begegnung spielt bezeichnerweise in einer Autofabrik, die vollautonom und unfallsichere Lexus 2054-Modelle produziert. Anderton und Witwer streiten sich auf einer bewegenden Plattform, die von in das Montageband eingesetzten Roboterarmen umgeben ist, bis Anderton in der Karosserie eines Autos gefangen wird, während Roboterarme die Teile des Autos um ihn herum zusammenbauen. Als das Auto das Fließband verlässt, taucht Anderton lebendig auf dem Vordersitz auf, übernimmt die Aufgabe des Fahrens und beschleunigt. Der Lexus 2054 begleitet Anderton bei der Entwicklung der Handlung im Film und wird zu einer so charakteristischen Ikone für den Film, so dass das Modell auch im Film *The Island* (Bay, 2005) verwendet wurde.

In *I, Robot* zeigt die filmische Erzählung Chicago im Jahr 2035, voll von Androiden und autonomen Autos. Der Protagonist Del Spooner (Will Smith) spielt einen Polizeidetektiv, der den Tod des Mitbegründers von U.S. Robotics untersucht, dem Unternehmen, das humanoide Roboter für kommerzielle Zwecke herstellt.¹⁶ Spooner hat ein tiefes Misstrauen gegenüber Robotern, nachdem er einen Autounfall erlebte, bei dem ein Roboter aufgrund einer Berechnung der Überlebenschance beschloss, ihn anstelle eines jungen Mädchens zu retten. Das Thema der Handlungsmacht von humanoiden Robotern spielt im ganzen Film eine zentrale Rolle. Spooners Auto ist der Audi RSQ, ein vollautonomes selbstfahrendes Sportcoupé. Das Auto hat Kugeln statt Räder und Schmetterlingstüren. Sein Äußeres erinnert deutlich an die Autoästhetik von Audi.

In der Szene der Verfolgungsjagd schläft Spooner im Auto, während es autonom fährt. Als Lastwagen der US Robotics das Auto umzingeln, wacht er auf und greift manuell ein, um so die Kontrolle über das Auto zu übernehmen. Aus den Lkws kommt eine Flotte humanoider Roboter heraus, die Spooners Auto angreift. Ein bedrohlicher Roboter zertrümmert die Windschutzscheibe und sagt: ›you are experiencing a car accident.‹ Nach einer Verfolgungsjagd mit hoher Geschwindigkeit, bei der das Auto zwischen zwei Lastwagen eingeklemmt wird, stürzt der Audi RSQ ab, aber trotz der zahlreichen Kollisionen hält die Karosserie und Spooner bleibt am Leben. In dieser Szene wird der Moment des *disengagement* vom menschlichen Akteur erfolgreich gemeistert: Spooner übernimmt das Fahren im richtigen Moment, während das Auto, wäre es weiter gefahren, zwischen den beiden Lastwagen zerquetscht worden wäre.

16 Das Unternehmen folgt den *drei Gesetzen der Robotik*, formuliert vom Science Fiction-Autor Isaac Asimov in der 1942 erschienen Kurzgeschichte *Runaround* aus dem Buch *I, Robot*: 1. Ein Roboter darf einen Menschen nicht verletzen oder durch Untätigkeit einem Menschen schaden lassen; 2. Ein Roboter muss den Befehlen gehorchen, die ihm von Menschen gegeben werden, es sei denn, solche Befehle würden mit dem Ersten Gesetz kollidieren; 3. Ein Roboter muss seine eigene Existenz schützen, solange ein solcher Schutz nicht mit dem Ersten oder Zweiten Gesetz kollidiert.

Mensch-Maschine Relationen als performative sozio-technische Assemblage

Die zwei analysierten Szenen aus *Minority Report* und *I, Robot* repräsentieren Mensch-Maschine-Beziehungen in selbstfahrenden Situationen und visualisieren Momente des *disengagement*, in denen der Austausch von Entscheidungsfreiheit und Kontrolle zwischen Mensch und Maschine thematisiert wird. Kritisch zu betrachten ist das Thema auch in realen selbstfahrenden Konfigurationen, wobei die Handlungsmöglichkeiten und -grenzen zwischen Mensch und Maschine nicht klar geschnitten, sondern verschwommen und verstrickt sind. Diese Filme präsentieren nicht nur technologische und designtechnische Lösungen selbstfahrender Autos für Marketingzwecke, sondern schlagen auch eine mögliche Bestandsaufnahme von Situationen und ein Vokabular von Verhaltensweisen für die Beziehung zwischen Mensch und selbstfahrenden Autos vor.

Laut Jutta Weber und Lucy Suchman, die im Artikel »Human-Machine Autonomies« die Automatisierung militärischer Systeme untersuchen, ist Agency kein festes Attribut und keine Fähigkeit, die einzelnen Akteuren (Mensch oder Maschine) immanent ist, sondern eine Wirkung von Subjekt-Objekt-Beziehungen, die verteilt und immer kontingent umgesetzt wird.¹⁷ Agency ist nach Weber und Suchan eine Praxis, die vom jeweiligen relationalen Kontext abhängt. Es geht dann um eine relationale Praxis die in einem bestimmten Netzwerk der Beziehungen zwischen Mensch und Maschine stattfindet und von diesem definiert wird. Das nennen Weber und Suchman die Mensch-Maschine-Assemblage (*human-machine assemblage*) oder sozio-technische Assemblage (*socio-technical assemblage*).¹⁸ Dieses Konzept der Assemblage kann meiner Meinung nach in Zusammenhang mit dem Konzept *human-technical ensamble* des französischen Philosophen Gilbert Simondon stehen. Simondon zufolge ist die Maschine keine absolute Einheit, sondern eine individualisierte technische Realität, die nach zwei Wegen offen ist: dem Weg des Verhältnisses zu den Elementen und dem Weg der interindividuellen Beziehungen

17 Suchman, Lucy/Weber, Jutta: »Human-machine autonomies«, in: Nehal Bhuta et al. (Hg.): *Autonomous Weapons Systems. Law, Ethics, Policy*, Cambridge: Cambridge University Press 2016, S. 99.

18 Ebd., S. 78

innerhalb des technischen Ensembles.¹⁹ Die Konzepte der *human-machine assemblage* und *human-technical ensemble* sind für meine Untersuchung nützlich, um die selbstfahrende Konfiguration zu definieren, in der *driving agencies* in einem Netzwerk von Beziehungen verteilt werden, das Menschen und Maschinen mit computergestützter Intelligenz umfasst.

Neben dem Begriff der Mensch-Maschine-Assemblage schlage ich vor, das Konzept der Performativität zu betrachten, um die besondere Mensch-Maschine-Beziehung in der Konfiguration des autonomen Fahrens begrifflich zu erfassen. Die Funktionsweise von Maschinen wird oft in Bezug auf das Konzept Operativität beschrieben, das heißt die Fähigkeit der Maschinen, bestimmte Handlungen nach einer Reihe von erhaltenen Anweisungen erfolgreich abzuschließen. Auf der anderen Seite sind Performance und Performativität in der Regel mit menschlichen Akteuren und den Zusammenhängen zwischen ihnen verbunden. Um die besondere Mensch-Maschine-Assemblage in der Konfiguration selbstfahrender Autos zu beschreiben, ist meiner Meinung nach das Konzept der Performativität fruchtbarer als das der Operativität. Während die Operativität die Maschine als ein einziges und autonomes Element angibt, berücksichtigt der Begriff der Performativität dagegen die verschiedenen Akteure in diesem Beziehungsnetzwerk. Ich beziehe mich hier auf ein umfassenderes Konzept der Performativität, das sowohl technologische Akteure als auch menschliche Akteure einbezieht, in Bezug auf das, was Bernard Stiegler als »generalised performativity of technics«²⁰ definiert und damit das Konzept *natural and technical milieux*.²¹ von Simondon ausarbeitet.

Im Anschluss an diese Verweise erscheint die Automatisierung selbstfahrender Autos nicht mehr als Eigenschaft der Maschine an sich, sondern als eine Eigenschaft des Beziehungsnetzwerk, das in der Mensch-Maschine-Interaktion stattfindet. Das Netzwerk betrifft erstens die Interaktion zwischen Mensch und Maschine innerhalb des selbstfahrenden Autos und zweitens die Interaktion zwischen selbstfahrenden Autos und anderen Fahrzeugen. Die Assemblage in der selbstfahrenden Fahrzeugkonfiguration umfasst

19 Vgl. Simondon, Gilbert: *On the Mode of Existence of Technical Objects*, Minneapolis: University of Minnesota Press 2017 [1958], S. 21.

20 Vgl. Stiegler, Bernard: *Technics and Time: 1. The Fault of Epimetheus*, Stanford: Stanford University Press 1998, S. 80.

21 Vgl. G. Simondon, *On the Mode of Existence*, S. 55.

alle Akteure des Straßenverkehrs: selbstfahrende Autos, vom Menschen betriebene Autos, Fußgänger:innen, Radfahrer:innen und Tiere.

In Anbetracht dieser Überlegungen definiere ich das Fahren als einen performativen Akt, eine gesellschaftliche Performance: Straßen sind die soziale Bühne, auf der die performativen Interaktionen zwischen menschlichen Akteuren, Fahrzeugen und Tieren sowie Architekturen und Infrastrukturen stattfinden. Darüber hinaus ist das Fahren eine gesellschaftliche performative Praxis, die geografisch und kulturell bestimmt ist. Über die nationalen Straßenverkehrsgesetze hinaus gibt es eine Reihe von ungeschriebenen Codes und Regeln, die sich auf jedes Land oder sogar jede Region beziehen. Es ist eine gängige Erfahrung, dass das Fahren in einem anderen Land oder sogar in einer anderen Region eine große Herausforderung sein kann; sie erfordert häufig eine Anpassung an ein neues soziales Regelwerk und Verhaltensweisen. In dieser Hinsicht stellen sich viele Fragen, wie z.B. inwieweit die künstliche Intelligenz eines Autos lernen kann mit einer Reihe ungeschriebener Regeln und kultureller Codes umzugehen, die in einem bestimmten regionalen Umfeld gültig sind. Nicht zuletzt ist das Fahren auch eine Leistungsaktivität, bei der Menschen bestimmte Persönlichkeitsmerkmale zum Ausdruck bringen: Wie können selbstfahrende Autos mit den verschiedenen menschlichen Fahrfiguren interagieren? Solche Fragen gehen über den Rahmen dieses Aufsatzes hinaus und bleiben daher für zukünftige Forschungen zu diesem Thema offen.

In diesem Beitrag habe ich die Verschränkung des kinematografischen Imaginären, der audiovisuellen Technologien und der künstlicher Intelligenz in Hinblick auf die Einführung selbstfahrender Autos in zeitgenössischen Gesellschaften diskutiert und bin dabei der Annahme gefolgt, dass filmische Darstellungen ein privilegierter Kontext sind, in dem technologische und gesellschaftliche Veränderungen artikuliert und verhandelt werden. Ich habe mich auf Automatisierung, Agency und *disengagement* konzentriert, die als zentrale Themen sowohl für audiovisuelle Darstellungen als auch für die Verwirklichung selbstfahrender Technologien zum Vorschein kommen. Das komplexe System zukünftiger Verkehrsumgebungen kann als Mensch-Maschine-Assemblage betrachtet werden, als ein Netzwerk von Interaktionen, das zu einer Live-Performance führt, einer Fahrchoreographie, in der Mensch und Maschine mit Hilfe audiovisueller Geräte und künstlerischer Intelligenz interagieren. In diesem hermeneutischen Rahmen tragen filmische Darstellungen dazu bei, den Wirkungszusammenhang zwischen Menschen und K.I.-Maschinen zu definieren und auszuhandeln und so den

Übergang selbstfahrender Autos vom futuristischen Imaginären zu realen Erfahrungen zu vermitteln.

Vom Fahrzeug zum Fahrding

Ein Heideggerianischer Kommentar zur Automatisierung des Fahrens

Suzana Alpsancar

1. Das Auto, kein bloßes Ding

Das Automobil war niemals ein bloßes Ding. Als Bertha Benz 1888 die erste Fernfahrt der Automobilgeschichte von Mannheim nach Pforzheim antrat, war es Ausdruck von Erfindergeist; ein Kuriosum, das seinen Platz in dem bestehenden Systemen des Verkehrs und Transports, zwischen Eisenbahn, Pferdekutschen, Straßenbahnen, Fahrrädern, Fußgänger:innen und anderem Fuhrwerk noch finden musste. Benz musste ihr Benzin von zuhause mitnehmen und über Apotheken am Wegesrand für die rund 100km nachfüllen. Orte zum Tanken entstanden rund 25 Jahre später, als die neuen Kraftfahrzeuge in ihrer ökonomischen Bedeutung nicht mehr zu ignorieren waren. Tankkioske waren z.B. ab 1923 in Hannover und Berlin von der Firma Olex anzufahren (siehe Abbildung 1).¹ Bis dahin kam der neuen Kombination aus Verbrennungsmotor und Gehäuse ein Sonderstatus zu, der auch darin Ausdruck fand, dass es mit der Kraftfahrzeugsteuer von 1906 als Luxusgut klassifiziert wur-

1 Rossner, Christiane: »Der Preis der Freiheit. Eine kleine Kulturgeschichte der Tankstelle«, in: Monumente. Magazin für Denkmalkultur in Deutschland (2015), <https://www.monumente-online.de/de/ausgaben/2015/4/der-preis-der-freiheit.php#.Xt3iPy17GT8> vom 12.05.2021.

de.² Für »neureiche[] Automobilisten«³ war es Mittel der sozialen Distinktion: Im Fahrtwind des modernen Vehikels wurden Passagiere der Eisenbahn zum gemeinen Volk, wirkte der Adel in seinen Privatkutschen antiquiert und die Landbevölkerung wurde zum wilden Mob (siehe Abbildung 2).

Abbildung 1: Olex-Tankkiosk mit Hebebühne, Berlin Wannsee um 1935.



Bildnachweis: akg-images/imagno/Austrian Archives (S) ©

Ungeachtet dieser Querelle zwischen den modernen Automobilisten und dem, gemessen an deren Selbstbeschreibung, antiquiertem Rest der Bevölkerung, nutzt Martin Heidegger in seinem 1927 veröffentlichtem frühen Hauptwerk *Sein und Zeit* den Straßenverkehr, um einen Kerngedanke seiner breit rezipierten Weltlichkeitsanalyse zu veranschaulichen. Im § 17 heißt es:

-
- 2 Schmucki, Barbara: »Automobilisierung. Neuere Forschungen zur Motorisierung«, in: *Archiv für Sozialgeschichte* 35 (1995), S. 582-597, hier S. 587.
 - 3 Rathmayr, Bernhard: »Das Automobil — eine Männergeschichte«, in: Ingo Bieringer/Walter Buchacher/Edgar J. Forster (Hg.): *Männlichkeit und Gewalt: Konzepte für die Jungenarbeit*, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften 2000, S. 213-219, hier S. 214.

Abbildung 2: »Ein unerwartetes Match«.



Bildnachweis: Allgemeine Automobil-Zeitung, Jg VII., Nr. 16, Bd. 1, Wien 22. April 1906, S. 17. Künstlervereinigung L'Estampe Sportive Artistique, Paris.

An den Kraftwagen ist neuerdings ein roter, drehbarer Pfeil angebracht, dessen Stellung jeweils, zum Beispiel an einer Wegkreuzung, zeigt, welchen Weg der Wagen nehmen wird. Die Pfeilstellung wird durch den Wagenführer geregelt. Dieses Zeichen ist ein Zeug, das nicht nur im Besorgen (Lenken) des Wagenführers zuhanden ist. Auch die nicht Mitfahrenden – und gerade sie – machen von diesem Zeug Gebrauch und zwar in der Weise des Ausweichens nach der entsprechenden Seite oder des Stehenbleibens. Dieses Zeichen ist innerweltlich zuhanden im Ganzen des Zeugzusammenhangs von Verkehrsmitteln und Verkehrsregelungen.⁴

Heidegger illustriert mit diesem Beispiel die Zuhandenheit der Umwelt in unseren alltäglichen Routinen. Auch knapp 100 Jahre später können wir die Zeichenfunktion am Beispiel des Straßenverkehrs nachspüren. Denn das Fortbewegen in diesem ist in hohem Maße über Signale, die wir uns geben, geregelt. Die Funktion des roten, drehbaren Pfeils, von dem Heidegger spricht, wurde später von Blinkern übernommen, heißt in der Sprache der Verkehrsord-

4 Heidegger, Martin: Sein und Zeit, Tübingen: Niemeyer 1979, S. 78.

nung Fahrtrichtungsanzeiger und wurde damals im Gros durch das Heben und Ausstrecken der Arme vollbracht.

Dieses Beispiel ist in mehrfacher Hinsicht sonderbar. Heideggers Zeug-Analyse wird in der Regel am Hammer rezitiert, dem aber, anders als dem Automobil, der Muff einer Romantisierung des Handwerks anhängt.⁵ Als Auto-Beispiel wiederum ist die Perspektive des Zitats ungewöhnlich, weil sie nicht gleich im Innenraum verschwindet, sondern auf den umweltlichen Zusammenhang abhebt. Ebenso ist bemerkenswert, dass Heidegger den Pfeil, der 1927 einer technischen Innovation gleichkam, nicht als Neuigkeit in den Blick nimmt, sondern als Vertrautes, mit dem man habituiert umgeht. Es trifft sich außerdem günstig, dass gestreckte Arme, wie wir es noch vom Radfahren kennen, Pfeile, Winker und Blinker in der heutigen Vision einer Car-to-x-Kommunikation im Grunde überflüssig werden und das Zitat zum Cliffhanger wird, mit Heidegger die Idee des autonomen Automobils zu durchdenken. Im ersten Schritt stelle ich hierzu Heideggers Perspektive der post-phänomenologischen Lesart seiner Technikbezüge gegenüber.

2. Es geht nicht um den Hammer

Heidegger beginnt viele philosophischen Überlegungen indem er in Frage stellt, was gemeinhin als selbstverständlich gilt. So auch in *Sein und Zeit*, wo es ihm um die Exposition der Frage nach dem Sinn von Sein geht. Drei Grundgedanken sind zum Verständnis von Heideggers Perspektive wichtig. Erstens ist für ihn Sein immer sinnhaft. Er sagt nicht, unser Leben erschiene uns per se sinnvoll. Gemeint ist, dass es uns nicht möglich ist, nicht sinnhaft dazu-sein. Wenn es stimmt, dass man nicht nicht kommunizieren kann, dann stimmt es umso mehr, dass man nicht nicht sinnhaft auf etwas bezogen sein kann. Zweitens behauptet er, wir seien unhintergebar immerzu (sinnhaft) auf etwas bezogen. Heidegger nennt es in allgemeiner Hinsicht in-der-Welt-Sein. Drittens ist Heidegger überzeugt, dass seine Frage nach dem Sinn von Sein (nach dem Sein überhaupt) in der Philosophiegeschichte seit Platons Sokrates bis zu seinen neukantianischen Kollegen übergegangen wurde.

Ihde und ihm folgend Peter-Paul Verbeek übergehen diese Bekenntnisse Heideggers. Wider sein Selbstverständnis ordnen sie ihn in eben jene phi-

5 Vgl. Ihde, Don: *Technology and the lifeworld. From garden to earth*. Bloomington: Indiana University Press 1990, S. 31-34.

losophische Tradition ein, wenn sie seine Denkweise als ›foundational‹, ›essentialist‹⁶ und ›transcendental‹⁷ ablehnen. Ich betone diesen Kontrast, weil ich herausstellen möchte, dass Ihde und Verbeek eine spezielle Lesart von Heidegger anbieten, aus der sich wiederum ihr eigenes Vor-Verständnis von Technik ableiten lässt.

2.1 Post-phänomenologische Mensch-Technik-Relationen

Aus dem phänomenologischen Grundgedanken des Bezogen-Seins, der Relationalität, konstruiert Ihde den Untersuchungsgegenstand der Post-Phänomenologie. Diese soll konkrete Mensch-Technik-Relationen studieren, um die spezifische Vermittlungsleistung der technischen Artefakte in diesen Verhältnissen freizulegen. »The central [...] question for a ›philosophy of mediation‹ is how artifacts mediate human experiences and interpretations of reality.«⁸ Hierbei sind die technischen Artefakte nicht als neutrale »intermediaries« misszuverstehen, sondern als »mediators« aufzufassen, die Wahrnehmung, Erfahrung, Handeln, Kultur mit-gestalten und prägen.⁹ Um diesen Einfluss technischer Artefakte zu beschreiben, entwickelt Ihde eine Typologie von Mensch-Technik-Relationen, die er an idealtypischen Beispielen gewinnt und schematisch darstellt. Ihde unterscheidet drei Typen von Relationen: (1) *relations of mediation*, (2) *alterity relations* und (3) *background relations*. Bei dem ersten Typ werde die Welt durch technische Artefakte erfahren. Er kontrastiert dies mit einer Erfahrung bzw. Wahrnehmung, die nicht durch technische Artefakte vermittelt ist. Hiermit will Ihde nicht behaupten, es gäbe eine unvermittelte Erfahrung im Sinne eines direkten Zugangs zur Welt, sondern es gibt – und dies ist entscheidend für sein Technikverständnis – »a perception that takes place without the intervention of an artifact«.¹⁰ In diesem Sinne stellt Ihde gegenüber:

6 Ihde, Don: *Heidegger's Technologies: Postphenomenological Perspectives*, New York: Fordham University Press 2010, S. 119.

7 Verbeek, Peter-Paul: *What Things Do: Philosophical Reflections on Technology, Agency, and Design*, Pennsylvania State: University Press 2005, S. 7.

8 Verbeek, Peter-Paul: *Moralizing technology. Understanding and designing the morality of things*, Chicago: The University of Chicago Press 2011, S. 8.

9 Ebd., S. 7-8.

10 Verbeek, Peter-Paul: »Don Ihde: The Technological Lifeworld«, in: Hans J. Achterhuis (Hg.): *American Philosophy of Technology: The Empirical Turn*, Bloomington: Indiana University Press 2001, S. 119-146, hier S. 126.

unmediated perception: I – world

mediated perception: I – technology – world

Innerhalb der (1) *relations of mediation*, der Vermittlung von Welterfahrung durch technische Artefakte, unterscheidet Ihde zwei Fälle. In den von ihm so genannten *embodiment relations* werde ein Ausschnitt oder Aspekt der Welt durch ein technisches Artefakt erfahren, das dabei selbst in der Erfahrung transparent bleibe. Typische Beispiele hierfür sind die Brille auf der Nase oder das auf den Sternenhimmel gerichtete Fernrohr. Eine andere Rolle spielen die Artefakte in den von Ihde so genannten *hermeneutic relations*. Ihdes Beispiel ist ein Thermostat, das einen Aspekt der Welt für seine Leser:innen repräsentiert: die Temperatur. Hierbei sei zwar das Thermostat nicht selbst dasjenige, worauf wir unsere Aufmerksamkeit richten, denn diese liege bei der Temperatur, also für Ihde bei (einem Aspekt) der Welt. Aber anders als bei so händischen Werkzeugen wie den Zahnsonden füge sich das Artefakt hierbei nicht auf transparente Weise in unsere sensorische Empfindung ein, wir müssen es lesen, um die Temperatur zu erfassen. Aufgrund dieser Lesebedürftigkeit der Anzeigen/Artefakte spricht Ihde von einer *hermeneutic relation* – und meint damit offenkundig gegenüber Heideggers Gebrauch der Hermeneutik etwas viel Spezielleres.

In Ihdes zweiten Typ der (2) *alterity relations* werden technische Artefakt zu Quasi-Anderen. Hier ähnelt ihre Rolle der anderer Personen, sie zu nutzen ähnelt einer interpersonellen Interaktion. Eine solche Relation bringen üblicherweise Service-Roboter mit sich oder auch Sprachassistenten. Ein herkömmliches Artefakt wie das Automobil mag ebenfalls in dieser Rolle zu seinen Besitzern stehen: Man hegt und pflegt es wie andere ihre Haustiere, spricht mit ihm, wie andere mit ihren Blumen. Dies gilt für autonome Autos wie für alle anderen Güter und dürfte von Geschäftsmodellen begünstigt werden, die Besitzverhältnisse ermöglichen. Als dritte Relation stellt Ihde die (3) *background relations* heraus, die er dadurch kennzeichnet, dass die entsprechenden Technologien für die Nutzer:innen im Hintergrund bleiben und nicht Teil ihrer Aufmerksamkeit sind, wie typischerweise Zentralheizungssysteme oder Kühlanlagen. »Their (absent) presence is usually experienced only when they stop functioning – when a storm knocks out the electricity, for instance«. ¹¹ Beim herkömmlichen Autofahren dürfte die gesamte Verkehrsinfrastruktur für Fahrzeugführer:innen in einer solchen *background relation* stehen.

11 P.-P. Verbeek: *Moralizing technology*, S. 132.

Ihde bietet mit dieser Typologie einen theoretischen Werkzeugkasten an, der dafür geeignet ist, verschiedene Mensch-Technik-Relationen miteinander zu vergleichen – ein Gespräch Angesicht zu Angesicht im Vergleich zur Telefonie. Im Rahmen solcher Vergleiche hat die Rede von der unvermittelten Wahrnehmung, dem Sehen mit dem bloßem Auge, seinen Sinn. Denn natürlich ist es etwas anderes, durch ein Fernrohr Sterne zu betrachten als ohne. Für Ihde lassen sich diese Unterschiede, die im historischen Vergleich zu Transformationen werden, als Reduktion und Amplifikation der Erfahrung beschreiben. Ich nenne dies die *bilanzierende Sicht auf Mediation*, eine, die dazu einlädt, Verluste und Erweiterungen aufzuzählen und gegeneinander abzuwägen.¹²

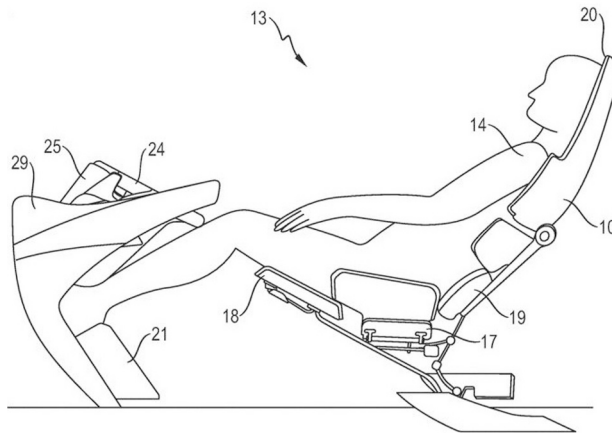
Das Bilanzieren bedenkt verschiedene Grade des Verlustes oder der Verstärkung, Ermöglichung, je nach Vergleich. Sowie eine Brille das Sehen weniger stark transformiert als ein Teleskop, verändert ein Automobil gegenüber dem Fahrrad im höheren Maße das Erleben von Geschwindigkeit. Werden Fahrzeugführ:innen jedoch, besonders solche, die sich gerne mit dem Lenkrad in der Hand als Meister der Geschwindigkeit erleben, zum Passagier eines autonomen Autos gemacht, empfinden sie dies wohl eher als Verlust an positivem Fahrgefühl. Es musste deswegen niemanden überraschen, als im Jahre 2015 der damalige Chef des Sportwagenbauers Porsche, Matthias Müller, selbstfahrende Autos als »Hype« abtat.¹³ Mittlerweile hat sich Porsche der Vision im Hause VW angeschlossen und auf die Suche nach einer neuen, stimmigen Subjektposition für den überflüssig gewordenen (per default männlichen) Fahrer begeben. Doch wie ein Blick in ihre »Werkstatt« zeigt, ist ihre Vorstellungswelt noch nicht besonders weit vom tradierten Raser entfernt; jetzt ist es einer, der gerne mal die Hände in den Schoß legt (siehe Abbildung 3).

Mir ist an dieser Stelle wichtig, dass das bilanzierende Vergleichen Heidegger nicht interessiert. Genau in diesem Sinne charakterisieren Ihde und Verbeek seine Schriften treffend, wenn sie sagen, er habe sich nicht mit konkreten Technologien beschäftigt. Heidegger ging es um Grundsätzliches und in seinem Rahmen hat die Rede von einer nackten Erfahrung und dem bloßen Auge keine tragende Bedeutung. Die Unterschiede zwischen Telefonie und

12 P.-P. Verbeek: »Don Ihde: The Technological Lifeworld«, S. 128.

13 Anonym: »Porsche-Chef bezeichnet selbstfahrende Autos als »Hype«, in: Spiegel Online vom 13.09.2015, <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/porsche-chef-matthias-mueller-bezeichnet-autonomes-fahren-als-hype-a-1052688.html> vom 12.05.2021.

Abbildung 3: »Porsche-Fahrer im entspannenden Autonom-Modus«.



Bildnachweis: Auto Motor Sport: »Autonomes Fahren by Porsche«, vom 19.12.2019, <https://www.auto-motor-undsport.de/neuheiten/autonomes-fahren-by-porsche-aus-sportwagen-wird-van/> vom 12.5.2021.

face-to-face sind ebenso irrelevant wie der Unterschied zwischen Fahrrad- und Autofahren. Insofern der Technik-Diskurs in großen Teilen auf ein Vergleichen und Bilanzieren abzielt, bietet Heidegger folglich eine ungewöhnliche Perspektive. Sie ist darin ungewöhnlich, dass sie das Gewöhnliche und Vertraute zur Sprache bringt – was wiederum Ihde und Verbeek nicht interessiert.

2.2 Weltlichkeit versus tool-usage

Ihde und Verbeek lesen Heideggers Analyse des Zeuggebrauchs in den §§ 15 bis 18 aus *Sein und Zeit* so, dass sie hier eine Proto-Analyse ihrer eigenen Technikphilosophie finden¹⁴ – als sei sie eine Analyse des Gebrauchs schlichter Werkzeuge.¹⁵ Heidegger jedoch kommt nicht auf den Hammer, um vom Werkzeug zu reden, sondern von der Welt: »Das In-der-Welt-sein und sonach

14 D. Ihde: *Technology and the lifeworld*, S. 31.

15 P.-P. Verbeek: *Moralizing technology*, S. 7.

auch die Welt sollen im Horizont der durchschnittlichen Alltäglichkeit als der nächsten Seinsart des Daseins zum Thema der Analytik werden. Dem alltäglichen In-der-Welt-sein ist nachzugehen, und im phänomenalen Anhalt an dieses muß so etwas wie Welt in den Blick kommen.«¹⁶

Aus methodischen Gründen geht Heidegger Welt nicht direkt an, sondern durchleuchtet die Umweltlichkeit des alltäglichen Tuns und Lassens. »Die Weltlichkeit der Umwelt (die Umweltlichkeit) suchen wir im Durchgang durch eine ontologische Interpretation des nächstbegegnenden innerumweltlichen Seienden.«¹⁷ Aus methodischen Gründen wählt er für diesen Zweck eine Analyse des Gebrauchs von Zeugs. Er nimmt das Vertraute und Gewohnte fragend in den Blick. Dabei scheint es ihm nahe-liegend, mit dem Umgang dessen zu beginnen, was einem so begegnet in seinem alltäglichen Gewurschtel: »Wir nennen das im Besorgen begegnende Seiende das Zeug. Im Umgang sind vorfindlich Schreibzeug, Nähzeug, Werk-, Fahr-, Meßzeug.«¹⁸ Alles – so meine These –, was Heidegger zum Zeuggebrauch ausführt, lässt sich an allem, mit dem man für gewöhnlich umgeht, durchspielen: Zeugganzheiten, Verweisungsstrukturen (um-zu), Zuhandenheit, Umsicht.

Beim Zeuggebrauch hat man es nie mit einem einzelnen Zeug allein zu tun, sondern mit Zeugganzheiten: »Zeug ist in seiner Zeughaftigkeit immer aus der Zugehörigkeit zu anderem Zeug: Schreibzeug, Feder, Tinte, Papier, Unterlage, Tisch, Lampe, Möbel, Fenster, Türen, Zimmer.«¹⁹ Eingelassen in Zeugganzheiten – und nur so – sind uns die einzelnen Zeuge handlich im Gebrauch. Im Normalfall nutzen wir sie, ohne dass wir uns ihren Zusammenhang oder einzelnen Zeuge als solche dabei vergegenwärtigen würden. Befindet man sich nicht gerade in einer Pandemie, in der aus hygienischen Gründen in der Berliner S-Bahn darauf hingewiesen wird, dass die Türen beim Halten an Bahnsteigen nun automatisch öffnen, geht man einfach so durch diese hindurch, ohne auf das Drücken von Knöpfen zu achten: »[...] die Türe öffnend, mache ich Gebrauch von der Klinke.«²⁰ Anders als im Baumarkt, wo Klinken zwar als Massenware, aber doch als isolierte Dinge herumliegen, sind uns Klinken im Hausgebrauch als Klinken nicht thematisch.

16 M. Heidegger: *Sein und Zeit*, S. 66.

17 Ebd., S. 66.

18 Ebd., S. 68.

19 Ebd., S. 68.

20 Ebd., S. 67.

Heideggers Grundgedanke ist, dass sie als einzelne Dinge nur dann beachtet werden, wenn etwas Unerwartetes eintritt. »Werkzeug stellt sich als beschädigt heraus, das Material als ungeeignet.«²¹ Was seine Funktion nicht erwartungsgemäß erfüllt, fällt auf. Der aufgedrehte Wasserhahn, aus dem kein Wasser fließt, der Internetzugang, wenn er nicht da ist, Tankstellen, die auf der Autobahn nicht auftauchen. Im Normalmodus hingegen ist uns das Zeugs, mit dem wir hantieren, schlicht *zuhanden*.

Wenn im Gebrauch etwas Unerwartetes auftritt, werden diese relationalen Gefüge einsichtig, so geht Heideggers methodische Überlegung weiter: »In einer Störung der Verweisung – in der Unverwendbarkeit für ... wird aber die Verweisung ausdrücklich.«²² Während die Unverwendbarkeit von Zeugs den Verweisungszusammenhang der Praxis auf negative Art und Weise erfahren lässt, bieten Zeige-Zeuge einen positiven Modus, diesen einzusehen. Um dies zu illustrieren, wählt Heidegger den eingangs zitierten roten Pfeil eines Automobils, den ich in der Variante eines Winkers von Bosch aus den 1930er Jahren ins Bild setze (siehe Abbildung 4). Wie jedes Zeugs verweisen Zeichen auf ihre Dienlichkeit. Darüber hinaus verweisen sie auf ihre Zeige-Funktion, auf ihr da sein als Zeichen. Methodisch gesehen bilden sie »die ›Innenbeleuchtung‹ des Verweisungszusammenhangs.«²³

Prinzipiell kann alles Innerweltliche zum Zeichen werden, man kann alles als Zeichen lesen.²⁴ Wie jedem Zeug kommt den Zeichen ihr eigentliche Bedeutung aus dem gewöhnlichen Umgang mit ihnen zu. Heidegger spricht auch von dem ursprünglichen Praxiszusammenhang, womit der angemessene Umgang mit Zeige-Zeugs gemeint ist, wie er an seinem Beispiel des roten Pfeils weiter ausführt: »In der Orientierung an dem genannten Beispiel (Pfeil) muß gesagt werden: Das entsprechende Verhalten (Sein) zu dem begegnenden Zeichen ist das ›Ausweichen‹ oder ›Stehenbleiben‹ gegenüber dem ankommenden Wagen, der den Pfeil mit sich führt.«²⁵ Angemessen mit roten Pfeilen umgehen hieß im damaligen Verkehr, die eigenen Bewegungen an ihnen zu orientieren, nicht ihn eindringlich zu betrachten oder gar

21 Ebd., S. 73.

22 Ebd., S. 74.

23 Luckner, Andreas: Heidegger und das Denken der Technik, Bielefeld: transcript 2008, S. 53.

24 Deswegen wählt Heidegger eine hermeneutische Phänomenologie, um die immer schon verstandene Welt auszulegen, vgl. § 32 in: M. Heidegger: Sein und Zeit, S. 148-153.

25 Ebd., S. 79.

Abbildung 4: Bosch-Winker.

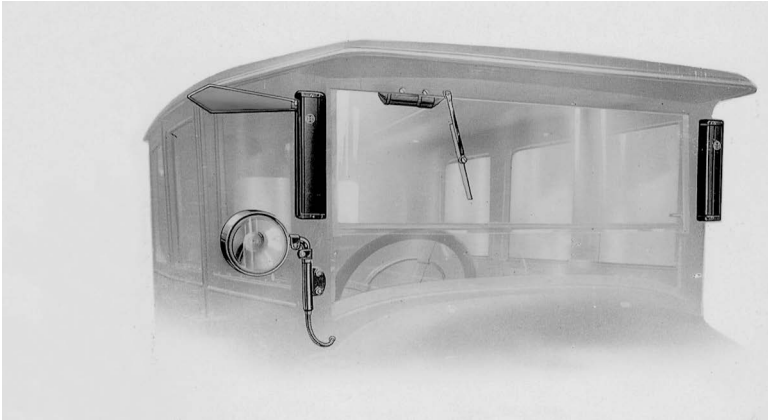


Abbildung 4: Bosch Winker. Bildnachweis: Dietrich Kuhlitz (28.06.2017): Geschichte. Immer die richtige Richtung gezeigt: Der Bosch-Winker, in: Bosch. Home. Stories. Der Bosch-Winker, URL: <https://www.bosch.com/de/stories/der-bosch-winker/> (besucht am 18.05.2021). (c) Bosch.

»anzustarren«.²⁶ In ihrer Orientierung machen Zeichen, macht das Zeigen eine Umsicht zuhanden: »Zeichen der beschriebenen Art lassen Zuhandenes begegnen, genauer, einen Zusammenhang desselben so zugänglich werden, daß der besorgende Umgang sich eine Orientierung gibt und sichert«.²⁷ Der Straßenverkehr ist ein vorzügliches Beispiel. Umsichtig bewegen wir uns in ihm, ohne dass wir dafür etwas Spezifisches anstarren oder begaffen müssten, weder die anderen Verkehrsteilnehmer:innen, noch Ampelzeichen, Straßenführungen oder anderes. Der Praxiszusammenhang (nicht einzelne Dinge) ist uns beim Autofahren wie beim Spaziergehen und Radeln, solange keine Störung auftritt, zuhanden.²⁸

Die Zuhandenheit, das Verweisen als gebündelte aber offene Referenz, darf nicht als Eigenschaft von Dingen missverstanden werden. Es ist nicht

26 Ebd.

27 Ebd.

28 In dieser Hinsicht finden jüngere praxistheoretische Ansätze in Heidegger eine Referenz, vgl. Schatzki, Theodore: »Pas de deux: Practice Theory and Phenomenology«, in: Phänomenologische Forschungen 2 (2017), S. 25-40.

die Eigenschaft des roten Pfeils, uns etwas anzuzeigen, den Verkehr zu regeln oder Ähnliches, so wie seine Rotheit und seine Pfeilförmigkeit ihn als bloßes Ding bestimmen. »Zuhandenes hat allenfalls Geeignetheiten und Ungeeignetheiten.«²⁹ Das Zeigen des roten Pfeils hat seinen Ort in einem bestimmten Praxiszusammenhang, der seine Bedeutung ausmacht, worin sein eigentlicher, ursprünglicher Sinn liegt. Eingelassen in diese Zusammenhänge erscheint der Pfeil aber nicht als Ding, ist er kein Ding, sondern Zeug einer Zeuganzheit, eines Arrangements einer Umweltlichkeit, eines in-der-Welt-seins usw. In methodischer Hinsicht erfüllen die Zeichen, wie der rote Pfeil auf dem Kraftfahrzeug zum Anzeigen eines Fahrtrichtungswechsels, für Heideggers Analyse der Weltlichkeit die gleiche Funktion wie Störungen bei seinen Ausführungen zum Zeuggebrauch: Sie enthüllen das In-der-Welt-sein und erlauben der Welt so, sich zu melden.³⁰

Weil es Heidegger darum ging, Weltlichkeit zu enthüllen, interessierte es ihn nicht, dass der rote Pfeil 1927 eine technische Neuigkeit darstellte. Erst mit der »Verordnung über Kraftfahrzeugverkehr. Vom 28. Juli 1926« war kodifiziert, dass mechanische Einrichtungen anstelle von Armbewegungen zum Anzeigen der Fahrtrichtung und ihres Wechsels benutzt werden dürfen.³¹ Für Heideggers Perspektive auf Weltlichkeit macht es jedoch keinen entscheidenden Unterschied, ob man Arme oder Pfeile bzw. Winker benutzt. Auch die Geschichte ihrer Mechanisierung (Automatisierung), ob diese per Bowdenzug betätigt werden müssen oder elektromagnetisch funktionieren, interessiert für die Frage nach dem gewöhnlichen, gelingenden Praxiszusammenhang nicht. Jenen Unterschieden nehmen sich Ihde und Verbeek an. Mit Ihdes Typologie der Mensch-Technik-Relationen ließen sich die verschiedenen technischen Konstruktionen beschreiben, ihre Vor- und Nachteile bilanzieren.

Während Ihde in Heideggers Wahl der Beispiele eine Vorliebe für das schlichte Leben am Werke sieht, als würde er in einer Art romantischen Verharmlosung einen Fahrtrichtungsanzeiger als simples Instrument (*low tech*) gegenüber dem Wasserkraftwerk (*high tech*) ausspielen wollen, verstehe ich Heideggers Perspektive so, dass sie einlädt, zwischen dem Vertrauten und dem Fremden, dem Gewohnten und Ungewohnten, dem Geeigneten und Ungeeignetem zu unterscheiden. Demnach benutzen wir heute Smartphones

29 M. Heidegger: Sein und Zeit, S. 83.

30 Ebd., S. 75.

31 Der Reichsverkehrsminister: »Verordnung über Kraftfahrzeugverkehr vom 28. Juli 1926«, in: Reichsgesetzblatt 1923 Teil I (1926), S. 425-428, hier S. 427.

ebenso als vertrautes Zeugs wie einst Drehscheiben routiniert zum Telefonieren bedient wurden und Chauffeure ihre Arme zum Anzeigen eines Fahrtrichtungswechsel ausstrecken.³² Wie komplex die Funktionalität im Inneren aufgebaut ist, ist für Heideggers Perspektive der gängigen Praxisformen nicht entscheidend.

3. Das autonome Auto, ein Fahr-Ding

Gegen Verbeeks Überzeugung, es würde Heidegger und Ihde um die gleiche Frage nach der Rolle von Technik in unserer Kultur gehen,³³ behaupte ich, dass beide grundverschiedene Perspektiven auf Technisches anbieten. Während Heidegger das moderne Technikverständnis problematisiert,³⁴ stellen Ihde und Verbeek nie in Frage, was das Technische eigentlich ist und gehen von dem Gegebensein der Artefakte, der Mensch-Technik-Relationen aus, die sie vergleichen. Im Folgenden möchte ich Heideggers Perspektive der Analytik des alltäglichen Besorgens ernst nehmen und erproben, was sich mit seinen Leitdifferenzen (Zeugen-Dingen, vertraut-fremd, gewohnt-unerwartet, offen-festgelegt) über autonome Autos erfahren lässt. Ich nutze hierzu die drei Varianten des Dinghaften, die sich in Heideggers Texten finden und mit denen er verschiedene Modi kennzeichnet, wie uns Weltliches begegnet und was sich darin ausdrückt (es geht also um Formen von Relationen, nicht um Klassifikationen). In *Sein und Zeit* thematisiert er Dinghaftes anhand der Kippfigur von Zuhandenem-Unzuhandenem, als Zeugdinge. In Die Frage nach dem Ding³⁵ kritisiert er geläufige Bestimmungen der Dingheit in Auseinandersetzung mit Kant, den er stellvertretend für die philosophische Tradition attackiert und kommt so auf bloße Dinge, die als Korrelat zu dem gehören, was er bereits in seinen frühen Texten als theoretische Einstellung

32 Anonym: »Fahrtrichtungsanzeiger vom 3. März 1912«, in: Neues Wiener Tagblatt 61 (1912), S. 34-35, hier S. 34.

33 P.-P. Verbeek: *What Things Do*, S. 143.

34 Heidegger, Martin: »Die Frage nach der Technik«, in: Ders.: *Die Technik und die Kehre*, Stuttgart: Klett-Cotta 2007, S. 5-36.

35 Heidegger, Martin: »Die Frage nach dem Ding. Zu Kants Lehre von den transzendenten Grundsätzen«, in: Ders.: *Gesamtausgabe II. Abteilung: Vorlesungen 1923-1944 (= Band 41)*, Frankfurt a.M.: Klostermann 1984.

bezeichnet hatte. In *Der Ursprung des Kunstwerks*³⁶ sowie in *Bauen, Wohnen, Denken*³⁷ thematisiert er Dinge in ihrer Eigenständigkeit, als versammelte Dinge. Ich frage, inwiefern die Idee des autonomen Autos diese als bloßes Ding bestimmt, inwiefern wir den Umgang mit ihnen als einen zeughaften verstehen können, und ob sie gemäß der Seinsweise der eigenständigen Dinge für sich stehen können, indem sie uns offenbaren, wie und was sie sind.

3.1 Bloße Dinge der Entwickler:innen-Perspektive

In der theoretischen Einstellung erscheinen Dinge losgelöst von den Praxiszusammenhängen, in die sie ursprünglich gehören. Heidegger gebraucht ›ursprünglich‹ nicht im genetischen Sinne, sondern meint eine Art Normalgebrauch einer Sache: »Ursprung bedeutet hier jenes, von woher und wodurch eine Sache ist, was sie ist und wie sie ist.«³⁸ Der rote Pfeil gehört in diesem Sinne ursprünglich in den Verkehrsfluss, also einen Zusammenhang in dem er dem sich-umsichtigen Orientieren dient. Auf der Werbeanzeige von Bosch hingegen (siehe Abbildung 4), ist der Pfeil diesem ursprünglichen, zeughaften Zusammenhang entkleidet und erscheint als bloßes Ding, das durch die angepriesenen Eigenschaften bestimmt ist. »Das ›bloß‹ meint doch die Entblößung vom Charakter der Dienlichkeit und der Anfertigung.«³⁹ Freilich gehört zu Werbeanzeigen, wie zu jeder anderen Sache, ein ursprünglicher Praxiszusammenhang, etwa über diese hinweg zu blättern, oder sich bei einer/einem Händler:in über das Produkt zu erkundigen. Jedoch, und dies scheint mir eine Pointe aus Heideggers Überlegungen zu sein, stellt dieses Tun samt seiner sinnhaften Bezüge eine andere als diese ursprüngliche Praxis dar, dem Anzeigen, Ausweichen etc. im Straßenverkehr. Gemessen an dieser eigentlichen sinnhaften Zugehörigkeit erscheint der Verweisungszusammenhang der Werbeanzeige mit Bezug auf den (Sinn des) Pfeil(s) als sekundär, künstlich.

36 Heidegger, Martin: »Der Ursprung des Kunstwerks.«, in: Ders.: Gesamtausgabe I. Abteilung: Veröffentlichte Schriften 1914-1970. Holzwege, (=Band 5), Frankfurt a.M.: Klostermann 2003, S. 1-74.

37 Heidegger, Martin: »Bauen, Wohnen, Denken«, in: Ders.: Gesamtausgabe I. Abteilung: Veröffentlichte Schriften 1910-1976, Vorträge und Aufsätze, (=Band 7), Frankfurt a.M.: Klostermann 2000, S. 146-164.

38 M. Heidegger: *Der Ursprung des Kunstwerks*, S. 1.

39 Ebd., S. 15.

Dinge als Träger von Eigenschaften anzusehen ist neben der Werbung ebenso in Forschung und Entwicklung die natürliche Einstellung. Recht unstrittig dürfte es damit sein, die Idee des autonomen Autos, die aus einer Entwickler- und Hersteller-Perspektive formuliert ist, Heideggers Seinsmodus des bloßen Dings zuzuordnen. Bis heute ist das vollautomatisierte Fuhrwerk eine Vision, eine Vor-Stellung, auch wenn ihre Verheißung auf viel Kapital aufbauen kann. Da wir es mit einer fortlaufenden Entwicklung zu tun haben, einem *coming-into-being*, oszilliert das Objekt ›autonomes Vehikel‹ zwischen Prototypen, Wunschvisionen und Machbarkeitsprojektionen.⁴⁰ Seine Erscheinungsweise als bloßes Ding zeigt sich besonders eindrücklich in dem international anerkannten Standards der Entwicklungsvision der *Society of Automotive Engineers*.⁴¹ Diese bestimmt die Vision des autonomen Fahrens, indem sie sechs Stufen definiert, die erlauben, Automatisierungsgrade der Fahrmaschine einheitlich zu kategorisieren. Stufe 0 ist dadurch bestimmt, dass der/die Fahrer:in das Vehikel allein steuert, Stufe 5 ist dadurch definiert, dass die Maschine die Steuerung vollständig übernommen hat. Die Stufen 1 bis 4 benennen verschiedene Grade der Arbeitsteilung zwischen Fahrer:in und Maschine. Die Automatisierungsgrade sind aus der Perspektive der technischen Entwicklung erstellt, das heißt ausgehend von den Tätigkeiten und Funktionen des Kraftfahrzeugführers geben sie vor, welche Aspekte der Steuerung des Wagens vom Menschen auf die Maschine übergehen. Automatisierungsgrade der Stufen 1 und 2 befinden sich serienmäßig auf dem Automobilmarkt, Stufe 3 drängt vor (Platooning, Valet Parking), Stufe 4 wird erprobt. Die Roadmap des European Road Transport Research Advisory Council (ERTRAC), die den SAE-Standard übernommen hat und auf die sich »die wichtigsten Akteure der Industrie, der Wissenschaft und der Verwaltung«⁴² im europäischen Raum verständigt haben, hat die Einführung der Stufe 5 jüngst hinter die Marke des Jahres 2030 verschoben.⁴³ Als Imagination stellt sich das autonome Auto der Stufe 5 als bloßes Ding vor – pointiert, idealisiert, abstrahiert von seinen ›alltäglichen‹ Praxiszusammenhängen, auch wenn es

40 Dierkes, Meinolf/Hoffmann, Ute/Marz, Lutz: Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovationen, Berlin: Edition Sigma 1992.

41 https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/ vom 12.5.2021.

42 Canzler, Weert/Knie, Andreas/Ruhrort, Lisa: Autonome Flotten. Mehr Mobilität mit weniger Fahrzeugen, München: Oekom 2019, S. 61.

43 ERTRAC Working Group ›Connectivity und Automated Driving‹: ERTRAC. Connected Automated Driving Roadmap vom 08.03.2019, S.12, <https://www.ertrac.org/uploads/documentsearch/id57/ERTRAC-CAD-Roadmap-2019.pdf> vom 12.5.2021.

in durch seine Prototypen (den Maschinen der unteren Stufen) scheinbar eine materielle Gestalt und Erfahrbarkeit aufweist.

Hervorzuheben ist, dass mit diesem Standard nicht nur die Idee, was ein autonomes Auto eigentlich ist (nämliche eine vollautomatisierte Fahrmaschine der definierten Stufe 5) festgelegt ist, sondern auch der Weg dahin so imaginiert wird, als könnte man ihn wie ein Werk gestalten, wie etwas Dinghaftes, das über auswählbare, isolierbare, wesentliche Eigenschaften manipulierbar sei – als müsste man den bereits klar und deutlich erkennbaren Entwicklungspfad nur noch entschlossen abschreiten. Dieser suggestive Effekt breitet sich durch die Resonanzräume der Entwicklungsvision über das Marketing derjenigen Hersteller aus, die das Stufenmodell zum Kernstück ihrer Erzählung von der Mobilität der Zukunft gemacht haben, wie hierzulande etwa BMW (siehe Abbildung 5).⁴⁴ Derart in Szene gesetzt erscheinen die Stufen 1 bis 5 als einander gleichförmige, was dem Eindruck Vorschub leistet, die Übergänge zwischen ihnen wären ebenso gleichartig. De facto hat man es jedoch beim Übergang von Stufe 1 zu 2 und zu 3 eher mit Banalitäten, beim Übergang von Stufe 3 zu 4 wenigstens mit einer Kuriosität und spätestens beim Übergang von Stufe 4 zu 5 mit allerlei Fragezeichen zu tun.

3.2 Gewöhnliches Zeug der Fahrpraxis

Will man eruieren, was es jeweils auszeichnet, händisch oder mit Assistenten Abstände zu halten und Spuren zu wechseln, hilft Ihdes Ansatz, eine Bilanz zu ziehen.⁴⁵ Mit Heideggers Perspektive lässt sich etwas anderes einsehen, nämlich, dass die Nutzung solcher Assistenten wie jeder Zeuggebrauch eine Frage der Gewohnheit ist. Anfangs findet man sich in einer ähnlichen Situation wie beim Erlernen des Autofahrens wieder, nur das einem das Fahren insgesamt vertraut ist. Selbst wenn ich persönlich nichts darüber sagen kann, wie es sich hinter dem Lenkrad anfühlt, wenn das Auto ohne Betätigung des Bremspedals bremst, kann ich getrost davon ausgehen, dass sich diese automatisierten Steuerungen in unsere eigenen Fahrflüsse einfügen werden.

44 Nicht alle Hersteller:innen übernehmen das Stufenmodell der SAE so lautstark wie BMW; z.B. Teslas Marketing unterläuft die damit erwünschte Verlässlichkeit und Transparenz, vgl. Dixon, Liza: »Autonowashing: The Greenwashing of Vehicle Automation«, in: *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 5 (2020), S. 100–113.

45 Aus Ihdes Perspektive lässt sich über die Entwicklungen von Stufe 1 bis 4 ein Trend vermuten, der die embodiment relations abschwächt und die hermeneutic relations verstärkt, schon allein weil Displays eine größere Rolle spielen.

Abbildung 5: 5 Stufen des automatisierten Fahrens,



Bildnachweis © BMW AG 2020

Solange die Abstandshalteassistenten noch den Charakter des Ungewohnten tragen, erscheinen sie den Fahrer:innen wie *Ding-Zeuge*; sie gehen noch nicht im Gebrauch auf, sie sind noch thematisch, fallen auf, man achtet auf ihre Wirkungen, ohne ihre Dienstleistungen durchgängig zu ›begafften‹. Das noch Ungewohnte weist bereits Zeug-Charakter auf, sofern es in gewöhnliche Gebrauchszusammenhänge eingelassen ist. Man lenkt, gibt Gas, bremst, blinkt, fährt Tanken. Auch erwartet, wer sich eine solche Funktion einkauft, ihre baldige Unauffälligkeit. Niemand bezahlt Autohändler:innen dafür, von Assistenten gestört zu werden. Mit Heidegger gesehen zeichnet die Stufen 1 bis 3 folglich nichts Spezielles aus.

Interessant wird es ab der Stufe 4. Hier wird der vormalige Fahrzeugführer als Wächter vorgestellt, was ein bemerkenswertes Geschäftsmodell ist.⁴⁶ Als Wächter:in steht man dem sich in allen Fahrfunktionen selbst steuerndem Auto zwangsläufig wie einem vorgestellten Ding gegenüber, auch wenn man dabei im Innenraum sitzt oder halb liegt, wie es die Werkstatt-Skizze von Porsche vorgibt (siehe Abbildung 3). Sofern man nicht im herkömmlichen Sinne fährt, sondern aufmerksam die Maschine beobachtet, ist einem das Fahren nicht zeughaft zuhanden, es wird zum bloßen

46 Mit Ihde ließe sich sagen, der Wächter wird in einer *hermeneutic relation* festgesetzt.

Ding. Jeder Kontakt mit der Fahrmaschine verläuft im Modus des immer schon Festgelegten. Anzeigen setzen uns vor vollendete Tatsachen, auch dann, wenn sie uns über Dropdown-Menüs eine (vorher festgelegte) Auswahl anbieten.

Noch bemerkenswerter ist, dass die Wächter-Rolle zeitlich situativ begrenzt ist, man jederzeit bereitstehen muss, die Fahrt wieder zu übernehmen. Wie diese Üblichkeit des Flugverkehrs, ein Umschalten vom Auto-Piloten ins Manuelle, im Straßenverkehr sichergestellt werden kann, ist eine offene Forschungsfrage. Logisch scheint die Entwicklung darauf hinaus zu laufen, dass die Maschine die Bereitschaft ihrer Passagiere sichern muss, qua Monitoring, rechtzeitigen Signalen. Andernfalls säße man nicht einmal bis auf Abruf komfortabel (»minds off«-Modus), sondern fände sich in der Rolle eines/einer Fahrlehrers:in wieder. Sollte das Arrangement der Stufe 4, deren Realisierung zum Greifen nahe erscheint, kollektiv zur Gewohnheit werden, wäre eine Folgefrage, wie man dann (mit welchen Fahrzeugen?) eigentlich gewährleisten kann, dass die Wächter/Führer-auf-Abruf ihre (einmal erworbene?) Fahrpraxis erhalten können, um im Zweifel reibungslos brenzlige Situationen zu meistern.

Diese Logik der gegenseitigen Überwachung im Innenraum kann nur als entwicklungstechnischer Übergang ernst gemeint sein. Kulturell hängt das Fahren auf Stufe 4 von dem Vorhandensein fahrtüchtiger Fahrer:innen ab, die aus einer Welt stammen, die die Stufe eigentlich behauptet, hinter sich lassen zu können. Man muss sich klar machen, dass der Übergang zwischen Stufe 3 und Stufe 4 einen radikalen Wechsel dessen mit sich bringt, was es heißt Auto zu Fahren. Bis einschließlich Stufe 3 sind die Assistenzfunktionen in das Automobilitätskonzept der traditionellen Automobil-Industrie integrierbar, welches mit der Beziehung zwischen Fahrer und Auto steht und fällt.⁴⁷ Er ist der identitätsstiftende Aspekt, auf ihn sind Funktion, Attraktivität, Komfort, alles, was das Autofahren begehrenswert macht, abgestimmt. Die sogenannten ›Tech-Unternehmen‹ aus der IT-Branche können die Entwicklung des autonomen Fahrens auch deswegen mit einer auffallenden Leichtigkeit vorantreiben, weil sie ohne die tradierte Subjektposition der Automobilisten im Gepäck reisen.⁴⁸ Ihr Metier sind Typologien des Datentransfers. Sie denken den Fluss der Verkehrsteilnehmer:innen in Analogie zum kodierten

47 W. Canzler/A. Knie/L. Ruhrort: Autonome Flotten, S. 36.

48 Wie genau ihre Zielsetzungen und Leitbilder variieren, müsste genauer untersucht werden, vgl. W. Canzler/A. Knie/L. Ruhrort: Autonome Flotten, S. 64-73.

Stromfluss von Datenpaketen im Internet. Ihnen gehört die Vision der Stufe 5, welche die Logik des Internets in den gebauten Raum setzt.

3.3 Routinierter Umgang mit vollautomatisierten Fahrmaschinen

Wie ein Paket unterwegs zu sein ähnelt vielleicht nur auf den ersten Blick bekannten Arten des Gefahren-Werdens in Kutschen, Taxen, Limousinen, Gondeln oder den Wägen des ÖPNVs. Spekulieren wir, was es bedeuten könnte, mit vollautomatisierten »Fahrmaschinen«⁴⁹ routiniert umzugehen, und zwar sowohl aus der Innen-Perspektive der Insassen, als auch der Außenperspektive anderer Verkehrsteilnehmenden wie Fußgänger:innen, Radfahrer:innen, e-Roller:User:innen usw.

In der Innenperspektive mag das Mobil-sein im Kontrast zum herkömmlichen Fahrerlebnis weniger einverleibt und unvermittelt erscheinen. Auch wenn man zu Gehäuse, Sitz, Fensterscheibe usw. eine *embodiment relation* hat, rückt dies eher in den Hintergrund (so wie man es aus anderen Passagier Fahrten kennt). Mit Ihdes Typologie ließe sich für Stufe 5 vermuten, dass eine *background relation* zwischen Fahrmaschine und ihren Gäst:innen zur dominanten Einstellung werde; man erfährt die Maschinen als infrastrukturelle Dienstleistung. Wer im Inneren sitzt, wird mit anderem beschäftigt sein, im je subjektivem Erleben in anderen Praxiszusammenhängen stehen, worin das Auto dann als ein Büro-Zeug, Kaffee-Trink-Zeug, Display-Zeug, was-auch-immer-Zeug erscheint. Mit Heidegger lässt sich darüber hinaus fragen, ob die Fahrmaschine noch als *Fahr-Zeug* erscheinen kann, oder ob sie in ihren Möglichkeiten auf ein dinghaftes Sein reduziert ist. Eine Testfrage für diese Überlegung bietet seine Analyse der Störungen dar: Kann sich uns das vollautomatisierte Auto als Fahrzeug im Modus des unzuhanden Gewordenen zeigen? Passt Heideggers Kippfigur auf dieses vollautomatisierte Arrangement?

In ihrer Unzuhandenheit zerfallen Zeuganzheiten nicht gleich in Ansammlungen einzelner, isolierter Dinge, sondern das fraglich gewordene Zeug geht in etwas dazwischen über, wird zum »Zeugding«.⁵⁰ In ihrer Unzuhandenheit auffallend, aufdrängend, aufsitzend stechen Zeugdinge aus dem Zeugzusammenhang hervor und bleiben dennoch in den ursprünglichen Verweisungszusammenhang eingebunden, in dem sie, normalerweise,

49 Ebd., S. 7.

50 M. Heidegger: Sein und Zeit, S. 73.

bald wieder versinken.⁵¹ Platzt mir beim herkömmlichen Fahren auf der Autobahn ein Reifen, so fällt dieser auf. Da ich ihn im Auto sitzend nicht auf die Schnelle Auswechseln oder Reparieren kann, drängt er sich mir in seiner Dysfunktionalität auf. Der geplatze Reifen lässt einen die Fahrbahn, den Verkehr ganz neu überblicken. Der Standstreifen wird gesucht, gefunden, der Wagen irgendwie zum Halten gebracht, dann telefoniert. Wer kann den Reifen wechseln, wo ist das Werkzeug usw. Die Situation der Dysfunktion führt vor Augen, was im Normalfall reibungslos ineinander spielt. Ist der Ersatz nicht im Kofferraum vorfindlich, drängt sich die abwesenden Dienlichkeit des Reifens gnadenlos als fehlend auf. Das Fehlende ist somit nicht vollkommen herausgelöst aus seinen sinnhaft-praktischen (ursprünglichen) Zusammenhängen; als Fehlendes auffallend weist es auf anderes Zuhandenes und auf seine eigentliche Zuhandenheit, die es nun (vorübergehend) als defizient sichtbar macht.

Wie stellt sich eine solche Situation der Dysfunktionalität mit vollautomatisierten Autos aus der Innenperspektive dar? Bleibt man nicht Zuschauer:in, wenn einem im vollautomatisierten Auto der Stufe 5 ein Reifen platzt? Wird hier nicht die definite dinghafte Natur des autonomen Autos, sein immerschon und immer-nur Fahr-Ding-sein, einsichtig? Wird nicht offenbar, dass die zeughaften Verbindungen, in denen man sich befand, eben nicht auf das Fahren bezogen waren? Das Fahren im subjektivistischen, aktivistischen Sinne scheint den Insassen nicht unzuhanden werden zu können, da es ihnen nie zuhanden war. Aber auch die Frage des Zurück-Sinkens ins Unthematische, in den reparierten gewöhnlichen Praxiszusammenhang, scheint nicht so klar gelagert. Was ist zu tun? An wen kann man sich wenden? Repariert sich die Maschine von selbst? Besorgt sie sich die nötige Hilfe? Ist man auch hier vor immer schon vollendete Tatsachen gestellt? Wäre es angebracht, sich an den Rand zu setzen und weiter Kaffee zu trinken (nachdem man ein Warnkreuz aufgestellt und eine Warnweste übergezogen hat)?

In diesem Gedankenexperiment scheint sich eine wichtige Veränderung gegenüber den bisher bekannten Formen des Gefahren-Werdens aufzutun. Bei Störungen in Gondeln, herkömmlichen Taxen, Kutschen, selbst in der Bahn, gehört es zum ursprünglichen Praxiszusammenhang an die Subjekt-Instanz des Fahrens zu appellieren (sei es höflich sich erkundend oder genervt pöbelnd). Diese Subjekt-Instanzen vermitteln das Fahren zeughaft, lassen es zum innerweltlich Kontaktbereich werden, der eine gewisse Offenheit hat,

51 Ebd.

selbst wenn man sich auf vorgedruckten Formularen Ersatz-Gutscheine für verlorene Minuten bestellt. Beim autonomen Auto ist die führende Instanz jedoch ins Automobil gelegt und wir wissen kollektiv nicht, was das heißen soll. Hierfür sind die Debatten um Haftungsfragen, die nur einen Teil dieser Fragwürdigkeit betreffen, ein Indiz. Denn die Hersteller:innen der autonomen Autos fahren diese nicht. Auch die Programmierer:innen fahren diese nicht. Die Autos fahren selbst, aber wir können an sie als Fahrzeug-Führende nicht appellieren. Weil Sie uns nicht Rede und Antwort stehen können, sondern bloß Fakten melden und erfassen, was ihr Kategoriensystem medial und kodial empfangen kann, ist die Dienlichkeit des Fahrens nur als Ding gegeben, nicht als Zeugzusammenhang.

Damit sich vollautomatisierte Fahrzeuge in den Mischverkehr auf angenehme Weise integrieren, um die versprochene höhere Sicherheit gewährleisten zu können, müssen sie lernen, mit Außenstehenden zu kommunizieren. Forschende und Entwickelnde setzen strategisch darauf, gelungene zwischenmenschliche Interaktion zu imitieren. Hierzu müssen sie im ersten Schritt als relevant erachtete Verkehrssituationen definieren, typisieren und bewerten, um einen auf die Maschinenlogik übertragbaren Maßstab zu haben⁵² und um wissen zu können, wie sich z.B. die Absicht eines Spurenwechsel nicht nur effektiv, sondern auch beziehungsneutral oder freundlich anzeigen lässt.⁵³ Der Blick der theoretischen Einstellung auf das ›mathematisch‹ Erkennbare legt das Verhalten der Fahrmaschinen bereits hierbei operativ aufs Ding-Sein fest. Egal wie umfangreich man jetzt explorierte und empirisch validierte, welche Human-Machine-Interfaces für die Außenkommunikation gut funktionieren,⁵⁴ wird das kommunikative Angebot letztlich festgelegt sein, damit es serienmäßig produziert werden kann.

-
- 52 Fuest, Tanja et al.: »Taxonomy of Traffic Situations for the Interaction between Automated Vehicles and Human Road Users«, in: Neville A. Stanton (Hg.): *Advances in Human Aspects of Transportation*, Cham: Springer 2018, S. 708-719.
- 53 Kauffmann, Nina/Winkler, Franz/Vollrath, Mark: »What Makes an Automated Vehicle a Good Driver?«, in: *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI 18, Montreal: Association for Computing Machinery 2018, S. 1-9.
- 54 Ackermann, Claudia et al.: »An experimental study to investigate design and assessment criteria: What is important for communication between pedestrians and automated vehicles?«, in: *Applied Ergonomics* 75 (2019), S. 272-282; Hensch, Ann-Christin et al.: »Effects of a light-based communication approach as an external HMI for Automated Vehicles – A Wizard-of-Oz Study«, in: *Transactions on Transport Sciences* 10/2 (2020), S. 18-32.

Doch woher wissen wir Außenstehenden, ob wir es mit einem vollautomatisierten Fahr-Ding zu tun haben, wenn wir die Straße jenseits von Ampel und Zebrastreifen überqueren wollen? Werden alle vollautomatisierten Fahrmaschinen einen einheitlichen Marker tragen? Sehen Sie sowieso alle gleich aus? Reduziert jeder Hersteller sein Angebot auf ein Modell? Woher wissen wir, wie sie sich verhalten, wenn die informelle Aushandlung einem Verhalten weicht, das auf der Simulation erfasster Kontexte zurückgeht? Woher wissen wir, ob wir mit der Fahrmaschine ein hinreichend übereinstimmendes Verständnis von unserer Situation teilen? Woher weiß ich, ob die Fahrmaschine meine Intention erfasst hat? Lächelt Sie mich an, winkt sie gestresst? Verhält sich und kommuniziert jede von ihnen immer gleich, wenn wir eine Straße überqueren? Was passiert, wenn Dritte ins Spiel kommen? Bleibt die vollautomatisierte Maschine definitiv bei dem einmal eingeschlagenen kooperativen Angebot? Kein Hin-und-Her des Einander-Weg-Gehens? Verhält sich die vollautomatisierte Maschine immer defensiv?⁵⁵ Wenn wir uns kollektiv an den Umgang mit Robo-Autos gewöhnt und auf ihre Verhaltensweise genüsslich eingestellt haben, färbt dieses dann auf den Umgang mit anderen Automobilen ab? Verhalten wir uns dann standardisiert offensiv? Wird es regionale, kulturelle Unterschiede geben?

Anders als es der Subtext des Stufenmodells glauben macht, ist es sehr wahrscheinlich, dass vollautomatisierte Fahrmaschinen in einer Umgebung des Mischverkehrs zurechtkommen müssen, in dem personengeführte Fahrzeuge ebenso mobil sind, wie zahlreiche weitere Formen des Sich-Fortbewegens oder des Sachen-Transportierens, was für die Forschenden und Entwickelnden eine große Herausforderung darstellt.⁵⁶ Man muss sich klar machen, dass die natürliche Umgebung der Flotten der Stufe 5 solche Zonen und Teststrecken sind,⁵⁷ die bereits hinreichend algorithmisch erfasst und deren Weltlichkeit derart durchsimuliert wurde, dass sie funktional einem für die Maschinen vollständig erfassbaren Raum gleichen. Wie flexibel die neuen KI-Maschinen letztlich ihre Umgebung wechseln können,

55 Die Idee, in die Fahrmaschine eine Auswahl an definierten Fahrstilen zu integrieren, verkompliziert diese Fragen ungemein, vgl. Weber, Karsten/Haug, Sonja: »Ist automatisiertes Fahren nachhaltig?«, in: TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis 27/2 (2018), S. 16-22.

56 Nyholm, Sven/Smids, Jilles: »Automated cars meet human drivers: responsible human-robot coordination and the ethics of mixed traffic«, in: Ethics and Information Technology 22/4 (2020), S. 335-344.

57 W. Canzler/A. Knie/L. Ruhrort: Autonome Flotten, S. 72.

wird sich zeigen müssen, auch mit welcher Haltbarkeit ihre antrainierten Mobilitätsmuster geliefert werden können.

3.4 Als eigenständiges Ding?

Das Festgeschriebensein der Automatisierungslogik entspricht der Seinsweise der bloßen Dinge. Doch die Endvision des autonomen Fahrens läuft nicht bloß darauf hinaus, Automobile bzw. ganze Flotten aufzurüsten, sondern Transport und Verkehr insgesamt zu automatisieren. Die dominanten Entwicklungsvisionen des autonomen Autos machen dann Sinn, wenn alles Mobile auf der entsprechenden Signal-Welle funkt. Das autonome Auto ist nicht nur wie die Fahrzeuge des vergangenen Jahrhunderts abhängig von einer entsprechend aufgerüsteten Infrastruktur,⁵⁸ es ist dort zuhause – in seinem ursprünglichen Praxiszusammenhang – wo Mobilität insgesamt autonom über KI-Systeme regelbar ist. Sind autonomen Autos, weil sie Umweltmaschinen sind, mehr als bloße Dinge? Lassen sie sich im Sinne Heideggers als Dinge auffassen, die für sich stehen können?

Mit dem Aufsatz über den *Ursprung des Kunstwerks* aus dem Jahr 1935 hat Heidegger sein Ding-Verständnis erweitert und versucht, Dinge in ihrer Eigenständigkeit zu beschreiben. Hierunter sind relationale Gefüge (eine Seinsweise) zu verstehen, in denen Dinge einerseits als Einzelne hervortreten und andererseits zugleich als Versammelnde erscheinen – also Weltlichkeit demonstrieren. Anders als beim Zeuggebrauch sind eigenständige Dinge nicht vollkommen in ihre Praxiszusammenhänge eingelassen, verschwinden nicht in diesen, sondern demonstrieren ihre jeweilige ursprüngliche Relationalität. Indem sie ihr eigentliches Sein zeigen, scheinen ihre ursprünglichen, sinnhaften Bewandnisse auf. Anders als die bloßen Dinge der theoretischen Einstellung, die isoliert und abgesondert von ihren ursprünglichen Praxiszusammenhängen sind, erscheinen Dinge dann als eigenständige, wenn sie sich als Einzelnes in ihren ursprünglichen Praxiszusammenhängen hervortun. Eine solche Eigenständigkeit der versammelnden Dinge ließe sich an Kunstwerken erfahren, meint Heidegger. Van Goghs Stillleben mit Bauernschuhen könne uns die Dienlichkeit der Schuhe, ihr Tragen auf dem Acker zeigen, und dabei zugleich das eigene Gemacht-Sein, den eigenen Werk-Charakter hervortreten

58 Urry, John: »Inhabiting the Car«, in: *The Sociological Review* 54/1 (2006), S. 17–31, hier S. 18.

lassen.⁵⁹ Als Kunstwerk stehe van Goghs Gemälde für sich selbst und führe uns die Bedeutung der Praxiszusammenhänge der Bauernschuhe vor Augen, wir erführen, was es heißt, mit ihnen in einen alltäglichen Umgang eingelassen zu sein.⁶⁰ In »Bauen, Wohnen, Denken« führt Heidegger denselben Gedanken am Beispiel von gebauten Werken wie Brücken vor. Diese können uns, wie alles, als Zeug in ihrer Dienlichkeit zuhanden sein, wenn wir über sie dösen. Wir können sie als bloße Dinge vorstellen, wenn wir sie sanieren, konstruieren, abreißen, mit anderen Bauten vergleichen; oder sie können uns als versammelnde Dinge ihr eigentliches Sein zeigen: Eine Brücke »verbindet nicht nur schon vorhandene Ufer. Im Übergang der Brücke treten die Ufer erst als Ufer hervor. Die Brücke läßt sie eigens gegeneinander über liegen. Die andere Seite ist durch die Brücke gegen die eine abgesetzt.«⁶¹ Besinnen wir uns auf diese Relationalität, erscheint die Brücke als eigenständiges, versammelndes Ding, das in der gezeigten Relationalität für sich steht.

Mir scheint, der Idee nach stehen autonome Autos weder für sich, noch offenbaren sie uns ihre eigentliche Seinsweise. Im Gegenteil, sie verschweigen, was es mit ihnen auf sich hat – dass sie mehr als ein aufgerüstetes Fahrgestell sind, nämlich Simulationen ganzer Umwelten. Die Automatisierung von Fahrmaschinen und Flotten ist folglich eine environmentale Technologie, die ihre Umgebung datafiziert,⁶² erfasst und eine Realität (alles, was der Fall ist) simuliert, um das Verhalten der Maschine angemessen in die Umgebung einzulassen. Diese Logik unterteilt alles Sein in das von der KI Erfassbare und ihre Negation, den kategorialen KI-Rest.⁶³ Die Seinsweise der vollständigen Automatisierung entspricht der mathematischen Erkenntnis Heideggers, die nur erfasst, was fest-geschrieben ist. Vagheiten, Übergänge, Diffuses, ein Sowohl-als-Auch, Ambivalenzen, ein heute-eher-so, morgen-dann-eher-so, mal-sehen, ein Vielleicht, all jenes was die Welt lebendig hält, kommt

59 M. Heidegger: Der Ursprung des Kunstwerks, S. 18.

60 A. Luckner: Heidegger und das Denken der Technik, S. 116.

61 M. Heidegger: Bauen, Wohnen, Denken, S. 153.

62 Schäfer, Mirko Tobias/Es, Karin van: The Datafied Society. Studying Culture through Data, Amsterdam: Amsterdam University Press 2017.

63 Dass Unternehmen zahlreiche »micro-worker« beanspruchen, um ihre KI-Services am Laufen zu halten, zeigt nicht nur, dass dieser Rest nicht klein zu kriegen ist, sondern auch dass diese binäre Teilung immer wieder aufs neue durch Arbeit hergestellt werden muss, vgl. Tubaro, Paola/Casilli, Antonio A.: »Micro-work, artificial intelligence and the automotive industry«, in: Journal of Industrial and Business Economics 46/3 (2019), S. 333-345.

im Kategoriensystem der theoretischen Einstellung nicht zu Wort und in der Simulation auch nicht zum Tragen. Heideggers Welt der offenen Lichtung wird so zur Realität gemacht – Sein ist dann nur, immer schon und immer zu, alles, was der Fall ist. Das Sosein der automatisierten Umwelten besteht darin, das zu sein, »was immer ist, was es ist«⁶⁴ das immerzu mit sich identische und in diesem Sinne geschichtslose Sein.

Während Ihde Technik als Dinge in ihren Eigenschaften, Strukturen und Ansammlungen nimmt, versteht Heidegger Technik als eine Form, die ausmacht, wie etwas ist. Für die technische Form sei es typisch, uns Handlungsoptionen zu eröffnen, indem Seinsweisen festgelegt werden.⁶⁵ Hiernach lässt sich die Automatisierung des Fahrens als zunehmende Versiegelung von möglichen Seinsweisen (Praxisformen der Mobilität) ansehen. Sie würde sich dann in ein Prinzip fügen, das Heidegger insgesamt für die Moderne als dominierende Form ausmacht.⁶⁶ Zu überlegen wäre, inwiefern dieser moderne Trend, der sich mit Heidegger aufzeigen lässt, tatsächlich in den Visionen des autonomen Fahrens fortgeschrieben (verstärkt, radikalisiert) wird, ob wir praktisch an etwas anknüpfen, das wir bereits aus dem Umgang mit Formularen von Verwaltungsbehörden kennen. Anschließend wäre zu diskutieren, inwiefern der technologischen Paradigmenwechsel von der ›Good old fashioned AI‹ (GOFAI) zum maschinellen Lernen hierbei einen praktischen Unterschied macht.⁶⁷ Haben wir es aus alltäglicher, innerweltlicher Perspektive nicht schlicht mit einer weiteren Formalisierung von zuvor Informellem zu tun?

Vielleicht der wichtigste Punkt wäre, die großen Erzählung, die man mit Heidegger der Idee des autonomen Autos in ihren dominanten Entwicklungsvisionen entnehmen kann – mehr Automatisierung, mehr Freiheit – nicht als seinsgeschichtliches Geschick über sich kommen zu lassen. Dazu müsste verhandelt werden, worüber die Auto-fixierten Imaginationen weitestgehend schweigen: welche Grade der Automatisierung für welche Zwecke für wen in welchen Regionen mit welchen Infrastrukturen und weiteren mobilen

64 M. Heidegger: *Sein und Zeit*, S. 95.

65 A. Luckner: *Heidegger und das Denken der Technik*, S. 12, S. 121.

66 Heidegger, Martin: »Die Zeit des Weltbildes«, in: Ders.: *Gesamtausgabe I. Abteilung: Veröffentlichte Schriften 1914-1970*, Holzwege, (=Band 5), Frankfurt a.M.: Klostermann 2003, S. 75-115.

67 Vgl. hierzu mit Blick auf verwandte Überlegungen bei Ernst Cassirer und Ludwig Wittgenstein Weiß, Boris: »Rules of the Game. Über den formenden Einfluss eines technischen Regelbegriffs«, in: *Jahrbuch Technikphilosophie* 7 (2021), S. 225-238.

Anschlüssen überhaupt wünschenswert, praktikabel, sinnvoll sein könnten. Täte man dies, müsste die Vorstellung, wie wir in Zukunft mobil sein wollen, vielleicht nicht auf die Übernahme unserer Welt durch simulierte Realitäten hinauslaufen, sondern Automatisierungsfunktionen könnten sich modular in unseren Umwelten einfügen. Sie wären dann mit uns in der Welt und würden uns diese nicht vorschreiben.

Feindfahrt mit Aufklebern

Stefan Rieger

Sowohl grössere als kleinere Gewässer durchschneiden das Land, und werden von Schiffen befahren, die gleichsam durch magische Kräfte fortgerudert werden; nicht Aerme, sondern Automatenähnliche Maschinen sezzen sie in Bewegung. Beschreiben kann ich diese Maschinen nicht, da mit weder der Blick eines Vaucanson noch der Droz geworden ist, sondern ich vielmehr in der Mathematik nur ganz schlecht bewandert bin; hierzu kommt noch, daß diese Bäume in allen Stücken so schlau zu Werke gehen, dass niemand ihre Kunststücke entdecken kann, er müsste denn das Falkenauge eines Leuschenring's haben.¹

Overall, our quantitative and qualitative insights suggest calm VR applications are well suited to an automotive context.²

1. Luhmann am Steuer

Das Autofahren stiftet Weltbezüge und organisiert Erwartungshorizonte. Im Zuge dessen macht es auf vielschichtige Weise Dynamiken zwischen Menschen, Techniken und Autonomie verhandelbar. So steht, um mit den Menschen zu beginnen, das Aggressionspotential des Autofahrens außer Frage. Die Sozialpsychologie hat entsprechende Untersuchungen auf den Weg gebracht und damit das allen Beteiligten Offensichtliche nachhaltig bestätigt.

-
- 1 Holberg, Ludwig: Niels Klims unterirdische Reisen, Berlin: Kramer Karin Verlag [1743] 1983, S. 77.
 - 2 Paredes, Pablo E./Balters, Stephanie/Qjan, Kyle et al.: »Driving with the Fishes: Towards Calming and Mindful Virtual Reality Experiences for the Car«, in: Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies 2/4 (2018), S. 184:1-184:1.

An keinem anderen Ort wird so viel kommuniziert wie im Verkehr.³ Verbal-attacken, Beleidigungen und Beschimpfungen sind dort ebenso an der Tagesordnung wie fahrspezifische Weisen der Kommunikation, wie Hupen, dichtes Auffahren und Drängeln. Dabei wurde schon vor Einführung autonomer Fahrzeuge viel unternommen, um das Verkehrswesen über seine Eigenarten aufzuklären und entsprechende Gefährdungen weitgehend zu minimieren. Die Beiträge reichen in ihrer historischen Spannweite von einer frühen Psychologie des Verkehrs bis zu einer alles umfassenden Theorie der Anthropotechnik. Gefragt wird konkret »nach den psychologischen Grundlagen der Fortbewegung des Menschen in der Zweidimensionalen«, nach dem Beitrag der Psychologie zum Kraftfahrwesen oder nach der Ergonomie von Fahrzeuginnenräumen.⁴ Dabei werden nicht zuletzt mit Blick auf Fragen der ergonomischen Gestaltung andere Instrumente und Interfaces erwogen, andere Benachrichtigungssysteme und damit die Verwendung zusätzlicher Sinneskanäle zu Rate gezogen.⁵ Im Zuge des Primats freier Hände werden zunehmend *mid-air* Steuerungen angedacht und so finden auch niedere Sinne wie das Riechen Eingang in die Fahrzeuginnenräume – und zwar nicht in der satt-sam bekannten Form von Duftbäumen, sondern konkret als Möglichkeit der Informierung, der Aufmerksamkeitssteuerung und gekoppelt an Fahrzeuge, die als smart gelten, weil sie untereinander vernetzt sind.⁶ Das Subliminale

-
- 3 Vgl. etwa Yorck Herzberg, Philipp/Schlag, Bernhard: »Aggression und Aggressivität im Straßenverkehr«, in: Zeitschrift für Sozialpsychologie 37 (2006), S. 73-86.
- 4 Vgl. dazu Lenkner, Hans: Die psychologischen Grundlagen der Fortbewegung des Menschen in der Zweidimensionalen unter besonderer Berücksichtigung der Fragen der Verkehrstechnik (»Das Drall-Problem«), Würzburg: Trilsch 1933; König, Ad.: »Die experimentelle Psychologie im Dienste des Kraftfahrwesens«, in: Allgemeine Automobil-Zeitung 10 (1919), S. 11-13 und 12 (1919), S. 15-17., sowie Grünen, Rainer/Günzkofer, Fabian/Bubb, Heiner: »Anatomische und anthropometrische Eigenschaften des Fahrers«, in: Heiner Bubb/Klaus Bengler/E. Rainer Grünen et al. (Hg.): Automobilergonomie, Springer: Berlin 2015, S. 163-219.
- 5 Zur Bandbreite von Informierungen im Fahrzeug vgl. etwa Fricke, Nicola: »Warn- und Alarmsounds im Automobil«, in: Georg Spehr (Hg.): Funktionale Klänge. Hörbare Daten, klingende Geräte und gestaltete Hörerfahrungen, Bielefeld: transcript 2009, S. 47-64, sowie Schipor, Ovidiu Andrei/Vatavu, Radu-Daniel: »Towards Interactions with Augmented Reality Systems in Hyper-Connected Cars«, in: EICS Workshops (2019), S. 76-82.
- 6 Vgl. Rieger, Stefan: »Halt mal kurz!«, in: Manuela Klaut/Claus Pias/Gottfried Schnödl (Hg.): Stimmen Hören. Festschrift für Wolfgang Hagen, Berlin: ciconia 2020, S. 198-211. Vgl. zum instrumentententfreen Fahren und Steuern auch Cornelio Martinez et

wird zum Einfallstor für Verhaltensregulierungen beim Fahren und das Riechen zu einem Mittel seiner Umsetzung.⁷ Selbst in autonome Fahrzeuge hält das beruhigende Riechen Einzug. So soll ein System namens S(C)ENTINEL die Verlässlichkeit des autonomen Fahrens mittels Lavendel- und Zitronengeruch unter Kontrolle halten (»lemon for a change to low and lavender for a change to high reliability«).⁸ Welche spezifischen Gerüche dabei eine Rolle spielen, tritt hinter den wohl unbestrittenen Vorteil olfaktorischer Information zurück.⁹ Derartige Belange der operativen Umsetzung sind allerdings auf ein sehr grundsätzliches Sicherheitsbedürfnis ausgerichtet. Weil Gefährdungslagen im Verkehr häufig durch die Unzulänglichkeiten des Menschen verursacht werden, muss dieser vor sich selbst geschützt werden.

Denker wie Niklas Luhmann haben sich der besonderen Situation im Auto zugewendet. Ob die Systemtheorie zur Aufklärung dessen beiträgt, was sich im Innenraum von Fahrzeugen abspielt, wird zur Bewährungsprobe für die eigene Theorie, die oftmals einer allzu großen Entfernung von den Belangen der Lebenswelt bezichtigt wurde. Luhmann steuert gegen und führt ein doch sehr lebensweltliches Bonmot an, demzufolge Ehen im Himmel geschlossen und im Auto getrennt werden. Die Situation im Verkehr lässt in der Monographie *Liebe als Passion. Zur Codierung von Intimität* die zwischen Fahrern und Beifahrern zentrale Frage virulent werden, welche Welt denn gerade als die gemeinsame zugrunde gelegt und nach welcher Maßgabe attribuiert wird – eine Frage, die in den Pluralisierungen sensorgestützter Weltentwürfe gleichermaßen von Belang ist. Fahr(feh)lverhaltensweisen wie Kurvenschneiden oder Linksfahren auf der Autobahn werden zur Nagelprobe für die Intimkommunikation – jedenfalls dann, wenn Besonderheiten individueller Fahrstile auf die Eigenheiten selbstreferentieller Kommunikationen im Medium der Liebe hochgerechnet werden und es auf diese Weise gelingt, »Nuancen

al.; »Agency in Mid-air Interfaces«, in: CHI '17. Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (2017), S. 2426-2439.

- 7 Riener, Andreas/Chalfoun, Pierre/André-Aisenstadt, Pavillon et al.: »The Potential of Subliminal Information Displays to Change Driver Behavior«, in: *Presence* 23/1 (2014), S. 51-70.
- 8 Wintersberger, Philipp/Dmitrenko, Dmitrijs/Schartmüller, Clemens et al.: »S(C)ENTINEL: Monitoring automated vehicles with olfactory reliability displays«, in: *International Conference on Intelligent User Interfaces* (2019), S. 538-546.
- 9 Vgl. dazu etwa Baron, Robert. A./Kalsher, Michael J.: »Effects of a Pleasant Ambient Fragrance on Simulated Driving Performance: The Sweet Smell of...Safety?«, in: *Environment and Behavior* 30/4 (1998), S. 535-552.

des Verhaltens attributionsfähig zu profilieren«. ¹⁰ Wie missverständlich die Attribution einfacher Gesten ist, zeigt ein Beispiel aus der Praxis. Dort werden für eine einfache Regung (ein aus dem Auto herausgestreckter Arm) eine verwirrende Zahl an Zuschreibungen parat gehalten, die vor allem eines verhindern: die sachdienliche Vorwegnahme einer halbwegs komplexen Situation und damit die Möglichkeit eines adäquaten Reagierens. ¹¹

Das Aggressionspotential der Automobilisten untereinander und nicht beschränkt auf die unter Attributionsdruck stehende Dyade aus Fahrzeuglenker und Beifahrerin steht in diesem Zusammenhang nicht nur außer Frage, es hat selbst historischen Tiefgang. Der Colditzer Psychiater und Kriminalanthropologe Paul Näcke gerät anlässlich des Autofahrens gar zu Überlegungen über die Sittlichkeit von Geisteszuständen. Näcke, der 1907 ausgerechnet den eher Pferden zugeneigten Schriftsteller Karl May auf seine psychische Verfasstheit hin zu begutachten hatte, weiß herzuleiten, was die Menschen am Steuer so aggressiv macht. Die Gefahr der sittlichen Verrohung durch die Effekte des Tempos und die Wirkung auf einen derart beschleunigten Geisteszustand sind so groß, dass nur ausgewähltes Personal am Verkehr teilnehmen sollte – was zweifellos der Psychotechnik ein weites Betätigungsfeld für entsprechende Eignungsprüfungen erschloss. ¹² Was neben der Verrohung dräut, ist nicht weniger als eine veritable Autokratie. Der Temporausach, die spezifische Rauscherfahrung der Moderne, steht einer tempolimitierten Vernünftigkeit im Wege. ¹³ Das Auto versetzt den Fahrer in einen anderen Zustand, »die Dekorationen seines Reiches wechseln jeden Augenblick, Häuser,

10 Luhmann, Niklas: *Liebe als Passion. Zur Codierung von Intimität*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1990, S. 43. Vgl. dazu auch Rieger, Stefan: »Utopien am Steuer. Zu einer Kommunikationstheorie des Autofahrens«, in: Claus Pias/ders. (Hg.): *Vollstes Verständnis. Utopien der Kommunikation*, Zürich: Diaphanes 2016, S. 125-141.

11 Vgl. dazu Kleffel, Werner: »Schuld oder Schuldlosigkeit bei Verkehrsunfällen. (Voraussehbarkeit – Geistesgegenwart – Schrecksekunde)«, in: *Deutsche Zeitschrift für die gesamte gerichtliche Medizin* 20 (1933), S. 1-32.

12 Dazu etwa Marbe, Karl: *Die gerichtopsychologische Begutachtung von Autounfällen und die Eignung zum Chauffeur. Ein Führer für Gerichtsgutachter, Juristen und die Polizei*, Leipzig: C. L. Hirschfeld 1932.

13 Zur Topik des Rausches vgl. stellvertretend Baudry de Saunier, Louis: *Das Automobil in Theorie und Praxis*, Wien: Inktank-Publishing [1901] 2019.

Bäume, Felder, Menschen flüchten an ihm vorbei, und es steigt ihm wie ein Herrschergefühl ins Hirn [...] Das Gefühl macht ihn leicht zum Autokraten.«¹⁴

Für den Semiotiker und Philosophen Max Bense hingegen taugt das Autofahren zu einer strukturierten Form technisch induzierter Beiläufigkeit. Automatismus und Gedankenlosigkeit führen zu einer Gemengelage, die bereits Modernetheoretiker wie Robert Musil am Beispiel moderner Bewegungsformen zu einem Durchbruch durch die bewusste Person erklärt haben. Im Kontrollverlust sehen sie eine Form ekstatischer Glückserfahrung veranlagt.¹⁵ Dem Moment reduzierter Rationalität ist eine Geschichte der Moderne eingeschrieben, die von Kleists intuitiv antizipierenden Bären aus dem Marionettentheater bis zu Glücksmomenten einer automobil beschleunigten Moderne führt – ob bei Musil oder bei Bense, der die automatisierte Gedankenlosigkeit beim Fahren gar zu einer neuen Existenzweise verklärt. »Indem sich das denkende Wesen an das fahrende Wesen gewöhnt, Ich und Auto mehr und mehr zu einem beinahe surrealen Automaten verschmelzen, jene aber dennoch auch bei sich selbst bleiben, uns stets auch noch ein selbständiges Etwas, eben fahrendes Wesen und denkendes Wesen bedeuten, ist fast eine neue Art des Existierens entstanden«.¹⁶ Die Möglichkeit dieser neuen Existenzweise geht einher mit einer Neuveranlagung des Autos als einer informationsverarbeitenden Einheit, die nicht mehr dem Geltungsbereich klassischer Maschinen zugehört.¹⁷

14 Näcke, Paul: »Der Geisteszustand des Automobilfahrens«, in: *Archiv für Kriminalanthropologie* 16 (1904), S. 335-337, hier S. 335.

15 Zu dieser Wertschätzung Rieger, Stefan: »Auto«, in: Benjamin Bühler/ders. (Hg.): *Kultur. Ein Machinarium des Wissens*, Berlin: Suhrkamp 2014, S. 19-30.

16 Bense, Max: »Auto und Information. Das Ich, das Auto und die Technik«, in: ders. (Hg.): *Ausgewählte Schriften (= Poetische Texte, Band 4)*, Stuttgart/Weimar 1998, S. 291-293, hier S. 292. Die biographische Verschmelzung mit dem Automobil, die Bense phantasiert, wird durch technische Aufrüstungen befördert, die dem Gespann aus Fahrzeug und Fahrzeugführer ungeahnte Möglichkeiten hochindividueller Sozialität bescheren (vgl. dazu McVeigh-Schultz, Joshua/Stein, Jennifer/Boyle, Jacob et al.: »Vehicular lifelogging: new contexts and methodologies for human-car interaction«, in: *CHI Extended Abstracts* (2012), S. 221-230). Aber die neuen Verkehrsteilnehmer werden auch zur Nagelprobe für die Gesellschaft (vgl. dazu Marres, Noortje: »Co-existence or displacement: Do street trials of intelligent vehicles test society?«, in: *British Journal of Sociology* 71/3 (2020), S. 537-555).

17 Vgl. dazu Günther, Gotthard: *Das Bewusstsein der Maschinen. Eine Metaphysik der Kybernetik*, Baden-Baden: Agis-Verlag 1957.

Vor dem Hintergrund solcher Verwerfungen und Verheißungen, die nachgerade zur Topik eines kulturwissenschaftlich-philosophischen Verkehrsdiskurses zählen, mag eine Einschätzung von Jürgen Habermas auffallen. Immerhin löst der Philosoph das Autofahren aus den Niederungen von verbalem Streit oder fahrtechnischem Fehlverhalten – das *tertium comparationis* könnte dabei der Begriff des Schneidens sein – und versetzt es kurzerhand in einen Adelszustand. Im gewählten Vergleich wird das Fahren nobilitiert, soll es doch in der Lage sein, auf einfache Weise das Alltagsgeschäft von Geisteswissenschaften zu erklären. »Autofahren ist so etwas wie eine Geisteswissenschaft. Man muß fortwährend fremde Texte übersetzen, fremde Welten, Stile, Manieren und Marotten antizipieren. Denn das heißt es ja: mit den Fehlern der anderen kalkulieren. Darin kulminiert der Adel automobiler Intelligenz.«¹⁸ Diese automobilen Kommentierung der Geisteswissenschaften greift auf etwas Grundlegendes zurück, dem auch moderne Konzeptualisierungen des Fahrens folgen – der Umgang mit einem Kalkül künftiger Welten. »In order to drive a car, a driver needs to see and understand the various objects in the environment, predict their possible future behaviors and interactions, and then plan how to control the car in order to safely move closer to their desired destination while obeying the rules of the road.«¹⁹ Wie bei Luhmann ist es die Frage nach dem Referenzsystem und damit die nach der jeweils zugrunde gelegten Welt, die Fahren und Denken verbindet.

Doch der Verkehr ist bedrohlich und die Gefahr allgegenwärtig. Dieses Risiko wird als Symptom einer beschleunigten Moderne beschrieben und seine Opfer werden gemeinhin akzeptiert. Gleichwohl setzt das autonome Fahren dort an, wo menschliche Fahrzeuglenker am Steuer sitzen und das Geschehen eben nur vermeintlich unter Kontrolle haben. Durch Technik, so das Versprechen, sollen menschliche Unzulänglichkeiten minimiert und Sicherheit maximiert werden. Eine entsprechende Beforschung ist gleichermaßen umtriebig wie umfänglich. Neben Fragen der technischen Umsetzung geraten vor allem soziale Aspekte des autonomen Fahrens auf die Agenda.²⁰ Mit ihnen wird vi-

18 Habermas, Jürgen: »Der Mensch am Lenkrad«, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 27.11.1954.

19 Bansal, Mayank/Krizhevsky, Alex/Ogale, Abhijit S.: »ChauffeurNet: Learning to Drive by Imitating the Best and Synthesizing the Worst«, in: arXiv:1812.03079v1 [cs.RO] 7. Dezember 2018.

20 Vgl. dazu Bissell, David/Birtchnell, Thomas/Elliott, Anthony et al.: »Autonomous auto-mobilities: The social impacts of driverless vehicles«, in: Current Sociology 3 (2018), S. 1-19 sowie Forster, Yannick/Frison, Anna-Katharina/Wintersberger, Philipp et al.: »Where

ruhlent, wie es um Verteilung von Autonomie bestellt ist, die im autonomen Fahren wie kaum an einem anderen Ort als gesellschaftspolitisches Phänomen diskutiert wird. Mit der (Teil-)Autonomie nicht-menschlicher Akteure sind Positionen im Raum, die nicht nur über Selbstverständnis und Selbstpositionierung des Menschen gegenüber seiner Umwelt, sondern sogar über die Kriterien eines gelungenen Lebens entscheiden.²¹ Im Zentrum stehen dabei Fragen nach der Teilung von Handlungsträgerschaft und ihrer Validierbarkeit im Rahmen von Jurisdiktion und Versicherung, von Moral und Ethik.²² Ein weiteres Zentrum bildet die Frage nach dem speziellen Zustand der Ablenkung, der mit der Gesamtsituation eines in Bewegung befindlichen Körpers zu tun hat und hinter der eine groß angelegte Kulturgeschichte der Schläfrigkeit zu stehen hätte. Die Physiologie der Müdigkeit ist auf eine spezifische Weise medien- und technikinduziert – und gleichzeitig ist sie es, die die Sicherheit des Verkehrswesens bedroht und mit allen Mitteln unter Kontrolle zu halten ist. Wieder ist die Wissenschaft gefragt, um einen Geisteszustand aufzuklären, der dem Autofahren inhärent zu sein scheint.²³

Für menschliche Lenker hat sich selbst noch unter säkularen Bedingungen ein Heiliger bewährt und seine in die kulturelle Topik eingespielte Wirksamkeit bewahrt: Zuständig für die spirituelle Beruhigung im Transportwesen ist der heilige Christopherus, der als stabbewehrter Hüne Christus auf seinen Schultern durch ein Gewässer trägt. Als Gewährsmann für sicheren Personentransport zu Lande, zu Wasser und in der Luft überlebt er auf eigentümliche Weise als Patron des Kraftfahrwesens – in Form von Medaillen und Plaketten,

We Come from and Where We Are Going: A Review of Automated Driving Studies«, in: *AutomotiveUI (adjunct)* (2019), S. 140-145.

- 21 Rössler, Beate: *Autonomie. Ein Versuch über das gelungene Leben*, Berlin: Suhrkamp 2019.
- 22 Dazu Brown, Barry/Laurier, Eric: »The Trouble with Autopilots: Assisted and Autonomous Driving on the Social Road.«, in: Gloria Mark/Susan Fussell (Hg.): *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York: ACM 2017, S. 416-429; Amirshirzad, Negin/Kumru, Asiye/Öztop, Erhan: »Human Adaptation to Human-Robot Shared Control«, in: *IEEE Trans. Human-Machine Systems* 49/2 (2019), S. 126-136.
- 23 Vgl. stellvertretend Ramzan, Muhammad/Ullah, Hikmat/Awan, Khan et al.: »A Survey on State-of-the-Art Drowsiness Detection Techniques«, in: *IEEE Access*, 7 (2019), S. 61904-61919, sowie aus den Reihen der Lösungsvorschläge Doudou, Mes-saoud/Bouabdallah, Abdelmadjid/Berge-Cherfaoui, Véronique: »Bias Remediation in Driver Drowsiness Detection Systems Using Generative Adversarial Networks«, in: *IEEE Access* 8 (2020), S. 55592-55601.

von Anhängern und Aufklebern weiß er sich im gut sortierten Sortiment des Autozubehörfachhandels zu halten. Weil für Herstellung und Vertrieb entsprechender Devotionalien nicht mehr nur die Kirche zuständig ist, führte der Autoteilehersteller ATU unter der Art Nr. RW3000 noch im Jahr 2019 eine silberfarbene Plakette des Heiligen. Beworben wurde das formschöne und selbstklebende Produkt, das zwischen Warnwesten und Wunderbäumen, Verbandkästen und Windschutzscheibenreinigungsprodukten als ebenfalls für den potentiellen Kunden interessanten Kaufoptionen positioniert war, mit einem Hinweis auf die Tradition von Heiligengeschichten. »Ihr ständiger Begleiter! Jeder von uns kann einen Schutzengel brauchen, der uns ab und an unter die Arme greift und uns beschützt.«²⁴ Selbst vor der Bewerbung als »ultimativen« Glücksbringer schreckt ATU nicht zurück.

Abbildung 1: Christopherus-Plakette



https://www.atu.de/shop/Reise-und-Transport-w11621/Reisezubehoer-w11881/Alles-fuer-die-Fahrt_w11891/St-Christopherus-Plakette-silberfarben-1-Stueck-RW3000 vom 31.03.2019.

Der Bereich des autonomen Fahrens ist angetreten, eine solche ständige Begleitung dauerhaft zu garantieren und universellen Schutz herzustellen, indem man den Menschen weitestgehend aus der Gleichung nimmt. Da-

24 https://www.atu.de/shop/Reise-und-Transport-w11621/Reisezubehoer-w11881/Alles-fuer-die-Fahrt_w11891/St-Christopherus-Plakette-silberfarben-1-Stueck-RW3000 vom 31.3.2021.

zu wird die Risikominimierung verweltlicht. Das Netz technischer Sensoren ist feiner in der Erfassung der Umgebung als das menschliche Wahrnehmungsvermögen, eine Datenverarbeitung zeichnet Situationen nach, die unterschiedliche Szenarien und deren Konsequenzen mit nur minimaler Verzögerung (und damit dem Ideal der Echtzeit praktisch entsprechend) umsetzen, die Antizipation komplexer Situationen wird möglich – jedenfalls genauer, als wenn es der Einschätzung eines Menschen überlassen bliebe. Ob gebremst oder ausgewichen wird, ob Unfallrisiken minimiert oder ethische Dilemmata ausgereizt werden, in all diesen Fällen greift ein Kalkül von Umwelterfassung, Infrastruktur und Datenverarbeitung – und das vor dem Hintergrund einer Vielzahl möglicher Welten.²⁵ Die Chancen des autonomen Fahrens sind erkannt und vielfach beschrieben worden. Was immer dessen Einführung befördert oder verzögert – es sind vorrangig Fragen und Aspekte, die weniger mit dem technisch Möglichen als mit dem gesellschaftlich Durch- und juristisch Umsetzbaren zu tun haben. Wie verhalten sich Probetrieb und Alltagstauglichkeit? Ist der deutsche Automobilist wirklich (schon) willens, das Steuerruder aus der Hand zu geben? Wer ist Herr im automobilen Haus?²⁶ Trägt die Vernetzung der Fahrzeuge (Vehicle to Vehicle [V2V]) untereinander dazu bei, aus vormaligen Autokraten am Steuer empathische und vor allem rücksichtsvolle Verkehrsteilnehmer:innen zu machen?²⁷ Wollen wir uns wirklich durch derartige Befriedung des Verkehrswesens um speziell diese Möglichkeit der sozialen Interaktion bringen?²⁸ Veranlagten wir den Umgang mit der Pluralisierung von Welten als etwas, das gelöst und bewältigt sein will? Soll eine Welt der Bedeutungsüberschüsse durch Strategien der Vereindeutigung reguliert werden? Bedarf es dazu psychologischer Zuschreibungen und hermeneutischer Verfahren als Mechanismen der Reduktion von Mehrsinnig-

-
- 25 Als Musterbeispiel dient dabei ein Unfallsszenario, bei dem Personenschäden gegeneinander aufgerechnet werden.
- 26 Cohen-Lazry, Guy/Edelstein, Amit/Degani, Asaf et al.: »An Introduction to a Psychoanalytic Framework for Passengers' Experience in Autonomous Vehicles«, in: Heidi Krömker (Hg.): HCl in Mobility, Transport, and Automotive Systems. Automated Driving and In-Vehicle Experience Design. Second International Conference, MobiTAS 2020. Proceedings, Part I, S. 249-265.
- 27 Rakotonirainy, Andry/Schroeter, Ronald/Soro, Alessandro: »Three social car visions to improve driver behaviour«, in: Pervasive and Mobile Computing 14 (2014), S. 147-160.
- 28 Zu einer solchen Kommunikationstheorie des Autofahrens vgl. Kling, Marc-Uwe: Die Känguru-Offenbarung, Berlin: Ullstein 2014, 18. Kapitel.

keit?²⁹ Die Bedeutung der Ambiguität wird fernab der Brisanz eines risikobehafteten Verkehrswesens (und der verständlichen Regulierung etwa der dort angelegten Signalgebung!) zunehmend im Bereich der Designwissenschaft diskutiert. Ihre Zuspitzung erhält sie in Konzepten wie *research through design* und *cargo cult design*, Gestaltungsweisen, die das Gegenteil der Vereindeutigung nachgerade zum Programm ihrer Weltgestaltung erheben.³⁰

2. Adversarial Attacks

Vor diesem Hintergrund ist eine Diskussion zu situieren, die dem autonomen Fahren noch auf eine ganz andere Weise abträglich ist. Dabei spielen nicht Menschen und deren Unzulänglichkeiten eine Rolle, sondern die Systeme der Erkennung und damit doch wieder die Technik selbst. Eine Eigenart künstlicher Systeme bei der Identifizierung von Gegenständen in der Umwelt, die durch vergleichsweise einfache Mittel täuschbar ist, zeichnet dafür verantwortlich. Genau genommen geht es dabei um jene *Deep Neural Networks*, die im Rahmen des *machine learning* Anwendung finden.³¹ Verhandelt werden entsprechende Fehlleistungen künstlicher Intelligenzen gelegentlich in der Beschreibungssprache psychischer Störungen, etwa als Trugbilder oder Halluzinationen.³² Das Phänomen hat zunächst als eine Art Kuriosität der *Artifi-*

29 Vgl. dazu Sengers, Phoebe/Gaver, Bill: »Staying Open to Interpretation: Engaging Multiple Meanings in Design and Evaluation«, in: DIS 2006, June 26-28, 2006, S. 99-108.

30 Dazu Andersen, Kristina: »The Deliberate Cargo Cult«, in: Proceedings of the 2014 Conference on Designing Interactive Systems, S. 627-636 und Boucher, Andy/Chatting, David J./Desjardins, Audrey et al.: »Doing Things with Research through Design: With What, with Whom, and Towards What Ends?«, in: CHI Extended Abstracts 2019.

31 Engemann, Christoph/Sudmann, Andreas: »Machine Learning – Neue Pfade künstlicher Intelligenz«, in: Dies. (Hg.): Machine Learning. Medien, Infrastrukturen und Technologien der Künstlichen Intelligenz, Bielefeld: transcript 2018.

32 Im Vorgriff auf das Folgende: Die Rede von der Halluzination findet sich nicht nur in eher feuilletonistischen Berichterstattungen (*Die Zeit*, *Wired*), sondern auch in den einschlägigen Texten selbst. »Recently, adversarial algorithms were developed to facilitate hallucination of deep neural networks for ordinary attackers« (Abdel-Hakim, Alaa E.: »Ally patches for spoliation of adversarial patches«, in: Journal of Big Data 6/51 (2019); vgl. dazu auch Simonite, Tom: »AI Has a Hallucination Problem That's Proving Tough to Fix«, in: Wired 3.9.2018. <https://www.wired.com/story/ai-has-a-hallucination-problem-thats-proving-tough-to-fix> vom 05.04.2020. Zum schwankenden Objektstatus und zur Übergängigkeit von Dingen vgl. auch Piergiorganni, A. J./Wu, Alan/Ryoo, Michael

cial Intelligence eine entsprechende Aufmerksamkeit erfahren. Es sind feindliche Attacken (*adversarial attacks*), die das System um die Kohärenz und um den Verstand bringen. Und es sind so genannte *adversarial patches* in der Form unscheinbarer Aufkleber, die solche Störfälle im allgemeinen Wahrnehmungsbetrieb auf unscheinbare Weise befördern. Dem Ganzen liegt der Befund zugrunde, dass Systeme der optischen Bilderkennung ohne größeren Aufwand dazu gebracht werden können, einfache, aber groteske (und damit folgeschwere) Fehleinschätzungen vorzunehmen. Unter dem Titel »Ist das ein Toaster?« greift ein Artikel in der Wochenzeitschrift *Die Zeit* zur Veranschaulichung dieser Möglichkeit auf Forschungen zurück, die von der technischen Metamorphose einer schlichten Banane handeln. Die Frucht wird zunächst von einem technischen System erfasst und entsprechend erkannt. Gerät allerdings ein kleines Bild, ein *patch* oder *sticker* ohne ersichtlichen Inhalt in die Nähe der Banane, gibt das System die Frucht preis und identifiziert die neue Situation etwa als einen Toaster. Aber damit nicht genug: War die Bilderkennungssoftware im Fall der Banane mit 97 Prozent von der Richtigkeit ihrer Erkenntnis überzeugt, so steigert sich diese Zuversicht im Fall des fälschlich erkannten Toasters auf stattliche 99 Prozent. »Andere Fälle zeigen, wie eine Mikrowelle mit störendem Sticker als Telefon einsortiert wurde und wie nach Zugabe von ein paar Pixeln, die kein Mensch bemerken würde, der Rechner einen Pandabären als Gibbonäffchen erkennt.«³³ Die Fülle der Beispiele wäre beliebig erweiterbar um Dinge des Alltags, um Teddybären und Orangen, um Socken und Haustiere, um Sportgerätschaften und Einrichtungsgegenstände.

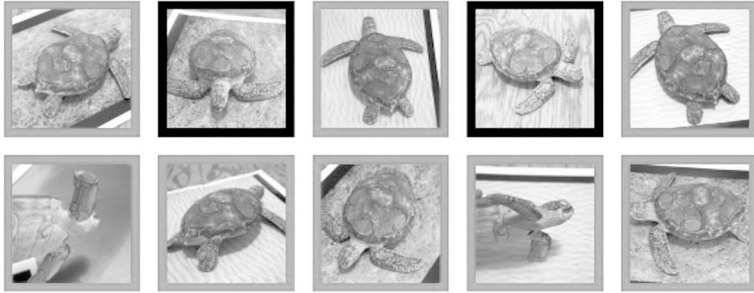
Derartige Geschichten sind gut erzählbar, nicht zuletzt wegen des besonders grotesken Ausmaßes der Fehleinschätzung. Die Verwechslung der Banane mit einer ihr gestaltähnlichen Gurke oder einer ihr farbähnlichen Zitrone wäre im Auge des menschlichen Betrachters erwartbar, vor dem Hintergrund eines Denkens in Gradualitäten auch einigermaßen plausibel und ist für entsprechende Scherze genutzt worden.³⁴ Zu profilieren wären derartige

S.: »Learning Real-World Robot Policies by Dreaming«, in: arXiv:1805.07813v4 [cs.RO] 1. August 2019, S. 7680-7687. Beschrieben wird dort ein Gestaltwandel in der Beschreibungssprache des Träumens.

33 Schmitt, Stefan: »Ist das wirklich ein Toaster?«, in: *Die Zeit* vom 14.11.2019, S. 33-34, hier S. 33.

34 Derartige Verkennungen beim Menschen werden entsprechend konzeptualisiert. Vgl. dazu Goldenberg, Georg: »Visuelle Objektagnosie und Prosopagnosie«, in: Hans-

Abbildung 2: Von Schildkröten und Gewehren



Anish Athalye/Engstrom, Logan/Ilyas, Andrew u.a. (2018), »Synthesizing Robust Adversarial Examples«, arXiv:1707.07397v3 [cs.CV], 7. Juni 2018.

Verwechslungen vor dem Hintergrund einer Geschichte des technischen Sehens, die sich entlang von staffelbaren Auflösungen, aber auch im Umgang mit anderen Sehparametern wie Abschattung, Entfernung oder Blickwinkel abzuwickeln hatte und dabei die Identifizierung von Gegenständen als die besondere Leistung des menschlichen Sehens qualifizierte.³⁵ Aber die Übertragung von der Banane auf den Toaster ist ein entschiedener Bruch im habitualisierten Umgang mit Ähnlichkeitsrelationen. Sie stellt einen Spezialfall der Bildwahrnehmung dar, der auch durch kulturell eingespielte Sonderformen wie dem von der Gestaltpsychologie bemühten Kippbild nicht gedeckt ist. Im Reich der Vexierbilder ist der gewohnte Kontrakt mit der Stetigkeit aufgekündigt. Wie in den Musterbeispielen der Gestaltpsychologie herrscht zwischen Gesicht und Vase, zwischen dem Hasen und der Ente, zwischen der alten Frau und dem anmutigen Mädchen eine Ambiguität, die vom Wahrnehmungssystem ohne intentionale Intervention vereindeutigt wird.³⁶

Otto Karnath/Peter Thier (Hg.): Kognitive Neurowissenschaften, Berlin: Springer 2012, S. 161-171.

35 Dafür typisch ist die folgende Einschätzung von Karl Steinbuch: »Auf keinem anderen Gebiet ist die Unterlegenheit technischer Gebilde gegenüber den organischen Systemen so offensichtlich wie beim Sehsystem.« (Steinbuch, Karl: Automaten und Mensch. Auf dem Weg zu einer kybernetischen Anthropologie, Berlin: Springer 1971 (4., neubearbeitete Auflage), S. 98).

36 Zur Kippfigur sowie zu ihrer Ambiguität vgl. Schönhammer, Rainer: »Stichwort: Kippbilder«, <https://psydok.psycharchives.de/jspui/bitstream/20.500.11780/3666/1/Kippbild>

Brisant werden die technischen Fehleinschätzungen, wenn man die Beispielliste erweitert und auf Fälle kommt, die alles andere als harmlos und in der Lage sind, eklatant in lebensweltliche Alltagssituationen einzugreifen. Berichtet wird etwa von einem Stoppschild, das durch einen Sticker an der menschlichen Wahrnehmung vorbei für die technische unkenntlich gemacht wird oder davon, »eine Plastikschildkröte durch subtile Gravuren auf ihrem Panzer als Schusswaffe erscheinen zu lassen.«³⁷ Gerade die deutlich lebensnahe Frage der Identifizierung von Verkehrsschildern wird zu einer Herausforderung und entsprechend aufwendig beforscht.³⁸ Mit dem Verkehrswesen wird die Brisanz der *adversarial attacks* sichtbar. Schutzmaßnahmen und ein Verständnis der Operationsweise von *Deep Neural Networks* bedingen sich dabei wechselseitig.

In addition to building safe and reliable DNN models, studying adversarial examples and their countermeasures is also beneficial for us to understand the nature of DNNs and consequently improve them. For example, adversarial perturbations are perceptually indistinguishable to human eyes but can evade DNN's detection. This suggests that the DNN's predictive approach does not align with human reasoning. There are works to explain and interpret the existence of adversarial examples of DNNs, which can help us gain more insight into DNN models.³⁹

Auch der *Zeit*-Artikel verweist auf eine Steigerung entsprechender Möglichkeiten. Während es bei den bisher geschilderten Beispielen um die Verwechselbarkeit statischer Bilder zu tun ist, arbeiten Forscher wie Michael J. Black am Tübinger Max-Planck-Institut für intelligente Systeme daran, Bewegungsaufnahmen zu manipulieren, also in so genannte *optical flow systems*

er_psydoc_11052011.pdf vom 23.04.2020. Zum Versuch, die damit verbundene Ambiguität zu messen Fisher, Gerald H.: »Measuring Ambiguity«, in: *American Journal of Psychology* 80/4 (1967), S. 541-557 sowie zu Strategien der Vereindeutigung Kawabata, Nobuo/Takayuki, Mori: »Disambiguating ambiguous Figures by a model of selective attention«, in: *Biological Cybernetics* 67 (1992), S. 417-425.

37 S. Schmitt: »Ist das wirklich ein Toaster?«, S. 33. Zu diesem Beispiel vgl. Athalye, Anish/Engstrom, Logan/Ilyas, Andrew et al.: »Synthesizing Robust Adversarial Examples«, in: arXiv:1707.07397v3 [cs.CV], 7. Juni 2018.

38 Dan Cires, An/Ueli, Meier/Masci, Jonathan et al.: »Multicolumn Deep Neural Network for Traffic Sign Classification«, in: *Neural Networks* 32 (2012), S. 333-338.

39 Xu, Han/Ma, Yao/Liu, Haochen et al.: »Adversarial Attacks and Defenses in Images, Graphs and Text: A Review«, in: arXiv:1909.08072v2 [cs.LG], 9. Oktober 2019.

Abbildung 3: Stop-Schilder



Figure 1: The left image shows real graffiti on a Stop sign, something that most humans would not think is suspicious. The right image shows our a physical perturbation applied to a Stop sign. We design our perturbations to mimic graffiti, and thus “hide in the human psyche.”

Evtimov, Ivan/Eykholt, Kevin/Fernandes, Earlence u.a. (2018),
 »Robust physical-world attacks on deep learning models«,
 arXiv:1707.08945v5 [cs.CR], 10. April 2018.

eingzugreifen. Die Wahrnehmung solcher Systeme steuert die Antizipation komplexer Situationen wie auch die angemessene Reaktion auf diese. Sie wird damit zur Voraussetzung für die Erzeugung möglicher Welten – auch und gerade solcher, die autonomen Systemen als Umwelten für Kalküle der Voraussicht dienen. »Weil *optical flow*-Systeme es erlauben, im Gewusel einer Verkehrssituation die wesentlichen Bewegungen (etwa von Radfahrern und Fahrzeugen) zu verfolgen, sind sie plausible Bausteine für künftige selbstfahrende Autos.«⁴⁰ Zur Optimierung der eigenen Systeme haben die Tübinger Forscher daher bereits vor der Veröffentlichung ihrer Ergebnisse entsprechende *patches* an die Hersteller und Zulieferer der Automobilbranche geschickt, um diese in die Lage zu versetzen, eigene Untersuchungen mit den Störmöglichkeiten zu unternehmen und Resilienzstrategien auf den Weg zu bringen. Die Leiterin des *Algorithm Accountability Lab* Katharina Zweig, die der *Zeit*-Artikel zu Wort kommen lässt, betont den Ernst der Lage mit dem Verweis darauf, dass solche Systeme am Bewusstsein und am Wissen der beteiligten Akteure vorbei zu ihren Einschätzungen gelangten. Die künstlichen Systeme operieren im Modus des Unmerklichen. Und sie operieren, wie nicht nur das Beispiel des autonomen Fahrens verdeutlicht, ausgerechnet dort, wo

40 S. Schmitt: »Ist das wirklich ein Toaster?«, S.33.

die lebensweltliche Brisanz außer Frage steht. Die Forschungen zu diesem Phänomen sind noch jung und haben einen Schwerpunkt im Jahr 2019. Deutlich wird dabei aber bereits jetzt, welche Potentiale in der Technik des Angriffes liegen und wie sehr das Arbeiten der entsprechenden Netzwerke die Emergenz von Phänomenen befördern. Was zutage tritt, fällt aus dem Raster gewöhnlicher Erklärungen heraus. Damit wird das alte Paradigma einer bestimmten und im Alltagsbewusstsein verankerten Auffassung von Determiniertheit und Vorhersagbarkeit technischer Systeme aufgegeben. Die mangelnde Prognostizierbarkeit der DNN führt zu kritischen Lagen, in denen derartige Fehler nicht zu tolerieren sind.

Because of these accomplishments, deep learning techniques are also applied in safety-critical tasks. For example, in autonomous vehicles, deep convolutional neural networks (CNNs) are used to recognize road signs. The machine learning technique used here is required to be highly accurate, stable and reliable. But, what if the CNN model fails to recognize the »STOP« sign by the roadside and the vehicle keeps going? It will be a dangerous situation.⁴¹

Ein in seinem Risikopotential vergleichbares Szenario ergibt sich am Schauplatz von Finanztransaktionen. »If there are fraudsters disguising their personal identity information to evade the company's detection, it will cause a huge loss to the company. Therefore, the safety issues of deep neural networks have become a major concern.«⁴² Was die Überblicksdarstellung *Adversarial Attacks and Defenses in Images, Graphs and Text* zunächst als Strategie menschlicher Betrüger gegenüber Kreditinstituten ausmacht, verweist gleichwohl in die Welt anderer Operationsweisen und Darstellungsformen. Die Frage der Glaubwürdigkeit wird nicht entlang der persönlichen Identität von Betrügern verhandelt, also etwa an der Eineindeutigkeit von Personenständen und deren biometrischer Gewährleistung, sondern an der Eigenlogik von Graphen. Ob im Straßenverkehr oder bei Finanztransaktionen: Die Gefahren lauern an unterschiedlichen Stellen einer störanfälligen Lebenswelt. Sie sind ausdifferenziert nach Anlässen und technischen Umsetzungen, betreffen die Erkennung

41 H. Xu et al.: »Adversarial Attacks«.

42 Ebd.

Abbildung 4: Patches

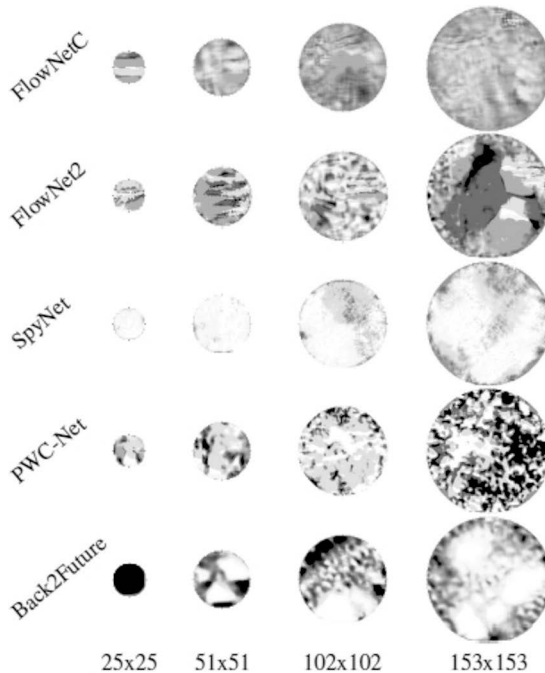


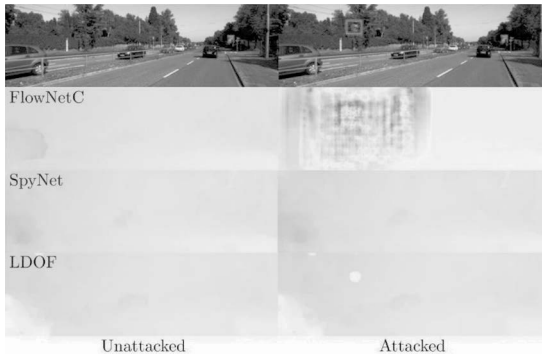
Figure 2. Adversarial Patches. Obtained for different optical flow networks. The size is enlarged for visualization purposes.

Ranjan, Anurag/Janai, Joel/Geiger, Andreas u.a. (2019), »Attacking Optical Flow«, ICCV 2019, S. 2404-2413, hier 2407.

von Buchstaben und Ziffern, von Verkehrszeichen und Bildern, von Bananen und gravierten Schildkröten.⁴³

43 Zum Beispiel der Ziffern, deren Ikonographie sehr an die frühen Bemühungen der technischen Übertragung und der Mustererkennung erinnern (Karl Steinbuch, Norbert Wiener), vgl. Feinman, Reuben/Curtin, Ryan R./Saurabh, Shintre et al.: »Detecting Adversarial Samples from Artifacts«, in: arXiv:1703.00410v3 [stat.ML] 15. November 2017. Zu weiteren Beispielen Kurakin, Alexey/Goodfellow, Ian J./Bengio, Samy: »Adversarial

Abbildung 5: Bewegungsanalysen



Ranjan, Anurag/Hoffmann, David T./Tzionas, Dimitrios u.a. (2019), »Learning Multi-Human Optical Flow«, arXiv:1910.11667v2 [cs.CV], 4. Dezember 2019.

Auf dem Feld der geläufigen Datenformen (»for the three popular data types, i.e., images, graphs and text«) geraten am Finanzbeispiel Graphen und die Veränderung von nur wenigen Knoten auf die Agenda und der Umgang mit Sprache findet nicht nur in schriftlicher, sondern ebenso in gesprochener Form Beachtung.⁴⁴ Auch hier erfolgen die Attacken im Gewand von minimalen und kaum merklichen Unterschieden – etwa durch die Einstreuung von Tipp- oder Druckfehlern (*typos*).⁴⁵ Dabei gerät jenseits von Tippfehlern und einfachen Buchstabendifferenzen der Austausch ganzer Sätze oder Phrasen in den Fokus der Aufmerksamkeit – und damit wiederum spezifische Formen eines Kommunikationsgeschehens wie die Aggression. Ein Beitrag mit dem Titel *Detecting egregious responses in neural sequence-to-sequence models* von 2018 erweitert dabei auf auffallende Weise die Beschreibungssprache und die Semantik dessen, was gemeinhin mit dem Begriff des Auffälligen verbunden

Examples in the Physical World«, in: arXiv:1607.02533v4 [cs.CV], 11. Februar 2017 sowie Evtimov, Ivan/Eykholt, Kevin/Fernandes, Earlene et al.: »Robust physical-world attacks on deep learning models«, in: arXiv:1707.08945v5 [cs.CR], 10. April 2018.

44 Zu einem Beispiel im Umgang mit gesprochener Sprache vgl. Hinton, Geoffrey/Deng, Li/Yu, Dong et al.: »Deep Neural Networks for Acoustic Modeling in Speech Recognition«, in: IEEE Signal processing magazine 29 (2012), S. 82-97.

45 Jia, Robin/Liang, Percy: »Adversarial Examples for Evaluating Reading Comprehension Systems«, in: arXiv:1707.07328v1 [cs.CL], 23. Juli 2017.

Abbildung 6: Real World Attacks

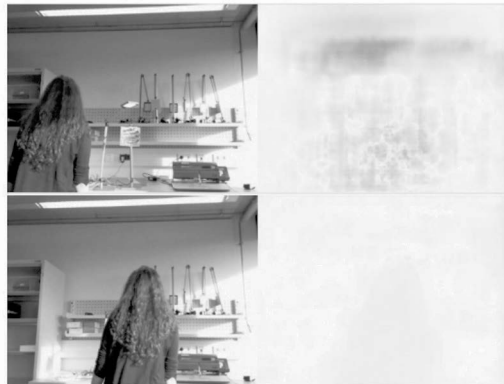


Figure 7. Real World Attacks on FlowNetC. Top: The presence of a printed adversarial patch visible in the centre of the image significantly degrades the optical flow predictions. Bottom: As the patch is covered by the subject, the effect of the patch vanishes.

Ranjan, Anurag/Janai, Joel/Geiger, Andreas u.a. (2019), »Attacking Optical Flow«, ICCV 2019, S. 2404-2413, hier S. 2411

ist.⁴⁶ Das Halluzinatorische und das Groteske, das der Verwechslung von Bananen und Toaster eigen ist, wird um die Eigenschaft des Bedrohlichen erweitert. »In this work, we attempt to answer a critical question: whether there exists some input sequence that will cause a well-trained discrete-space neural network sequence-to-sequence (seq2seq) model to generate egregious outputs (aggressive, malicious, attacking etc.).«⁴⁷ Zum Ausweis von Reaktionen auf Sätze findet das Adjektiv *egregious* Verwendung, ein Eigenschaftswort, dessen Bedeutungshof neben dem Herausstechenden und dem Ungeheuerlichen das Feld des Feindlichen und des Böserartigen eröffnet.

Was sich bei diesen Überlegungen über Bedrohungslagen und Sicherheitsrelevanz einschleicht, ist eine Semantik der Verdächtigung von allem,

46 Tianxing, He/Glass, James: »Detecting egregious responses in neural sequence-to-sequence models«, in: arXiv:1809.04113v2 [s.AI], 3. Oktober 2018.

47 Die Verwendung ist kein Einzelfall. Vgl. etwa Sandbank, Tommy/Shmueli-Scheuer, Michal/Herzig, Jonathan et al.: »Detecting Egregious Conversations between Customers and Virtual Agents«, in: arXiv:1711.05780v2 [cs.CL], 16. April 2018.

was die Lebenswelt bereithält. Die Rede von den Potemkinschen Dörfern macht sich breit. Immer wieder wird der Umstand des Befremdlichen und des Unheimlichen angeführt, der mit dem Unterlaufen der menschlichen Wahrnehmung verbunden ist. Mit dem Adjektiv *subtle* werden die unmerklichen Veränderungen beschrieben, die zu den eklatanten Fehleinschätzungen und ihren gravierenden Folgen führen. In der Bildgebung der entsprechenden Abhandlungen kommt es zu einer Ikonographie, die an Suchbilder aus Zeitschriften und Rätselheften erinnern. Gezeigt werden Bilder, die in prinzipiell erkennbaren und daher auflösbaren Details Wahrnehmungsobjekte in vermeintlicher Gleichheit nebeneinanderstellen – nur mit dem Unterschied, dass das menschliche Auge im Fall der *adversarial attacks* jeder Chance beraubt ist, die eingebauten ›Fehler‹ zu finden.⁴⁸

3. Ally Patches

Ein Brennpunkt der Diskussionen um Sicherheitsrelevanz und die Robustheit der DNN-Systeme ist der Verkehr.⁴⁹ Ausgerechnet die Zeichen seiner Regulierung, die bevorzugter Gegenstand einer höchst eigenen Wahrnehmungsgeschichte waren und deren Aufmerksamkeitsökonomie darauf abgestellt war, Auffälligkeiten sowohl semiotisch als auch ästhetisch herzustellen (und kulturübergreifend abzusichern), erweisen sich als in hohem Maße und mit geringfügigen Mitteln störanfällig.⁵⁰ »The patch attack has real-world significance and we show that adversarial patches can compromise optical flow networks if an engineered patch is printed and placed in real-world scenes.«⁵¹

48 Zur Tradition der Suchbilder vgl. Ernst, Wolfgang/Heidenreich, Stefan/Holl, Ute: Suchbilder. Visuelle Kultur zwischen Algorithmen und Archiven, Berlin: Kadmos 2003.

49 Zur Vulnerabilität des Betriebs selbstfahrender Autos durch Adversarial Attacks vgl. stellvertretend Lin, Yen-Chen Lin/Liu, Ming-Yu/Huang, Jia-Bin: »Detecting Adversarial Attacks on Neural Network Policies with Visual Foresight«, in: arXiv:1710.00814v1 [cs.CV], 2. Oktober 2017.

50 Dazu etwa Cohen, A.S.: »Verkehrszeichen«, in: Zeitschrift für Verkehrssicherheit 40/2 (1994), S. 57-67. Zur Erzeugung von Auffälligkeit vgl. Reinisch, Romy: Wahrnehmung von Verkehrszeichen und Straßenumfeld bei Nachtfahrten im übergeordneten Straßennetz, Dissertation, Technische Universität Darmstadt 2010.

51 Ranjan, Anurag/Janai, Joel/Geiger, Andreas et al.: »Attacking Optical Flow«, in: ICCV 2019, S. 2404-241, hier: S. 2405.

Dass Verkehrszeichen auf verhältnismäßig einfache Weise um ihre Eindeutigkeit gebracht werden, stellt eine massive Gefährdung dar und macht Gegenmaßnahmen notwendig – gerade das autonome Fahren muss sich auf die Stabilität solcher Zeichengebungen verlassen können.

Es bezeichnet eine eigentümliche Pointe, dass die Schutzmechanismen und Abwehrmaßnahmen im Fall der Bild- und Schilderkennung nun ihrerseits im stimmigen Modus von so genannten *Ally patches* auftreten. Dass damit eine Spirale von wechselseitig sich störenden Stickern freisetzt wird (*Ally patches for spoliation of adversarial patches*), mag ein Detail sein, das vielleicht nur die Aufmerksamkeit von Kulturwissenschaften auf sich zieht, die derartige Selbstreferenzen als Teil der kultureller Bedeutungswertschöpfungskette gerne in den Blick nehmen – und damit eine Art Habitualisierung betreiben. Aber dass die Sticker die Seiten wechseln und dass nun sie es sind, die die Störer zu stören in der Lage sein sollen und damit Sicherheit garantieren, ist, gerade mit Blick auf seine potentielle Unabschließbarkeit, ein recht notierenswerter Kreislauf.⁵² Weil auch hier das Prinzip der Unmerklichkeit gilt, stellt sich ein eigentümlicher Befund ein: Man vermag die Kombattanten nicht voneinander zu unterscheiden, sind doch vor dem Auge des Menschen alle Sticker gleich. Das Anbringen von Aufklebern hat damit seine Intention verloren und damit auch jenen subversiven Charme, der mit diesen halböffentlichen Akten der Meinungskundgabe einherging. Das Anbringen eines Aufklebers hat unter diesen Bedingungen das Zeug zu einem veritablen Eingriff in den Straßenverkehr und ist in der Lage, erheblichen Schaden zu verursachen. »The consequent troubles may vary from just unpleasant inconvenience in applications like entertainment image and video annotation, passing by security-critical problems like false person identifications, and can turn out to be life-threatening in autonomous navigation and driver support systems.«⁵³ So wird die Anfälligkeit des autonomen Fahrens erkannt und entsprechend zum Gegenstand – wie in einem Fall, bei dem der feindliche Angriff die Scheibenwischer einschaltet, ohne dass es regnet.⁵⁴

-
- 52 Zur Aufmerksamkeit der Kultur- und Medienwissenschaft für Belange der Störung vgl. stellvertretend Kümmel, Albert/Schüttpelz, Erhard: *Signale der Störung*, München: Fink 2003.
- 53 A. Abdel-Hakim: »Ally patches for spoliation of adversarial patches«, S.1.
- 54 Vgl. dazu Deng, Yao/Zheng, Xi/Zhang, Tianyi et al.: »An Analysis of Adversarial Attacks and Defenses on Autonomous Driving Models«, in: arXiv:2002.02175v1 [eess.SP], 6. Februar 2020.

Besonders auffallend ist dabei eine Einschätzung, die dem Status der entsprechenden Beispiele gilt. Dem übergroßen Anteil der anderen Arbeiten wird ein Aspekt hinzugefügt, der die internen Belange der Störmaßnahmen und der Gegenmaßnahmen verlässt und damit auch den Bereich der Taxonomie der jeweiligen Maßnahmen.⁵⁵ Statt der Frage, welches der geschilderten Verfahren (*Gradient Masking*, *Robust Optimazion*, *Detection*) zum Einsatz gelangt, wird mit dem Versuch der Statusbestimmung die Frage drängend, welche Bedeutung ihr in einer Lebenswelt zukommt. Dabei spielen neben dem Katz- und-Maus-Spiel des jeweiligen Reagierens Aspekte eine Rolle, die dem Bereich des Grundlagenwissens zuzurechnen sind.⁵⁶ Immer wieder, so ist zu lesen, würden die Spiralen und Kreisläufe der Attacken und Counter-Attacken das Verständnis in die Eigendynamik der DNN-Systeme verstärken – und damit ein Wissen über deren Natur zu Tage fördern. Und es ist nur naheliegend, sich in den Rückkopplungsschleifen von Tarnen und Täuschen an Beispiele zu halten, die in der Natur zu finden sind – wie in einem Beitrag, der neben der Gottesanbeterin auch echte und als Roboter nachgebaute Schmetterlinge zum Einsatz gelangen lässt.⁵⁷ Wie es in einem der damit befassten Texte heißt, sind es nicht Momente des Fehlerhaften, sondern des System-Typischen, die dabei als positives Wissen zutage treten (*Adversarial Examples Are Not Bugs, They Are Features*).⁵⁸ Ein weiterer Text schlägt vergleichbare Töne an, ersetzt dabei aber die Rede vom *Bug* durch die vom *Flaw*. »These results have often been interpreted as being a flaw in deep networks in particular, even though linear

-
- 55 Vgl. dazu die besonders eindrückliche Darstellung bei H. Xu et al.: »Adversarial Attacks«.
- 56 Ein vergleichbarer Befund gilt für den Bereich der DeepFakes. Vgl. dazu Greengard, Samuel: »Will Deepfakes Do Deep Damage?«, in: *Communications of the ACM* 63/1 (2020), S. 17-19, sowie für den Bereich der Gesichtsmanipulation Ruiz, Nataniel/Bargal, Sarah Adel/Sciaro, Stan: »Disrupting Deepfakes: Adversarial Attacks Against Conditional Image Translation Networks and Facial Manipulation Systems«, in: *arXiv:2003.01279v3 [cs.CV]*, 27. April 2020. Die Attacken beschränken sich nicht auf andere, weniger brisantere und andere Sinne betreffende Anwendungsgebiet. Vgl. dazu stellvertretend Nakano, Kizashi/Horita, Daichi/Sakata, Nobuchika et al.: »Enchanting Your Noodles: GAN-based Real-time Food-to-Food Translation and Its Impact on Vision-induced Gustatory Manipulation«, in: *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*, 23-27 March, Osaka, Japan 2019, S. 1096-1097.
- 57 Xi, Bowei/Chen, Yujie/Fei, Fan et al.: »Bio-Inspired Adversarial Attack Against Deep Neural Networks«, in: *SafeAI@AAAI, 2020*, S. 1-5.
- 58 Ilyas, Andrew/Santurkar, Shibani/Tsipras, Dimitris et al.: »Adversarial Examples Are Not Bugs, They Are Features«, in: *arXiv:1905.02175v4 [stat.ML]*, 12. August 2019.

classifiers have the same problem. We regard the knowledge of this flaw as an opportunity to fix it.«⁵⁹

Als besondere Pointe dieser unfreiwilligen Grundlagenarbeit an den Funktionsweisen neuronaler Netze tritt zu Tage, dass diese eben anders als die menschliche Datenverarbeitung funktionieren. Ihr technischer Eigensinn hat sich auf eine gewisse Weise davon emanzipiert. Die Ordnung der Dinge ist nicht mehr zwangsläufig eine Ordnung, die entlang von Ähnlichkeiten und Repräsentationen, von menschlich nachvollziehbaren Voraussichten und Reaktionen anzuschreiben ist. Die Patches und die von ihnen ausgehende Gefährdung durch Verkehrsschilder, viel mehr noch die Manipulation komplexer Situationen und Lagen, die für die Stabilität und Akzeptanz des autonomen Fahrens so zentral wäre, stellen ihren technischen Eigensinn und damit eine epistemische Sonderstellung unter Beweis. *Ihre* Ordnung der Dinge ist nicht *die* Ordnung der Dinge. Es wird im und um das Auto zu entsprechenden Passionen kommen.

59 Ian J. Goodfellow, Jonathon Shlens, Christian Szegedy, »Explaining and harnessing adversarial examples«, arXiv:1412.6572v3 [stat.ML], 20. März 2015. Dort findet sich auch die Rede von den Potemkinschen Dörfern.

Autorinnen und Autoren

Suzana Alpsancar ist Akademische Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Technikwissenschaft der BTU Cottbus-Senftenberg. Sie lehrt und forscht zur Theoriegeschichte des Technikdeterminismus, zur Normativität informatisierter Systeme und Objekte sowie zu soziotechnischen *imaginaries*, speziell autonomer Vehikel.

Julia Bee ist Juniorprofessorin für Bildtheorie an der Bauhaus-Universität Weimar. Sie forscht zu ethnographischem Film, Methoden der Medienwissenschaft, Gender Media Studies und Mobilitätsgerechtigkeit, vor allem Fahrradfahren und Fahrradmedien.

Sonia Campanini ist Juniorprofessorin für Filmkultur an der Goethe-Universität Frankfurt am Main und arbeitet zur Archivierung, Restaurierung, Kuratierung und Präsentation der Filmkultur und des audiovisuellen Erbes.

Jan Distelmeyer ist Professor für Mediengeschichte und -theorie im Kooperationsstudiengang Europäische Medienwissenschaft der Fachhochschule Potsdam und Universität Potsdam; er arbeitet derzeit u.a. zum Verhältnis von Automatisierung und Autonomie, zu Prozessen des Interfacing und zu Videokonferenzen als programmatische Verhältnisse.

Sam Hind ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im SFB1187 Medien der Kooperation an der Universität Siegen und beschäftigt sich mit digitaler Navigation und Sensorik.

Max Kanderske ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Science, Technology & Media Studies an der Universität Siegen. Er arbeitet zu Technologien und Praktiken der Selbstverortung und Navigation.

Dawid Kasprowicz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Käte Hamburger Kolleg »Cultures of Research« an der RWTH Aachen. Er arbeitet zu Modellen und Simulationen in der Robotik sowie zu einer Phänomenologie des Experiments.

Fabian Kröger, Technikhistoriker und Kulturwissenschaftler (Paris), arbeitet zur Geschichte des autonomen Fahrens und zum Imaginären technischer Objekte.

Cordula Kropp hat den Lehrstuhl für Umwelt- und Techniksoziologie am Institut für Sozialwissenschaften der Universität Stuttgart und ist Direktorin des Zentrums für interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung (ZIRI-US). Sie forscht zum Infrastrukturwandel unter Bedingungen globaler Erwärmung und digitaler Transformation.

Tobias Matzner ist Professor für Medien, Algorithmen und Gesellschaft an der Universität Paderborn und arbeitet an den Schnittstellen zwischen der Medientheorie digitaler Technologien und politischer Theorie.

Jan Müggenburg ist Juniorprofessor für Medien- und Wissenschaftsgeschichte an der Leuphana Universität in Lüneburg. Zurzeit verwaltet er dort die Professur für Medien und Digitale Kulturen. Er arbeitet zur Geschichte assistiver Medien, zu Dis/Ability und Digitalen Kulturen sowie zur Geschichte der Kybernetik und Bionik.

Stefan Rieger ist Professor für Mediengeschichte und Kommunikationstheorie an der Ruhr-Universität Bochum und arbeitet u. a. zur Wissensgeschichte der Virtualität, zu Assistenzsystemen und zum *multispecies turn* in den Medienwissenschaften.

Florian Sprenger ist Professor für Virtual Humanities an der Ruhr-Universität Bochum und arbeitet zur Geschichte künstlicher Environments, zu virtuellen Umgebungen und zu autonomem Verkehr.

Robert Stock ist Juniorprofessor für Kulturen des Wissens am Institut für Kulturwissenschaft der Humboldt-Universität zu Berlin. Er forscht zu Dis/Abilities, digitalen Medien und musealer Inklusionspolitik, kulturellen

Dekolonisierungsprozessen und luso-afrikanischem Film sowie Mensch-Tier-Technik-Verhältnissen.

Jutta Weber ist Technikforscherin und Professorin für Mediensoziologie an der Universität Paderborn. Ihre Forschung dreht sich um die Verschränkung von menschlichen Praktiken und maschinellen Prozessen sowie Fragen solidarischer Technikgestaltung in der KI und Robotik.

Hannah Zindel ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Leuphana Universität Lüneburg. Sie arbeitet zur Geschichte der Luftfahrt, zu Medientechniken der Meteorologie und zu simulierten Umgebungen.

Medienwissenschaft



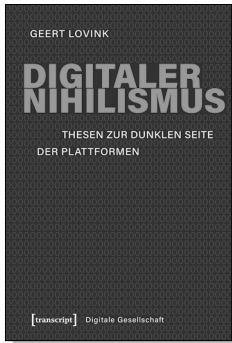
Tanja Köhler (Hg.)

Fake News, Framing, Fact-Checking: Nachrichten im digitalen Zeitalter Ein Handbuch

2020, 568 S., kart., 41 SW-Abbildungen
39,00 € (DE), 978-3-8376-5025-9

E-Book:

PDF: 38,99 € (DE), ISBN 978-3-8394-5025-3



Geert Lovink

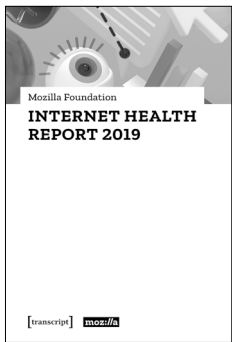
Digitaler Nihilismus Thesen zur dunklen Seite der Plattformen

2019, 242 S., kart.
24,99 € (DE), 978-3-8376-4975-8

E-Book:

PDF: 21,99 € (DE), ISBN 978-3-8394-4975-2

EPUB: 21,99 € (DE), ISBN 978-3-7328-4975-8



Mozilla Foundation

Internet Health Report 2019

2019, 118 p., pb., ill.
19,99 € (DE), 978-3-8376-4946-8

E-Book: available as free open access publication

PDF: ISBN 978-3-8394-4946-2

**Leseproben, weitere Informationen und Bestellmöglichkeiten
finden Sie unter www.transcript-verlag.de**

Medienwissenschaft



Ziko van Dijk

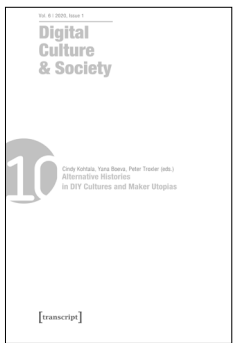
Wikis und die Wikipedia verstehen Eine Einführung

März 2021, 340 S., kart.,
Dispersionsbindung, 13 SW-Abbildungen
35,00 € (DE), 978-3-8376-5645-9
E-Book: kostenlos erhältlich als Open-Access-Publikation
PDF: ISBN 978-3-8394-5645-3
EPUB: ISBN 978-3-7328-5645-9



Gesellschaft für Medienwissenschaft (Hg.)
Zeitschrift für Medienwissenschaft 24
Jg. 13, Heft 1/2021: Medien der Sorge

April 2021, 168 S., kart.
24,99 € (DE), 978-3-8376-5399-1
E-Book: kostenlos erhältlich als Open-Access-Publikation
PDF: ISBN 978-3-8394-5399-5
EPUB: ISBN 978-3-7328-5399-1



Cindy Kohtala, Yana Boeva, Peter Troxler (eds.)

Digital Culture & Society (DCS) Vol. 6, Issue 1/2020 – Alternative Histories in DIY Cultures and Maker Utopias

February 2021, 214 p., pb., ill.
29,99 € (DE), 978-3-8376-4955-0
E-Book:
PDF: 29,99 € (DE), ISBN 978-3-8394-4955-4

**Leseproben, weitere Informationen und Bestellmöglichkeiten
finden Sie unter www.transcript-verlag.de**

