

Autonome Technik als Herausforderung der soziologischen Handlungstheorie

Autonomous Technology as a Challenge to the Sociological Theory of Action

Robin D. Fink, Johannes Weyer

TU Dortmund, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät, 44221 Dortmund, Germany
robin.fink@tu-dortmund.de; johannes.weyer@tu-dortmund.de

Zusammenfassung: Die vorliegende Abhandlung entwickelt ein soziologisches Modell, welches das „Mit-Handeln“ von Technik beschreibt und in einer Weise operationalisiert, dass die Frage der Handlungsträgerschaft empirisch untersucht werden kann. Es wird gezeigt, dass die von der Actor-Network-Theory thematisierten Phänomene auch im Rahmen einer soziologischen Handlungstheorie betrachtet werden können, die sich auf das Esser'sche Modell soziologischer Erklärung stützt. Das Ergebnis ist ein Modell soziologischer Erklärung *hybrider* Systeme, das die Interaktion von menschlichen Akteuren und nicht-menschlichen Aktanten beschreibt. Zu dessen Überprüfung wurden Experimente in einem selbst programmierten Fahrsimulator durchgeführt. Deren Auswertung belegt, dass die Probanden den technischen Assistenzsystemen Handlungsträgerschaft zuschreiben und das Verhältnis Mensch-Technik als ein symmetrisches wahrnehmen. Zudem tendieren sie dazu, sich je nach Handlungsverteilung der Verfolgung bestimmter Ziele zu entledigen, obwohl nach den Spielregeln „humans“ und „non-humans“ gleichermaßen für die Verfolgung aller Ziele verantwortlich waren.

Schlagworte: Autonome Technik; Actor-Network-Theory; Agentenbasierte Modellierung und Simulation; Soziologische Handlungstheorie; Modell soziologischer Erklärung; Mensch-Maschine-Interaktion; Experimentelle Soziologie; Computersimulation.

Summary: The following paper sketches a sociological model which describes the “coaction” of technology in a way that allows an empirical investigation of the question of non-human agency. Bruno Latour's provocative arguments are taken as a starting point to show that a sociological theory of action, based on Hartmut Esser's model of sociological explanation, is able to cope with these questions. In order to describe the interaction of human actors and non-human agents, we have, consequently, constructed a sociological model to explain hybrid systems. A car-driving experiment in which humans have to cooperate with computer-simulated driver assistant systems has been chosen to prove the potential of the model. The data show that human test persons indeed attribute agency to the technical systems. Additionally, they describe the relation of human and machine as symmetrical. Finally, we have discovered that test persons also tend to attribute responsibility for the achievement of certain objectives to the technical system – although the rules of the game distribute responsibility equally between humans and non-humans.

Keywords: Autonomous Technology; Actor-Network-Theory; Agent-Based Modelling and Simulation; Theory of Action; Model of Sociological Explanation; Man-Machine Interaction; Experimental Sociology; Computer Simulation.

1. Einleitung

Autonome technische Systeme stellen für die Soziologie eine Herausforderung dar, weil sie die Frage nach der Handlungsträgerschaft von Technik aufwerfen (Rammert & Schulz-Schaeffer 2002). Diese Frage lässt sich im Rahmen gängiger soziologischer Großtheorien nur schwer beantworten. Für die Systemtheorie in der Tradition Niklas Luhmanns ist Technik ein außersoziales Phänomen (Degele 2002: 142), und man findet im Luhmann'schen Werk nur wenige Ausführungen zu diesem Thema (Luhmann 1990: 252–267, 1997: 517–536). Der Institutionalismus sieht Technik vor allem als Gegenstand von

Aushandlungsprozessen staatlicher und nicht-staatlicher Akteure (Mayntz 2001). Und soziologische Handlungstheorien fokussieren auf Interdependenzen und Interaktionen *sozialer* Akteure, die entweder als Individuen oder als Organisationen (korporative Akteure) begriffen werden (Esser 1999, 2000). Technik kommt hier allenfalls als „Infrastruktur der Gesellschaft“ (Esser 1993: 427f.) in den Blick, also als Voraussetzung für soziale Prozesse, deren Logik durch die Analyse von Akteurstrategien und Akteurkonstellationen, von Wechselwirkungen der Handlungen strategiefähiger sozialer Akteure sowie von Prozessen der Emergenz sozialer Strukturen erfasst wird.

Der automatische Spam-Filter, der schädliche E-Mails ohne Zutun des Computernutzers herausfiltert (und damit Operationen vornimmt, die zuvor vom Menschen durchgeführt wurden), bleibt damit ebenso außerhalb der Betrachtung wie der Autopilot, der das Flugzeug mit hoher Präzision und Zuverlässigkeit vom Start bis zur Landung steuert. In diesen wie in anderen empirisch beobachtbaren Fällen sind die Effekte der Operationen autonomer technischer Systeme kaum von denen menschlichen Handelns zu unterscheiden.¹

Die Zielsetzung der vorliegenden Abhandlung besteht daher darin, ein soziologisches Modell zu entwickeln, das in der Lage ist, das „Mit-Handeln“ von Technik zu beschreiben und dieses so zu operationalisieren, dass die Frage der Handlungsträgerschaft empirisch untersucht werden kann. Damit greifen wir die Anregung Lucy Suchmans auf, die in der Neuauflage von „Plans and Situated Actions“ dazu aufruft, von kategorialen Debatten über die Frage, „ob Menschen oder Maschinen gleich oder verschieden sind“ (2007: 2), abzusehen und statt dessen „empirische Untersuchungen der konkreten Praktiken“ (ebd.: 1) durchzuführen, mittels derer die Kategorien ihre Relevanz erhalten.

Im Sinne dieser angestrebten Wende vom „Ob“ zum „Wie“ entwickeln wir daher im Folgenden ein Modell soziologischer Erklärung hybrider Systeme (HMSE) und übersetzen dieses Modell in Computersimulationsexperimente, die es ermöglichen, verteilte Handlungsträgerschaft empirisch beobachtbar zu machen.

1.1 Stand der Forschung

Die soziologische Forschung zur Interaktion von Mensch und autonomer Technik hat eine lange Tradition.

Alan Turing und Joseph Weizenbaum: Künstliche Intelligenz

Bereits der Test, den Alan Turing in den 1950er Jahren vorgeschlagen hat, sollte mit Hilfe von Klassifikations-Experimenten zur Klärung der Frage bei-

tragen, ob Maschinen denken können (vgl. die Neuauflage: Turing 2009).² Um die kognitivistische Orientierung dieses Ansatzes zur Erforschung künstlicher Intelligenz (KI) zu überwinden, schlug Susan Star (1990: 41) später den „Durkheim-Test“ vor, der auf die soziale Intelligenz von Computern zielte, allerdings offenbar nie durchgeführt wurde.

Ein weiterer geistiger „Urvater“ der Debatte ist Joseph Weizenbaum, der gut zehn Jahre nach Turing ELIZA entwickelte, eine Art elektronischen Psychotherapeuten, den man als Vorläufer moderner Expertensysteme ansehen kann (Weizenbaum 1966). Er fand u. a. heraus, dass Probanden seinem Programm ELIZA, das auf relativ simplen Algorithmen basierte, intimste Geheimnisse anvertrauten. Weizenbaum war überrascht über die Leichtfertigkeit, mit der Menschen ein technisches System als (vertrauensvollen) Interaktionspartner akzeptierten. Um die Einzigartigkeit des Menschen gegenüber regelbasierten Maschinen zu begründen, vertrat Weizenbaum die These, dass das eigentlich Menschliche nicht programmierbar sei („the human is the uncodable“), was sich allerdings als sehr schwache und defensive Position erwiesen hat, da der nicht-programmierbare „Rest“ nahezu täglich weniger wird (vgl. Turkle 2005: 283).

Turing und Weizenbaum stehen für eine Forschungsrichtung, die Experimente unter laborähnlichen Bedingungen geplant bzw. durchgeführt hat, deren Zweck es u. a. war, die Unterschiede zwischen dem menschlichen und dem maschinellen Denken zu ermitteln – ein Aspekt, den wir jedoch bei unseren Untersuchungen der Interaktion von menschlichen Akteuren und nicht-menschlichen Agenten nicht behandeln werden.

Sherry Turkle: Computer-Kulturen

Seit den 1980er Jahren bedient sich die Forschung verstärkt ethnografischer Methoden: ForscherInnen

¹ Wenn wir im Folgenden von „autonomen technischen Systemen“ sprechen, so meint dies natürlich nur eine Teil-Autonomie im Sinne von Rammert (1998), nicht eine personale Autonomie – im Sinne der kommunikativen Begründbarkeit von Handlungen – oder gar eine ideale Autonomie – im Sinne der moralischen Selbstbestimmung (Sturma 2001: 126). Zur Frage der „Intentionalität“ von Technik siehe ausführlicher Abschnitt 2.2.

² Der lediglich als Gedankenexperiment konzipierte (und häufig unpräzise wiedergegebene) Versuchsaufbau besteht aus drei Personen: einem Mann (A), der sich für eine Frau ausgeben soll, einer Frau (B) und einem von ihnen räumlich getrennten Fragenden (C). Die Aufgabe des Fragenden ist es herauszufinden, wer von beiden männlich und wer weiblich ist. Die dem Versuch zugrunde liegende Annahme lautet: Je besser A dem Fragenden glaubhaft machen kann, dass er weiblich ist, desto schlechter wird C die Geschlechter der beiden Personen korrekt klassifizieren. Wird nun Person A durch eine Maschine ersetzt und ist das Klassifizierungsergebnis genauso schlecht wie in dem Fall, in dem A ein Mensch ist, kann geschlossen werden, so Turing, dass Maschinen menschenähnliche kognitive Fähigkeiten besitzen.

wie Lucy Suchman, Sherry Turkle und andere gingen ins Feld und beobachteten in kultursoziologischer Perspektive die realen Interaktionsprozesse zwischen Menschen und technischen Artefakten wie Computern.

An den Arbeiten von Turkle überrascht aus heutiger Sicht, dass sie die Interaktion von Menschen und Computern als selbstverständlich unterstellt und sich primär mit den *Rückwirkungen* befasst, die diese Interaktion auf die Betroffenen hat (2005: 19f., 26). Ihre Arbeiten sind eine reichhaltige Fundgrube für psychoanalytische und kulturtheoretische Fragestellungen (Turkle et al. 2006); direkte Anknüpfungspunkte für *soziologische* Analysen der Interaktionsprozesse, die bei der Begegnung von Menschen mit autonomer Technik stattfinden, lassen sich jedoch kaum ausmachen.

Lucy Suchman: Workplace studies

Lucy Suchman gilt als Mitbegründerin der „Workplace studies“, die mit ethnografischen und konversationsanalytischen Methoden untersuchen, wie durch lokale Praktiken der Zusammenarbeit am Arbeitsplatz und der Nutzung einer Vielzahl von Werkzeugen und Techniken raumzeitliche Ordnungen als temporär stabile Strukturen geschaffen werden (Luff et al. 2000a: 12, 15f.). Suchman zufolge besitzen Maschinen grundlegende *Defizite* gegenüber Menschen. Diese Diagnose liegt ihrem Ansatz zugrunde, die Interaktion zwischen Menschen zum Maßstab („baseline“) zu machen, „von dem aus die Beschaffenheit der Interaktivität zwischen Menschen und Maschinen beurteilt werden sollte“ (2007: 178). Zudem diagnostiziert sie eine „radikale Asymmetrie“ zwischen Mensch und Maschine, die ihre Ursache in den „Begrenztheiten“ („limitations“) der Maschine sowie deren fehlendem Kontextbewusstsein habe (Suchman 2007: 5, 179; Suchman et al. 1999: 393, 395)

Der Kern der Suchman'schen Defizit-These besteht also in der Forderung, das Mit-Handeln von Technik am Maßstab menschlicher Kommunikation zu messen. Diese Methode verstellt jedoch unseres Erachtens den unvoreingenommenen Blick auf die realen Prozesse der Interaktion von Mensch und Maschine, für deren Bewertung die adäquaten Maßstäbe erst noch gefunden werden müssen. Suchmans Asymmetrie-These steht zudem in deutlichem Kontrast zur Latour'schen Symmetrie-These (vgl. Abschnitt 1.2).

Turkle und Suchman repräsentieren also – im Gegensatz zu Turing und Weizenbaum – eine Forschungsrichtung, die mittels ethnografischer Stu-

dien das Wissen um die Praktiken im Umgang mit Technik vermehrt hat. Den soziologischen Kern der Interaktion von Mensch und autonomer Technik haben jedoch beide Ansätze nicht in den Blick genommen – bei Turkle aufgrund der primär psychoanalytischen Ausrichtung, bei Suchman aufgrund der Prämisse einer prinzipiellen Differenz von Mensch und Maschine.

Neue Forschungsperspektiven: Zurück ins Labor?

Die Methode der agentenbasierten Modellierung und Simulation (ABMS) ermöglicht es nunmehr, etliche der Fragestellungen, die Turing, Weizenbaum, Turkle, Suchman und andere beschäftigt haben, in erweiterter Form, aber unter kontrollierten Laborbedingungen durchzuführen. Neben den bereits diskutierten Ansätzen ist dabei die Actor-Network-Theory ein wichtiger Bezugspunkt.

1.2 Die Provokation der Actor-Network-Theory

Bruno Latour hat mit der Actor-Network-Theory (ANT) eine radikale Gegenposition zur Mainstream-Soziologie bezogen; seine Thesen stehen auch in deutlichem Kontrast zu den Konzepten, die in Abschnitt 1.1 präsentiert wurden. Latour vertritt – im Gegensatz zu Suchman – eine symmetrische Ontologie, die keine vorausgesetzten Unterscheidungen zwischen menschlichen Akteuren und nicht-menschlichen Aktanten akzeptiert, sondern davon ausgeht, dass beide über die Fähigkeit verfügen, etwas zu verändern (Latour 1988, 1996a, 1998b).³ Nicht nur der Hotelportier kann die Hotelgäste daran erinnern, vor der Abreise ihre Zimmerschlüssel abzugeben, sondern auch der Schlüsselanhänger, der allein aufgrund seines Gewichts zu einer starken moralischen Instanz werden kann. Durch derartige Übersetzungen konstituiert sich ein Netzwerk, in dem nicht nur menschliche Akteure, sondern auch nicht-menschliche Aktanten handeln.

In einer radikal teilnehmerzentrierten Perspektive fordern Latour und seine Mitstreiter dazu auf, derartige Prozesse der Vernetzung und Übersetzung, die sich in „heterogenen Assoziationen“ (Callon 1987: 92) vollziehen, unvoreingenommen zu betrachten; und sie verweisen darauf, dass die Identität der beteiligten Akteure *und* Aktanten erst im Prozess der Vernetzung konstituiert und zugleich

³ Da Latour die Begriffe Akteur und Aktant (sowie Agent, Humans, Non-Humans etc.) in vielfältiger Weise verwendet, orientieren wir uns an seiner Formulierung „Symmetrie von Akteur und Aktant“ (Latour 1998b: 36).

permanent verändert wird. Latour möchte also die traditionelle Trennung zwischen dem „Technischen“ und dem „Sozialen“ zugunsten einer symmetrischen Perspektive überwinden (vgl. auch Schulz-Schaeffer 2011).

Dies ermöglicht es, den Blick auf Prozesse der Hybridisierung zu werfen, also auf die wechselseitige Übersetzung von menschlichem Akteur (z. B. Bürger) und technischem Aktant (z. B. Waffe). Resultat derartiger Übersetzungen ist ein neuartiger Hybrid-Akteur, die „Bürger-Waffe“ bzw. der „Waffen-Bürger“ (Latour 1998b: 34), der letztlich den Mord begeht, den keiner der beiden Teile alleine hätte ausführen können.

Latours Ansatz hat sich von Beginn an Kritik gefallen lassen müssen. Bereits 1992 hatten Harry Collins und Steven Yearley darauf verwiesen, dass es keinen vom Beobachter unabhängigen Zugang zu den Aktanten gebe und das Symmetriepostulat somit nicht-lösbare methodologische Probleme produziere, über welche die ANT nonchalant hinweggehe (1992: 313, 318). Zudem sei sie nicht in der Lage zu erklären, warum bestimmte Geltungsansprüche akzeptiert würden, andere hingegen nicht (ebd.: 322f.). Schließlich attestieren Collins/Yearley der ANT, dass sie eine sehr konventionelle Wissenschaftsgeschichte betreibe und – außer der radikalen verbalen Provokation – keine grundlegend neuen Erkenntnisse aufweise (ebd.: 303, 310, 314ff.).

Auch Ingo Schulz-Schaeffer kommt zu der Einschätzung, dass die Latour'sche Methodologie nicht haltbar sei, die zwar den Verzicht auf apriorische Annahmen propagiere, um „zu den Dingen selbst vorzustoßen“ (Schulz-Schaeffer 2011: 272), bei der Selbstanwendung dieser Forderung jedoch in einen nicht lösbaren reflexiven Regress gerate. Zudem beruhe der Prozess der wechselseitigen Relationierung stets auch auf (strukturellen) Voraussetzungen, die nicht jedesmal von Neuem zur Disposition gestellt werden können (286), sondern Teil der gesellschaftlichen Institutionen sind, die unser Handeln mit prägen (vgl. Berger & Luckmann 1980). In seinen jüngsten Arbeiten hat Latour in diesem Punkt eine deutliche Kehrtwende vollzogen, wenn er die (geronnenen) technischen Artefakte als wesentliche Bausteine menschlicher Zivilisationen bezeichnet, ohne die die Entwicklung moderner Gesellschaften nicht möglich gewesen wäre (Latour 2007; Schulz-Schaeffer 2011).⁴

Die ANT hat sich in unterschiedliche Richtungen weiterentwickelt, u. a. in eine spielerisch-provokative Variante, die das Geschichten-Erzählen als einen Modus propagiert, der sich bewusst von den Normen und Regeln des Wissenschaftssystems distanziiert (Law & Hassard 1999). Ein aktueller Überblick über den Stand der ANT, den Christopher Gad und Caspar Bruun Jensen (2010) vorgelegt haben, konstatiert, dass zentrale Postulate der klassischen ANT, etwa die generalisierte Symmetrie, von der sich unsere Forschungsarbeiten inspirieren lassen, nach wie vor Gültigkeit besitzen. Die ANT, so Gad und Bruun Jensen weiter, will sich weder als Methode noch als Theorie verstanden wissen (ebd.: 56), sondern möchte lediglich dem Forschungsprozess eine postplurale Einstellung und explizit nicht-humanistische Disposition vermitteln (ebd.: 73f.).

Die Debatte um Latour und die ANT hat sich bislang allerdings überwiegend auf der theoretisch-konzeptionellen Ebene abgespielt (vgl. u. a. Kneer et al. 2007; Berger & Getzinger 2009). Die von Latour angeführten Beispiele für das Mitwirken von Technik haben zudem eher illustrativen Charakter, als dass sie als methodisch angelegte Fallstudien anzusehen wären, mit denen man den Nachweis der Triftigkeit der theoretischen Annahmen führen könnte (Latour 1988, 1996a, 1996b). Auch beziehen sie sich – mit Ausnahme der Studie zum fahrerlosen Transportsystem Aramis (1998a) – allesamt auf konventionelle Technik wie etwa Türschließer oder Türschlüssel, die man typischerweise nicht der gleichen Kategorie wie autonome technische Systeme zuordnen würde.

1.3 Ansatzpunkte und Methoden zur Erforschung hybrider Systeme

Wir nehmen die Latour'sche Provokation zum Anlass zu untersuchen, wie die von der ANT thematisierten Prozesse der Hybridisierung von Mensch und Technik in die soziologische Handlungstheorie integriert werden können, und zwar in einer Weise, die es ermöglicht, die Interaktion von Menschen und autonomer Technik empirisch zu untersuchen und dennoch Anschlüsse an die konventionelle Soziologie zu wahren.⁵

⁴ Ein Hinweis auf diese Position findet sich bereits bei Latour (1998b: 62).

⁵ Unser Ansatz hat sowohl eine Computer- als auch eine Sozialreferenz (Malsch 1997): In sozialreferenzieller Perspektive beabsichtigt er, einen Beitrag zur soziologischen Handlungstheorie zu leisten, in computerreferenzieller Perspektive können beispielsweise Fragen der Usability von Mensch-Maschine-Schnittstellen untersucht werden.

Wenn wir die ANT als Referenzpunkt wählen, geht es *nicht* um eine Klärung der grundlegenden theoretisch-konzeptionellen Fragen. In Anlehnung an Werner Rammert und Ingo Schulz-Schaeffer (2002), aber auch an Suchman (2007) wird die Frage der Handlungsträgerschaft von Technik vielmehr als ein empirisch zu untersuchendes Thema aufgefasst (vom „Ob“ zum „Wie“), das mit kontrollierten Experimenten auf der Basis eines erweiterten, hybriden Handlungsmodells angegangen werden soll. Dabei muss – so Rammert und Schulz-Schaeffer – die Frage nach dem ontologischen Status von Akteuren und Aktanten letztlich unbeantwortet bleiben, denn empirisch beobachtbar sind lediglich die Prozesse, in denen menschliche Akteure der Technik Handlungsträgerschaft zuschreiben.

Als Methoden zur Untersuchung des Phänomens verteilter Handlungsträgerschaft von Mensch und autonomer Technik in hybriden Systemen und als Ansatzpunkte einer handlungstheoretischen Einbindung dieses Phänomens bieten sich an:

1. Die Beobachtung und Messung realer Interaktionen von Mensch und Technik, beispielsweise im „smarten“ Automobil (Stanton & Young 2005) oder in der Steuerung komplexer Anlagen, in denen automatische Systeme und menschliche Operateure zusammenwirken (Moray et al. 2000; Cummings & Bruni 2009).
2. Die ethnografische Beobachtung und dichte Beschreibung der Interaktion von Mensch und Technik, beispielsweise bei der Begegnung mit Robotern und Avataren, aber auch in realen Settings der Arbeitswelt (Brooks 2002; Turkle 2005; Braun-Thürmann 2007; Krummheuer 2010; Luff et al. 2000b), z. T. unter Zuhilfenahme von automatisch aufgezeichneten Mensch-Maschine-Interaktionen (Hahne et al. 2006).
3. Fallstudien zu avancierten technischen Systemen wie dem „Traffic Alert and Collision Avoidance System“ (TCAS) für den Luftverkehr und den durch dieses System (mit-)verursachten Störfällen und Unfällen (Brooker 2008; Grote 2009).
4. Befragungen von Probanden bezüglich ihrer Erfahrungen und Einstellungen zu avancierter „smarter“ Technik (Graeser & Weyer 2010) – oftmals in Kombination mit den bereits genannten Methoden.
5. Die Computersimulation sozialer Prozesse mit Hilfe der Methode der agentenbasierten Modellierung und Simulation (ABMS), wie sie beispielsweise Niels Lepperhoff (2000) in seiner Studie zur Normentstehung in künstlichen Gesellschaften oder Thomas Kron (2006) in seiner

Modellierung von Sozial-Charakteren und der Analyse des Bystander-Problems angewendet hat (vgl. auch Krusch 2008; Macy 1998; Macy & Willer 2002; Epstein & Axtell 1996).

Unser Ansatz beinhaltet eine Kombination der Methoden 1, 4 und 5 mit geringen Zutaten der Methode 2. Ähnlich wie Lepperhoff und Kron, die sich in ihren Arbeiten auf Hartmut Esser beziehen, rekurren auch wir im Folgenden auf das von Esser entwickelte Modell der soziologischen Erklärung (MSE) (Esser 1991, 1993, 2000). Das MSE ist ein handlungstheoretisch fundierter soziologischer Ansatz, der nicht nur detailliert ausgearbeitet, sondern auch stark formalisiert ist und sich daher für die Modellierung und Simulation sozialer Prozesse eignet. Aktuelle Ergänzungen und Weiterentwicklungen befassen sich vor allem mit dem Problem der Frame-Selektion sowie mit der Low-Cost-Hypothese und setzen sich kritisch mit den Grundlagen der SEU-Theorie⁶ auseinander (Kroneberg 2007; Etzrodt 2007; Schulz-Schaeffer 2008; Rauhut & Krumpal 2008; Best 2009; Opp 2009). Technik erscheint hier jedoch ausschließlich als Gegenstand oder Instrument menschlichen Handelns; die Frage des Mit-Handelns von Technik wird nicht thematisiert.

Das im folgenden Abschnitt dargestellte Modell soziologischer Erklärung hybrider Systeme (HMSE), stellt eine Weiterentwicklung des ursprünglichen Esser'schen Modells soziologischer Erklärung (MSE) dar. Wir wählen dabei bewusst die Basis-Variante des MSE als Ausgangspunkt (vgl. Esser 1999: 344ff.) und nicht Weiterentwicklungen wie das Modell der Frame-Selektion (MFS, Kroneberg 2007) oder die Kron'schen Sozial-Charaktere (2006); denn die feingranularen Möglichkeiten der Modellierung der Logik der Selektion, wie sie das MFS vorsieht, bringen für die Modellierung des Zusammenspiels von Mensch und autonomer Technik keinen zusätzlichen Nutzen.⁷

Das HMSE, das wir im Folgenden entwickeln, ergänzt das MSE um die Komponente der Handlungsträgerschaft von Technik. Ziel ist es zu zeigen, dass die soziologische Handlungstheorie im Prinzip in der Lage ist, das Mit-Handeln von Technik zu erfassen, ohne Grundannahmen wie beispielsweise die Intentionalität des Handelns oder das Postulat der (subjektiven) Rationalität etc. aufgeben zu müs-

⁶ Subjective Expected Utility (subjektive Nutzenerwartung)

⁷ Die von Christian Etzrodt (2007) und Henning Best (2009) geäußerte Kritik am SEU-Modell trifft also auch unseren Ansatz.

sen (wie es die Latour'sche Rhetorik gelegentlich nahelegt).

Zu diesem Zweck entwickeln wir zunächst ein hybrides Handlungsmodell (Abschnitt 2), setzen es in Form eines Computer-Simulationsmodells um (Abschnitt 3) und führen dann Versuche mit realen Probanden durch, die im Rahmen einer einfachen Verkehrssimulation gemeinsam mit autonomen technischen Systemen eine Fahraufgabe lösen müssen. Dabei messen wir zum einem die reale Verteilung der Handlungsträgerschaft durch Aufzeichnen der Performance-Daten. Zum anderen protokollieren wir die Zuschreibung von Handlungsträgerschaft auf Technik durch die Befragung der Probanden während und nach den Versuchsläufen (Abschnitt 4).

Auf diese Weise wollen wir folgenden Vermutungen nachgehen:

- (V1) Das Zusammenspiel von Mensch und autonomer Technik lässt sich mit Hilfe des HMSE in einer Weise modellieren, die a) sich auf die Latour'sche Symmetrieforderung einlässt, b) zu plausiblen, interpretationsfähigen Daten führt und c) weiterführende Erkenntnisse generiert.
- (V2) Die menschlichen Akteure, die im Rahmen hybrider Konstellationen agieren, schreiben a) den technischen Systemen Handlungsträgerschaft zu und nehmen b) das Verhältnis Mensch-Technik als ein symmetrisches wahr.
- (V3) Das Konzept der „Handlungsträgerschaft“ von Technik lässt sich operationalisieren und durch den Einsatz simulationsgestützter Experimente empirisch fundieren.

2. Das Modell soziologischer Erklärung hybrider Systeme (HMSE)

Das MSE von Esser basiert im Kern auf dem Coleman'schen Mikro-Makro-Modell, das zunächst nur das Handeln singularer Akteure abbildet – auch wenn die Logik der Aggregation stets implizit das Zusammenspiel mehrerer Akteure beinhaltet (Coleman 1995; Esser 1991; Opp 2009). Interaktionsprozesse zwischen verschiedenen Akteuren lassen sich im Rahmen dieses Modells auf zweierlei Weise darstellen:

- durch sequenzielle Verkettung der Entscheidungsprozesse eines oder mehrerer Entscheider (Esser 1991: 48) oder
- durch die Parallelität der Entscheidungen mehrerer Akteure, die in einem sozialen Gebilde zusammenwirken und so gemeinsame Effekte erzielen.

Esser bildet den zuletzt genannten Fall in einem „Mehr-Ebenen-Modell“ ab (1993: 113), das eine Meso-Ebene „zwischen den übergreifenden Makro-Strukturen der Gesellschaft und den Mikro-Aktionen der individuellen Akteure“ (112) einzieht, die sich durch das Zusammenwirken mehrerer Entscheidungsprozesse auf der Mikro-Ebene konstituiert, und zwar als „aggregierte Folge des situationsorientierten Handelns von Akteuren“ (112).⁸

2.1 Symmetrische Konstruktion von Handlungsträgerschaft

Wir übertragen dieses Modell auf das Zusammenwirken von Mensch und Technik und unterstellen dabei – im Sinne des Latour'schen Symmetriepostulats –, dass die „Aktionen“ sowohl der menschlichen Akteure als auch der technischen Systeme in einer symmetrischen Weise beschrieben werden können, die es ermöglicht, sinnvolle (d. h. empirisch gehaltvolle) Aussagen über ihr Zusammenwirken zu machen und zu neuen, überraschenden Erkenntnissen zu gelangen. Wir verwenden die ANT dabei lediglich als *Impulsgeber* für eine Weiterentwicklung des MSE und verknüpfen dies mit der Erwartung, bestimmte Phänomene auch im Rahmen der soziologischen Handlungstheorie darstellen und untersuchen zu können, für die die ANT bislang eine Art Allein-Zuständigkeit reklamieren konnte.⁹

Ein einfaches hybrides System besteht aus einem menschlichen Akteur A_H und einem nicht-menschlichen Aktanten A_{NH} . Beide befinden sich in einer Situation S_t inmitten einer Sequenz von Aktionen, die in kurzen Zeitabständen hintereinander stattfinden (vgl. Abb. 1). Beide Akteure bzw. Aktanten nehmen zunächst eine subjektive Definition der Situation vor (Pfeile 1a und 1b). Die Notation $A_{NH,t}$ bzw. $A_{H,t}$ gibt den Zustand des Akteurs bzw. Aktanten zum Zeitpunkt t an.

⁸ Es gibt also bei Esser eine *Meso*-Aggregation auf der Gebilde-Ebene und eine *Makro*-Aggregation auf der Struktur-Ebene.

⁹ Wir beabsichtigen also keine Theoriekombination von MSE und ANT und lassen die Frage auch bewusst offen, ob es möglich wäre, theoriebautechnisch Brücken zu schlagen zwischen dem Esser'schen MSE, das auf einem intentionalistischen Akteurkonzept basiert, und der ANT, die ein nicht-intentionalistisches Akteurkonzept vertritt.

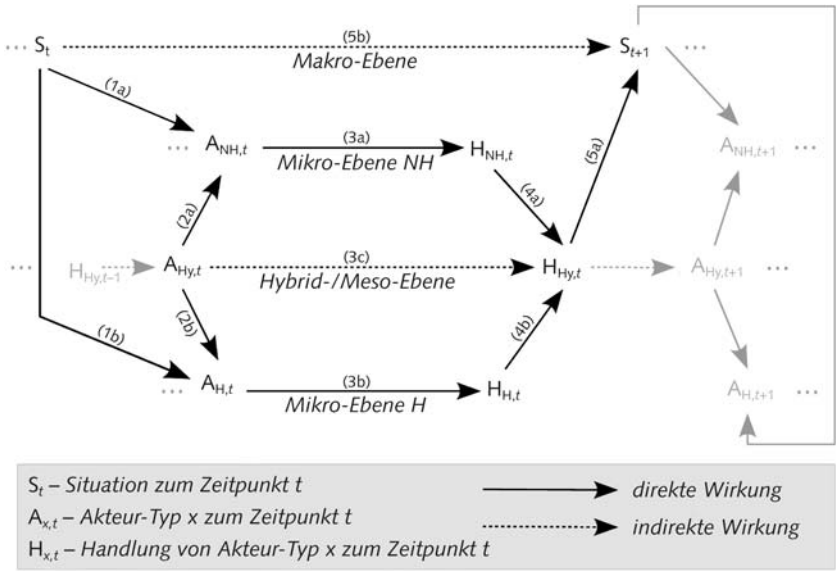


Abb. 1 Modell soziologischer Erklärung hybrider Systeme

An dieser Stelle kommt die – von Latour inspirierte – Idee ins Spiel, dass durch das Zusammenhandeln von A_H und A_{NH} eine Hybrid- bzw. Meso-Ebene konstituiert wird, auf der ein Hybrid-Akteur A_{Hy} handelt, der sich aus den Interaktionen von Akteur A_H und Aktant A_{NH} konstituiert, die vor dem Zeitpunkt t stattgefunden haben. Die Hybrid-Ebene, die als gemeinsame A_H - A_{NH} -Interaktionsebene wahrgenommen wird, geht daher zusätzlich in die subjektiven Situationsdefinitionen ein (Pfeile 2a, 2b).¹⁰ Gemäß der Situationsdefinition und den zur Verfügung stehenden Handlungsalternativen vollziehen A_H und A_{NH} dann Handlungen (Pfeile 3a, 3b) auf der jeweiligen Mikro-Ebene.¹¹

Die Handlungen von A_H und A_{NH} führen zunächst zu einem aggregierten Effekt auf der Meso-Ebene (Pfeile 4a, 4b). Außerhalb des hybriden Systems sind die Einzelhandlungen nicht identifizierbar, sondern ausschließlich das zusammengesetzte Handeln des Hybrid-Akteurs A_{Hy} (Pfeil 3c). Dieses Zusammenhandeln führt schließlich zu aggregierten Effekten auf der außerhalb des hybriden Systems befindlichen Makro-Ebene (Pfeil 5a), wobei man

sich Aggregation als das Zusammenwirken mit anderen menschlichen, technischen oder hybriden Akteuren vorstellen muss – ein Aspekt, auf den wir hier nicht näher eingehen können (erste Ansätze finden sich in Kroniger & Lücke 2010). Durch das Zusammenhandeln von A_{NH} und A_H ist S_t (Situation zum Zeitpunkt t) übergegangen zu S_{t+1} (Pfeil 5b).

Zu beachten ist, dass die Ursprungssituation S_t nicht direkt auf den Hybrid-Akteur wirkt, weil nur Akteure bzw. Aktanten Situationen definieren können.¹² Das Zusammenhandeln von A_{NH} und A_H führt aber zu Effekten auf der Mikro-Ebene, daher der durchgezogene Pfeil 5a. Der graue Bereich des Schaubilds deutet an, dass der Prozess nicht stehenbleibt, sondern in längere Handlungssequenzen eingebettet ist.

¹⁰ Akteur und Aktant definieren die Situation zwar unabhängig voneinander, aber dennoch im Kontext einer Sequenz hybrider Interaktionen, die im vorherigen Schritt das Resultat $H_{Hy,t-1}$ generiert hat.

¹¹ Die Akteure bzw. Aktanten stehen nicht unter Handlungszwang und müssen nicht zwangsläufig gleichzeitig eine wirksame Handlung ausführen. Es sind auch Null-Handlungen möglich, die darin bestehen, nichts zu tun.

¹² Auch Esser bemerkt bei der Erläuterung zu den Mehrebenen-Modellen, „daß *nur* Akteure Situationen wahrnehmen und sich auf sie hin orientieren können. Dabei sei angenommen, daß die Akteure, die ein soziales Gebilde tragen, im Prinzip sowohl durch die makrostrukturelle Situation als auch durch ihr eigenes Interaktionssystem beeinflusst werden.“ (1993: 114) Im Gegensatz zu Esser haben wir uns allerdings entschlossen, keinen gestrichelten Pfeil von S_t zu $A_{Hy,t}$ zu ziehen, weil die beiden Akteure bzw. Aktanten die Situation unabhängig voneinander definieren und keine erkennbare Zusammenführung der Situationsdefinitionen stattfindet.

2.2 Intentionalität von Technik?

Die Idee, Technik in der hier vorgestellten Weise als Mitspieler zu konzipieren, ist nicht nur von Latour inspiriert, sondern rekurriert auch auf attributions-theoretische Ansätze. Hans Geser konstatiert beispielsweise, dass es heutzutage möglich sei, technische Geräte zu konstruieren, die aufgrund ihrer Verhaltensweisen „den Eindruck erwecken, ... über gewisse Fähigkeiten zu sinnhaftem Erleben, Handeln oder Kommunizieren zu verfügen“ (1989: 233). Dies hat, so Geser weiter, beim menschlichen Gegenüber die Konsequenz, dass er Techniken wie dem Computer „gegenüber Erwartungshaltungen ausbilde(t) und Verhaltensweisen praktiziere(t), die in der interpersonalen Sphäre erworben worden sind“ (ebd.). Folgt man Geser, so gibt es keinen Grund, die Interaktion beispielsweise mit Computern anders zu behandeln als die zwischenmenschliche Interaktion.¹³ Im Gegensatz zur zwischenmenschlichen Interaktion ist die Interaktion zwischen menschlichen Akteuren und nicht-menschlichen Aktanten allerdings *immer* technisch vermittelt.

In der Informatik und in der Forschung zu (Multi-)Agenten-Systemen ist es zudem mittlerweile üblich, Software-Agenten mit BDI-Architekturen auszustatten, sie also mit der Fähigkeit zu versehen, *beliefs*, *desires* und *intentions* zu prozessieren (vgl. Wooldridge 2001; Malsch 1998). Auf diese Weise können sie Verhaltensweisen generieren, die, Geser zufolge, vom menschlichen Interaktionspartner in Mustern interpretiert werden, die dem Repertoire zwischenmenschlicher Interaktion entstammen (vgl. Turkle 2005: 19).

Bei der softwaretechnischen Umsetzung des HMSE haben wir daher den nicht-menschlichen Aktanten A_{NH} so ausgestattet, dass er gemäß den Regeln des SEU-Modells (vgl. Abschnitt 3) intentional agieren kann – wohl wissend, dass Intentionalität stets auch Produkt eines Zuschreibungsprozesses ist. Aber indem wir ihn mit möglichst viel „Intelligenz“ ausgestattet haben, ist es möglich, die Zuschreibungsprozesse zu beobachten und zu analysieren, die sich bei der Interaktion von Mensch und autonomer Technik ergeben. Zum anderen lässt sich auf diese Weise

nachvollziehen, inwiefern das Maß an Handlungs-trägerschaft, das Menschen nicht-menschlichen Aktanten zuschreiben, mit dem technisch implementierten übereinstimmt bzw. wie stark es davon abweicht. Die Verwendung eines intentionalistischen Handlungsmodells als Grundlage für das HMSE hat zudem den Vorteil, dass Handlungsträgerschaft nicht bloß auf Aktivitätsebene untersucht werden kann, wie dies bei Rammert & Schulz-Schaeffer (2002) der Fall ist. In Anlehnung an das Handlungsmodell von Coleman (1995) und Esser (1993) unterscheiden wir *Ziele* und *Handlungen* und können so empirisch beobachten und vermessen, was genau zugeschrieben wird: Die Durchführung von Handlungen (bzw. Aktionen) oder die Verfolgung von Zielen. Hier ergaben sich bei den Experimenten die überraschendsten Ergebnisse (vgl. Abschnitt 4).

2.3 Illustration des HMSE

Das Konzept des HMSE lässt sich am Beispiel eines Szenarios illustrieren, in dem ein menschlicher Proband den Abstand zu einem vorausfahrenden Fahrzeug einhalten muss und dabei von einem Fahrerassistenzsystem unterstützt wird. Wir gliedern diese Aufgabe – ähnlich wie im MSE – in drei Schritte.

Logik der Situation

Der menschliche Akteur A_H nimmt zunächst eine Definition der Situation vor, indem er die vorausfahrenden Fahrzeuge beobachtet und – in Abhängigkeit von subjektiven Parametern wie Wetter, Straßenzustand, Müdigkeit etc. – abschätzt, ob der Abstand ausreicht oder ob das Tempo gedrosselt und gegebenenfalls gebremst werden muss.

Der nicht-menschliche Aktant A_{NH} erfasst die Situation ebenfalls. Ein Fahrerassistenzsystem wie die adaptive Geschwindigkeitsregulierung (ACC) registriert über seine Sensorik das Verkehrsgeschehen, generiert daraus ein Lagebild und initiiert in Abhängigkeit von den eingestellten Parametern (wie Mindestabstand etc.) die entsprechenden Aktionen (vgl. Winner et al. 2002; Stanton & Young 2005).

Das beschriebene Handlungssystem umfasst also zwei Akteure bzw. Aktanten, die eine Situation wahrnehmen und diese getrennt voneinander definieren (Pfeile 1a und 1b in Abb. 1). Dabei kann es durchaus zu sehr unterschiedlichen Situationsdeutungen kommen, wenn etwa der Fahrer ein Fahrzeug auf der Nebenspur bereits als möglichen Konfliktfall erkennt, weil dieses durch Blinken einen Spurwechsel signalisiert, während das ACC-System

¹³ Auch wenn die Autonomie derartiger Technik allenfalls eine technische (im Sinne von Selbstregulierung) ist, verfügen avancierte technische Systeme aufgrund ihrer internen Komplexität über ein derart großes Repertoire an Verhaltensweisen, dass sie auf den menschlichen Beobachter unvorhersehbar und sogar „lebendig“ wirken (Brooks 2002). Derartige „Akteurfiktionen“ (Werle 2002) finden sich auch in anthropomorphisierenden Redeweisen wie etwa „Mein Computer spinnt mal wieder“.

tem, das nur Fahrzeuge auf der gleichen Spur erkennt, noch nicht reagiert und möglicherweise sogar beschleunigt, wenn es die Fahrbahn als frei definiert.

Logik der Selektion

Die im HMSE berücksichtigte Logik der Selektion folgt, wie bereits angedeutet, keinem ontologischen Ansatz, der Technik Intentionalität unterstellt. Die symmetrische Konzeption von Akteur und Softwareagent als intentional handelnde Individuen ist vielmehr ein methodologischer „Trick“, der es ermöglicht, Zuschreibungsprozesse zu analysieren und Handlungsträgerschaft empirisch zu fassen.

Bei der Entscheidung über eine auszuführende Handlung können beide Akteure bzw. Aktanten zwischen verschiedenen Aktionen auswählen. In Kombination mit den zu verfolgenden Zielen (z. B. einen Unfall zu vermeiden) handeln beide Akteure bzw. Aktanten nach dem Prinzip der subjektiven Nutzenmaximierung: Der menschliche Akteur handelt intentional im ursprünglichen Sinne des Wortes, der nicht-menschliche Aktant eher mechanisch, da er nur im Rahmen seiner Software-Implementierung agieren kann (Pfeile 3a, 3b). Software-Agenten können sich nicht auf vollkommen neue, unvorhersehbare Situationen einstellen (vgl. Suchman 2007: 186) und somit nicht strategisch-intentional im menschlichen Sinne handeln; dies gilt selbst für adaptive und lernfähige Agenten.

Aus dem Zusammenwirken von A_H und A_{NH} ergibt sich das Gesamtverhalten des hybriden Akteurs (Pfeil 3c), wobei es durchaus zu überraschenden Effekten kommen kann. In dem oben beschriebenen Fall einer unterschiedlichen Situationsdeutung würde der Fahrer bremsen, das Fahrerassistenzsystem hingegen beschleunigen. Über die Hybrid-Ebene werden diese Aktionen jedoch wechselseitig wahrgenommen (Pfeile 2a, 2b), was das Verhalten der Akteure bzw. Aktanten in den folgenden Schritten der Handlungssequenz so lange beeinflusst, bis das hybride System zu einem adäquaten Verhalten gelangt. Für außen stehende Beobachter ist jedoch nur das Verhalten eines Hybrid-Akteurs A_{Hy} beobachtbar, der die Fahrzeuggeschwindigkeit dynamisch an die Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs anpasst.

Logik der Aggregation

An diesem Punkt unterscheidet sich das HMSE nicht vom Esser'schen MSE. Die Transformations-Mechanismen, die eine Vielzahl von Einzelhandlungen von (rein) menschlichen Akteuren einerseits

und hybriden Akteuren andererseits zu kollektiven Effekten zum Zeitpunkt S_{t+1} aggregieren (Pfeil 5a), sind identisch mit den von Esser genannten. Im Fall des HMSE können wir insbesondere die Möglichkeiten der Computersimulation nutzen, deren Stellenwert Esser bereits 1991 betonte (ebd.: 48), denn die Methode der agentenbasierten Modellierung und Simulation (ABMS) eignet sich für eine Darstellung und Analyse der Aggregation der Handlungen von Agenten (sogar in sehr großer Zahl). Auch emergente Effekte, strukturelle Eigendynamiken, Pfadabhängigkeiten, nicht-lineare Prozesse in komplexen Systemen etc., die sonst nur schwer zu erforschen sind, lassen sich mit Hilfe dieser Techniken anschaulich darstellen (Resnick 1995; Sawyer 2005).

2.4 Bemerkungen zur Methode

Der von uns verfolgte Ansatz eignet sich nicht zur Beantwortung ontologischer Fragen nach dem Status von Akteuren und Aktanten, wie sie beispielsweise in der Latour'schen Symmetriethese enthalten sind. Ob die Technik tatsächlich ein gleichberechtigter Mitspieler ist oder ob die Wahrnehmung interaktiver, handlungsfähiger Technik lediglich auf einer Täuschung beruht (wie dies Dieter Sturma (2001) am Beispiel des Roboterhundes AIBO illustriert), können wir auf der Basis unserer Untersuchungen nicht entscheiden.

Wir sind allerdings in der Lage, die Perspektive nicht nur der beteiligten menschlichen Akteure einzufangen, beispielsweise durch Befragung von Probanden. Das HMSE eröffnet darüber hinaus auch die Option, gleichermaßen die Perspektive der nicht-menschlichen Aktanten zu berücksichtigen, was bislang aus methodischen Gründen nicht möglich war (vgl. Collins & Yearley 1992). Unsere Vorgehensweise gestattet es, Zuschreibungsprozesse zu analysieren, und enthält zudem die Option, diese mit realen Verhaltensdaten abzugleichen. Die Frage, ob Technik wirklich handelt oder nur auf den Beobachter so wirkt, *als ob* sie handelt, können wir jedoch nicht beantworten.

Dafür eröffnet das Modell die Möglichkeit, die Interaktion von menschlichen Akteuren und nicht-menschlichen Aktanten zu analysieren und vor allem die Rückwirkungen zu beobachten, die eine derartige Interaktion auf den menschlichen Mitspieler hat (vgl. Turkle 2005). Bei Laborexperimenten lässt sich zudem die Implementation des nicht-menschlichen Aktanten kontrolliert variieren; dies ermöglicht es, Zuschreibungsprozesse empirisch beobachtbar zu machen. Wir konnten auf diese Weise

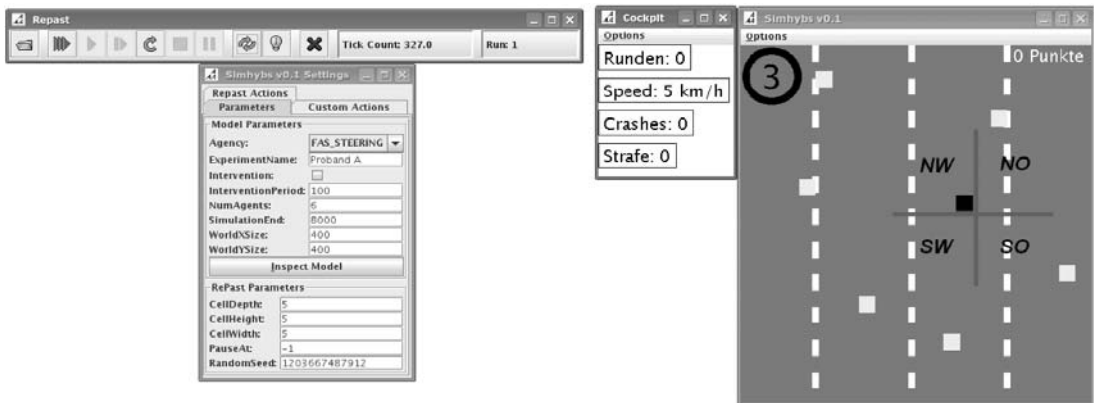


Abb. 2 Screenshot der Simulation mit zusätzlich eingezeichneten Quadranten aus Sichtweise des eigenen Fahrzeugs (schwarz)

z. B. feststellen, dass die Ziele, die menschliche Akteure den nicht-menschlichen Aktanten zuschreiben, nicht mit der tatsächlichen Implementierung des nicht-menschlichen Aktanten übereinstimmen (vgl. dazu ausführlich Abschnitt 4.2).

3. Computersimulation

Ziel der Computersimulation ist es, das im vorherigen Abschnitt entwickelte HMSE einer empirischen Prüfung zu unterziehen und das Wechselspiel von A_H und A_{NH} beobachtbar zu machen. Für das Simulationsmodell *SIMHYBS*¹⁴ wurde ein einfaches Szenario gewählt, das möglichst realitätsnah ist und für die Probanden nur einen geringen Einarbeitungsaufwand erfordert (vgl. Abb. 2). Zudem ist es so angelegt, dass der Versuchsleiter die Grade der Handlungsträgerschaft parametrisch variieren und insbesondere unterschiedliche Modi der Handlungsverteilung einstellen kann.

Das Szenario besteht aus einer Straße, auf der sich Fahrzeuge bewegen, und zwar allesamt in einer Richtung (vgl. ausführlich Fink 2008). Die Fahrer werden von Software-Agenten simuliert, wobei es zwei Typen von Fahrern gibt: einen *hybriden Fahrer*, bestehend aus dem menschlichem Akteur A_H und nicht-menschlichem Aktanten A_{NH} , sowie mehrere *erratische Fahrer*, die sich ohne menschliche Eingriffe in zufälliger Geschwindigkeit und ohne Berücksichtigung ihrer Umgebung bewegen. Die erratischen Fahrer irren also auf dem Spielfeld

umher und dienen lediglich als Hindernis für den hybriden Fahrer, der im Zentrum unseres Interesses steht.

Die A_{NH} -Komponente des hybriden Fahrers ist nach dem Vorbild von Fahrerassistenzsystemen (FAS) konzipiert, d. h. sie kann ihre Umwelt wahrnehmen, eine Situation definieren und auf der Basis der Situationsdefinition eine subjektiv angemessene Entscheidung treffen. Dabei verfolgt sie die gleichen Ziele wie der Mensch, der die A_H -Komponente des hybriden Fahrers bildet. Je nach dem gewählten Modus (s. u.) kann er bestimmte Aufgaben übernehmen, beispielsweise das Lenken oder die Geschwindigkeitsregulierung.

Der hybride Fahrer besitzt zudem eine softwaretechnische Komponente, den Agency-Manger (s. u.), die zwischen den Aktionen von A_H und A_{NH} vermittelt. Somit lässt sich die Interaktion von Mensch und Technik, die beide die gleichen Ziele verfolgen, beobachten und analysieren.

Fahraufgabe

Der hybride Fahrer erhält Punkte, wenn er eine Runde auf dem Spielfeld zurückgelegt hat, d. h. den oberen Spielfeldrand überschreitet (vgl. Abb. 2); er bekommt hingegen Punkte abgezogen, wenn er mit einem anderen Fahrzeug zusammenstößt oder wenn er beim Übertreten der erlaubten Höchstgeschwindigkeit ‚erwischt‘ wird. Die Fahrzeuge können sich in drei Richtungen bewegen: nach links (NW), nach rechts (NO) und geradeaus (N, also auf dem Bildschirm nach oben).

¹⁴ *SIMHYBS* – *SIMulation HYBRider Systeme*.

3.1 SEU-Modell

Die Entscheidungen, die der hybride Fahrer trifft, werden mit Hilfe des SEU-Modells – bestehend aus Handlungsalternativen, Zielen und Bewertungen sowie Erwartungen – modelliert, das wir ebenfalls von Esser übernehmen (Esser 1993; vgl. auch Esser 1991: 54ff.). Dabei unterstellen wir, dass die Aktionen innerhalb des hybriden Systems vollständig identifiziert werden können und sich auf menschliche Akteure und nicht-menschliche Aktanten verteilen. Beiden sollen zudem identische Handlungsoptionen zur Verfügung stehen. Ferner sei angenommen, dass A_{NH} klaren Regeln folgt, welche Aktion in welcher Situation zu priorisieren ist. Schließlich gilt wie für alle SEU-Modelle, dass gemäß der Regel der Nutzenmaximierung die Aktion mit dem höchsten SEU-Wert ausgeführt wird.

Für die Implementierung wurde in einem ersten Schritt ein SEU-Modell für einen vollautomatischen

hybriden Fahrer entwickelt, bei dem die A_{NH} -Komponente das Fahrzeug ohne Mitwirkung des Menschen steuert. In einem zweiten Schritt wurde dann die Schnittstelle für den menschlichen Probanden (A_H) hinzugefügt, so dass sich die Aktionen zwischen dem softwarebasierten Fahrer und dem menschlichen Probanden je nach Szenario auf unterschiedliche Weise verteilen lassen.

Während der Simulation handeln der menschliche Akteur und der nicht-menschliche Aktant *zusammen* als Hybrid-Akteur. Die Vermittlung des Zusammenhandelns durch den Agency-Manager ist in Abb. 3 dargestellt.

Zunächst wird die Situation von beiden Akteuren bzw. Aktanten subjektiv definiert. Der nicht-menschliche Aktant nimmt eine subjektive Situationsdefinition vor und selegiert nach Durchführung einer SEU-Kalkulation die Aktion mit dem höchsten SEU-Wert (A_{NH} -Aktion). Die Aktion wird allerdings nicht unmittelbar ausgeführt, da noch

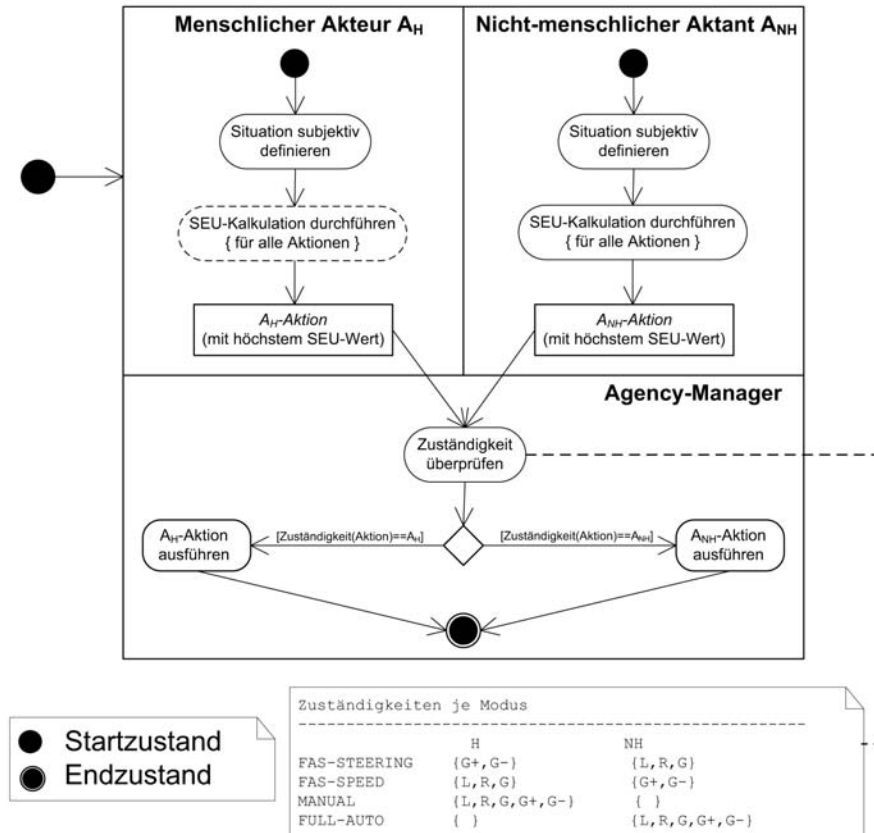


Abb. 3 Das Zusammenhandeln von menschlichem Akteur und nicht-menschlichem Aktant ist über den Agency-Manager vermittelt

nicht klar ist, ob der nicht-menschliche Aktant für die Aktion mit dem höchsten SEU-Wert zuständig ist. Die *Zuständigkeitsüberprüfung*, die von dem eingestellten Modus (vgl. Tabelle 2 auf Seite 103) abhängt, übernimmt die Vermittlungsebene, also der Agency-Manager.

Der menschliche Akteur nimmt ebenfalls eine subjektive Situationsdefinition vor und selektiert, dem Modell zufolge gemäß SEU-Prinzipien, seine Aktion mit dem höchsten SEU-Wert (A_H -Aktion). Prinzipiell können sich die A_H - und A_{NH} -Aktionen voneinander unterscheiden, da beide Akteure bzw. Aktanten subjektiv-rational handeln und zu unterschiedlichen Situationseinschätzungen kommen können.

Nachdem einer der beiden Akteure bzw. Aktanten eine Aktion ausgewählt hat, überprüft also der Agency-Manger, ob der entsprechende Akteur bzw. Aktant für die Aktion zuständig ist, und lässt dann die jeweilige Aktion zu.

Handlungsalternativen

Bei der Steuerung des Fahrzeugs ergeben sich folgende Handlungsalternativen:

- Auslenkung nach links – L
- Auslenkung nach rechts – R
- keine Auslenkung – G (geradeaus)
- Geschwindigkeit erhöhen – G+
- Geschwindigkeit verringern – G–

Ziele und Bewertungen

Die Ziele sind durch die Spielregeln vorgegeben, und zwar:

- Crashes vermeiden (c)
- Geschwindigkeit einhalten (g)
- Runden machen (r)

Die Bewertung der Ziele müsste eigentlich nach subjektiven Präferenzen erfolgen. Da dies nicht Gegenstand der Studie war, wurde unterstellt, dass die Crashvermeidung als wichtigstes Ziel angesehen wird, gefolgt von der Einhaltung der Geschwindigkeitsbegrenzung und schließlich von dem Ziel Runden zu machen. Zur Kontrolle wurde in einem Gesamtfragebogen die Präferenzreihenfolge der drei Ziele abgefragt. Es stellte sich dabei heraus, dass die Modellannahme berechtigt war, da immerhin 81 Prozent der Probanden genau diese Präferenzreihenfolge angenommen haben.

Erwartungen

Die Erwartungen modellieren die Vorstellungen eines Akteurs bzw. Aktanten, inwieweit eine durchzuführende Aktion zur Realisierung eines zu verfolgenden Ziels führt. Da sich das Fahrzeug auf einem quadratischen, in mehrere Zellen unterteilten Feld bewegt, kann eine Bewegung nur von Zelle zu Zelle stattfinden (vgl. Abb. 2). Um die Erwartung zu definieren, möglicherweise auf ein anderes Fahrzeug zu treffen, wird eine Unterteilung des Umfelds des eigenen Fahrzeugs in die vier Quadranten NW, NO, SO, SW vorgenommen.

Nun muss noch – gemäß dem SEU-Modell – für jede der fünf Handlungsalternativen abgeschätzt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit der Vollzug der Handlung zur Realisierung der drei Ziele beiträgt (vgl. Tabelle 1). Die Aktion „Links“ dient beispielsweise dem Ziel „Crashvermeidung“, wenn die Erwartung hoch ist (0.9), dass sich rechts, also in den Quadranten NO oder SO, ein anderes Fahrzeug befindet (b_{NO} , b_{SO}). Die Aktion „Geradeaus“ dient dem Ziel „Crashvermeidung“ jedoch nur in geringem Maße (0.3), wenn sich im NO-Quadranten ein Fahrzeug befindet, dessen Geschwindigkeit (v_{NO}) kleiner als die eigene (v_{self}) ist usw. Alle auf diese Weise gewonnenen Werte sind in Tabelle 1 aufgelistet.

3.2 Implementation

Das hier vorgestellte Simulationsmodell *SIMHYBS* wurde mit Hilfe der Software-Umgebung Recursive Porous Agent Simulation Toolkit (Repast 2010) implementiert (zu den Implementierungs-Details siehe Fink 2008). Durch die umfangreichen Modellierungs- und Anpassungsmöglichkeiten ist Repast Grundlage zahlreicher soziologischer und soziologischer Simulationsstudien (z. B. Kim 2009; König et al. 2010).

Das Simulationsmodell *SIMHYBS* ist so konzipiert, dass vier verschiedene *Modi der Handlungsverteilung* gewählt werden können (zwei halbautomatische, ein manueller und ein vollautomatischer), wobei die geschweiften Klammern die jeweilige Zuständigkeit des nicht-menschlichen Aktanten angeben (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 1 Bewertete Ziele für das SEU-Modell

<i>Links</i>	Crashvermeidung	$\begin{cases} 0.9 & \text{für } b_{NO}, b_{SO} \\ 0.1 & \text{für } b_{NW}, b_{SW} \\ 0.5 & \text{sonst} \end{cases}$
	Geschwindigkeit einhalten	0.5
	Runden machen	0.25
<i>Rechts</i>	Crashvermeidung	$\begin{cases} 0.1 & \text{für } b_{NO}, b_{SO} \\ 0.9 & \text{für } b_{NW}, b_{SW} \\ 0.5 & \text{sonst} \end{cases}$
	Geschwindigkeit einhalten	0.5
	Runden machen	0.25
<i>Geradeaus</i>	Crashvermeidung	$\begin{cases} 0.3 & \text{für } b_{NO} \wedge v_{NO} < v_{self} \\ 0.3 & \text{für } b_{NW} \wedge v_{NW} < v_{self} \\ 0.5 & \text{sonst} \end{cases}$
	Geschwindigkeit einhalten	0.5
	Runden machen	0.75
<i>Geschwindigkeit erhöhen</i>	Crashvermeidung	$\begin{cases} 0.75 & \text{für } b_{SW}, b_{SO} \\ 0.25 & \text{für } b_{NW}, b_{NO} \\ 0.5 & \text{sonst} \end{cases}$
	Geschwindigkeit einhalten	$\begin{cases} 1 & \text{für } v_{self} < v_{limit} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$
	Runden machen	1
<i>Geschwindigkeit verringern</i>	Crashvermeidung	$\begin{cases} 0.25 & \text{für } b_{SW}, b_{SO} \\ 0.75 & \text{für } b_{NW}, b_{NO} \\ 0.5 & \text{sonst} \end{cases}$
	Geschwindigkeit einhalten	$\begin{cases} 1 & \text{für } v_{self} > v_{limit} \\ 0.5 & \text{sonst} \end{cases}$
	Runden machen	0

Tabelle 2 Modi der Handlungsverteilung

FAS-STEERING	Das Assistenzsystem übernimmt die Aktionen Links, Rechts und Geradeaus. {L,R,G}
FAS-SPEED	Das Assistenzsystem übernimmt die Erhöhung und Verringerung der Geschwindigkeit. {G+,G-}
MANUAL	Das Assistenzsystem greift nicht ein, sondern warnt lediglich bei einer Geschwindigkeitsüberschreitung. { }
FULL-AUTO	Das Assistenzsystem übernimmt alle Aktionen; der Proband hat jedoch die Möglichkeit, einzugreifen und das Assistenzsystem kurzzeitig auszuschalten. {L,R,G,G+,G-}

3.3 Experimentaldesign

Nach Pretests und Verbesserungen des Simulationsmodells wurden im Laufe des Jahres 2008 zwei Versuchsreihen mit 31 Probanden, davon 14 weiblich

und 17 männlich, im Alter von 23 bis 60 Jahren durchgeführt.¹⁵

Es sei hier noch einmal betont, dass das Ziel der Simulationsstudie nicht in der Generalisierung der Ergebnisse auf eine bestimmte Population bestand, wofür eine deutlich höhere Fallzahl notwendig gewesen wäre, sondern lediglich in der Illustration des empirisch-methodologischen Potenzials des vorgestellten HMSE.

Jeder Proband durchlief sieben Versuchsläufe von jeweils knapp drei Minuten Dauer (entspricht 8000 Simulationsschritten). Zu Beginn des Experiments wurden die Probanden instruiert und in die Bedienung des Systems eingewiesen. Dabei wurde ihnen mitgeteilt, dass das Assistenzsystem den Probanden dabei unterstützt, das *Gesamtspielziel* zu erreichen. Zudem wurden sie über die Funktionsweise der unterschiedlichen Modi aufgeklärt, dass beispielsweise das FAS im Modus FAS-SPEED die Geschwindig-

¹⁵ Bei einem Probanden kam es zu Aufzeichnungsfehlern, so dass nur die Daten von 30 Probanden ausgewertet werden konnten.

Tabelle 3 Experimentablauf mit zugehöriger Datensatzanzahl

Versuchslauf	Modus			Fragebogen
1	FAS-STEERING			FE
2		FAS-SPEED		FE
3			MANUAL	
4	FAS-STEERING			FE
5		FAS-SPEED		FE
6			MANUAL	FG
7				FULL-AUTO FA
Anzahl Fragebögen	N = 60 (2*FE)	N = 60 (2*FE)		N = 30 (FA) N = 30 (FG)

FE – Fragebogen je Experiment (nur für FAS-STEERING und FAS-SPEED)

FG – Gesamtfragebogen

FA – Fragebogen vollautomatischer Modus

keitserhöhung und -verringern übernimmt. Der Versuchsleiter hat dabei bewusst nur von Aktionen und nicht von Zielen gesprochen, die das Assistenzsystem in einem bestimmten Modus verfolgt – ein Detail, das später wichtig werden wird.

Der gesamte Versuch dauerte pro Proband insgesamt ca. 45 Minuten. Die Experimente wurden mit zwei Bildschirmen durchgeführt. Der Probanden-Bildschirm enthielt das im rechten Teil von Abb. 2 dargestellte Szenario. Die Einstellungen wurden vom Versuchsleiter an einem separaten, für die Probanden nicht einsehbaren Bildschirm vorgenommen. Außer dem Fahrzeug, das der Proband zusammen mit A_{NH} steuerte, waren mehrere erratische Fahrer im Spiel. Deren Verhalten wurde vom Zufallsgenerator beeinflusst, der jedoch aus Gründen der Vergleichbarkeit mit festen Saatwerten startete.

Der Experimentablauf mit der zugehörigen Datensatzanzahl ist in Tabelle 3 dargestellt.

Nach jedem Durchgang (außer im Modus MANUAL) mussten die Probanden einen kurzen Fragebogen ausfüllen, in dem sie die Funktionsweise des FAS bewerteten, vor allem aber die Beiträge abschätzten, die sowohl das FAS als auch sie selbst zur Erreichung des Spielziels geleistet hatten.

Zudem wurde nach dem sechsten Durchlauf eine Gesamteinschätzung aller Durchgänge erhoben. Für den vollautomatischen Modus (Nr. 7) gab es schließlich einen speziellen Fragebogen, in dem danach gefragt wurde, ob das FAS korrekt funktioniert habe und ob die Probanden einen Kontrollverlust empfunden und deswegen eingegriffen hätten.

Abgleich mit aufgezeichneten Daten

Mit Hilfe der Fragebögen wurden also insbesondere die Selbsteinschätzungen und Zuschreibungen

seitens der Probanden abgefragt. Diese Angaben konnten für jedes Experiment mit den im Hintergrund aufgezeichneten Daten abgeglichen werden, und zwar:

- erzielte Punktzahl
- gefahrene Runden
- Anzahl und Zeitpunkt der Crashes
- Anzahl geahндeter Geschwindigkeitsüberschreitungen
- Tastaturanschläge (Zeitpunkt und gedrückte Taste)

Dieses Experimentaldesign ermöglicht es also nicht nur, die im Hintergrund aufgezeichneten Daten mit den Selbsteinschätzungen der Probanden abzugleichen; darüber hinaus kann auch die von den Probanden vorgenommene Zuschreibung von Handlungsträgerschaft auf Technik mit der tatsächlichen Implementierung des nicht-menschlichen Aktanten abgeglichen werden. Dies führte, wie in Abschnitt 4.2 dargestellt, zu überraschenden Ergebnissen.

Am Ende jedes Versuchs wurde mit den Probanden ein offenes Interview geführt. Durch diese Kombination von Simulationsläufen, schriftlicher Befragung und offenem Interview konnten trotz der relativ geringen Probandenzahl umfangreiche Informationen gewonnen werden.

4. Auswertung der Experimente

Der in den folgenden Abschnitten dargestellte Teil der Auswertung konzentriert sich auf Aspekte, die der Illustration des methodologischen Nutzens des HMSE dienen. Darüber hinausgehende Resultate, die wir mit den Experimenten gewinnen konnten,

Tabelle 4 Agency-Maß für die Modi FAS-STEERING und FAS-SPEED (N = 60)

	Mittelwert/Agency _H	Standardabweichung	Median	0%/25%/50%/75% 100%-Quantil
FAS-STEERING	0.433	0.159	0.5	0.1/0.3/0.5/0.5/0.7
FAS-SPEED	0.580	0.170	0.5	0.1/0.5/0.5/0.7/0.9

werden hier lediglich exemplarisch herausgegriffen, um den Anspruch zu unterstreichen, dass man mit Hilfe des HMSE empirisch fundierte Aussagen über das Problem der verteilten Handlungsträgerschaft gewinnen kann.

4.1 Vermessung von Handlungsträgerschaft und Symmetrie

Handlungsträgerschaft im Sinne eines intentionalistischen Handlungsmodells besteht, wie oben bereits erwähnt (vgl. Abschnitt 2.2), aus:

- der Aktivitätsverteilung sowie
- der Verfolgung von Zielen bzw. der Übernahme von Aufgaben.

Die Aktivitätsverteilung („wer ist für welche Aktivität zuständig“) war durch den Aufbau der Experimente vorgegeben, wengleich sich nicht alle Probanden daran hielten (vgl. Abschnitt 4.4).

Wir beschränken uns bei der Vermessung der Handlungsträgerschaft auf die beiden Modi FAS-STEERING und FAS-SPEED, da nach diesen Versuchsläufen Fragen gestellt wurden, die sich ausschließlich auf den jeweiligen Modus bezogen.

Besonders aufschlussreich in Bezug auf die Bewertung von Aktionsbündeln ist die Frage: „Wie sehr haben Sie selbst zum Spielziel beigetragen?“ Die Probanden sollten ihren eigenen Anteil auf einer ordinalen Skala (0–20 %, 20–40 %, 40–60 %, 60–80 %, 80–100 %) bewerten.

Für die Berechnung eines Agency-Maßes skalieren wir die Bereiche auf das Intervall [0,1]:

$$\{0-20\%, 20-40\%, 40-60\%, 60-80\%, 80-100\% \} \rightarrow \{0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9\}$$

Ein vom menschlichen Probanden selbst zugeschriebenes Maß für die Handlungsträgerschaft *Agency_H* ergibt sich dann für N Fälle aus:

$$Agency_H = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_i$$

wobei *m_i* die Antwort für Fall *i* bezeichnet.

Unterschieden nach den jeweiligen Modi ergaben sich daraus die Mittelwerte sämtlicher Probanden

in Tabelle 4. Im Modus FAS-STEERING, in dem das Assistenzsystem für die Lenkaktionen zuständig ist, beträgt der Agency-Wert, den die Probanden sich selbst zuschreiben, 0,433 – bei einer Standardabweichung von 0,159 und einem Median von 0,5. Im Modus FAS-SPEED beträgt der Agency-Wert für *A_H* hingegen 0,580, bei einer ähnlichen Standardabweichung und einem identischen Median. Dies lässt sich als ein erstes Indiz für eine unterschiedliche Wahrnehmung der Verteilung der Handlungsträgerschaft interpretieren.

Mit Hilfe statistischer Testverfahren muss jedoch zunächst überprüft werden, ob es sich bei den Mittelwertunterschieden der beiden Modi FAS-STEERING und FAS-SPEED um einen statistisch signifikanten Effekt handelt:

- Der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben erhärtet die Vermutung, dass sich die Werte für FAS-SPEED und FAS-STEERING signifikant voneinander unterscheiden.¹⁶
- Ein Mittelwert-Vergleich nach dem t-Test für abhängige Stichproben ergibt ein 95 %-Konfidenzintervall für die Mittelwertunterschiede zwischen den Modi FAS-STEERING und FAS-SPEED von [0.0822, 0.21109].¹⁷ Das Konfidenzintervall enthält nicht die Null, und somit sind die Mittelwertunterschiede signifikant.
- Der Friedman-Test für verbundene Stichproben lehnt die Nullhypothese „Die Verteilungen für *Agency_H* sind für die Modi FAS-STEERING und FAS-SPEED identisch“ mit einer Signifikanz von 0.000 (Teststatistik: 18.692) ab. Damit erhärtet sich die Vermutung, dass sich die *Agency_H*-Werte

¹⁶ Der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben liefert für die Nullhypothese „Die Mediane der Differenzen der Modi FAS-SPEED und FAS-STEERING sind gleich Null“ eine Signifikanz von 0.000 (Teststatistik: 114.50). Zu beachten ist allerdings, dass die Paardifferenzen bei immerhin 23 Paaren (von 60) Null sind und die Aussagekraft des Wilcoxon-Test auf Grund der Interpretation einer eigentlich ordinalen Variable als metrische Variable entsprechend eingeschränkt ist.

¹⁷ Dies gilt, sofern man annimmt, dass die Mittelwertunterschiede normalverteilt sind, was für den hier betrachteten Fall streng genommen problematisch ist.

Tabelle 5 Direkt und indirekt berechnete Agency-Maße – die Zuschreibung von Handlungsträgerschaft erfolgt offenbar symmetrisch auf der Basis von Aktionsbündeln.

	Agency _H (direkt berechnet)	Agency _{NH} (indirekt berechnet)
FAS-STEERING {L,R,G}	0.433	0.567
FAS-SPEED {G+,G-}	0.580	0.420

für die unterschiedlichen Modi tatsächlich unterscheiden.

Der Versuchsaufbau war so konstruiert (vgl. Abschnitt 3.1), dass die Aktionsmengen der Modi FAS-STEERING und FAS-SPEED sich komplementär zueinander verhalten: Im Modus FAS-STEERING werden die Lenkaktionen {L,R,G} vom FAS und die Geschwindigkeitsregulierung {G+,G-} vom Menschen übernommen; im Modus FAS-SPEED verhält es sich genau umgekehrt. Wenn menschliche Probanden sich, wie in Tabelle 4 ablesbar, selbst einen gewissen Anteil an der Erreichung des Spielziels zuschreiben, definieren sie damit indirekt auch den Anteil des nicht-menschlichen Aktanten an der Erreichung des Spielziels.¹⁸

Unterstellt man diese Komplementarität der Aktionsmengen, dann gilt:

$$\text{Agency}_{\text{NH}} = 1 - \text{Agency}_{\text{H}}$$

Wie Tabelle 5 zeigt, erfolgt die Zuschreibung von Handlungsträgerschaft offenbar symmetrisch. Im Modus FAS-STEERING beträgt der Agency-Wert für A_H 0.433 und damit gemäß der Formel der (indirekt berechnete) Agency-Wert für A_{NH} 0.567. Analog betragen die Agency-Werte im Modus FAS-SPEED 0.580 für A_H und (indirekt ermittelt) 0.420 für A_{NH}.

Wenn man die direkt ermittelten und die indirekt ermittelten Werte gegenüberstellt, sieht man, dass bestimmten Aktionsmengen – unabhängig vom gewählten Modus – offenbar eine gewisse Wertigkeit zugeschrieben wird, die kennzeichnend für den Grad der Handlungsträgerschaft ist. Der Aktionsmenge {L,R,G} wird ein nahezu identischer Agency-Wert von 0.580 bzw. 0.567 zugeschrieben, ebenso der Aktionsmenge {G+,G-} ein Wert von 0.433 bzw. 0.420 – unabhängig davon, ob die Aktionen von A_H oder A_{NH} ausgeführt werden.

Trotz des relativ breiten Konfidenzintervalls für die Mittelwertdifferenzen (vgl. t-Test) scheint doch eine

symmetrische Zuschreibung von Handlungsträgerschaft evident zu sein.¹⁹

4.2 Zum Verhältnis von Aktions- und Zieldelegation

In den Fragebögen, die nach jedem halbautomatischen Versuchslauf ausgefüllt wurden, haben wir zudem gefragt: „Welche Ziele verfolgte das Assistenzsystem?“ Als Antworten waren die drei Ziele Crashvermeidung (c), Runden-Machen (r) und Geschwindigkeitsbegrenzung-Einhalten (g) in beliebiger Kombination möglich.

In Abb. 4 sind die drei Ziele jeweils mit einem logischen „und“ verknüpft. Der Wert für „cr“ im Modus FAS-STEERING bedeutet beispielsweise, dass 16 Prozent der Probanden behaupteten, das Assistenzsystem habe die Ziele Crashvermeidung *und* Runden-Machen verfolgt, was ein Indikator für die wahrgenommene Verteilung der Handlungsträgerschaft im hybriden System ist.

Je nach Modus ist die Einschätzung, welche Ziele das FAS verfolgte, sehr unterschiedlich. Dies ist insofern überraschend, als beide Mitspieler angewiesen waren, die gleichen Ziele zu verfolgen: Der menschliche Akteur war entsprechend instruiert, der nicht-menschliche Aktant entsprechend programmiert. Es erfolgte je nach Modus lediglich eine Zuständigkeitsverteilung für einzelne *Aktionen* (z. B. Lenken oder Geschwindigkeit regulieren), nicht aber eine Zuweisung bzw. Entledigung von der Aufgabe, bestimmte *Ziele* zu verfolgen (z. B. Crashvermeidung, Runden-Machen). Umso überraschender ist die Verteilung der Antworten:

- Im Modus FAS-STEERING, in dem das Assistenzsystem die Lenkaktionen übernahm, schrieb der überwiegende Teil der Probanden (67 %) dem Assistenzsystem ausschließlich das Ziel der Crashvermeidung zu – vermutlich auch, weil die Probanden annahmen, dass man mit den Aktionen {L,R,G} die beiden anderen Ziele nicht verfolgen kann.

¹⁸ Wie in Kap. 3 erwähnt, unterstellen wir, dass die Aktionen innerhalb des hybriden Systems vollständig identifiziert werden können und sich ausschließlich auf A_H und A_{NH} verteilen.

¹⁹ Es sei hier allerdings noch mal daran erinnert, dass dies keine ontologische Aussage ist, sondern nur etwas über (beobachtete) Zuschreibungsprozesse aussagt.

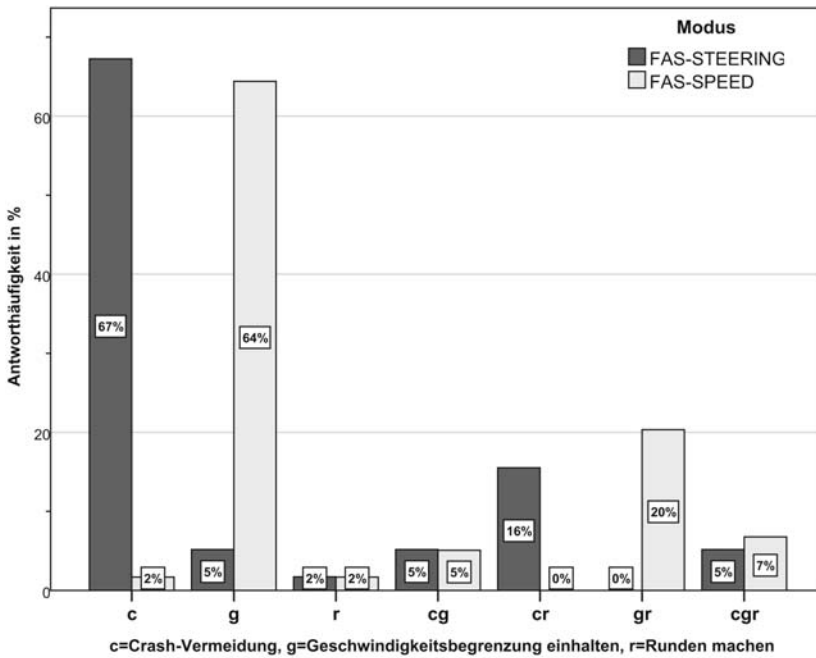


Abb. 4 Welche Ziele verfolgte das FAS?

- Im Modus FAS-SPEED ging hingegen nur ein sehr geringer Teil der Probanden (2 %) davon aus, dass das Assistenzsystem dieses Ziel verfolgte – und dies, obwohl der Versuchsleiter zu Beginn der Versuche erläutert hatte, dass das Assistenzsystem den Probanden dabei unterstützt, das *Gesamtspielziel* zu erreichen. Dies ist umso überraschender, weil auch im alltäglichen Straßenverkehr das Abbremsen ein wichtiges Mittel zum Vermeiden von Unfällen darstellt.

Als unerwartetes Resultat dieser Untersuchung zeichnet sich also die Vermutung ab, dass die Delegation von *Aktionen* an nicht-menschliche Aktanten in hybriden Systemen sehr eng mit einer Zuschreibung von zu verfolgenden *Zielen* an ebendiese Akteure bzw. Aktanten einhergeht.

4.3 Zwischenfazit

Die Abschnitte 4.1 und 4.2 haben exemplarisch den methodologischen Nutzen des hybriden Modells soziologischer Erklärung (HMSE) illustriert. Durch die Programmierung des nicht-menschlichen Aktanten als intentional agierender „Mitspieler“ ist es möglich, Zuschreibungsprozesse empirisch beobachtbar zu machen – vor allem aber, derartige Zuschreibungen differenzierter zu analysieren, als es

bislang möglich war. Denn unser Begriff der verteilten Handlungsträgerschaft bezieht sich nicht nur auf die Verteilung von *Aktionen* auf menschliche Akteure und nicht-menschliche Aktanten (Rammert & Schulz-Schaeffer 2002), sondern auch auf die Verteilung von (zugeschriebenen) *Zielen*.

Die von uns vorgenommene Trennung von Aktionen und Zielen ermöglicht es, Bündel von Aktionen (wie etwa in Tabelle 5) zu identifizieren und diesen einen Wert für die zugeschriebene Handlungsträgerschaft, den Agency-Wert, zuzuordnen. Dabei zeigt sich, dass es für menschliche Probanden offenbar keinen Unterschied macht, ob bestimmte Aktionen von einem menschlichen Akteur oder einem nicht-menschlichen Aktanten übernommen werden – der Agency-Wert blieb für die einzelnen Aktionsbündel nahezu identisch. Ferner deutete sich in den Experimenten an, dass die Probanden keine klare Unterscheidung von Aktions- und Zieldelegation vornehmen.

4.4 Kontrollverlust und rebellisches Verhalten

Kontrollverlust

Im Gesamtfragebogen wurde auch danach gefragt, in welchem der drei Modi die Probanden fahren würden, wenn sie die freie Wahl hätten. 61 Prozent der Probanden bevorzugten die beiden Modi

MANUAL und FAS-SPEED, obwohl sie eine geringere Gesamtpunktzahl erreicht hatten als im Modus FAS-STEERING, der auch bei der Anzahl der Crashes sowie der gefahrenen Runden deutlich bessere Ergebnisse aufwies (die detaillierten Auswertungen finden sich in Fink 2008). In den Interviews zeigte sich, dass dies vor allem dem Bedürfnis nach hinreichender Kontrolle über das Fahrzeug geschuldet ist, das die Probanden im Modus FAS-STEERING nicht mehr befriedigt sahen.²⁰

Offenkundig wird die Delegation der Aktion „Lenken“ als ein weit gravierenderer Autonomieverlust empfunden als die Delegation der Aktion „Geschwindigkeitsregulierung“. Und dies, obwohl damit nichts über die Zielerreichung ausgesagt ist. Der Mehrzahl der Probanden war es offenbar wichtiger, die Kontrolle über das eigene Fahrzeug zu behalten, als möglichst viele Punkte zu sammeln (zum Kontrollverlust siehe vertiefend Grote 2009). Dieser Aspekt kann hier nicht weiter behandelt werden; es wären zudem weitere Experimente erforderlich, um in dieser Hinsicht zu gesicherten Aussagen zu gelangen.

Rebellisches Verhalten

In den jeweiligen Modi stand die Verteilung der Aktivitäten auf den menschlichen Akteur und nicht-menschlichen Aktanten im Prinzip fest. Das Experiment war so eingestellt, dass ein Eingriff des menschlichen Akteurs in eine Aktion, für die er nicht zuständig war, keinen erkennbaren Effekt zeigte – die Aktion wurde vom SIMHYBS-Simulator schlicht ignoriert. Trotzdem waren einige Probanden rebellisch und versuchten immer wieder gegen-zusteuern.

Empirisch beobachtbar wurde der Effekt dadurch, dass die Tastaturanschläge während der Experimente aufgezeichnet wurden (vgl. Abschnitt 3.3). So lässt sich nachweisen, dass sich einige Probanden nicht an die vereinbarte Aktionsverteilung hielten. Auch dieser Aspekt kann hier nicht weiter vertieft werden.

5. Konklusion

Ziel dieser Abhandlung war es, ein soziologisches Modell zu entwickeln, das in der Lage ist, das „Mit-Handeln“ von Technik zu beschreiben, und

²⁰ Auch Stanton & Young (2005) kamen zu dem Ergebnis, dass ihre Probanden beim Fahren mit der automatischen Geschwindigkeitsregulierung ACC, die man in etwa mit dem Modus FAS-SPEED gleichsetzen kann, keinen Kontrollverlust empfanden.

dieses so zu operationalisieren, dass die Frage der Handlungsträgerschaft empirisch untersucht werden kann.

Im Rückblick auf die drei in der Einleitung formulierten Vermutungen kann konstatiert werden:

Vermutung 1

(V1a) Die Experimente mit dem Simulationsmodell auf der Basis des HMSE haben gezeigt, dass es möglich ist, das Mit-Handeln von Technik in einer erweiterten soziologischen Handlungstheorie zu erfassen, die die provokativen Thesen der ANT aufnimmt, ohne die Anschlüsse an die konventionelle soziologische Handlungstheorie aufzugeben. Autonome Technik lässt sich auf der Grundlage des Modells soziologischer Erklärung sowie der formalen Verfahren der SEU-Theorie modellieren.

(V1b) Die exemplarisch vorgestellten Auswertungen haben zudem gezeigt, dass das HMSE sich eignet, um zu plausiblen, inhaltlich gehaltvollen und empirisch fundierten Aussagen über das Zusammenspiel von Mensch zu Technik zu kommen.

(V1c) Schließlich hat das Modell weiterführende Ergebnisse generiert, z. B. bezüglich der Vermischung von Aktions- und Zieldelegation, die bislang noch nicht im Fokus der Fachdebatte um autonome Technik standen. Ein überraschendes Resultat ist die Feststellung, dass die Delegation von Aktionen an nicht-menschliche Aktanten in hybriden Systemen eng mit einer Zuschreibung von Zielen an ebendiese Aktanten einhergeht.

Vermutung 2

(V2a) Die Vermutung, dass menschliche Akteure den technischen Systemen Handlungsträgerschaft zuschreiben, kann – im Rahmen unseres experimentellen Settings und auf der Grundlage der in ihm enthaltenen methodischen und theoretischen Prämissen – für die untersuchte Stichprobe als bestätigt gelten.

(V2b) Es hat sich ferner gezeigt, dass das Verhältnis Mensch-Technik von den befragten Probanden als ein symmetrisches wahrgenommen wird.

Vermutung 3

(V3) Schließlich haben wir einen Vorschlag für ein Agency-Maß unterbreitet, das – bei allen Vorbehalten bezüglich der Vorläufigkeit der Ergebnisse – andeutet, wie man die Handlungsträgerschaft von Technik so operationalisieren kann, dass erkennbar wird, in welchem Maße die beiden Mitspieler (Mensch und Technik) zur Erreichung eines Ziels

beigetragen haben. Eine empirische Fundierung von Handlungsträgerschaft wurde durch den Einsatz simulationsgestützter Experimente möglich. Insofern kann auch diese Vermutung als vorläufig bestätigt gelten.

Unsere Analyse bestätigt also den attributionstheoretischen Ansatz von Rammert/Schulz-Schaeffer, geht jedoch an einem Punkt über ihn hinaus: Wir können nicht nur nachweisen, dass menschliche Akteure den nicht-menschlichen Aktanten Handlungsträgerschaft zuschreiben, sondern auch zeigen, dass dies mit einer Redefinition ihres *eigenen* Rollenbildes einhergeht, indem sie sich nämlich auf bestimmte Aktionen konzentrieren und sich damit der Zuständigkeit für die Verfolgung von Zielen entledigen.

In der Interaktion mit autonomer Technik tendieren menschliche Probanden offenbar dazu, eine Rollenverteilung zu konstruieren, d. h. der Technik *und sich selbst* bestimmte Zuständigkeiten zuzuschreiben, die von den im Programm implementierten deutlich abweichen. Es wäre sicherlich interessant, diesen Punkt in weiterführenden Untersuchungen stärker zu vertiefen, als das in der vorliegenden Studie möglich war. Denn wenn sich diese Ergebnisse bestätigen sollten, hätte dies Konsequenzen für die Konstruktion der Benutzerschnittstellen avancierter technischer Systeme und würde eine Neuverortung des Zusammenspiels von Mensch und (autonomer) Technik erfordern.

Schließlich geben unsere Ergebnisse möglicherweise Anstöße in Richtung MSE, das bisherige sehr reduzierte Verständnis von Technik als Infrastruktur von Gesellschaft zu überdenken; denn wir können zeigen, dass das Mit-Handeln von Technik durch eine Erweiterung des MSE erfasst werden kann, ohne dass es erforderlich ist, die handlungstheoretischen Grundlagen dieses Ansatz aufzugeben.

6. Einschränkungen und weiterführende Forschungsperspektiven

Die vorliegenden Erkenntnisse wurden in einem künstlichen Szenario gewonnen, das zudem auf der Prämisse der prinzipiellen Vergleichbarkeit von menschlichen und nicht-menschlichen Aktionen basiert. Er ist zweifellos erforderlich, die hier vorgelegten Ergebnisse durch weitere Studien zu ergänzen, die auch in natürlichen Situationen, beispielsweise in realen Fahrsituationen, durchgeführt werden.

Zudem mangelt es der vorliegenden Studie an einer Kalibrierung der Parameter. Hier wären systematische Erhebungen nötig, um die Gewichtung der ein-

zelnen Faktoren des SEU-Modells zu bestimmen. In unserem Modellbeispiel konnten wir mit Hilfe von Brückenhypothesen „zunächst auf typisierte Weise die ‚objektiven‘ Merkmale der Situation in die beiden zentralen Variablen der Logik der Selektion: Erwartungen und Bewertungen“ (Esser 1993: 120) plausibel übersetzen. Durch eine empirische Vorstudie hätten die Parameter, die in der hybriden Simulation Verwendung fanden, zusätzlich empirisch fundiert werden können, was zu einem realitätsnäheren Modell geführt hätte. Ferner wäre eine Erweiterung des HMSE um Komponenten des Modells der Frame-Selektion denkbar und sinnvoll umsetzbar. Schließlich wäre auf einer theoretischen Ebene zu klären, wo Differenzen und Gemeinsamkeiten der hier angesprochen Theorien, insbesondere von ANT und MSE, liegen.

Literatur

- Berger, P.L. & T. Luckmann, 1980: Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Eine Theorie der Wissenssoziologie. Frankfurt a.M.: Fischer.
- Berger, W. & G. Getzinger (Hrsg.), 2009: Das Tätigsein der Dinge. Beiträge zur Handlungsträgerschaft von Technik. München: Profil.
- Best, H., 2009: Kommt erst das Fressen und dann die Moral? Eine feldexperimentelle Überprüfung der Low-Cost-Hypothese und des Modells der Frame-Selektion. Zeitschrift für Soziologie 38: 131–151.
- Braun-Thürmann, H., 2007: Künstliche Interaktion. S. 221–243 in: W. Rammert (Hrsg.), Technik – Handeln – Wissen. Wiesbaden: VS.
- Brooker, P., 2008: The Überlingen Accident: Macro-Level Safety Lessons. Safety Science 46: 1483–1508.
- Brooks, R., 2002: Menschmaschinen. Wie uns die Zukunftstechnologien neu erschaffen. Frankfurt a.M.: Campus.
- Callon, M., 1987: Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis. S. 83–103 in: W.E. Bijker, T.P. Hughes & T.J. Pinch (Hrsg.), The Social Construction of Technological Systems. New Directions on the Sociology and History of Technology. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Coleman, J.S., 1995: Grundlagen der Sozialtheorie. Handlungen und Handlungssysteme. Band 1. München: Oldenbourg.
- Collins, H.M. & S. Yearley, 1992: Epistemological chicken. S. 301–326 in: A. Pickering (Hrsg.), Science as Practise and Culture. Chicago: Chicago UP.
- Cummings, M.L. & S. Bruni, 2009: Collaborative Human-Automation Decision Making. S. 437–447 in: S.Y. Nof (Hrsg.), Handbook of Automation. Heidelberg: Springer.
- Degele, N., 2002: Einführung in die Techniksoziologie. München: W. Fink.
- Epstein, J.M. & R. Axtell, 1996: Growing Artificial Socie-

- ties. Social Science from the Bottom Up. Washington, D.C.: Brookings Institute.
- Esser, H., 1991: Alltagshandeln und Verstehen. Zum Verhältnis von erklärender und verstehender Soziologie am Beispiel von Alfred Schütz und ‚Rational Choice‘. Tübingen: Mohr.
- Esser, H., 1993: Soziologie. Allgemeine Grundlagen. Frankfurt a.M.: Campus.
- Esser, H., 1999: Soziologie. Spezielle Grundlagen, Bd. 1: Situationslogik und Handeln. Frankfurt a.M.: Campus.
- Esser, H., 2000: Soziologie. Spezielle Grundlagen, Bd. 3: Soziales Handeln. Frankfurt a.M.: Campus.
- Etzrodt, C., 2007: Neuere Entwicklungen in der Handlungstheorie. Ein Kommentar zu den Beiträgen von Kroneberg und Kron. *Zeitschrift für Soziologie* 36: 364–379.
- Fink, R.D., 2008: Untersuchung hybrider Akteurskonstellationen mittels Computersimulation (Diplomarbeit). Dortmund.
- Gad, C. & C. Bruun Jensen, 2010: On the Consequences of Post-ANT. *Science, Technology & Human Values* 35: 55–80.
- Geser, H., 1989: Der PC als Interaktionspartner. *Zeitschrift für Soziologie* 18: 230–243.
- Graeser, S. & J. Weyer, 2010: Pilotenarbeit in der virtuellen Welt des zukünftigen Luftverkehrs. Erste Ergebnisse der Pilotenstudie 2008. S. 41–52 in: G. Faber (Hrsg.), *Virtuelle Welten. Simulatoren in der Aus-, Fort- und Weiterbildung von Verkehrspiloten*. Proceedings des 12. FHP-Symposiums. Darmstadt: FHP.
- Grote, G., 2009: Die Grenzen der Kontrollierbarkeit komplexer Systeme. S. 149–168 in: J. Weyer & I. Schulz-Schaeffer (Hrsg.), *Management komplexer Systeme. Konzepte für die Bewältigung von Intransparenz, Unsicherheit und Chaos*. München: Oldenbourg.
- Hahne, M., E. Lettkemann, R. Lieb & M. Meister, 2006: Going Data in Interaktivitätsexperimenten: Neue Methoden zur Analyse der Interaktivität zwischen Mensch und Maschine. S. 275–309 in: W. Rammert & C. Schubert (Hrsg.), *Technografie: Zur Mikrosoziologie der Technik*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Kim, W.-S., 2009: Effects of a Trust Mechanism on Complex Adaptive Supply Networks: An Agent-Based Social Simulation Study. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 12 (3): 4, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/3/4.html>.
- Kneer, G., M. Schroer & E. Schüttpelz (Hrsg.), 2007: *Entgrenzung des Sozialen. Beiträge zu Bruno Latours Wissenschafts-, Technik-, Medien- und Sozialtheorie*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- König, S., S. Hudert & T. Eymann, 2010: Socio-Economic Mechanisms to Coordinate the Internet of Services: The Simulation Environment SimIS. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 13 (2): 6, <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/13/2/6.html>.
- Kron, T., 2006: Integrale Akteurtheorie – zur Modellierung eines Bezugsrahmens für komplexe Akteure. *Zeitschrift für Soziologie* 35: 170–192.
- Kroneberg, C., 2007: Wertrationalität und das Modell der Frame-Selektion. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 59: 215–239.
- Kroniger, J. & F. Lücke, 2010: *Analyse und Evaluation von Steuerungsmodellen am Beispiel von Verkehrsleermatiksystemen* (Diplomarbeit, TU Dortmund).
- Krummheuer, A.L., 2010: *Interaktion mit virtuellen Agenten? Zur Aneignung eines ungewohnten Artefakts*. Stuttgart: Lucius.
- Krusch, C., 2008: *Mikroökonomie in künstlichen Gesellschaften. Vom Sugarscape- zum Ruhrmodell*. Münster: LIT.
- Latour, B., 1988: *Mixing Humans and Nonhumans Together: The Sociology of a Door-Closer*. *Social Problems* 35: 298–310.
- Latour, B., 1996a: *Der Berliner Schlüssel. Kleine Soziologie alltäglicher Gegenstände und andere Lektionen eines Liebhabers der Wissenschaften*. Berlin: Akademie Verlag.
- Latour, B., 1996b: *On Actor-Network Theory. A Few Clarifications*. *Soziale Welt* 47: 369–381.
- Latour, B., 1998a: *Aramis – oder die Liebe zur Technik*. S. 147–164 in: W. Fricke (Hrsg.), *Innovationen in Technik, Wissenschaft und Gesellschaft* (Forum Humane Technikgestaltung, Bd. 19). Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Latour, B., 1998b: *Über technische Vermittlung*. Philosophie, Soziologie, Genealogie. S. 29–81 in: W. Rammert (Hrsg.), *Technik und Sozialtheorie*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Latour, B., 2007: *Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Law, J. & J. Hassard (Hrsg.), 1999: *Actor Network Theory and After*. Oxford: Blackwell.
- Lepperhoff, N., 2000: *Dreamscape: Simulation der Entstehung von Normen im Naturzustand mittels eines computerbasierten Modells des Rational-Choice-Ansatzes*. *Zeitschrift für Soziologie* 29: 463–484.
- Luff, P., J. Hindmarsh & C. Heath, 2000a: *Introduction*. S. 1–26 in: P. Luff, J. Hindmarsh & C. Heath (Hrsg.), *Workplace Studies: Recovering Work Practice and Informing System Design*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Luff, P., J. Hindmarsh & C. Heath (Hrsg.), 2000b: *Workplace Studies: Recovering Work Practice and Informing System Design*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Luhmann, N., 1990: *Die Wissenschaft der Gesellschaft*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Luhmann, N., 1997: *Die Gesellschaft der Gesellschaft*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Macy, M.W., 1998: *Social Order in Artificial Worlds*. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 1 (1): 4, <http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/1/1/4.html>.
- Macy, M.W. & R. Willer, 2002: *From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modelling*. *Annual Review of Sociology* 28: 143–166.
- Malsch, T., 1997: *Die Provokation der „Artificial Societies“: Warum die Soziologie sich mit den Sozialmetaphern der Verteilten Künstlichen Intelligenz beschäftigen sollte*. *Zeitschrift für Soziologie* 26: 3–21.
- Malsch, T. (Hrsg.), 1998: *Sozionik. Soziologische Ansichten über künstliche Sozialität*. Berlin: Edition sigma.
- Mayntz, R., 2001: *Triebkräfte der Technikentwicklung und die Rolle des Staates*. S. 3–18 in: G. Simonis, R.

- Martinsen & T. Saretzki (Hrsg.), Politik und Technik. Analysen zum Verhältnis von technologischem, politischem und staatlichem Wandel am Anfang des 21. Jahrhunderts. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Moray, N., T. Inagaki & M. Itoh, 2000: Adaptive Automation, Trust, and Self-Confidence in Fault Management of Time-Critical Tasks. *Journal of Experimental Psychology: Applied* 6: 44–58.
- Opp, K.-D., 2009: Das individualistische Erklärungsprogramm in der Soziologie. Entwicklung, Stand und Probleme. *Zeitschrift für Soziologie* 38: 26–47.
- Rammert, W., 1998: Giddens und die Gesellschaft der Heinzelmännchen. Zur Soziologie technischer Agenten und Systeme Verteilter Künstlicher Intelligenz. S. 91–128 in: T. Malsch (Hrsg.), *Sozionik. Soziologische Ansichten über künstliche Sozialität*. Berlin: edition sigma.
- Rammert, W. & I. Schulz-Schaeffer, 2002: Technik und Handeln. Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Abläufe verteilt. S. 11–64 in: dies. (Hrsg.), *Können Maschinen handeln? Soziologische Beiträge zum Verhältnis von Mensch und Technik*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Rauhut, H. & I. Kruppal, 2008: Die Durchsetzung sozialer Normen in Low-Cost- und High-Cost-Situationen. *Zeitschrift für Soziologie* 37: 380–402.
- Repast, D.G., 2010: Website. Abrufbar unter <http://repast.sourceforge.net>.
- Resnick, M., 1995: *Turtles, Termites, and Traffic Jams. Explorations in Massively Parallel Microworlds (Complex Adaptive Systems)*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Sawyer, R.K., 2005: *Social Emergence: Societies as Complex Systems*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schulz-Schaeffer, I., 2008: Die drei Logiken der Selektion. Handlungstheorie als Theorie der Situationsdefinition. *Zeitschrift für Soziologie* 37: 362–379.
- Schulz-Schaeffer, I., 2011: Akteur-Netzwerk-Theorie. Zur Ko-Konstitution von Gesellschaft, Natur und Technik. S. 271–294 in: J. Weyer (Hrsg.), *Soziale Netzwerke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung (2. Aufl.)*. München: Oldenbourg.
- Stanton, N.A. & M.S. Young, 2005: Driver Behaviour with Adaptive Cruise Control. *Ergonomics* 48: 1294–1313.
- Star, S.L., 1990: The Structure of Ill-Structured Solutions: Boundary Objects and Heterogeneous Distributed Problem Solving. S. 37–54 in: L. Gasser & M.N. Huhns (Hrsg.), *Distributed Artificial Intelligence, Vol. 2*. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann.
- Sturma, D., 2001: Robotik und menschliches Handeln. S. 111–134 in: T. Christaller (Hrsg.), *Robotik. Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft*. Berlin: Springer.
- Suchman, L., J. Blomberg, J.E. Orr & R. Trigg, 1999: Reconstructing Technologies as Social Practise. *American Behavioral Scientist* 43: 392–408.
- Suchman, L.A., 2007: *Human and Machine Reconfigurations: Plans and Situated Actions, 2nd Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Turing, A.M., 2009: Computing Machinery and Intelligence. S. 23–65 in: R. Epstein, G. Roberts & G. Beber (Hrsg.), *Parsing the Turing Test*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Turkle, S., 2005: *The Second Self: Computers and the Human Spirit*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Turkle, S., W. Taggart, C.D. Kidd & O. Dasté, 2006: Relational Artifacts with Children and Elders: The Complexities of Cybercompanionship. *Connection Science* 18: 347–361, http://web.mit.edu/sturkle/www/pdfsforstwebpage/ST_Relational%20Artifacts.pdf.
- Weizenbaum, J., 1966: ELIZA - A Computer Program for the Study of Natural Language Communication between Man and Machine. *Communications of the ACM* 9 (1): 36–45.
- Winner, H., K. Winter, B. Lucas, H. Mayer, A. Irion, H.-P. Schneider, J. Lüder, E. Zabler, V. Denner & M. Walther, 2002: *Adaptive Fahrgeschwindigkeitsregelung ACC*. Robert Bosch GmbH, (Hrsg.). Konstanz: Christiani.
- Wooldridge, M., 2001: *Introduction to Multiagent Systems*. Hoboken: Wiley & Sons.

Autorenvorstellung

Robin D. Fink, geb. 1983 in Mülheim an der Ruhr. Studium der Informatik und Soziologie an der TU Dortmund. Diplom 2008. Seit 2008 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Dortmund.

Forschungsschwerpunkte: Agentenbasierte Modellierung und Simulation, Autonome technische Systeme, Internet-Gesellschaft (Web 2.0).

Wichtigste Publikationen: Untersuchung hybrider Akteurskonstellationen mittels Computersimulation, Dortmund 2008; Bots – Nicht-menschliche Mitglieder der Wikipedia-Gemeinschaft (mit Tobias Liboschik), Dortmund 2010.

Johannes Weyer, geb. 1956 in Idar-Oberstein. Studium der Politikwissenschaft, Germanistik und Soziologie in Marburg. Promotion 1983. Von 1984 bis 1999 wissenschaftlicher Mitarbeiter, später Hochschuldozent an der Universität Bielefeld; seit 2002 Professor für Techniksoziologie an der TU Dortmund.

Forschungsschwerpunkte: Techniksoziologie, Innovationsmanagement in hochautomatisierten Systemen, Netzwerkanalyse, Geschichte der Raumfahrt. Wichtigste Publikationen: *Soziale Netzwerke*, München 2011 (2. Aufl.); *Management komplexer Systeme* (mit Ingo Schulz-Schaeffer), München 2009; *Techniksoziologie*, Weinheim 2008; *Wernher von Braun, Reinbek 2010* (5. Aufl.); *Technik, die Gesellschaft schafft*, Berlin 1997; zuletzt in dieser Zeitschrift: *Die Risiken der Automationsarbeit. Mensch-Maschine-Interaktion und Störfallmanagement in hochautomatisierten Verkehrsflugzeugen*, *ZfS* 26: 239–257.