

Die Fußgänger:innen der autonomen Kraftfahrzeuge

Eine informatische Dispositivanalyse

Tobias Matzner

Einleitung

Autonome Kraftfahrzeuge sind vieles. Sie sind Gegenstand von Fiktionen – in meiner Generation spielt die *Knight Rider*-Titelmusik im Hinterkopf –, sie werden politisch und juristisch debattiert¹, sie sind Teil von Gedankenexperimenten wie den wieder zu Aufmerksamkeit gelangten »trolley problems«², sie sind eine Hoffnung für die Industrie aber auch Inhalt der Werbung und Selbstdarstellung der Automobilfirmen. Immer wieder und prominent sind sie aber eine Gefahr, insbesondere für Fußgänger:innen. Unfälle mit autonomen Kraftfahrzeugen erregen große Aufmerksamkeit und der erste Unfall, bei dem eine Fußgänger:in starb, hat inzwischen einen eigenen Wikipedia-Artikel.³ Bei der Diskussion dieser Gefahr geht es zumeist weniger darum, dass es sich hier um Kraftfahrzeuge handelt, die auch in der heute verbreiteten Formen eine Gefahr für Fußgänger:innen sind.⁴ Vielmehr steht meist die Informationstechnik oder »die künstliche Intelligenz« im Kraftfahrzeug im Fokus. Deshalb fragt der vorliegende Text danach, welche Rolle Fußgän-

-
- 1 Maurer, Markus/Gerdes, J. Christian/Lenz, Barbara et al.: *Autonomous Driving*, Berlin: Springer 2016.
 - 2 Matzner, Tobias: »Autonome Trolleys und andere Probleme. Konfigurationen Künstlicher Intelligenz in ethischen Debatten über selbstfahrende Kraftfahrzeuge«, in: *Zeitschrift für Medienwissenschaft* 11 (2019), S. 46-55.
 - 3 https://en.wikipedia.org/wiki/Death_of_Elaine_Herzberg vom 17.03.2021.
 - 4 Evans, L.: »Death in Traffic: Why Are the Ethical Issues Ignored?«, in: *Studies in Ethics, Law, and Technology* 2/1 (2008), S. 1-11.

ger:innen in der Informationstechnologie für autonome Kraftfahrzeuge spielen.

Dabei können die anderen genannten Aspekte des autonomen Fahrens aber nicht außer Acht gelassen werden. Viele dieser Debatten und Thematisierungen implizieren ein bestimmtes Wissen über die Funktion von selbstfahrenden Autos. Hier laufen Kenntnisse über Kraftfahrzeuge allgemein und ganz ohne digitale Technik zusammen mit solchen über künstliche Intelligenz, Sensorik und Automatisierung, aber auch über Verkehrs- und Stadtpolitik oder den kulturellen Wert von Autos, z.B. als Statussymbol. Autonome Kraftfahrzeuge sind also mehr als informationstechnische Artefakte. Deshalb wird es in diesem Text einerseits um die Informationstechnologie gehen, konkreter: um die informatische Forschung zu autonomen Fahrzeugen und Fußgänger:innen. Andererseits wird aber auch die Frage behandelt, wie diese spezifische Perspektive auf die Informatik mit anderen zusammenspielt.

Wie wissen wir von autonomen Kraftfahrzeugen?

Die Fragen der Informationstechnik, die hier untersucht werden, sind also nur eine von vielen möglichen Perspektiven auf das Thema. Sie widmen sich der Verschränkung von Software mit Hardware im engeren Sinn als diejenigen Komponenten, die mit dieser Software interagieren oder für sie nötig sind. Diese ist dann nochmals situiert in Hardware im Sinne des Kraftfahrzeug als Ganzem, das als hybrides Objekt von verschiedenen Disziplinen erforscht und von verschiedenen Berufen gebaut wird. Der hier gewählte Zugang fokussiert auf das selbstfahrende Kraftfahrzeuge als digitale Technologie, weniger als Fahrzeug mit den eigenen Herausforderungen. Hier wiederum geht es um Algorithmen, Software, Problemlösungen, die etwa von Sensorik, Prozessoren, Speichern und Netzwerkverbindungen abhängen – und das auch thematisieren, wie weiter unten deutlich wird.

Hier schließt sich also die nächste Frage nach einer Präzisierung der Perspektive an: Wie wissen wir von Software und Algorithmen? Das primäre Interesse liegt erst einmal auf Programmen selbst. Diese können über den Quellcode, aber auch Disassembler oder Black Box-Studien untersucht werden.⁵ Bei letzteren steht nur der Input und Output zur Verfügung, aber keine

5 Kitchen, Rob: »Thinking Critically about and Researching Algorithms«, in: Information, Communication & Society 20/1 (2017), S. 14-29.

weiteren Informationen über die Datenverarbeitung.⁶ Das muss nicht unbedingt ein Problem sein, denn wichtige Studien über Googles Suchalgorithmus kamen so zustande.⁷ Andere Verfahren, am prominentesten sicherlich tiefe neuronale Netze, haben zudem die Eigenschaft, dass die Kenntnis der Vorgänge »in der Black Box« nicht unbedingt etwas über ihre Funktion aussagt.

Die genannten Forschungsmethoden haben den Vorteil, dass sie sehr nah an der späteren Anwendung sind. Allerdings sind sie abhängig von der Verfügbarkeit oder dem Zugang, was nicht nur ein technisches, sondern auch rechtliches oder forschungsethisches Problem sein kann: Bei Technologien wie autonomen Fahrzeugen ist die Funktionalität über das komplexe System des Autos verteilt, zum Teil in Hardware, zum Teil in Software realisiert, kommt von verschiedenen Herstellern, die verschiedene Techniken nutzen etc. Selbst wenn man also ein Auto zur Verfügung hätte und über die Berechtigungen verfügte, alle Funktionen nachzuvollziehen, würde es sehr lange dauern, selbst grundlegende Funktionen aus dem Objekt selbst zu erschließen. Und es wäre nicht ohne Risiko: einen Vorgang wie eine Google-Suche kann durch die automatisierte Nutzung des Algorithmus selbst untersucht werden, z.B. indem sehr viele Anfragen gesendet und statistisch ausgewertet werden. Das Verhalten eines so komplexen Systems wie das eines selbstfahrenden Kraftfahrzeugs aus dem Objekt selbst zu erschließen, kann sehr aufwändig, teuer und auch (lebens-)gefährlich sein.

Alternativ zu diesen techniknahen Ansätzen können Algorithmen ganz allgemein über prinzipielle Eigenschaften algorithmischer Technik an sich⁸ oder grundlegender Methodiken wie z.B. künstlicher neuronaler Netze⁹ betrachtet werden. Diese können zwar Grundsätzliches feststellen, z.B. bestimmte Einfallstore für gesellschaftliche Vorannahmen bei der Programmierung einer künstlichen Intelligenz. Die konkreten Probleme einer Anwendung, wie eben z.B. die der Detektion von Fußgänger:innen, kommen

6 Zur generellen Problematik dieser Perspektive, siehe Matzner, Tobias: »Opening Black Boxes Is Not Enough – Data-based Surveillance In Discipline and Punish And Today«, in: Foucault Studies 23 (2017), S. 27-45.

7 Noble, Safiya U.: Algorithms of oppression: How search engines reinforce racism. New York: University Press 2018.

8 Hui, Yuk: »Algorithmic Catastrophe—the Revenge of Contingency«, in: Parrhesia 23 (2015), S. 122-43.

9 Sudmann, Andreas: »On the Media-Political Dimension of Artificial Intelligence. Deep Learning as a Black Box and OpenAI«, in: ders. (Hg.): The Democratization of Artificial Intelligence. Net Politics in the Era of Learning Algorithms, Bielefeld: transcript 2019.

damit aber nicht in den Blick. Zwischen diesen beiden Ebenen der konkreten digitalen Artefakte und allgemeiner Eigenschaften hat sich eine Reihe von Methoden etabliert, die auf eine mittlere Ebene zielen. Mit der Idee der »algorithmic techniques« betrachtet etwa Bernhard Rieder Algorithmen nicht als formales oder mathematisches Objekt, sondern ähnlich einer Kulturtechnik als Verfahrensweise im Umgang mit bestimmten Problemen, die von einer »community of practitioners« getragen wird.¹⁰ Hier geht es also um konkrete Verfahren, einschließlich ihrer Herkunft, üblichen Nutzungsweise etc., aber noch nicht um deren Implementierung in konkreten Programmen oder technischen Artefakten.

Die Forschung, die ich hier präsentiere, zielt ebenfalls auf eine mittlere Ebene. Sie widmet sich der Fachliteratur informatischer Forschung. Es geht darum, wie bestimmte, konkrete Probleme gelöst werden; im vorliegenden Fall die Detektion von und Reaktion auf Fußgänger:innen durch selbstfahrende Kraftfahrzeuge. Dies geschieht aber noch auf der Basis der Ansätze und Herangehensweisen an dieses Problem, die im Forschungsprozess miteinander abgeglichen werden, konkurrieren etc. – und eventuell auch in Prototypen umgesetzt werden –, aber noch nicht auf der Basis konkreter, voll funktionsfähiger selbstfahrender Kraftfahrzeuge.

Dieses Wissen aus den Texten der Informatik wird hier – anders als bei Rieder – nicht nur als Wissen um eine Technik gesehen, die dann später implementiert wird, also eine gewisse Übersetzung bedarf. Vielmehr existiert das Wissen um selbstfahrende Kraftfahrzeuge auch in diesen Publikationen selbst und nicht nur in den konkreten Produkten, die sich aus dieser Forschung ergeben; genauso wie es eben auch in politischen Debatten und Filmen existiert. Die Beziehung zwischen informatischer Forschung und dem autonomen bestehen also nicht nur darin, dass hier etwas erforscht wird, das später einmal als Programm im Fahrzeug implementiert und wirksam wird. So berufen sich z.B. aktuelle juristische Debatten um autonomes Fahren auch auf die Forschung, und zwar nicht nur, weil es konkrete Kraftfahrzeuge noch gar nicht gibt, sondern weil gesetzliche Regelungen auch die Möglichkeiten zukünftiger Entwicklungen abdecken sollten – oder auch, weil Jurist:innen vor denselben Problemen der Zugänglichkeit stehen, wie sie eben für die Forschung benannt wurden.¹¹ Auch andere Wissenschaften wie die Medienwis-

10 Rieder, Bernd: *Engines of Order*. Amsterdam: Amsterdam University Press 2020, S. 107.

11 Hornung, Gerrit/Goeble, Thilo: »Data Ownership« im vernetzten Automobil«, in: *Computer und Recht* 31/4 (2015), S. 265-73.

senschaft oder die journalistische Berichterstattung über autonome Kraftfahrzeuge beziehen sich in verschiedener Weise auf die Forschung der Informatik. Ergebnisse der Forschung finden oft weit vor ihrer Realisierung den Weg in Werbung, Pressemitteilungen und auch kulturelle Reflexionen, wie z.B. die zeitgenössische Medienkunst.¹²

Die informatische Forschung und die von ihr produzierten Texte können also als Teil eines *Dispositivs* »selbstfahrendes Kraftfahrzeug« bezeichnet werden. Der Begriff des Dispositiv wird in der Nachfolge Foucaults vor allem benutzt, um die Verbindungen von Wissen und Macht zu theoretisieren und dabei insbesondere eine Macht der Subjektivierung, die gleichermaßen unterwirft wie ermöglicht, zu beschreiben.¹³ Auch wenn dies im Hintergrund mitspielt, soll hier vor allem der Aspekt im Vordergrund stehen, dass mit dem Begriff des Dispositivs eine Wissensformation als sehr heterogenes Ensemble zu denken ist.¹⁴ In diesem Fall gehören zum Dispositiv des autonomen Fahrzeugs also Fachliteratur und Filme genauso wie Zeitungsberichte über bestimmte Ereignisse und konkrete einzelne Fahrzeuge selbst. Zwischen diesen Elementen bestehen vielerlei Bezüge, die einander auch widersprechen können und die als dynamische, historisch-kontingente Formation auftauchen – also nicht als Ausdruck einer inneren Logik oder eines übergreifenden Zusammenhangs.¹⁵ Zudem gibt es hier keine Trennung in grundlegende, apriorische oder in anderer Form primäre Perspektiven. Alle bedingen und beeinflussen sich gegenseitig. In solchen Beziehungen innerhalb des Dispositivs des autonomen Fahrzeugs konfigurieren Fachtexte mit, was ein selbstfahrendes Kraftfahrzeug ist und was es tun kann – auch über ihre inhärenten Ziele der Produktion anerkannter Forschungsergebnisse und dem Beitrag

12 <http://booktwo.org/notebook/failing-to-distinguish-between-a-tractor-trailer-and-the-bright-white-sky/> vom 15.02.2021.

13 Vgl. Distelmeyer, Jan: *Machtzeichen: Anordnungen des Computers*. Berlin: Bertz + Fischer 2017, S. 52ff.

14 Foucault, Michel: »Ein Spiel um die Psychoanalyse«, in: ders. (Hg.): *Dispositive der Macht: Über Sexualität, Wissen und Wahrheit*, Berlin: Merve 1978, S. 118-75, hier S. 119.

15 Vgl. ebd., S. 120f. Insbesondere Foucaults Hinweis an dieser Stelle, dass der Effekt eines Dispositivs »nichts zu schaffen hat mit der strategischen List irgendeines meta- oder transhistorischen Subjekts, das ihn geahnt oder gewollt hätte« (ebd., S. 121) ist wichtig, um die Rede von den »urgencies,« auf die ein Dispositiv antwortet (ebd., S. 120) nicht zu historisch-deterministisch oder eben im Sinne einer Eigenlogik misszuverstehen. Vgl. dazu auch J. Distelmeyer: *Machtzeichen*, S. 53ff. sowie S. 60ff.

zu funktionierenden Fahrzeugen hinaus. Sie fließen zusammen mit anderen Formen und Praktiken des Wissens. Im Folgenden geht es also nicht nur darum, was wir aus der Forschung über konkrete Kraftfahrzeuge lernen können. Das ist nur eine der Beziehungen im Dispositiv des autonomen Fahrens, zu denen weitere hinzukommen. Da ich wie gesagt nicht nur die inhaltliche Forschung, sondern auch die methodische Herangehensweise an das Material explizieren möchte, wird diese *informatische Dispositivanalyse* im Folgenden exemplarisch erläutert.

Die Fußgänger:innen selbstfahrender Kraftfahrzeuge – jenseits von Modellierung und Repräsentation

Das Material

Das IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) ist eine jährlich von der IEEE Intelligent Transportation Systems Society ausgerichtete Fachkonferenz. Das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) ist ein weltweiter Berufs- und Dachverband der Informatik und Ingenieurwissenschaften. Viele von der IEEE ausgerichtete Konferenzen, darunter auch die IV zählen zu den etabliertesten im Fach. In der Informatik entspricht eine Publikation in den Proceedings einer solchen Konferenz dem, was in anderen Fächern das Journal mit Peer Review ausmacht. Auch hier laufen die Papiere durch ein Peer-Review und werden nach der Präsentation auf der Konferenz veröffentlicht.¹⁶ Für die vorliegende Untersuchung wurden die Proceedings des Symposiums aus dem Jahr 2019 ausgewählt, das in Paris stattgefunden hat. Diese Wahl geschah einerseits aus Gründen der Aktualität. Andererseits ist damit ein Zeitpunkt gewählt, in dem diverse Diskurse über autonome Fahrzeuge, z.B. die Debatten rund um das Trolley-Problem, aber auch mögliche Fehler und Diskriminierungen bei der Erkennung von Menschen, in der öffentlichen Debatte etabliert waren. Durch die Wahl dieses Zeitpunkts sollte die Auswertung der Proceedings es auch ermöglichen zu sehen, wie diese Debatten in der Fachliteratur aufgegriffen werden. Um es vorwegzunehmen: das ist so gut wie nicht geschehen.

16 <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/1000397/all-proceedings> vom 25.03.2021.

Die innerfachliche Logik und ihre Kritik

Die Erkennung und die Reaktion auf das Verhalten von Fußgänger:innen ist aus der innerfachlichen Logik ein Modellierungsproblem. Dieses wird normalerweise als mehrstufiger Prozess verstanden, der sich grob in drei Phasen einteilen lässt. In der ersten geht es um die Wahl geeigneter Sensoren und der von ihnen gelieferten Daten. Sensor könnte zum Beispiel eine digitale Kamera sein, die Daten ein schwarz-weiß Bild. Als nächstes werden in der zweiten Phase aus den Daten sogenannte »Features« (auf deutsch oft durch »Merkmale« übersetzt) generiert. Dabei werden die Sensordaten in eine Form überführt, in der die eigentliche Verarbeitung stattfindet. In der Fachliteratur wird das mitunter als »feature extraction« bezeichnet. Treffender ist aber der ebenfalls anzutreffende Begriff des »feature engineering«, denn hier wird nicht einfach etwas extrahiert, sondern Daten werden prozessiert und neu geschaffen.¹⁷ Es wäre z.B. denkbar, dass das schwarz-weiß Bild auf Kontrastübergänge einer bestimmten Stärke hin analysiert wird. Ein Modell beschreibt dann in der dritten Phase anhand dieser Features die für die eigentliche Anwendung relevante Information. Ein Modell könnte beispielsweise darin bestehen, dass bestimmte Formen und Gruppen von Kontrastübergängen (Kanten) im Modell als Fußgänger:in erkannt werden. Ein solches Modell könnte z.B. ein neuronales Netz sein, das auf solchen vorverarbeiteten Bildern trainiert wurde. Die Features sind also in gewisser Weise das Vokabular, in dem das Modell die Welt beschreibt.

Kritische Perspektiven auf KI beziehen sich implizit auf diesen Modellierungsprozess: Die Auswahl von Sensoren, Daten, Features und Modellen stellt sich in der fachlichen Eigenlogik oft als eine Abwägung zwischen Verfügbarkeit und Machbarkeit einerseits und Zweckmäßigkeit für das anvisierte Ziel andererseits dar. Kritische Perspektiven zeigen, dass diese Auswahl weitere Gründe hat, die oft in der Forschung und Entwicklung nicht reflektiert werden. Oder sie sollte Gründe haben, die nicht zur Geltung kommen, wie z.B. eine gerechte Repräsentation verschiedener Menschen. Gerade dieser Aspekt hat sich zu einer zentralen kritischen Perspektive auf maschinelles Lernen entwickelt: die Daten, die zur Modellierung genutzt werden, tragen soziale und auch kontingente Formen der Verzerrung mit sich, die oft mit bestehenden Formen von sozialer Ungleichheit und Diskriminierung korrelieren.

17 Bishop, C. M: Pattern Recognition and Machine Learning, Information Science and Statistics, New York: Springer 2006, S. 2.

ren.¹⁸ Diese bilden sich dann im Modell ab und werden so schwer erkennbar – bleiben aber wirksam. Aber auch die Modelle selbst, die Sensoren etc., führen zu einer ganz bestimmten Form der Weltwahrnehmung, die als (un-)interessiert, defizitär oder fälschlich verallgemeinernd beschrieben werden kann. Die Schaffung eines KI-Modells wird dann analog zur fachlichen Eigenlogik als epistemischer Prozess gesehen, aber eben mit deutlich mehr Einflussfaktoren.¹⁹ Entsprechende Studien finden sich inzwischen für viele Anwendungen des maschinellen Lernens.²⁰ Auch selbstfahrende Kraftfahrzeuge sind in dieser Hinsicht aufgefallen: Es besteht die Befürchtung, dass dunkelhäutige Menschen – als Fußgänger:innen – von diesen schlechter erkannt werden als andere.²¹

Solche Arbeiten haben relevante Fortschritte in der kritischen Erforschung von Algorithmen mit sich gebracht und weitere Fragen angestoßen; z.B. bezüglich der Arbeitsbedingungen derer, die Daten liefern.²² Die Rede von Verzerrungen oder »bias« läuft aber Gefahr, der innerfachlichen Logik in ihrer epistemischen Struktur zu folgen und nur aus anderer Perspektive zu fragen, ob sie erfüllt wird, d.h. ob sie die Welt hinreichend gut im Modell repräsentiert. Anders gesprochen: Wer von »bias« spricht, impliziert leicht eine Idee der Neutralität.²³ Folglich ist es kein Wunder, dass die Informatik selbst auf diese Kritiken mit Versuchen reagiert, »faire« Verfahren des maschinellen Lernens zu entwickeln.²⁴ Des Weiteren wird aufgrund des

-
- 18 Friedman, Batya/Nissenbaum, Helen: »Bias in computer systems«, in: *ACM Transactions on Information Systems* 14/3 (1996), S. 330-47.
 - 19 Crawford, Kate/Joler, Vadim: »Anatomy of an AI System«, *Anatomy of an AI System* 2018, <https://www.anatomyof.ai> vom 17.03.2021; B. Friedman/H. Nissenbaum: »Bias in computer systems«; Lyon, David: »Surveillance, Snowden, and Big Data: Capacities, Consequences, Critique«, in: *Big Data & Society* 1/2 (2014), S. 1-13.
 - 20 S. U. Noble: *Algorithms of oppression*; O'Neil, C.: *Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy*. New York: B/D/W/Y Broadway Books 2017.
 - 21 <https://www.vox.com/future-perfect/2019/3/5/18251924/self-driving-car-racial-bias-study-autonomous-vehicle-dark-skin> vom 17.03.2021.
 - 22 Gillespie, Tarleton: *Custodians of the internet: platforms, content moderation, and the hidden decisions that shape social media*. New Haven: Yale University Press 2018.
 - 23 Matzner, Tobias: »Surveillance as a critical paradigm for Big Data?«, in: Ann Rudinow Saetnan/Ingrid Schneider/Nicola Green (Hg.): *The politics and policies of big data. Big data, big brother?*, New York: Routledge 2018, S. 68-86.
 - 24 Binns, Ruben: »Fairness in machine learning: Lessons from political philosophy«, in: *arXiv:1712.03586 [cs.CY]*, 2. Januar 2018.

Fokus auf die datengetriebene Modellierung oft eine starke Politisierung der Daten und ihrer Quellen betrieben. Kritik der KI ist dann Datenkritik.²⁵ Schließlich erschöpft sich der Einfluss von Technologien nicht darin, wie sie die Welt repräsentieren, sondern was sie in der Welt tun. Letztlich geht es ja nicht darum, ob und wie einzelne autonome Kraftfahrzeuge Fußgänger:innen erkennen – sondern darum, dass in einer Gesellschaft, in der autonome Kraftfahrzeuge unterwegs sind, Fußgänger:innen gut geschützt sind. Wie viele Beiträge in diesem Band verdeutlichen, bedeutet das andere Verkehrsstrukturen, Politiken, Gesetze etc. Was es heißt, Fußgänger:in zu sein, hängt auch vom Verhältnis Fußgänger:in – Kraftfahrzeug ab. Dieses wird ein anderes sein – also Fußgänger:innen werden andere sein – wenn viele autonome Kraftfahrzeuge unterwegs sind.

Mit der eingangs eingeführten Perspektive eines Dispositivs geschieht hier zweierlei: Einerseits werden die komplexen Bezüge der verschiedenen Elemente, die zur Erkennung von Fußgänger:innen beitragen, deutlich: Daten, Algorithmen, Sensoren, aber auch Standards, Konventionen der Forschung, Arbeitsteilung und mehr, was sonst nicht so oft Beachtung findet. Andererseits werden Bezüge zu den sozialen, kulturellen, politischen Aspekten möglich. Dann haben wir es auch nicht mehr nur mit dem Kraftfahrzeug als Anwendung der Modelle des maschinellen Lernens zu tun, sondern eben mit dem ganzen Dispositiv autonomes Auto – und hier genauer mit einem Ausschnitt davon, nämlich den informatischen Publikationen zum Thema. Das gilt nun auch für die Fußgänger:innen der autonomen Kraftfahrzeuge. Denn diese tauchen nicht nur als Gegenstand der Modellierung auf, sondern auch in unterschiedlichen anderen Formen. Gleichzeitig lässt sich auch Fragen, wo Bezüge fehlen oder nur implizit mitverhandelt werden.

Fallstudie 1: Navigation in Menschenmengen – Präsentationen, Formen und Texte

Das lässt sich beispielhaft verdeutlichen an einer Studie zur »Socially Compliant Navigation in Dense Crowds«²⁶. Fußgänger:innen tauchen in diesem Text zuerst als Problem für autonome Kraftfahrzeuge auf: Es sei bekannt, dass ein hinreichend dichtes Aufkommen von Fußgänger:innen autonome Fahrzeuge

25 <https://excavating.ai> vom 17.03.2021.

26 Bresson R. et al.: »Socially Compliant Navigation in Dense Crowds«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 64-69.

entweder auf Zick-Zack Kurse lenkt, in denen sie irgendwann gefangen seien oder sogar »einfrieren«.²⁷ Gleichzeitig erschienen autonome Kraftfahrzeuge aber auch als Problem für Fußgänger:innen: Diese hätten keinen »Sinn« für die »sozialen Normen«, welche die Bewegung strukturieren. Wenn zum Beispiel eine Familie als Gruppe unterwegs ist, gehen andere Fußgänger:innen weder durch diese Gruppe, noch sollte es das autonome Fahrzeug versuchen.²⁸ Allerdings bleiben die sozialen Normen, von denen hier die Rede ist, auf dieses Beispiel beschränkt. Sie werden immer wieder angeführt, aber ohne Zitat.²⁹ Das geschieht sowohl in der Kritik der verwandten Ansätze zum Thema, die wie üblich in einem einleitenden Teil diskutiert werden, als auch als Motivation des eigenen Ansatzes. Am Ende wird dieses Beispiel überführt in die Idee, dass bestimmte Gruppen von Fußgänger:innen als feste Einheit gesehen werden, die immer komplett zu umfahren ist, statt als einzelne Agenten. Erst hier taucht die vorgenannte Modellierung auf. Fußgänger:innen sind im verwendeten Modell Punkte mit Bewegungsrichtung und Geschwindigkeiten. Darauf wird nun ein Algorithmus des unüberwachten Lernens angewendet, der versucht, »Cluster« zu finden, in diesem Fall Gruppen von Agenten, die hinreichend nah beieinander sind und sich hinreichend ähnlich bewegen. Was »hinreichend« hier bedeutet, ist die konkrete Lernaufgabe für die KI in einem ersten Schritt. Daraufhin werden die Cluster gebildet und zu neuen Agenten zusammengefasst. Diese Information ist dann die Ausgangsbasis für den eigentlichen Routenplanungsalgorithmus, der eine nur leicht adaptierte Variante existierender Vorarbeiten ist.³⁰

Diese Modellierung wiederum taucht im Text in drei verschiedenen Formen auf. Sie wird textuell beschrieben, und nur hier findet sich der Übergang von der Idee der sozialen Normen zur Bildung von Gruppen. Des Weiteren wird sie in Form von Pseudo-Code aufgeführt, der das generelle Vorgehen beschreibt. Dieser wird ergänzt durch Formeln, welche die Distanzmaße des Clusteralgorithmus beschreiben. Nur in diesen Formeln wird sichtbar, dass das Verhältnis von Geschwindigkeit und Position als relevantes Merkmal selbst vom Algorithmus geschätzt wird, also zu den zu lernenden Parametern

27 Ebd., S. 64.

28 Ebd., S. 64.

29 Ebd., S. 65.

30 Ebd., S. 66.

gehört.³¹ In dieser Formel ist es der Parameter λ , welcher Geschwindigkeit v und Position p ins Verhältnis setzt.

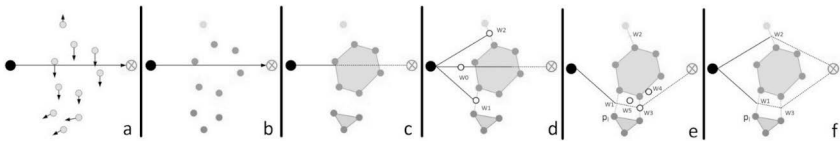
*Abbildung 1: Berechnung des Abstandes zweier Fußgänger*innen (a und b) basierend auf Geschwindigkeit (v) und Position (p) die durch λ ins Verhältnis gesetzt werden.*

$$dist_{\lambda} : a, b \rightarrow \frac{1}{1 + \lambda} (\|p(a) - p(b)\|_2 + \lambda \|v(a) - v(b)\|_2)$$

Bresson, R., J. Saraydaryan, J. Dugdale, und A. Spalanzani:
»Socially Compliant Navigation in Dense Crowds«, in: 2019
IEEE Intelligent Vehicles Symposium IV. S. 64-69, hier: S. 64.

Schließlich enthält der Text eine Visualisierung eines Beispielfalls durch Diagramme, in denen die Verarbeitung in sechs Schritten dargestellt ist, wobei nur im ersten die Fußgänger:innen als Punkte mit Bewegungsrichtung auftauchen. Später sind sie nur noch Punkte, der Fokus liegt dann hier auf der Clusterbildung und schließlich der Navigation um die Cluster herum³².

Abbildung 2: Darstellung der Verarbeitungsschritte zur Bildung von Clustern und anschließende Navigation um diese herum.



Bresson, R., J. Saraydaryan, J. Dugdale, und A. Spalanzani: »Socially Compliant Navigation in Dense Crowds«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium IV. S. 64-69, hier S. 64.

Die Lektüre dieses Textes macht deutlich, dass Fußgänger:innen nicht einfach in ein mathematisches Modell überführt werden. Sie tauchen in verschiedenen Formen und Präsentationen im Text auf, die jeweils unterschiedliche Rollen spielen. Diese ergeben sich aus dem gewählten Ansatz, aber auch

31 Siehe Abbildung 1 aus ebd., S. 67.

32 Siehe Abbildung 2 aus ebd.

den Konventionen des Genres (z.B. die Verwendung von Pseudocode oder Formeln). Diese bringen einen sehr klaren Fokus der Informationsvermittlung mit sich: es geht an jeder Stelle um ein bestimmtes Teilproblem. Das könnte ein Grund sein, dass sich die Darstellung der Fußgänger:innen im Diagramm ändert. Der Aufruf sozialer Normen zu Beginn ist hier vielleicht tatsächlich die Inspiration für die Forschung, auch wenn sie im weiteren kaum im Text auftauchen. Dieser Aufruf sorgt aber auch für einen Einleitungstext, der einen Fortschritt gegenüber anderen Verfahren verspricht, die dann implizit sozial ignorant sind – und einen guten Titel: Statt »Cluster Based Navigation in Dense Crowds«, steht hier »Socially Compliant Navigation in Dense Crowds«.

Wer sich also für ein Konzept wie »Fußgänger:in« in einem informatischen Text als Dispositiv interessiert, begegnet diesem in mehreren Funktionen:

1. Abgrenzung zu anderen Ansätzen
2. Inszenierung der Autor:in
3. Inszenierung der Qualität; Relevanz der Forschung
4. Vorannahme für die Arbeit
5. Beispiel/Illustration
6. Zwischenschritt
7. Ergebnis

Nur die Punkte 6 und 7 betreffen die eigentliche Modellierung aus der fachlichen Eigenlogik (je nachdem, ob das Modell für einen anderen Zweck gebaut wird oder es selbst das Ergebnis ist.) Jedes dieser Vorkommnisse wiederum kann aus unterschiedlichen Quellen stammen:

1. der eigenen Wissenschaft (hier Informatik), z.B. Zitat aus anderen Publikationen
2. einer anderen Wissenschaft, z.B. Psychologie, meistens durch Zitat
3. aus der Gesellschaft/Allgemeinwissen als Postulat
4. aus der Gesellschaft/Allgemeinwissen als »empirisches« Resultat (z.B. durch Presse, Meinungsumfragen, graue Literatur)
5. Teil eines Formalismus, z.B. eines mathematischen Modells oder einer Programmiersprache

Mit Postulaten sind hier z.B. Dinge wie die zitierte unbelegte Aussage zur Bedeutung sozialer Normen gemeint, die auf dieser allgemeinen Ebene aber oft auch relativ plausibel sind. Der Punkt 4 wurde aufgenommen, weil mitunter auch Bezüge auf Presseberichte (z.B. aufsehenerregende Unfälle) hergestellt werden.

Schließlich taucht das »Konzept« Fußgänger:in in verschiedenen formalen und visuellen Erscheinungsweisen auf:

1. Fließtext
2. Diagramme
3. Fotos
4. Paratexte zu 2. und 3.
5. Mathematische oder logische Formeln
6. Programmcode oder Pseudocode

Diese Erscheinungsformen beziehen sich in der Regel aufeinander. Auch hier sollte die Eigenlogik informatischer Publikationen von einer Perspektive auf Fußgänger:innen innerhalb des Dispositiv unterschieden werden. Wer gewohnt ist, solche Texte zu lesen, erwartet z.B. bei der Verwendung eines Clustering-Verfahrens wie im vorliegenden Fall ein Abstandsmaß, das meistens als Formel dargelegt ist. Im genannten Beispiel wird nur in der Formel deutlich, dass das Verhältnis von Geschwindigkeit und Position in ihrem Einfluss auf den Algorithmus erstens variabel ist und zweitens automatisch gelernt wird. Diese Entscheidung wird im Text nicht weiter kommuniziert. Eine solche Konfiguration entspricht aber wiederum der Eigenlogik des verwendeten Clusteralgorithmus. Wie Bernhard Rieder beschreibt, sind Algorithmen nicht nur als Befehlsfolge oder Lösungsstrategie zu sehen, sondern eine Technik, die von »communities of practitioners«³³ getragen werden. Hier geschieht nun einfach das, was der im Sinne dieser Community üblichen Nutzung entspricht. Damit wird ein weiterer Einflussfaktor auf das Dispositiv sichtbar, nämlich eben jene etablierten Praktiken des Umgangs mit bestimmten algorithmischen Verfahren.

An diesem Beispiel zeigt sich, dass Forschungsgegenstände wie Fußgänger:innen in Publikationen der Informatik einen komplexen epistemischen

33 B. Rieder: Engines of Order, S. 106.

Status haben. Generell werden sie in Bezug auf die eingangs genannte fachliche Logik als Modellierungsproblem thematisiert. Doch bereits dies geschieht in mehreren Formen der Vermittlung, die nicht immer kohärent sind. Genauer entsteht mitunter die Kohärenz erst vor dem Hintergrund etablierter Praktiken der Informatik. Diese werden dann aber auch (implizit) vorausgesetzt. Zudem tauchen die eingangs genannten gesellschaftlichen Debatten, Strukturen und Politiken durchaus auf – und hier auch immer wieder zentral Fußgänger:innen als gefährdet und auch als Gefahr. Diese haben oft aber andere Funktionen im Text als die Modellierung von Fußgänger:innen – beispielsweise Inszenierung der Aktualität der Forschung. Werden solche Aspekte in die Forschung übersetzt, so geschieht das oft sehr ad hoc und in Bezug auf Intuitionen – wie im Beispiel die Idee der sozialadäquaten Verhaltensweise dann schnell zu einer Modellierung als Cluster führt.

Fallstudie 2: Typische Bewegungen von Fußgänger:innen und Radfahrer:innen – Differenzierungen und (postulierte) Arbeitsteilung

Ein relevanter Faktor für den Beitrag von Forschungsliteratur zum Dispositiv des autonomen Kraftfahrzeugs ist das Zusammenspiel verschiedener Forschungsbemühungen. Als hoch ausdifferenzierte Wissenschaft bearbeitet jedes Paper nur ein Teilproblem eines Teilproblems. Das wird akzeptiert, weil die Verfügbarkeit oder zumindest die Erforschung der anderen Teile bekannt ist oder plausibel vorausgesetzt werden kann. Die IV versammelt die Beiträge nicht nach der Differenzierung des Fachs Informatik, wie viele andere Konferenzen, die dann für alle möglichen Anwendungen Fragen z.B. des Machine Learning, von Datenbanken, der Komplexität etc. beantworten. Bei der IV ist im Gegensatz dazu die Anwendung festgelegt – das »intelligent vehicle« – und die Beiträge kommen aus allen Teilen der Informatik und mitunter sogar der gesellschaftswissenschaftlichen Forschung. Damit sind viele der vorgenannten »Teile« des Gesamtproblems autonomes Fahren auf einer Konferenz und einer Publikation versammelt.

Dieses implizite Verlassen auf gegebene Möglichkeiten wird anhand von zwei Papieren deutlich, die zum großen Teil aus derselben Arbeitsgruppe stammen und einmal Fußgänger:innen, einmal Radfahrer:innen mittels Radarsignalen untersuchen. Beide Texte nutzen den sogenannten Micro-Dopplereffekt, um etwas über die Bewegung dieser Verkehrsteilnehmer:innen herauszufinden. Der Dopplereffekt beschreibt die Verzerrung jeglicher Wellen, die von einem bewegten Objekt ausgehen. Im Alltag ist er

durch das Phänomen bekannt, dass ein sich näherndes Fahrzeug oder eine Sirene anders klingen, als wenn sie sich von der Hörer:in wegbewegen. Dieser Effekt taucht auch in den Radarsignalen auf, die viele Kraftfahrzeuge schon heute als zusätzliche Sensoren nutzen.³⁴ Der Micro-Dopplereffekt bezieht sich auf Teile eines bewegten Objekts. Das Bein einer Fußgänger:in bewegt sich während der Annäherung an ein Fahrzeug mehrmals zum Fahrzeug hin und wieder weg. Diese Bewegung des Beines verursacht im Radarsignal, das die Bewegung als Ganze auf das Fahrzeug hin anzeigt, einen Dopplereffekt, der – so die Hypothese des Papiers – erkennen lässt, wie sich die Person bewegt oder im Fall der Radfahrer:in wie schnell sie in die Pedale tritt. Die beiden Texte beschränken sich auf die Extraktion dieser typischen wiederholten Micro-Doppler-Muster aus den Radarsignalen. Dass dies für autonome Kraftfahrzeuge relevant sein könnte wird wie folgt motiviert: »In order to increase pedestrian safety, in addition to the mere object classification and Doppler analysis, the ability to separate, identify and extract individual limbs can be of enormous importance. This enables novel methods for radar-based behavioral prediction of pedestrians in road traffic and thus contributes essentially to the declared goal of safe autonomous driving.«³⁵ Und für Radfahrer:innen: »Especially the pedaling movement might be of particular importance for the prediction of behavioral indications of cyclists. Specific detection of the pedaling movement or its temporal change can be used for anticipatory activation of safety functions.«³⁶

In beiden Fällen wird also eine Möglichkeit aufgerufen: »can be of enormous importance«, »might be of particular importance«. Die Möglichkeit, aus den Bewegungsabläufen einzelner Körperteile, hier der Beine, wichtige Informationen zu extrahieren, wird also nur lose postuliert. Es werden auch keine Texte zitiert. Dennoch sind im Umfeld der IV Begriffe wie »behavioral prediction«, »anticipatory activation of safety functions« bekannte Forschungsfragen. Die Vermutung, dass die Bewegung einzelner Körperteile, wie hier der

34 Steinhauser, D. et al.: »Micro-Doppler Extraction of Pedestrian Limbs for High Resolution Automotive Radar«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 764-69, hier S. 764.

35 Ebd., S. 766.

36 Held, P. et al.: »Micro-Doppler Extraction of Bicycle Pedaling Movements Using Automotive Radar«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 744-49, hier: S. 744.

Beine, etwas über die zukünftige Bewegung von Fußgänger:innen oder Radfahrer:innen aussagt, wirkt erst einmal plausibel. Dies erlaubt also, die Forschung zu einem relativ spezifischen Problem der Radarsignalverarbeitung in den Kontext der autonomen Kraftfahrzeuge und ihrer Sicherheit für andere Verkehrsteilnehmer:innen einzusortieren. Diese Abhängigkeit von anderen Forschungen, die hier nur relativ allgemein aufgerufen werden, strukturiert aber nicht nur die potentielle Anwendung der Forschung, sondern auch diese selbst.

Das Radarsignal erlaubt laut den Aufsätzen, einzelne größere Körperteile zu erkennen, insbesondere den Rumpf als relativ kontinuierlich bewegtes Element und die Beine als regelmäßig hin und her bewegtes Element. Dazu kommen beim Fahrrad noch Rahmen und Räder als kontinuierlich bewegte Elemente.³⁷ Wenn die »Bewegung der Beine« erkannt werden soll, wird erkannt, dass etwas sich regelmäßig unter etwas anderem hin und her bewegt, das sich kontinuierlich bewegt. Auch beim Fahrrad wird eine elliptische Bewegung gesucht, die sich in der Nähe von etwas größerem (Rumpf) und zwischen zwei anderen Objekten (Rädern) befindet. Der Überführung von Mustern im Signal in die gesuchten Objekte (Bein, Rad, Rahmen, Rumpf etc.) beruht also auf allerlei Annahmen, wie Fußgänger:innen und Radfahrer:innen aussehen. Diese Annahmen sind im Rahmen des Textes plausibel, da hier die Signalverarbeitung ja durch das Problem motiviert ist, Signale zu finden, die erlauben vorherzusagen, was eine Fußgänger:in oder eine Radfahrer:in *tun* wird. Das setzt voraus, dass die Fußgänger:in oder Radfahrer:in bereits als solche erkannt ist. Ob die Muster von etwas anderem ausgelöst werden könnten, wird gar nicht gefragt. Diese Annahme geschieht wieder vor dem Hintergrund der Arbeitsteilung, die auf unzählige Forschungen eben zur Detektion unterschiedlicher Verkehrsteilnehmer:innen verweisen kann – oder das gar nicht mehr muss, weil auf derselben Konferenz bzw. im selben Band diverse Beiträge zu diesem Thema vorhanden sind. Damit wird aber die Plausibilität der Annahmen, die hier getroffen werden, auch von der jeweilig vorausgesetzten vorgehenden Teilproblemlösung abhängig.

Selbst wenn bekannt ist, dass es sich bei einem Objekt um eine Radfahrer:in handelt, sind diese Annahmen für sich genommen leicht zu verwirren. Eine elliptische Bewegung in der Nähe des Rumpfes und zwischen den Rädern könnte auch ein Winken sein. Die Identifikation von Rumpf und Rahmen könnte leicht durch größere Gepäckstücke gestört werden. Umgekehrt

37 D. Steinhauser et al.: Micro-Doppler, S. 766.

sind Pedelects zwar hinsichtlich vieler wichtiger Eigenschaften Fahrräder, aber eben solche, die für längere Zeit nicht getreten werden. Zudem sind derlei Annahmen normalisierend. Diese Normalisierung durch bestimmte Formen der Datenverarbeitung und auch der Sensorik, die eben nur sehr bestimmte Signale detektieren kann und deshalb durch viele Annahmen ergänzt werden muss, ist ein bekanntes Thema im Feld der Mustererkennung und des maschinellen Lernens.³⁸ Dieses Phänomen schlägt sich nieder in Seifenspendern nur für helle Haut und Körperscanner am Flughafen, die Menschen mit Prothesen als Gefahr markieren. Oft wird hier kritisiert, dass die zusätzlich zu treffenden Annahmen, um aus den Daten sinnvolle Informationen zu machen, relativ unreflektiert auf Basis dessen getroffen werden, was im Umfeld der Forscher:innen oder Entwickler:innen normal ist.³⁹ Das ist sicher ein relevanter Faktor. Aus der kritischen Betrachtung von Medientechnologien sind aber differenziertere Analysen solcher normalisierenden Implikationen bekannt – vom Filmmaterial für helle Haut⁴⁰ bis zur »default whiteness« in textvermittelter Internetkommunikation.⁴¹ Hier spielen gesellschaftlich hegemoniale Vorstellungen zusammen mit materiellen Eigenschaften sowie technischen wie ökonomischen Pfadabhängigkeiten. Im Sinne einer solchen Erweiterung sind dann nicht nur die normalisierenden Annahmen jeder einzelnen Publikation zu thematisieren, sondern auch, wie sich dieser Fragekomplex in die Arbeitsteilung der Informatik einwebt. Denn die Plausibilität und auch die normalisierende Kraft der hier getroffenen Annahmen sind natürlich auch davon abhängig, wie zuvor die Fußgänger:in oder Radfahrer:in erkannt wurde. Liefert dieser vorausgehende Schritt bereits normalisierte Verkehrsteilnehmer:innen? Und geschieht dies in derselben Weise, d.h. in Bezug auf dieselben Annahmen wie hier?

Diese Fragen deuten bereits an, dass die Herausforderungen der Exklusion und Diskriminierung im Kontext autonomen Fahrens weit über die Frage nach der Repräsentation von verschiedenen Verkehrsteilnehmer:innen in Trainingsdaten hinausgeht, die im Abschnitt zur innerfachlichen Logik und

38 T. Matzner: »Surveillance as a critical paradigm for Big Data?«.

39 Campolo, A./Sanfilippo, M./Whittaker M. et al.: AI Now 2017 Report. New York: AI Now Institute 2017.

40 Dyer, Richard: »Das Licht der Welt Weiße Menschen und das Film-Bild«, in: Kathrin Peters/Andrea Seier (Hg.): Gender & Medien-Reader, Berlin: Diaphanes 2016, S. 151-170.

41 Nakamura, Lisa: Cybertypes: Race, Ethnicity, and Identity on the Internet. New York: Routledge 2002.

ihrer Kritik erwähnt wurde. Hier findet ein Zusammenspiel vieler Komponenten statt, entlang deren Signalwegen ständig Annahmen über die Welt (hier Fußgänger:innen), aber auch über die Fußgänger:innen der anderen Komponenten getroffen werden. Dieses Zusammenspiel kann dann auf verschiedenen Ebenen solche Probleme produzieren, wie sie vor allem der Auswahl der Trainingsdaten zugeschrieben werden. Beispielsweise können exkludierende Wirkungen dadurch entstehen, dass Teilsysteme unterschiedliche Annahmen machen, deren Kombination ein Problem ergibt.

Diese kleinteilige Verteilung von Prozessschritten hat auch über die Frage von Diskriminierung hinaus Bedeutung. Der bekannte Unfall in Tempe, bei dem zum ersten Mal eine Person durch ein selbstfahrendes Kraftfahrzeug getötet wurde, ist wahrscheinlich auf genau solche Probleme zurückzuführen. Laut Abschlussbericht der Untersuchungen wurde die Person bereits knapp sechs Sekunden vor dem Aufprall erkannt – genug Zeit zu bremsen. Danach wurde sie immer wieder von zwei Sensorsystemen (Radar, Lidar) erfasst und abwechselnd als »Vehicle«, »Other« und »Bicycle« klassifiziert. Auch wenn diese Detektion falsch war, hat dieser Fehler nicht zum Unfall geführt – alle Hindernisse wären ein Grund zu bremsen. Vielmehr konnte die Information über die Bewegung der Person nicht richtig genutzt werden, weil die Bewegungserkennung mit jeder neuen Klassifikation neu begann, als sei erst soeben ein neues Objekt im Sichtfeld aufgetaucht – statt richtigerweise davon auszugehen, dass dasselbe Objekt jetzt nur anders klassifiziert wurde. Deshalb wurde der Kollisionskurs viel zu spät berechnet, um eine angemessene Reaktion der Sicherheitsfahrerin anzufordern.⁴²

Ganz allgemein zeigt sich hier, dass das Ergebnis eines recht komplexen Mustererkennungsprozess oft nur die Input-Daten für den nächsten darstellt. Jeweils mit anderem Fokus geht es z. B. um die Detektion von Fußgänger:innen, dann um die Erkennung der Bewegung von Körperteilen, auf der dann potentiell eine Aktivitätserkennung oder Prognose aufsetzen könnte. Jeder dieser Teilprozesse zerfällt in weitere Teile, die in den untersuchten Texten beschrieben werden, hier aber nicht en détail ausgeführt werden können. All das betrifft im Beispiel nur Radarsignale. Es ist aber durchaus möglich, dass in einem Kraftfahrzeug dieselben Ziele nochmals mit Daten aus anderen Sensoren, z. B. Kameras oder wie im vorgenannten Fall Lidar realisiert werden.

42 National Transportation Safety Report: »Collision Between Vehicle Controlled by Developmental Automated Driving System and Pedestrian«, <https://www.nts.gov/news/events/Documents/2019-HWY18MH010-BMG-abstract.pdf> vom 17.03.2021.

Die Fußgänger:in eines autonomen Kraftfahrzeugs ist also keine klare Hypothese, noch nicht einmal eine statistische. Vielmehr finden sich zu jeder Zeit diverse verteilte und fragmentierte Hypothesen, also Stückchen oder Perspektiven von Fußgänger:innen, die sich gegenseitig bedingen oder voraussetzen, aber auch in Konkurrenz und Widerspruch zueinander stehen können.

Fallstudie 3: Objekt-Tracking und Bewegungsvorhersage – Standards, Konventionen und Baukästen

Weitere wichtige Elemente der Arbeitsteilung in der Forschung sind Standardisierung und Konventionalisierung. Ein Paper, das künstliche neuronale Netze beschreibt, die Fußgänger:innen in Videobildern tracken sollen,⁴³ nutzt einen Trainingsdatensatz, der im Paper mit PETS2009 bezeichnet ist. Wer der Referenz folgt, findet heraus, dass PETS die Abkürzung des Workshop on Performance Evaluation of Tracking and Surveillance ist, der regelmäßig im Rahmen einer weiteren IEEE-Konferenz stattfindet, der *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Bei dieser Konferenz wird regelmäßig ein Datensatz veröffentlicht, der dann genutzt wird, um verschiedene System in Bezug auf derselbe Aufgabe zu vergleichen.⁴⁴ Der Datensatz diente aber nicht nur diesem Benchmark im Jahr 2009, sondern wird als reichhaltiger Datensatz zu »crowd activities« immer wieder genutzt, wenn es um Gruppen von Fußgänger:innen geht. Wie das zitierte Paper von der IV 2019 zeigt, wird er auch noch zehn Jahre später verwendet. Das Paper nutzt weitere Datensätze, z.B. TUD-Pedestrians und TUD-Stadtmitte.⁴⁵ Diese Datensätze wurden für ein Forschungsprojekt an der TU Darmstadt erhoben und in der Publikation der Ergebnisse verlinkt.⁴⁶ Dieser Datensatz soll keine Vergleichbarkeit ermöglichen, sondern wurde aus Gründen der wissenschaftlichen Nachvollziehbarkeit bzw. Reproduzierbarkeit veröffentlicht. Da solche Datensätze aufwändig zu produzieren sind, werden sie auch wiederverwendet. Hinzu kommt, dass die Arbeitsgruppe an der TU Darmstadt zur Zeit der

43 Mhalla, A./Chateau, T.: »Improving Multi Object Tracking-By-Detection Model Using a Temporal Interlaced Encoding and a Specialized Deep Detector«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 510-16.

44 <https://www.cvg.reading.ac.uk/PETS2009/a.html> vom 16.10.2020.

45 A. Mhalla/T. Chateau: »Improving Multi Object«, S. 513.

46 Andriluka, M./Roth, S./Schiele, B.: »People-tracking-by-detection and people-detection-by-tracking«, in: 2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (2008), S. 1-8.

Publikation im Bereich Bilderkennung führend war – mit ihren Ergebnissen möchte man sich also auch jenseits von organisierten Wettbewerben Benchmarks vergleichen.

Dass die daraus folgende Praxis der Wiederverwertung von Datensätzen üblich ist, zeigt sich daran, dass viele Institute diese gut dokumentiert und einfach zugänglich zur Verfügung stellen.⁴⁷ Die Auswahl von Trainingsdaten, die ja schon diskutiert wurde, zeigt sich hier also als Kreuzung von akademischen Ansprüchen (z.B. Vergleichbarkeit), akademischem Wettbewerb (z.B. Bezugnahme auf erfolgreiche Projekte) und ökonomischen Faktoren (Verfügbarkeit). Hinzu kommen die bekannten Annahmen über repräsentative oder typische Eigenschaften etc.

Solche Formen der Standardisierung oder zumindest Konventionalisierung betreffen aber nicht nur die Daten, sondern auch die Modelle selbst. Im vorliegenden Fall wird ein neuronales Netz benutzt, das unter dem Namen »Faster R-CNN« in einem anderen Paper veröffentlicht wurde.⁴⁸ Dieses Netz besteht aus zwei Stufen. Eine erste schlägt Regionen vor, in denen sich relevante Objekte befinden könnten. Nur diese Regionen werden in der zweiten Stufe mit einem genaueren Objekterkennungsnetz untersucht. Für die erste Stufe wird wiederum ein bereits bekanntes Netz benutzt, das bei Publikation eines der erfolgreichsten Bilderkennungsverfahren war und als VGG16 bekannt wurde (benannt nach der Visual Geometry Group in Oxford, wo es entwickelt wurde). Diese Nutzung von VGG16 als erste Stufe von Faster R-CNN schlagen bereits die Entwickler:innen des letztgenannten Netzes vor. In der hier untersuchten Studie von Mhalla und Chateau wird zudem eine vortrainierte Version von VGG16 benutzt. Viele der Parameter sind also bereits auf einem allgemeinen Datensatz zur Objekterkennung eingestellt.

Somit wird ein Großteil des verwendeten Systems aus anderen Quellen wiederverwertet. Die »Eigenleistung«, wenn man so will, besteht in einer Art Feintuning auf die konkret zu erkennenden Objekte, welche vor allem die zweite Stufe betrifft. Die Innovation von Mhalla und Chateau besteht dabei darin, dass sie in den Standarddatensätzen nach einem bestimmten

47 Im genannten Fall der TU Darmstadt z.B. hier https://www.visinf.tu-darmstadt.de/vi_research/datasets/index.en.jsp vom 16.10.2020.

48 S. Ren et al.: »Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks«, in: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 39/6 (2017), S. 1137-49.

Verfahren nah aufeinanderfolgende Frames der Videos überlagern und somit einen neuen Datensatz gewinnen. In diesen überlagerten Bildern ist die Person dann jeweils mehrfach an leicht versetzten Orten zu sehen, die vom Netz sowohl als Einzelobjekte als auch als »interlaced« erkannt werden kann. Dies vereinfacht es, mehrere Objekte im Video zu verfolgen. So wird aus bekannten Datensätzen eine neue Form von Datensatz generiert, mit dem dann ein neuronales Netz trainiert wird, das als eine Art Baukasten aus zwei bekannten Netzen zusammengefasst wird. Entsprechend hat das Paper auch nur sieben Seiten, wobei der innovative Schritt, die Generierung der neuen Trainingsdaten, beinahe auf eine Seite passt.⁴⁹ Dort wird dieser in mathematischen Formeln und als Beispiel in Diagrammen dargestellt. Die Datensätze und neuronalen Netze werden nur per Referenz aufgerufen.

Diese Herangehensweise, d.h. die Nutzung bekannter neuronaler Netze, oft in vortrainierter Form, ist inzwischen die übliche und findet sich in allen untersuchten Beiträgen in den Proceedings zur IV, die neuronale Netze nutzen. Wie verbreitet diese Form der Wiederverwendung ist, zeigt sich daran, dass es inzwischen eigene Informationsangebote dazu gibt. So betreibt die Webseite Neurohive z.B. eine Sammlung mit »Popular Networks« wo auch die beiden hier genannten (Faster R-CNN und VGG16) zu finden sind.⁵⁰

Auch hier geht es nicht nur um Effizienz und Vereinfachung. Vielmehr wandeln sich neuronale Netze von dem Objekt, dessen Gestaltung im Hauptfokus der Forschung steht, zu einem relativ einfach nutzbaren Tool für komplexere Arrangements. Das hat nicht nur mit deren Qualität zu tun, sondern eben auch mit den genannten Informationsangeboten, gut verfügbaren Softwarebibliotheken und wachsenden Konventionen und Üblichkeiten.

Ein weiterer Text befasst sich mit der Vorhersage der Bewegung von Fußgänger:innen.⁵¹ Hier geht es darum, aus einer bekannten kurzen Bewegungssequenz vorherzusagen, wo sich die Person hinbewegen wird. Dazu sind aufwändige Trainingsdaten nötig. Im Prinzip müsste jemand in jedem Frame eines Videos auf dieselbe Person klicken. Da neuronale Netze sehr viele Daten (also hier viele Videos) brauchen, ist dieser Aufwand zu groß. Deshalb wird

49 A. Mhalla/T. Chateau: »Improving Multi Object«, S. 512.

50 <https://neurohive.io/en/popular-networks> vom 17.03.2021.

51 Styles, O./Ross, A./Sanchez V.: »Forecasting Pedestrian Trajectory with Machine-Annotated Training Data«, in: IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 716-721.

in diesem Fall das schon diskutierte Faster R-CNN benutzt, das als Tracking-Netz ja genau diese Aufgabe der Verfolgung einer Person durch mehrere Bilder realisiert, um die Trainingsdaten zu generieren. Die Forscher:innen verlassen sich also auf dieses bekannte und viel genutzte Netz dergestalt, dass sie dessen Ergebnisse als Ausgangspunkt für ihre eigene Forschung verwenden, die sie nur Stichprobenartig mit menschlich annotierten Daten überprüfen.⁵² Hier spielt die im letzten Abschnitt diskutierte Arbeitsteilung – Personenverfolgung wird als verlässlich gelöstes Problem vorausgesetzt, um Bewegungsvorhersage zu ermöglichen – mit den Fragen von Standards, Konventionen, Datensätzen und Softwarebibliotheken zusammen.

Das Netz, das die Bewegungsabläufe vorhersagt, ist ein weiteres bekanntes Standardnetz (ResNet-18), das hier als »backbone network« bezeichnet wird. Allerdings wird es nicht ganz im Baukastenprinzip verwendet, sondern einzelne Teile werden ausgetauscht. Dennoch kommt auch hier ein vortrainiertes Netz zum Einsatz.⁵³ Dieses Netz lernt allerdings nicht, die Position vorherzusagen, sondern die Abweichungen von der Annahme, dass sich die Person gerade mit gleicher Geschwindigkeit weiterbewegt. Damit wird verhindert, dass unwahrscheinliche oder stark fehlerhafte Positionen auftreten. Neuronale Netze sind bekannt dafür, dass sie keinerlei Logik oder Zusammenhänge des zu Lernenden erfassen, sondern einfach Eingabe auf Ausgabe mappen. Deshalb sind sie nicht nur durch große Performanz, sondern auch durch spektakuläre Fehler bekannt. Durch diese »Aufgabenstellung,« nur Abweichungen von einer linearen Fortbewegung zu lernen, werden solche Ausreißer durch eine Grundannahme über typische Bewegungen von Fußgänger:innen (sie bewegen sich oft relativ gerade vorwärts und wenn nicht, dann auch nur in bestimmten Formen der Abweichung von dieser Bahn) begrenzt. Die Standardisierung bringt es also auch mit sich, dass dieselben Netze verwendet werden, um unterschiedliche »Aufgaben« zu lösen – und schon diese Aufgabenstellung ist ein weiterer Einfallstor für normalisierende Annahmen.

Die Konventionalisierung und Standardisierung führen allgemein also dazu, dass die Frage, was eine Fußgänger:in für ein autonomes Kraftfahrzeug ist, im Fall von neuronalen Netzen immer weniger in den viel diskutierten Fragen der Auswahl von Daten und des Trainings entschieden werden. Vielmehr beginnen die Kategorien der Trainingsdaten und Anwendungsdaten zu verschwimmen, wenn diese selbst durch neuronale

52 Ebd., S. 720.

53 Ebd., S. 719.

Netze (auf zuvor durch Standards und Konventionen »gewählten« Daten) erzeugt werden. Zudem werden einzelne (Vor-)Verarbeitungsschritte, wie die Erzeugung der überlagerten Bilder oder bestimmte Initialisierungen immer relevanter – zumindest in der Forschung. Wie sich diese Verschiebungen auf ein konkret eingesetztes autonomes Kraftfahrzeuge auswirken, ist eine andere Frage. Hier wären dann auch nochmals Fragen des Standards im normativ-rechtlichen Sinn, der Zulassung etc. mit in den Blick zu nehmen. Auch Zertifizierungen oder zumindest Überprüfungen von Trainingsdaten werden angedacht.⁵⁴ Im Dispositiv des autonomen Kraftfahrzeugs durchdringen sich dann Standards und Konventionen auf Ebene der Forschung, Entwicklung und Prüfung oder Zulassung.

Fallstudie 4: Nochmals Bewegungsvorhersage – Epistemologien der Modelle und ihre Grenzen

Auch in Zeiten umfassender Erfolge neuronaler Netze nutzen längst nicht alle Ansätze diese Technik. Für den schon diskutierten Fall der Bewegungsvorhersage kommen z.B. immer noch recht altmodische physikalische Berechnungen zum Einsatz. Dies ist der Fall in einem Text, der gar nicht erst versucht, konkret vorherzusagen, wo eine Fußgänger:in (deren Identifikation als Fußgänger:in, Ausgangsposition und Geschwindigkeit wieder bekannt vorausgesetzt werden), sich in Zukunft befinden wird. Hier genügt es, herauszufinden, wo sie sinnvollerweise sein könnte.⁵⁵ Es steht also ein sicherheitsbasierter Ansatz im Vordergrund. Wenn das Kraftfahrzeug nur da fährt, wo die bekannten Fußgänger:innen gar nicht sein können, dann wird ein Unfall relativ wahrscheinlich vermieden. Dieser Ansatz ist sicher nicht optimal, dann gäbe wohl viele effizientere Routen, die durch ein Gebiet führen, wo eine Fußgänger:in sein könnte, aber wahrscheinlich nicht ist. Nur setzt die Berechnung dieser Routen weiteres Wissen voraus. Der Ansatz des Papers speist sich somit aus einer expliziten Reflektion dessen, was sicher gewusst und auch modelliert werden kann. Das formulieren die Autoren wie folgt:

54 Heesen, Jessica/Müller-Quade, Jörn/Wrobel, Stefan et al.: Zertifizierung von KI-Systemen – Kompass für die Entwicklung und Anwendung vertrauenswürdiger KI-Systeme. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme, München 2020.

55 Hartmann, M./Watzenig, D.: »Optimal motion planning with reachable sets of vulnerable road users«, in: 2019 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) (2019), S. 891-98.

The human body is controlled by the decisions made from the human brain. The dynamics of decisions and information flow in the human brain is very complex and unknown from the perspective of the vehicle. The behaviour of the pedestrian is dependent on the perception of the environment (e.g. city), cognitive conditions, internal factors (e.g. mood). From the perspective of the vehicle many important factors are unknown, therefore the models from [1] are used and extended in this paper.⁵⁶

Der Mensch wird hier also komplett in die Epistemologie der Informationsaufnahme (»perception of the environment«), Informationsverarbeitung (»information flow in the human brain«) und Ausgabe des Ergebnisses (»human body is controlled by the decisions made from the human brain«) vereinnahmt. Dabei wird ein (im Sinne der ersten Fallstudie) postuliertes Allgemeinwissen über Biologie und Kognition aufgerufen, welche dieser Informations-Epistemologie Plausibilität verleihen soll. Dieser Ausgriff informatischer Modellierung auf den Menschen führt hier aber nun ironischerweise zu einer enormen Selbstbeschränkung. Wenn erst einmal das menschliche Verhalten »in terms of information« beschrieben ist, wird schnell deutlich, dass das autonome Kraftfahrzeug all diese Informationen nicht hat. Was stattdessen benutzt wird (das ist der Verweis auf »[1]« im Zitat), ist einfachste Physik in drei Annahmen: Es wird erstens davon ausgegangen, dass eine Fußgänger:in eine Maximalgeschwindigkeit hat. Zweitens kann sie auch nur bedingt beschleunigen und verlangsamen, also z.B. nicht völlig abrupt die Richtung ändern. Schließlich können auch Änderungen der Beschleunigung nicht völlig beliebig erfolgen. Damit wird berechnet, wo sich eine Fussgänger:in unter diesen Annahmen in einer bestimmten Zeit hinbewegen könnte. Um diese Gebiete herum, kann dann die Route geplant werden. So wird neben den genannten unterschiedliche Auffassungen über Fußgänger:innen, die hier in einem Bild der Fußgänger:in als informationsverarbeitend zusammenfließend das Dispositiv ergänzen, auch die in den letzten beiden Fallstudien genannte Arbeitsteilung aufgerufen: die Ausgangsposition ist ebenso bekannt wie die Aufgabe der Routenplanung um bestimmte Gebiete herum.

Spannend an diesem Paper ist, dass die Grenzen der Modellierung aus epistemischer Sicht selbst als zentrale Motivation für die dann genutzte Modellierung genannt werden. Kritische Positionen, z.B. in der Medienwissen-

56 Ebd., S. 893.

schaft beziehen sich ja oft darauf, bei einer informationstechnischen Anwendung solche informationstheoretischen oder kybernetischen Epistemologien aufzuzeigen und dann auf deren Grenzen hinzuweisen – etwa die Reduktion des Menschen auf ein informationsverarbeitendes System. Das hier untersuchte Paper verwendet eine solche Epistemologie ganz selbstbewusst – einschließlich der Reduktion des Menschen. Damit wird aber nun keine Angleichung an die Maschine, sondern eine informationsbasierte Differenz aufgerufen – mit entsprechenden Konsequenzen für den Algorithmus. Damit wird deutlich, dass nicht nur die Annahmen und Inhalte eines Modells, sondern auch deren Grenzen immer in Bezug zu anderen Elementen des Dispositiv gezogen werden. Sie beziehen sich auf eine bestimmte Epistemologie, hier die der Modellierung und damit auch auf ein bestimmtes Außen dieser Grenzen, welches mit zum Dispositiv gehört. Diese Stellen sich aus der Sicht der Informatik anders dar, als aus der Sicht anderer Wissenschaften. Die Tatsache, dass Medienwissenschaftler:innen diese Grenzen ganz anders gezogen hätte, verdeutlicht erstens, dass in kritischen Positionen mitunter solch ein Außen einfach impliziert wird bezüglich derer solche Grenzen vergleichbar wären und zweitens, dass die Grenzen eben nicht das Limit des Dispositiv sind, sondern als Teils des Dispositiv selbst dazu gehören. Damit ist mit der Einsicht in informatische Forschung – etwa im Vergleich zu medientheoretischen Analysen – keine epistemisch privilegierte oder reduzierte Sicht verbunden, sondern erst einmal eine andere.⁵⁷ Das bedeutet nun aber nicht, dass es hier nichts zu kritisieren gäbe. Denn genau aus dieser Sicht kann nun gefragt werden, welche Bezüge im Dispositiv diesseits und jenseits der Grenze liegen, welche Annahmen, Politiken, Praktiken eingebunden werden und welche nicht. Damit geschieht eine Erweiterung der Perspektive von der Epistemologie zur Praxis und Politik. Diese können aber als Konfigurationen im Dispositiv verstanden werden und brauchen kein Außen.

Schluss

Die Fußgänger:innen autonomer Kraftfahrzeuge sind viele. Die hier untersuchte wissenschaftliche Forschung in der Informatik stellt dabei einen bestimmten Ausschnitt dieser Vielfalt dar: sie abstrahiert von der sozialen, kul-

57 Matzner, Tobias: »The model gap: cognitive systems in security applications and their ethical implications«, in: *AI & Society* 31/1 (2016), S. 95-102.

turellen und ökonomischen Perspektiven auf Kraftfahrzeuge, Fußgänger:innen und Verkehr, sie abstrahiert auch vom Auto als Kraftfahrzeug und betrachtet es als ein Anwendungsfeld von KI, Mustererkennung, Routenplanung und dergleichen. Doch auch in dieser spezifischen Perspektive treten Fußgänger:innen in vielfältiger Form im Dispositiv des autonomen Fahrzeugs auf: Als Problematik, als Anlass für Fördergelder, als Gegenstand von Datensätzen, als Anwendungsbereich bestimmter Techniken wie Objekterkennung etc. All diese Formen haben unterschiedliche Ausprägungen: Text, Diagramme, Fotos, Bilder, Anspielungen auf (postulierte) Allgemeinannahmen und rigide Formalismen. Hier gibt es nun diverse Bezüge zu anderen Aspekten des autonomen Fahrens: Verkehrssituationen und ihre »sozialen Normen«, Unfälle, Annahmen über Fußgänger:innen und vieles mehr. Wie deutlich wurde, fließen diese verschiedenen Elemente des Dispositivs aber nicht alle in die zentrale Forschung ein. Teilweise stehen sie auch in den Texten selbst nur in lockeren Bezügen oder werden schnell in sehr formale Modelle (wie in Fallstudie eins von der Norm zum Cluster) oder Epistemologien (wie in Fallstudie vier) übersetzt. Dabei gehen viele Bezüge verloren – vor allem sozial-politische – und neue entstehen – primär zu Daten oder algorithmischen Techniken.

Neben dieser Vielfalt der Fußgänger:innen in einzelnen Texten zeigt sich ihre Vielfalt im Forschungsprozess. Dieser wird durch implizite und explizite Formen der Arbeitsteilung, Standards, Konventionen etc. strukturiert. Auch hier gibt es Bezüge zu anderen Elementen des Dispositivs. Zum einen lassen sich hier potentielle Probleme für konkrete Fahrzeuge ableiten. Die Arbeitsteilung der Forschung entspricht in Teilen der Zusammenarbeit vielzähliger Komponenten (in Hard- und Software) im selbstfahrenden Kraftfahrzeug, für die sich dann auch ähnliche Fragen der Interporabilität, impliziten und expliziten Voraussetzungen und Annahmen ergeben. Unfälle wie der in Tempe werden vor dem Hintergrund solcher Ergebnisse erklärbar (was nicht heißen soll entschuldigt.) Gleichzeitig wurde aber auch deutlich, dass Forschung eben nicht nur implementiert wird, sondern dann auch andere Logiken ins Spiel kommen: z.B. ist ein Standard der Forschung etwas anderes als ein Standard gemäß einer zulassungsrelevanten Norm.

Zum anderen wird damit auch die Kritik an KI allgemein und in ihrer Anwendung auf autonome Kraftfahrzeuge stärker konturiert. Zum Beispiel hat die Auswahl der viel diskutierten Trainingsdaten in der Forschung nochmals ihre eigene Logik aus Verfügbarkeit, Konventionen, Vergleichbarkeit etc. Zudem wurde deutlich, dass nicht einfach ein Datensatz ein Modell beeinflusst, sondern dass selbst für eine Aufgabe oft mehrere, teils vortrainierte

Modelle zum Einsatz kommen, die jeweils von mehreren oft gar nicht mehr bis in Detail nachvollziehbaren Datensätzen bestimmt werden. Diese einzelnen »Aufgaben« stehen dann in einer komplexen Verkettung vieler Schritte, womit nochmals mehr Daten und Algorithmen ins Spiel kommen. Hier sind auch Probleme möglich, die vor allem in inkompatiblen Annahmen über die anderen Schritte liegen und weniger in verzerrten Daten oder fehlerhaften Algorithmen – auch hierfür ist Tempe ein trauriges Beispiel. Die Generierung von Trainingsdaten aus einem bestehenden Standardsatz durch überlagerte Bilder oder die Annotation von Videos mit Hilfe von KI um diese als Trainingsdaten für andere Aufgaben zu nutzen (Positionsvorhersage statt -verfolgung) stehen stellvertretend dafür, dass sich auch derselbe Datensatz in ganz verschiedener Art und Weise verwenden und »befragen« lässt. Die Initialisierung des neuronalen Netzes in Fallstudie drei zur Abweichung gegenüber einer Normbewegung zeigt, dass das auch für Algorithmen oder Modelle gilt.

Hieraus ergeben sich weitere Fragen in Bezug auf selbstfahrende Kraftfahrzeuge. Wer kann die Daten nutzen, die anfallen? Welche Daten sollten erzeugt werden? Wie wird sichergestellt, dass relevante Daten erzeugt werden und verfügbar sind – und andere nicht? Viele der Komponenten müssen potentiell nicht nur innerhalb des Fahrzeugs zusammen funktionieren, sondern auch mit über Netzwerk verbundenen (wie Routenplaner) oder lokal anzutreffenden (wie Verkehrsschilder). Wie sind also die Fahrzeuge in die weitere sozio-technische Infrastruktur eingebettet? Diese Themen werden ebenfalls in Bezug auf aktuelle Forschung aus der Informatik diskutiert – weil hier wie gezeigt Anforderungen, Konflikte, Unklarheiten etc. auftreten.⁵⁸ Umgekehrt werden diese Debatten in der informatischen Forschung – zumindest im gesichteten Material – aber kaum aufgegriffen.

Schließlich wurde diskutiert, dass die epistemischen Grenzen der informatischen Verfahren durchaus eine Rolle in der Forschung spielen – aber eine andere als in kritischen Positionen. Einfach nur auf diese Grenzen hinzuweisen, genügt also sicher nicht – zumal diese eben auch ein jeweils anderes »Außen« mit aufrufen oder voraussetzen. Hier zeigt sich dann im Konkreten ein Punkt, der in der kultur- und geisteswissenschaftlichen Forschung zu Technik immer wieder aufkommt: die unterschiedlichen Perspektiven können nicht nur aufgrund ihrer epistemischen Qualität oder Tiefe verglichen werden. Wer »Informatik lesen kann« weiß nicht mehr – oder weniger – über

58 Siehe Beispielsweise die Debatte um Dateneigentum in Bezug auf selbstfahrende Kraftfahrzeuge: G. Hornung/T. Goeble: »Data Ownership« im vernetzten Automobil«.

die Technik, sondern anderes. Vergleichbar und bewertbar wird diese Frage dann bezüglich der Praktiken oder Politiken, an die sie jeweils anschlussfähig sind. Diese Differenz verschiedener Perspektiven der Nutzung und der Informatik hat bereits Philip Brey als die zentrale Struktur der Epistemologie und Ontologie digitaler Technik ausgemacht.⁵⁹ Im Nachgang der durch Karen Barad und andere wieder aufgenommene Debatten um situiertes Wissen taucht diese Differenz in pluralisierter Form auf als Grenzziehungen die immer zugleich epistemisch und ethisch-politisch sind.⁶⁰ In der hier vorgeschlagenen Herangehensweise wäre das dann der Punkt, wo die im Begriff des Dispositivs schon angelegte Frage der Macht und Politik (als Ermöglichung und Begrenzung von Praktiken) wieder in den Vordergrund tritt. Denn genau damit wird ja gefragt, welche epistemischen wie politischen Differenzen zwischen verschiedenen Subjektpositionen und Praktiken das Dispositiv hervorbringt. Aus der Informatischen Forschung kann für diese Fragen aber viel über die Details, Bezüge und Komplexitäten der Fußgänger:innen der selbstfahrenden Kraftfahrzeuge erfahren werden: Sie sind viele – sie sind verteilt, fragmentarisch, hypothetisch und materiell, sich ergänzend oder widersprechend. Das heißt aber nicht, dass wir nicht fragen können und sollen wer die Fußgänger:innen der selbstfahrenden Kraftfahrzeuge sein sollten.

59 Brey, Philip: »The Epistemology and Ontology of Human-Computer Interaction«, in: *Minds* Mach 15 (2005), S. 383-98.

60 Siehe z.B. das Motiv des »Cuts« bei Barad, Karen: *Meeting the Universe Halfway*, Durham: Duke University Press 2007. Übertragen auf Informationstechnologie findet sich diese Herangehensweise bei Introna, Lucas D.: »The Enframing of Code: Agency, Originality and the Plagiarist«, in: *Theory, Culture & Society* 28/6 (2011), S. 113-141; Introna, Lucas D.: »Algorithms, Governance, and Governmentality: On Governing Academic Writing«, in: *Science, Technology & Human Values* 41/1 (2016), S. 17-49.