

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) *arcanum*«, 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, Champaign: 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 Sicherheits-Narrativ. 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 *Chauf-feur*. 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 entsprächen »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: *Be-hemoth* 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 ineinandergreifen, 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 automobile 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 Testfahlerin 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 zusammengetragen 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, Hansjörg: 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 verletzbar 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 Schmiden, 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 Epidemiologen 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 hätten. 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 kreiert 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 auslötet. *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 »Simulations-Labor«, 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, befinde 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

schung 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.