

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 Schüttpelz (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.

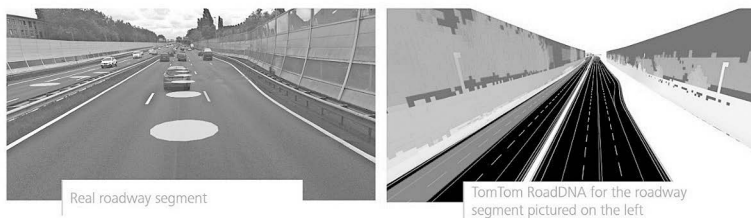
27 TomTom HD-Map Product Sheet: <https://download.tomtom.com/open/banners/HD-Map-with-RoadDNA-Product-Sheet.pdf> vom 02.01.2021.

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 solchermäßen 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 wahrsten 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 medienwissenschaftlicher 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 Parties⁴² 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: G. 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.

