

### Die Zukunft der künstlichen Intelligenz: verkörpert - verteilt - hybrid

Rammert, Werner

Veröffentlichungsversion / Published Version

Arbeitspapier / working paper

#### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Rammert, W. (2003). *Die Zukunft der künstlichen Intelligenz: verkörpert - verteilt - hybrid*. (TUTS - Working Papers, 4-2003). Berlin: Technische Universität Berlin, Fak. VI Planen, Bauen, Umwelt, Institut für Soziologie Fachgebiet Techniksoziologie. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-11612>

#### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Basic Digital Peer Publishing-Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den DiPP-Lizenzen finden Sie hier:

<http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/service/dppl/>

#### Terms of use:

This document is made available under a Basic Digital Peer Publishing Licence. For more information see:

<http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/service/dppl/>



*Werner Rammert*

**Die Zukunft der künstlichen Intelligenz:  
verkörpert – verteilt – hybrid**

Technical University Technology Studies  
Working Papers

**TUTS-WP-4-2003**

**Institut für Soziologie**

Herausgeber:

Fachgebiet Techniksoziologie  
Prof. Dr. Werner Rammert

Technische Universität Berlin  
Institut für Soziologie  
Franklinstraße 28/29  
10587 Berlin

Sekretariat Rosemarie Walter

E-Mail: [rosemarie.walter@tu-berlin.de](mailto:rosemarie.walter@tu-berlin.de)

# Die Zukunft der künstlichen Intelligenz: verkörpert – verteilt – hybrid<sup>1</sup>

Werner Rammert

## 1. Eine sozionische Perspektive für eine prospektive Analyse

Wenn man über einen Gegenstand forscht oder wenn man Ergebnisse der Beobachtung vorträgt, geschieht diese Tätigkeit immer aus einer bestimmten Perspektive. Der Wissenssoziologe Karl Mannheim (1929) nannte das die „Standortgebundenheit“ des Denkens. Die konstruktivistische Erkenntnistheorie (von Foerster 1985) spricht von Beobachtern 1. und 2. Ordnung, die jeweils ihre besonderen „blinden Flecken“ mit sich herumtragen. Aber diese Prämisse der Perspektivität und Konstruiertheit jeglichen Wissens soll uns nicht abhalten, streitbare wissenschaftliche Aussagen zu machen, die sich begrifflich und empirisch kontrollieren lassen. Im Gegenteil, sie hält uns dazu an, genauer anzugeben, aus welcher Perspektive, auf welcher Erfahrungsgrundlage und mit welcher Absicht Erkenntnisse vorgetragen werden.

Zunächst könnte man annehmen, dass ich als ein Vertreter der Informatik oder KI-Forschung – komme ich doch von einer Technischen Universität – zu Ihnen über das Thema „Zukunft der künstlichen Intelligenz“ sprechen werde. Weit gefehlt! Zwar habe ich seit 12 Jahren zusammen mit Vertretern dieser technischen Disziplin in Forschungsverbänden und noch enger seit 5 Jahren in einem gemeinsamen Projekt gearbeitet, bin jedoch von Ausbildung, Habitus und Kompetenzprofil durch und durch Soziologe. Ich werde also das Thema nicht aus einer technologischen Perspektive angehen.

Die *technologische* Perspektive wird von Informatikern und KI-Forscherinnen, von Roboterkonstrukteuren und Software-Ingenieurinnen besser vertreten. Sie sehen die Zukunft der künstlichen Intelligenz aus einem besonderen Blickwinkel. Etwas vereinfacht könnte man ihre diesbezüglichen Aussagen in zwei Sparten einteilen: in Prognosen und in Prophezeiungen. Prognosen sind meistens Trendfortschreibungen von dem, was in den Labors als Forschung und Entwicklung aktuell läuft, spiegelt also eher die innerdisziplinären Trends und Diskussionen um zukunftssträchtige technologische Potentiale wider. Wünsche und Interessen von Wirtschaft und gesellschaftlichen Gruppierungen gehen eher unreflektiert ein und werden einfach fortgeschrieben. Die feinkörnige fachliche Sehkraft und die nur groben Bezüge zu gesellschaftlichen Einflussgrößen machen diese Prognosen zumindest auf einem Auge blind für die Zukunftsanalysen, nämlich was die Sicht auf kulturellen Wertewandel und soziale Konstellationen anbelangt. Viel gefährlicher sind die Prophezeiungen, die auf dünner Datenbasis und auf das rein Technische verkürzter Grundlage Visionen zur Zukunft des Menschen und der gesellschaftlichen Entwicklung machen. Wenn sie z.B. aus der Steigerungsrate der Rechenleistung auf integrierten Mikrochips und dem Vergleich zur menschlichen Hirnleistung für das Jahr 2025 die Überlegenheit künstlicher über die menschliche Intelligenz prophezeien und wenn sie auf dem Hintergrund einer falschen Analogie zwischen biologischer und technologischer Evolution die Ablösung der Men-

<sup>1</sup> Überarbeiteter Vortrag der Ringvorlesung „Zukunftsforschung heute“ der Freien Universität Berlin in Kooperation mit der Heinrich-Böll-Stiftung vom 28. Oktober 2002

schengattung durch die Spezies der Roboter vorhersehen, wie die Protagonisten dieser Bewegung Hans Moravec (1990) und Ray Kurzweil (1999), dann steckt dahinter nicht nur das Streben nach Publicity und Forschungsgeldern für diese Arbeitsgebiete, sondern auch ein technologisch verengter Blick auf Geschichte und Gesellschaft.

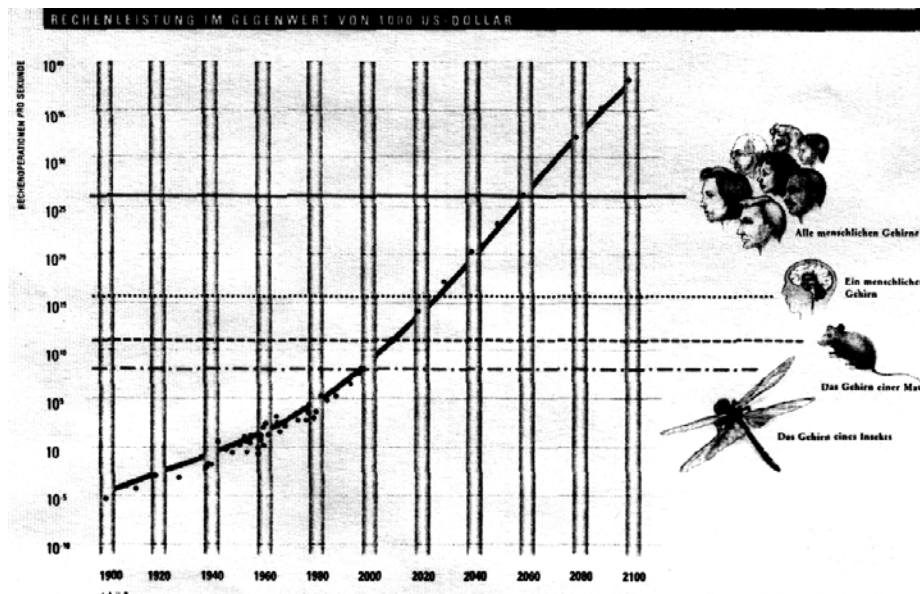


Abbildung 1: Evolution der Intelligenz aus Kurzweil (1999)

Ich werde aber auch nicht eine rein *soziologische* Perspektive vertreten. So wie die technologische Perspektive durch die Gesellschaftsblindheit getrübt ist, so ist die soziologische Sichtweise durch eine starke Technikvergessenheit (Rammert 1998a: 9) behindert. Die technische Entwicklung wird häufig in die Umwelt der Gesellschaft verbannt und als exogener Faktor behandelt. Wiederum vereinfacht gesprochen: Arbeit wird auf instrumentelles Handeln verkürzt, Interaktion wird auf Face to Face-Beziehungen fokussiert, und bei der Kommunikation wird von ihren medialen Trägern abstrahiert. Kein Wunder, dass dann angesichts der Wirkmächtigkeit neuer Technologien und angesichts beispielloser Katastrophen mit Thesen zu technischen Revolutionen und mit Diagnosen einer Risikogesellschaft überreagiert wird. Selbst noch in der techniksoziologischen Perspektive werden Technik und Gesellschaft separiert: In der Technikfolgenforschung werden die Auswirkungen neuer Techniken auf verschiedene gesellschaftliche Felder untersucht, in der Technikgeneseforschung geht es um die einzelnen gesellschaftlichen Einflüsse auf Formen und Pfade der technischen Entwicklung (vgl. Rammert 2000). Aber brauchen wir nicht eine Brille, die über die beiden disziplinären Fokussierungen hinaus, gleichsam wie die Gleitsichtbrille, die Fern- und Kurzsichtigkeit gleichzeitig kompensiert, eine transdisziplinäre Optik ermöglicht?

Ich werde eine solche hybride Sichtweise hier erproben. Sie kombiniert die technologische und die soziologische Brille und macht alle Beziehungen zu ihrem heterogenen Gegenstand: die Interaktionen zwischen Menschen, die Interferenzen zwischen Dingen und die Interaktivitäten zwischen Dingen und Menschen. Untersucht werden nicht nur die interobjektiven technischen Konfigurationen und nicht nur die intersubjektiven menschlichen Beziehungsmuster, sondern im Mittelpunkt stehen die Mischungen aus Beidem, nämlich die hybriden soziotechnischen Konstellationen. Dahinter steckt die These, dass Techniken nicht ohne Referenz zu den Praktiken des Entwurfs und der Nutzung und zu den institutionellen Einbettungen angemessen verstanden werden können und umgekehrt, dass mensch-

liches Handeln, Interaktion und soziale Institution nicht ohne Referenz zu materialen Rahmungen und medialen Vermittlungen richtig analysiert werden können. Ich werde hier also die Zukunft der künstlichen Intelligenz aus einer – wie ich es nennen möchte – *sozionischen* Perspektive behandeln (vgl. in etwas anderer Gewichtung Malsch 1998).

Nachdem ich meine Perspektive offengelegt und auch meine Erfahrungsgrundlagen angedeutet habe, möchte ich nur ganz kurz noch auf die Erkenntnisinteressen eingehen, die den jeweiligen Perspektiven im Hinblick auf unser Thema zumeist unausgesprochen zugrunde liegen. Auch dies kann hier nur sehr vergrößert geschehen. In den Technikwissenschaften geht es in der Regel um das Funktionieren künstlicher Zusammenhänge und das Optimieren der Leistungen. Für die Techniken der Künstlichen Intelligenz heißt das, menschliche Funktionen, wie Denken, Wahrnehmen und Handeln perfekt zu imitieren, um die Menschen bei ihren Tätigkeiten zu entlasten oder sie ganz zu übertreffen und zu ersetzen. In der Soziologie steht das Erkennen gesellschaftlicher Zusammenhänge und das Kritisieren unnötiger, von den Menschen selbst geschaffener Zwänge im Vordergrund. Gegenüber der Künstlichen Intelligenz herrscht da eher eine defensive und kritische Haltung vor, Grenzen ihres Könnens und fundamentale Unterschiede zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz aufzuzeigen (vgl. u.a. Wolfe 1993; im Überblick Rammert 1998b). In der sozionischen Perspektive greife ich von der soziologischen Disziplin das Interesse auf, den fixen Trajektorien und Trägheiten technischer Trends nicht kritiklos nachzugeben, sondern alternative Szenarios und Pfade technischer Entwicklung aufzuzeigen. Was als technologische Zwangsläufigkeit erscheint, wie das „Moore'sche Gesetz“, das seit 1959 die jährliche Verdopplung der Komponenten, die auf einem Mikrochip integriert werden können, treffend vorausgesagt hat, kann auf die zentrale soziologische Gesetzmäßigkeit der „self-fulfilling prophecy“ zurückgeführt werden, wonach dieser Trend durch die Orientierung der konkurrierenden Akteure an dieser Zielgröße erklärt werden kann (vgl. MacKenzie 1988). Von der technologischen Perspektive übernehme ich die pragmatische und konstruktive Haltung, mich auf die Konzipierung und Modellierung neuer soziotechnischer Konstellationen einzulassen – sogar bis hin zur Implementation und sozialexperimentellen Erprobung (vgl. Burkard/Rammert 2000). Den Prognosen und Prophezeiungen der Technologen und den Kritiken und rekonstruktiven Analysen der Soziologen stelle ich hier eine *prospektive* Analyse gegenüber, in der die Interaktivitäten zwischen technischen Dingen und menschlichen Handlungen für die Skizzierung eines Zukunftsszenarios in hybrider Konstellation herangezogen werden. Dazu wähle ich zur Veranschaulichung Beispiele aus dem Bereich intelligenter Mobilität.

## 2. Die Zukunft der künstlichen Intelligenz: Von der symbolischen zur verkörperten Intelligenz

Die Entwicklungsfronten in der KI-Forschung haben sich verschoben. Hatte über Jahrzehnte die These des "Physical Symbol System" von Newell und Simon (1972) das Arbeitsprogramm bestimmt, so setzt sich zunehmend mit der „Behavioral and Embodied Intelligence“-These eine neue Strategie durch (vgl. vor allem Brooks 2002; Steels 1994; zum Überblick Christaller u.a. 2001). Nicht mehr statische und softwaregesteuerte Roboterarme oder dialog-, strategie- oder an Expertenheuristiken orientierte wissensbasierte Systeme machen Schlagzeilen, sondern das insektenähnliche sechsbeinige Geschöpf namens Genghis, das sich in fremden Räumen bewegt, der Honda-Roboter, der Treppen steigen kann, oder Cog, der herumhüpft wie ein kleines Kind.

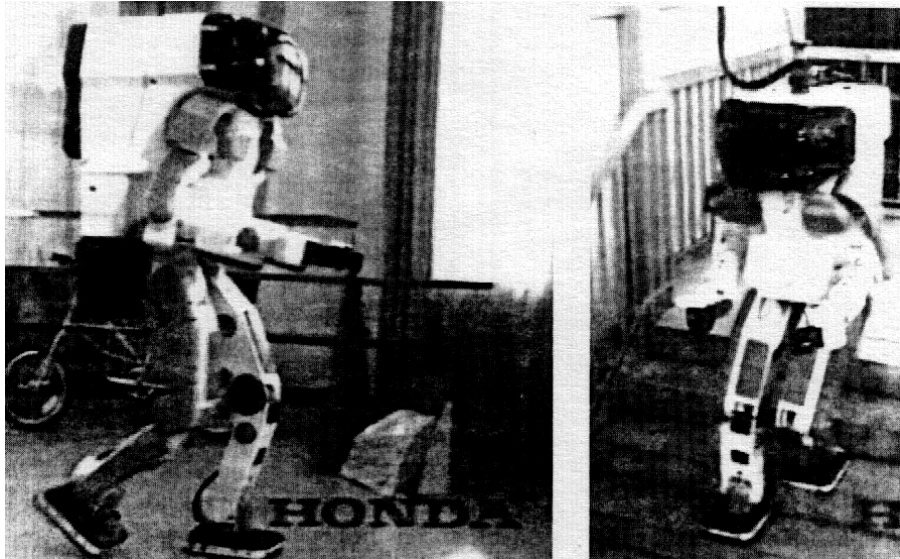


Abbildung 2: Humanoider Roboter von Honda aus Christaller u.a. 2002, S. 88

Die symbolische KI-Forschung sah in der kognitiven Tätigkeit des Menschen den Schlüssel zur Zukunft der künstlichen Intelligenz. Intelligenz wurde unabhängig von ihrem fleischlichen oder physikalischen Träger als abstrakte Problemlösungsfähigkeit definiert. Menschliche geistige Tätigkeiten, wie Wissenserwerb, logisches Kombinieren und fallbasiertes Schließen, wurden imitiert. Bei der Entwicklung von wissensbasierten Systemen wurde sogar das heuristische Wissen menschlicher Experten in Form von Regeln in das System hineingenommen (vgl. Rammert u.a. 1998). Auch wenn viele überzogene Erwartungen an die Zukunft dieser Form künstlicher Intelligenz enttäuscht worden sind, so hat sich doch gezeigt, dass auf eingegrenzten Wissensdomänen, die maschinelle Intelligenz der menschlichen Intelligenz hoch überlegen sein kann. Der Sieg des Schachprogramms von „Deep Blue“ über Weltmeister des Schachspiels zeugt davon.

Aber was kann „Deep Blue“ alles nicht, was schon kleine Menschenkinder können? Er kann sich nicht frei im Raum bewegen, geschweige denn Fahrrad fahren. Er kann nicht die Schachfiguren ergreifen und bewegen. Er kann sie nicht einmal erkennen und unterscheiden. Und erst recht kann er nicht mimisch Gefühle zeigen, um sein Gegenüber zum Spiel zu motivieren oder im Spiel zu täuschen. Die reichhaltige Literatur zur Kritik der künstlichen Intelligenz ist voll von solchen Beispielen, was Computer alles nicht können (vgl. u.a. Dreyfus 1972; D’Avis 1994).

Die neue Richtung der verkörperten künstlichen Intelligenz, wie sie sich auf verschiedenen Pfaden der Roboterentwicklung Bahn bricht, lässt sich so interpretieren, als ob sie angetreten sei, die zentralen Punkte der Kritik aufzunehmen und durch ihre Konstruktionen Schritt für Schritt zu entkräften. Einer der stärksten Kritikpunkte war das Fehlen eines Körpers. Ohne die Kopplung der kognitiven Prozesse an einen Körper, so wurde argumentiert, fehle es an einer Verankerung der künstlichen Intelligenz im Hier und Jetzt der Welt. Die stationären Manipulatoren und Operationsroboter bekommen Räder, Rollen und Füße. Die künstliche Intelligenz wird mobil gemacht. Die mobilen Roboter erhalten Visions- und Navigationssysteme, um sich selbst und die Umgebung wahrnehmen zu können. Damit ist die künstliche Intelligenz in räumlicher und in manipulativer Hinsicht situativ geworden. Rodney Brooks, neben Luc Steels einer der Pioniere dieser Entwicklung, definiert dann auch die situierte Intelligenz als eine „that is embedded in the world, and that does not deal with abstract descriptions, but through its sensors with the here and now of the world, which

directly influences the behavior of the creature“ (Brooks 2002: 51f.). Er bestimmt die verkörperte Intelligenz als eine „that has a physical body and experiences the world, at least in part, directly through the influence of the world on that body“ (ebda. 52). Noch bevölkern die meisten dieser mobilen Roboter und verkörperten situativen Intelligenzen die Forschungslabors, wie der hüpfende Cog, die insektenähnlich auf sechs Beinen sich bewegend Genghis oder die mimisch wandlungsfähige Lizzy. Dort lernen sie noch in mühsamer Übung und langjähriger pädagogischer Interaktion nach dem Vorbild menschlicher Intelligenzschulung langsam dazu, wie es Alan Turing (1950) schon in den 50er Jahren als einen alternativen Weg beschrieben hat, künstliche Intelligenz zu erzeugen. Einige durften schon die Marsoberfläche erforschen oder im Kriegsgelände nach Minen suchen und Bomben entschärfen. In größerer Menge sind sie gegenwärtig als niedlich äugende, laufende, sich rollende und Schwanz wedelnde, aber immer noch steif wirkende Spielzeughunde von Sony in den Verkehr gebracht worden. In Zukunft dürften sie sich als Serviceroboter der verschiedensten Art über die Welt verbreiten, als Roboter, die Staub saugen, Rasen mähen, Rohrsysteme reinigen, Räume überwachen, Verschüttete orten und retten und sogar kranke und alte Menschen bedienen und pflegen – wenn man den Prognosen der Robotikhersteller und den Programmen der Roboterentwickler Glauben schenkt.

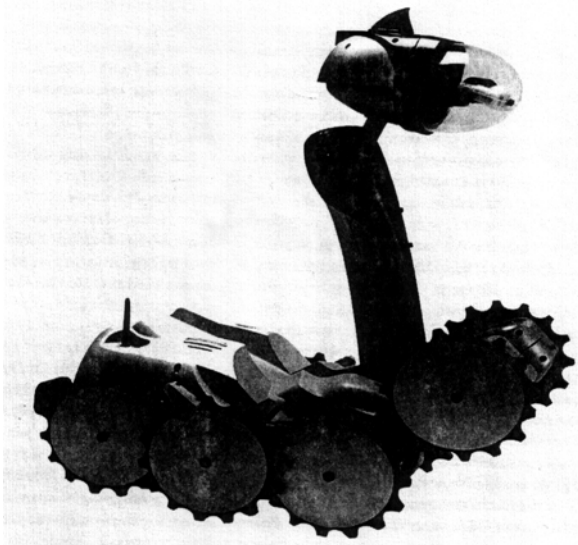


Abbildung 3: Der Telepräsenzroboter iRobot-LE aus Brooks 2002, S. 148

Die verkörperte künstliche Intelligenz wird jedoch nicht nur in diesen Formen Gestalt annehmen, die sich zwischen plumpen beräderten Plattformen und niedlichen bebeinteten Kreaturen bewegen. Weniger spektakulär, aber viel wirkungsvoller wird sie sich in künstlichen Implantaten vermehren. Künstliche Intelligenz wird in Ohr- und Netzhaut-Implantaten verkörpert und mit dem menschlichen Organismus verschaltet. Sie wird in intelligente Prothesen für Hände und Beine inkorporiert und mit dem Restkörper verbunden. Diese enge Verkopplung mit verkörperter Intelligenz macht uns wirklich zu den Cyborgs, wie wir sie als kämperische Zwitterwesen aus kybernetischen Mechanismen und biologischen Organismen aus den Science-Fiction-Filmen kennen. Da bahnt sich ein qualitativer Sprung von der einfachen Prothesentechnik, wie Blindenstock, Brille oder Hörgerät, zu einer Cyborgtechnik an, bei der Nerven und Muskeln direkt an die verkörperte Intelligenz angeschlossen wird (vgl. dazu Jung 2002). Dass diese intelligente Cyborgtechnik nicht nur zur Kompensation von körperlichen Behinderungen taugt, sondern gleichzeitig zur Steigerung der kriegeri-



schen Leistungsfähigkeit entwickelt wird, z. B. um superschnellen Blindflug zu ermöglichen, muss ich wohl nicht besonders betonen. Auch die Verkleinerungen der verkörperten künstlichen Intelligenz durch die Mikrosystem- und die Nanotechnologie gehören zu dieser Entwicklungslinie, die jetzt weiter verfolgt wird (vgl. u.a. Botthof/Pelka 2003; Drexler 1985).

Wichtig ist noch eine weitere Variante verkörperlichter Intelligenz. Sie wird nicht direkt mit unseren Körpern verbunden sein, sondern wird an fast allen Gegenständen und Umgebungen des Alltags haften. Überall werden kleine Einheiten angebracht werden, in Kleidungsstücken, Kühlschränken und Häusern, an Automobilen, Autobahnzufahrten und öffentlichen Plätzen, die registrieren, regeln und reagieren, die identifizieren und kassieren. Sie werden sich verbreiten, soweit die Bequemlichkeit der Menschen diese smarten Technologien verlangt und soweit der Datenschutz sie nicht verbietet. Ich werde auf diese dritte Variante verkörperter künstlicher Intelligenz zurückkommen, wenn ich sie im Zusammenhang mit der verteilten und mit der hybriden Form behandle.

Für diesen Teil kann ich zunächst einmal zusammenfassen, dass wir mit den verkörperten Formen künstlicher Intelligenz einen ganz speziellen Typ von Technik entwickeln, dem wir anders als den konventionellen Maschinen und Geräten begegnen. Die verkörperte künstliche Intelligenz ist aktiver und beweglicher als andere Techniken (vgl. die Beiträge in Christaller/Wehner 2003). Sie ermöglicht – vor allem in der Form der mobilen Roboter – eine situatives Verhalten und eine komplexe Interaktivität mit dem Menschen und der Umgebung (vgl. Rammert 2003a). Meiner Ansicht nach ist es weniger sinnvoll, dem Pfad zu folgen, Roboter nach dem Ebenbild des Menschen zu schaffen. Vielmehr sollten ausgewählte Aspekte intelligenten Verhaltens isoliert, optimiert und für bestimmte Zwecke kombiniert werden, um nützliche Wirkungen zu erzielen. Der humanoide Honda-Roboter, der leicht wankend Treppen steigen kann, ist eher ein Beispiel für die mythische Orientierung der Technikentwicklung; die mit Insektenbeinen krabbelnden Laufroboter und die mit Rädern und Ketten ausgestatteten Fahrroboter hingegen sind eher Beispiele für technologisch optimierte Lösungen für das Treppensteigen. Aus soziologischer oder sozionischer Sicht – soviel möchte ich schon vorwegnehmen – wäre es sinnvoll, zuerst danach zu fragen, in welchen Situationen welche Bewegungsformen und in welcher Konstellation mit menschlichen Aktivitäten sie gebraucht werden. Aber bevor wir soweit sind, sollen noch die beiden anderen Zukunftstrends behandelt werden.

### 3. Künstliche Intelligenz – verteilt: Vom psychologischen Konzept individueller zum soziologischen Konzept kollektiver Intelligenz

In der Regel wird Intelligenz am psychologischen Konzept *individueller* Intelligenz orientiert. Es macht keinen Unterschied, ob man an intelligente Softwareprogramme oder an intelligent agierende Roboter denkt, mehrheitlich beziehen sich die Konstruktionskonzepte auf das Vorbild individueller Wahrnehmungs- und Problemlösungsfähigkeit. Nehmen wir zum Beispiel das intelligente Fahrerverhalten im Verkehr, dann definiert sich Intelligenz über das schnelle Wahrnehmen äußerer Situationen, das angemessene Beurteilen fremden Verhaltens und das Anpassen des eigenen Verhaltens durch Lenken, Schalten und Bremsen.

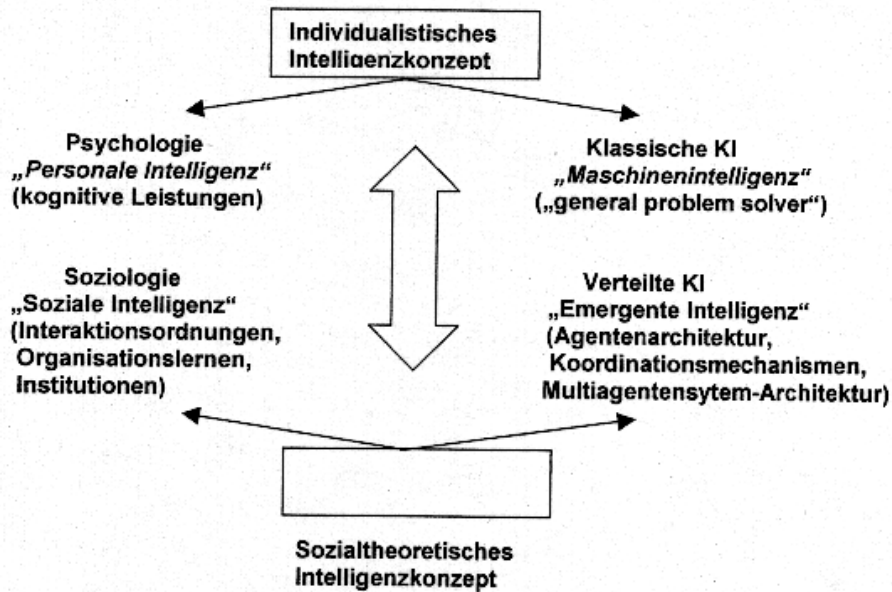


Abbildung 4: Intelligenzkonzepte: individualistische versus sozialtheoretische

Viele technische Verbesserungen bei Fahrzeug und Verkehr orientieren sich an diesem psychologischen Intelligenzkonzept. Schon in der klassischen Künstliche-Intelligenz-Forschung wurde der Weg, individuelles Problemlösungsverhalten nachzubilden, beschriftet. Wenn heute Intelligenz in das Verkehrssystem gebracht wird, denkt man zuallererst an „intelligente Bremsen“, an „intelligente Pilotsysteme“ oder an „intelligente Navigationssysteme“, die jeweils für sich perfektioniert werden. Aber im Einsatz zeigen solche Techniken schnell die Grenzen ihrer Alltagstauglichkeit. Was nützt die perfekte Intelligenz eines ABS-Systems, wenn sich der Fahrer nicht auf das Fehlen dieses Systems bei anderen Fahrzeugen einstellt oder nachfolgende Fahrzeuge ohne ABS bei Vollbremsung auf den Vordermann auffahren? Wie viel Mängel des Autopiloten müssen vom Menschen ertragen oder kompensiert werden, um die Fahrt nicht dauernd zu unterbrechen oder flüchtige Hindernisse nicht zu übersehen? Es deutet sich schon an, dass Intelligenz kein isoliertes Phänomen sein kann, dass sie sich erst im situationellen Kontext erweist und dass sie im Wechselspiel mit anderen intelligenten Wesen entsteht.

In der Soziologie, die sich ja nicht mit den einzelnen Menschen, sondern mit den Beziehungen zwischen ihnen, den Interaktionen, Interessen und Institutionen, befasst, ist daher eine andere Auffassung von Intelligenz entwickelt worden. Intelligenz wird als ein *kollektives* Phänomen angesehen: Sie steckt nicht im Einzelnen, sondern in den Beziehungen zwischen ihnen. Intelligenz ist keine Eigenschaft des Einzelnen, sondern sie entsteht im interaktiven Prozess zwischen ihnen. Sozialität – so könnte man es zugespitzt formulieren – ist selbst eine Form kollektiver Intelligenz. Im Kern beinhaltet Sozialität die Fähigkeit, die Perspektive des einzelnen Anderen wie auch die des verallgemeinerten Anderen zu übernehmen und sein Handeln daran zu orientieren (vgl. Mead 1968; Gasser 1991). Im kindlichen Rollenspiel („play“) wird diese Fähigkeit der Rollenübernahme einzelner signifikanter Anderer, wie Mutter oder Freund, erworben. Im jugendlichen Mannschaftsspiel („game“) wird sie durch die Sozialisation eines ganzen Gefüges von aufeinander abgestimmten Rollen und Regeln, z.B. von Stürmer und Verteidiger, von Spieler und Trainer, von formalen Spielregeln und informellen Praktiken usw., erweitert (Abels 1998: 27 ff.). Wechselseitige Kooperation und Wettbewerb, Organisation und Arbeitsteilung zeugen von dieser sozialen Intelligenz. Gesellschaften wie auch soziale Gebilde unterscheiden sich danach, wie be-

wusst und verfügbar Wissen und Aktivitäten aufgeteilt und koordiniert werden. Die Überlegenheit moderner Industriegesellschaften in mancher Hinsicht gegenüber traditionellen Gesellschaften fußt eben nicht auf der höher gebildeten Intelligenz des Einzelnen – sie mag bei einem westlichen Großstadtmenschen sogar geringer sein als bei einem Mitglied eines Nomadenstamms –, sondern sie hat ihre Basis im Repertoire der sozialen Regeln, der institutionalisierten Rollen und der kapitalisierten Ressourcen. Die soziale Intelligenz kommt allerdings erst dann zur Geltung, wenn sie in konkreten Prozessen aktiviert, erprobt und erneuert wird. Die Interaktion mit anderen und – das gilt dann für die hybride Intelligenz im nächsten Teil – die Interaktivität mit Sachen sind eine ständige Bedingung ihrer Wirksamkeit. Kollektive Intelligenz ist also gekennzeichnet durch die Verteiltheit auf viele Instanzen und durch die interaktive Verknüpfung der Instanzen.

Auch in der Künstlichen Intelligenz-Forschung lässt sich ein Strang weg von der individualistischen hin zur kollektiven oder besser *verteilten* Intelligenz festmachen. Das Konzept einer sozialen Intelligenz als einer auf viele Einheiten verteilten Intelligenz findet sich schon in Marvin Minskys Buch „The Society of Minds“ (1985). Technisch beginnt die Aufteilung schon mit dem „Parallel Distributed Computing“, wobei mehrere Aufgaben gleichzeitig, also nicht mehr zentral disponiert ausgeführt werden. Es dauerte nicht mehr lange, bis dass die neue Richtung der „Distributed Artificial Intelligence“ (vgl. O’Hare/Jennings 1996) entstand, auf deren Grundlagen dann die „Multiagentensystem“ (MAS)-Forschung fortgeführt wurde. Hier wird ausdrücklich das soziologische Konzept der Intelligenz übernommen und zur Leitlinie der Agenten- und Systemarchitektur herausgebildet. Disziplinäre wissenschaftliche Gemeinschaften, Organisationen oder offene Systeme werden explizit zu Vorbildern für Verteilungen von Instanzen und Aktivitäten, die sich bei der Aufgabenlösung selbst koordinieren und dabei ohne hierarchische und sequentielle Programmstrukturen auskommen. Die verteilte Intelligenz von geschlossenen und offenen Multiagentensystemen ist den verschiedenen Verteilungsstrukturen gesellschaftlicher Gebilde nachgebaut (vgl. die Beiträge in Malsch 1998).

Auf der konkreten Ebene können wir sehen, wie mit jeder Stufe der sozialen Intelligenz die Anforderungen wachsen: Von „intelligenter Technik“ wird zunächst im Zusammenhang mit Hochtechnologien (Rammert 1995: 73) gesprochen. „Intelligent“ wird dabei häufig als Eigenschaft von Produkten verwendet, die einen Mikroprozessor eingebaut haben, die eng mit Computern verbunden oder die programmierbar sind. Aus unserer erweiterten Perspektive erwächst die Intelligenz erst aus der Beziehung zwischen den Elementen. Danach unterscheiden sich intelligente Techniken von klassischen Maschinen und Apparaten dadurch, dass sie kontext- und situationsabhängig operieren. Ihr Operationsverhalten ergibt sich aus der Wechselwirkung aller am technischen System beteiligten Elemente, z.B. bei der intelligenten ICE-Bremse aus der Kopplung von Hydraulik, Sensorik, Regel- und Rechentechnik.

Neben diesem systeminternen Gesichtspunkt, bei dem die technische Kommunikation zwischen den Elementen im Vordergrund steht, tritt der Aspekt der System-Umwelt-Beziehungen. Hier lässt sich gegenwärtig eine gestufte Steigerung der Interaktivität mit der Umwelt feststellen. Die erste Stufe bezieht die Umwelt und deren Veränderungen in das Verhalten des Systems ein. Es entsteht eine einfache „*systemumweltbezogene* Intelligenz“. Die Rückkopplungsmechanismen der Kybernetik liefern hierfür gute Beispiele. Eine zweite Stufe zeigen die Roboter, die sich aufeinander als bewegliche Umwelt beziehen, wenn sie im Rahmen des „Robocup“ mit- und gegeneinander Fußball spielen. Hier entsteht aus der Interaktion zwischen den agilen und mobilen Robotern eine „*kooperative* Intelligenz“, die in etwa der Mannschaftsintelligenz bei Fußballteams nachgebildet ist (Burkhard/Rammert 2000). Das Niveau der Intelligenz lässt sich auf eine dritte Stufe steigern, wenn Softwareprogramme nicht nur als künstliche Agenten untereinander kooperieren und Aufgaben de-

legieren, sondern gleichzeitig auch als Interface-Agenten Fähigkeiten zum Nachfragen, Schlussfolgern und Lernen in der Interaktivität mit dem menschlichen Akteur zeigen. Wenn die Beziehungen zu solchen technischen Agenten von großer Selbsttätigkeit, Umweltreaktivität und Kooperationsfähigkeit gekennzeichnet sind, dann sind sie nach dem Konzept „sozialreflexiver Intelligenz“ entworfen und konstruiert.

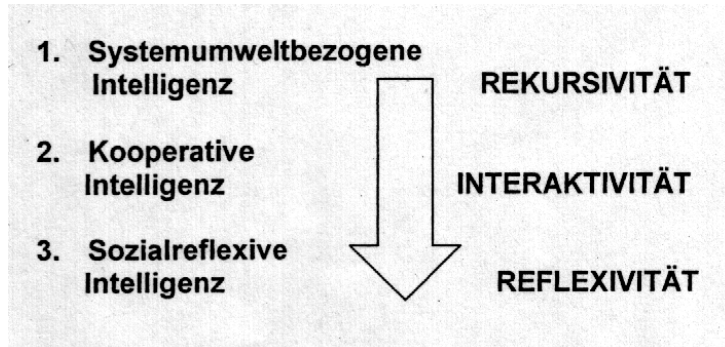


Abbildung 5: Stufenmodell der Sozialintelligenz

Man könnte diesen Wandel in der Auffassung der Intelligenz knapp in folgender Weise festhalten. Über Jahrzehnte folgte man in der Künstliche Intelligenz-Forschung einem Konzept der „Central Intelligence Agency“. Ähnlich wie bei der gleichnamigen Organisation, der CIA, fehlte es bei dieser zentralistischen Orientierung an sozialer Intelligenz. Es reicht eben nicht, massenhaft Informationen zu sammeln und strikt hierarchisch nach festen Schemata auszuwerten. Von besonderer Bedeutung sind die Interaktionen mit dem gegnerischen Umfeld und die dort an den Schnittpunkten entstehende Intelligenz – meistens über Agenten – wie auch die Förderung lateraler Interaktionen zwischen den Abteilungen innerhalb des Systems und mit der Peripherie, damit sich „organisationale Intelligenz“ aufbauen kann. Diesen Mängeln zu entgehen versucht die Richtung der „Verteilten Künstlichen Intelligenz“- und Multiagentensystem-Forschung. Ihr liegt das Konzept der „Distributed Agency“ zugrunde (vgl. Rammert 2003b). Die Intelligenz steckt nicht im einzelnen technischen Agenten, sondern ist auf die verschiedenen kooperativen Instanzen verteilt und steckt in den Mechanismen der Koordination, Kommunikation und Interaktion.

#### 4. Künstliche Intelligenz – hybrid: Verteilte Intelligenz jenseits der Trennung von sozialen und technischen Systemen

Warum sollte die Betrachtung von Mobilität unter der Perspektive verteilter Aktivitäten auf die technischen Instanzen allein beschränkt werden? Warum sollte umgekehrt das einflussnehmende Handeln auf Fahren und Verkehr dem menschlichen Akteur allein vorbehalten sein? Ich schlage daher vor, eine *hybride* Perspektive auf das System intelligenter Mobilität zu erproben, bei der die Aktivitäten auf Menschen und Maschinen, auf Personen und Programme gleichermaßen verteilt sind. Wie hat man sich so ein hybrides Netzwerk vorzustellen?

Wer fliegt eigentlich ein Flugzeug? Natürlich der Pilot, werden die meisten spontan antworten. Nur er allein? Auch das technische System Flugzeug fliegt Piloten wie Passagiere.

Ohne Antrieb und ohne Aufwind an den Tragflächen käme das Fliegen nicht zustande.

Wer fliegt noch? Häufig übernimmt der Auto-Pilot das Fliegen. Computer und Programm sind dann die Piloten. Bei Landesituationen fliegen manchmal auch noch Fluglotsen und Leitstrahlen, immer häufiger automatische Landesysteme mit. Letztendlich fliegt auch die Fluggesellschaft die Flugzeuge und Passagiere an die Zielorte. Wir sehen an diesem kleinen Beispiel, dass keinesfalls der menschliche Pilot allein das Flugzeug fliegt. Das menschliche Selbstwertgefühl hindert uns daran zuzugeben, dass nicht nur der menschliche Akteur allein, sondern viele andere künstliche Agenten das Fliegen bewirken. Von der Grammatik des Satzbaus her können sowohl menschliche Piloten als auch Maschinen, Programme und Organisationen „Subjekte“ sein. Mit dieser grammatischen Gleichsetzung werden nicht die semantischen Unterschiede zwischen den menschlichen und nichtmenschlichen Instanzen verwischt. Vielmehr erlaubt sie, das „Mithandeln“ der Technik genauer in den Blick zu nehmen (Rammert/Schulz-Schaeffer 2002: 13). Sie befreit uns von der Hybris, dem Menschen alle Handlungsträgerschaft und den technischen Dingen überhaupt keine Handlungsträgerschaft zuzugestehen.

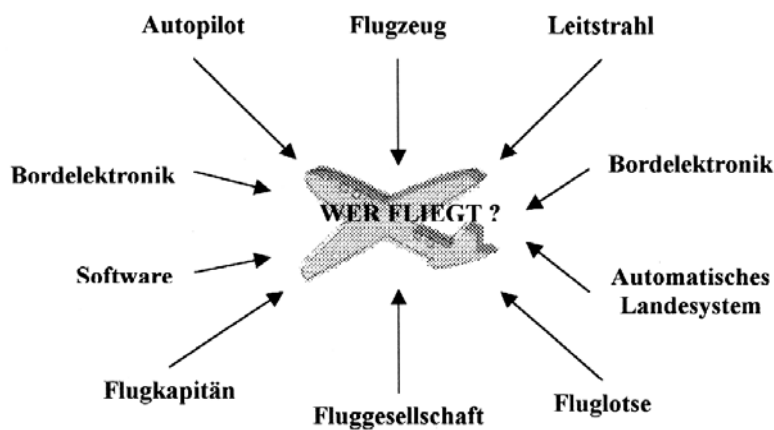


Abbildung 6: Hybrid verteilte Intelligenz zwischen Mensch, Maschine und Programm

Übernehmen wir diese sozionische Perspektive für die Konzipierung eines intelligenten Mobilitätssystems, dann verschieben sich die Gewichte bei manchen Problemstellungen und werden neue Problemlagen sichtbar. Ein Kraftfahrzeug kann nicht mehr schlicht und einfach im Hinblick auf die Fahrzeugtechnik und dann im Hinblick auf den Fahrer entwickelt und optimiert werden. Wer fährt eigentlich im intelligenten Mobilitätssystem? Das Fahren wird zunehmend auf mehrere Instanzen verteilt. Neben Fahrer und Fahrzeug fahren immer mehr „Heinzelmännchen“-Techniken (vgl. Rammert 1998b) im Verborgenen mit: das ABS-Bremssystem schon jetzt, automatische Abstandssysteme in Zukunft. Weiterhin wirken, wenn eingeschaltet, Tempomaten und Navigationssysteme mit. Die Instanzen, die am „verteilten Fahren“ beteiligt sind, beschränken sich nicht auf das Fahrzeug. Sie befinden sich als Relais, Funkstationen, Satelliten und Verkehrssteuerungssysteme in der Umwelt des Fahrzeugs. Als erste Konsequenz für die Entwicklung eines intelligenten Mobilitätssystems folgt daraus: In Zukunft kommt es weniger darauf an, die einzelnen Bereiche, wie Fahrerverhalten, Fahrzeugsteuerung oder Telekommunikation zu optimieren. Vielmehr müssen die „Interaktivitäten“ zwischen Fahrer, Fahrzeug und Umwelt in den Fokus der Aufmerksamkeit rücken. Denn unter den Bedingungen hybrid verteilter Intelligenz kann die intelligente Performanz des Gesamtsystems sinken, auch wenn die Intelligenz einzelner

Bereiche gesteigert wird. Die intelligente Performanz des Mobilitätssystems ist ein Ergebnis davon, wie die Aktivitäten zwischen Fahrer, Fahrzeug und Umwelt an den Schnittstellen koordiniert werden.

Sehen wir die intelligente Mobilität in einem noch umfassenderen Rahmen, dann haben wir auch die Stadt- und Verkehrsplaner, die Hersteller von alternativen Mobilitätstechniken, die Anbieter von Telekommunikationsdiensten und die Struktur ihrer jeweiligen Produkte einzubeziehen. Über die Interaktivitäten hinaus geht es auf dieser Ebene um „soziotechnische Konstellationen“. Sie entscheiden mit darüber, ob überhaupt mit Individualfahrzeugen, mit wie viel Fahrfreiheit, in welcher Kombination mit anderen Mobilitätsformen und unter welchem Orientierungs- und Regulierungssystem gefahren wird oder besser: sich fortbewegt wird. Ein intelligentes Mobilitätssystem ist zusätzlich davon abhängig, wie das hybride Fahrer-Fahrzeug-Umwelt-System in die soziotechnischen Konstellationen des gesamten Verkehrssystems eingebettet ist. Intelligente Mobilität kann unter diesen verteilten Bedingungen heißen, sich von einem Mobilitätsdienstleistungsunternehmen am Wochenende ein flottes Fahrzeug für freies Fahren auf einer Erlebnisrennbahn zu mieten, die Anfahrt dorthin über ein fern- und induktionsgesteuertes Kabinensystem mit individuell programmierbaren Einheiten vorzunehmen und zur Einstiegsstation mit einem geleasteten Stadtautomobil zu fahren.

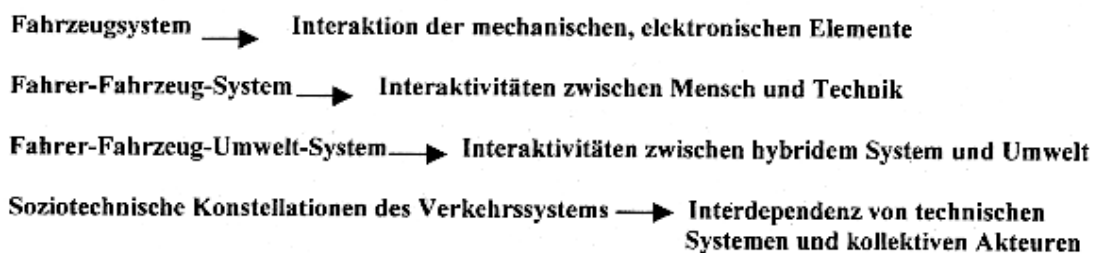


Abbildung 7: Skalierung der Systemebenen

Als zweite Konsequenz für die Akteure intelligenter Mobilität entsteht die Frage: Wo und wie verorte ich mich in diesem verteilten System der Mobilität? Automobilkonzerne zum Beispiel können sich nicht mehr darauf beschränken, technisch solide, sichere und umweltfreundliche Kraftfahrzeuge herzustellen und zu verkaufen. Es wird aber langfristig auch nicht ausreichen, die Fahrzeuge mit künstlicher Intelligenz aufzurüsten und zur technischen Kommunikation zu befähigen. Der Verkauf von Fahrzeugen wird zunehmend dem Management von Mobilität (vgl. Knie/Canzler 1998; Franke 2001) weichen. Unter Bedingungen verteilter intelligenter Mobilität kommt es darauf an, Mobilität im kundenorientierten Paket mit Fahrzeug, Serviceleistungen und Kommunikationsinfrastruktur anzubieten, nicht mehr in erster Linie nur Fahrzeuge zu produzieren.

## 5. Welche Zukunft: Mensch oder Roboter? Von der falschen Frage zur richtigen Verteilung von Intelligenz und Initiative

Wenn sich die Aktivitäten zwischen Mensch und Maschinen im hybriden Fahrer-Fahrzeug-Umwelt-System neu aufteilen, hat diese Auffassung auch Folgen für die Gestaltung. In der

Zukunft wird sich eine buntere Vielfalt von Akteuren, wie Auto- Computer- und Handyhersteller, Betreiber von Kommunikationsdiensten und Serviceagenturen, private und öffentliche Mobilitätsanbieter, in der Mobilitätsarena tummeln. Wenn diese diversen Instanzen dann alle an der Entwicklung der soziotechnischen Konstellationen der intelligenten Mobilität maßgeblich beteiligt sind, dann hat diese Veränderung der Mobilitätsarena Folgen für die Planung und Steuerung des Mobilitätsgeschehens. Am Schluss werde ich kurz nur einige Gestaltungskriterien und ihre neue Interpretation unter Bedingungen verteilter Intelligenz und verteilter Mobilitätsproduktion anreißen.

- (1) **Bezahlbarkeit**  
Diese ökonomische Größe wird weiterhin ein wichtiges Element im Wettbewerb bleiben. Aber sie wird sich vom einmaligen Autokauf hin zu einer Gesamtrechnung verschieben, in die Serviceleistungen und zusätzliche Telekommunikationsdienste hineingerechnet werden.
- (2) **Beherrschbarkeit**  
Die Steigerung der technischen Kontrolle des Fahrzeugs und des Fahrens war eine vorherrschende Größe. Allerdings verlagern sich die Kontroll- und auch Steuerungsfunktionen zunehmend vom Fahrer auf die Technik. Hier gilt es, im Rahmen verteilter Fahraktivitäten eine Balance zu finden, die dem Menschen die Initiative und die Eingriffsmöglichkeiten nicht zu sehr beschneidet.
- (3) **Sicherheit**  
Wurde die aktive und passive Sicherheit schon stark gesteigert, kommen jetzt noch die Systemsicherheit und die Zuverlässigkeit der Informationsdienste hinzu. Außerdem darf die Kontrolle nicht soweit an das System abgegeben werden, dass der Fahrer seine Fähigkeit und seine Verantwortlichkeit verlernt.
- (4) **Erwünschtheit**  
Angesichts der vielfachen technischen Möglichkeiten wächst die Unsicherheit an, welche der Optionen sinnvoll eingebaut werden sollen und welche sich im Fahralltag überhaupt als nützlich und nicht nur prestigeträchtig erweisen.
- (5) **Fahrfreude**  
Mit der zunehmenden Umschichtung von Fahraktivitäten an Fahrzeug und Programm kann, was als Entlastung des Fahrers vom Schalten, Beobachten und Planen gedacht war, schnell in eine ärgerliche Gängelung umschlagen. Umgekehrt kann eine neue Mobilitätsfreude aufkommen, die sich auf die intelligente Nutzung der verschiedenen Verkehrsmodalitäten bezieht.
- (6) **Datenschutz**  
Um überhaupt Planung und Abrechnung in verteilten Systemen einigermaßen realistisch vornehmen zu können, ist der Austausch von Daten und Informationen zwischen den Bereichen erforderlich. Außerdem entstehen mit der Einrichtung von Systemen zur Verkehrsüberwachung, zur Navigation, zur Telekommunikation und zur Erhebung von Mautgebühren andauernd Datenspuren, die vielseitig und ohne Kontrolle des Fahrers genutzt werden können: kriminaltechnisch für Fahndung und Verfolgung, kriminell für Erpressung und kommerziell für die Erstellung von Verhaltensprofilen.

Für die Beteiligten an der Mobilitätsarena wird es unter Bedingungen hybrider und verteilter Intelligenz zunehmend schwieriger, sich auf ein Standardprodukt einzulassen oder sich an einer einheitlichen Vision der Mobilitätsentwicklung für die Zukunft zu orientieren. Die Akteure müssen dementsprechend die Beobachtung der anderen Akteure in der Arena, nicht nur der Wettbewerber am Markt, intensivieren. Sie müssen, statt sich nur auf Markt

und staatliche Koordination zu verlassen, netzwerkförmige Organisationsformen entwickeln. Vor allem interaktive Innovationsnetzwerke (vgl. Rammert 1997) dienen der „Wissensteilung“ zwischen den heterogenen Akteuren und der „Risikoteilung“ bei höchst unsicheren Entwicklungsschritten. Politiknetzwerke, an denen staatliche und nichtstaatliche Akteure beteiligt sind, übernehmen die Aufgabe, die Rahmenbedingungen und die Standards für die intelligenten Verkehrssysteme festzulegen.

Da in verteilten Systemen eben Wissen, Kompetenzen und Einflussmöglichkeiten weit gestreut sind, kommt es auf vertrauens- und verhandlungsbasierte Interaktionsprozesse zwischen den Beteiligten an. Intelligente Mobilität kann sich letztlich nur im interaktiven und reflexiven Bezug auf die anderen Beteiligten und in experimenteller Interaktivität mit den technischen Artefakten schrittweise herausbilden.

Die These, dass in 25 Jahren die Computer die Intelligenzleistungen des Menschen übertreffen würden und dass dann die Roboter die Menschen an der Front der Evolution ablösen würden, ist eindeutig falsch, weil allein schon die Frage falsch gestellt wurde. Es geht weder um eine technische noch um eine biologische Evolution der künstlichen Intelligenz. Wie wir anhand meiner Ausführungen zur verteilten und hybriden Intelligenz schon ersehen konnten, geht es nicht um die Alternative Mensch oder Technik oder um die Gegenüberstellung von Technik und Gesellschaft. Vielmehr lautet die disziplinübergreifende Frage: Wie sind Initiative und intelligente Aktivitäten in einem hybriden soziotechnischen System auf Menschen, Maschinen und Programmen zu verteilen, so dass wir sicher und selbstbestimmt leben und arbeiten können?

## Literatur

- Abels, H. (1998). Interaktion, Identität, Präsentation. Kleine Einführung in interpretative Theorien der Soziologie. Opladen: Westdeutscher Verlag
- Botthof, A., Pelka, J. (Hg.) (2003). Mikrosystemtechnik. Zukunftsszenarien. Berlin: Springer
- Christaller, T., Wehner, J. (Hg.) (2003). Autonome Maschinen. Perspektiven einer neuen Technikgeneration. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag
- Drexler, K. E. (1990): Engines of Creation. London. Fourth Estate Ltd.
- Franke, S. (2001): Car-Sharing: Vom Ökoprojekt zur Dienstleistung. Berlin: Edition Sigma
- Jung, C. (2000) Das künstliche Bein – eine soziologische Analyse der gegenwärtigen Entwicklungen in der Prothetik. Unveröff. Diplomarbeit am Institut für Soziologie der TU Berlin
- Knie, A./Canzler, W. (1998): Möglichkeitsträume. Wien: Böhlau
- Malsch, T., (Hg.): Sozionik. Soziologische Ansichten über künstliche Sozialität. Berlin: Sigma. S. 91-128
- Mannheim, K. (1929). Ideologie und Utopie. Bonn
- Minsky, M. (1985). The Society of Minds. New York: Simon & Schuster (dt. Mentopolis, Stuttgart: Klett-Cotta 1990)
- Rammert, W. (1995a): Soziologische Zugänge zur künstlichen Intelligenz. In: Rammert, W. (1995b): Von der Kinematik zur Informatik: Konzeptuelle Wurzeln der Hochtechnologien im sozialen Kontext. In: Rammert, W., (Hg.): Soziologie und künstliche Intelligenz. Frankfurt/M.: Campus. S. 65-110
- Rammert, W. (1997): Innovation im Netz. Neue Zeiten für technische Innovationen: heterogen verteilt und interaktiv vernetzt. In: Soziale Welt, 48, 4, S. 397-416.
- Rammert, W. (1998a): Technikvergessenheit der Soziologie? Eine Erinnerung als Einleitung. In: Rammert, W., (Hg.): Technik und Sozialtheorie. Frankfurt/M.: Campus. S. 9-28
- Rammert, W. (1998b): Giddens und die Gesellschaft der Heinzelmännchen. Zur Soziologie technischer Agenten und Systeme Verteilter Künstlicher Intelligenz. In: Rammert, W. (2000): Technik aus soziologischer Perspektive 2. Kultur – Innovation – Virtualität. Opladen: Westdeutscher Verlag
- Rammert, W. (2003a): Technik in Aktion: Verteiltes Handeln in soziotechnischen Konstellationen. In: Christaller, T., Wehner, J. (Hg.): Autonome Maschinen. Perspektiven einer neuen Technikgeneration. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag (im Druck)
- Rammert, W. (2003b): Technik als verteilte Aktion. In: K. Kornwachs (Hrsg.): Technik – System – Verant-



wortung. Münster: Lit Verlag (im Druck)  
Steels, L. (1994). The artificial life roots of artificial intelligence. In: Artificial Life, Vol. 1, no.1/2: S. 75-110