

Foresight-Prozess – Im Auftrag des BMBF

Bericht

Zukunftsfelder neuen Zuschnitts

Auszug

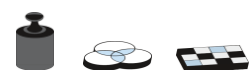
Mensch-Technik-Kooperationen

Mensch-Technik-Kooperationen

Vorbemerkung zum Technikbegriff

Technischer Wandel wird hier vor dem Hintergrund sozialwissenschaftlicher Technikgeneseforschung als eine Dimension gesellschaftlichen Wandels verstanden. »Technik und Gesellschaft entwickeln sich nicht isoliert voneinander, sondern sind in vielfältiger Weise miteinander verbunden. Das Verhältnis von Technik und Gesellschaft ist nicht durch eine einseitige Beeinflussung, sondern durch eine »Ko-Evolution« gekennzeichnet« (Grundwald 2003, S. 10). Die in diesem Prozess entstehenden technischen Artefakte strukturieren dann Wahrnehmung und Handlungsmöglichkeiten des Einzelnen. Der einzelne Mensch, die Beziehungen zwischen Menschen und die Gesellschaft verändern sich somit im Zuge der Aneignung von Technik. Die hier behandelten »dichten« Technologien weisen eine spezifische Ausprägung dieses Wechselspiels auf, indem sie sehr grundlegende, etablierte Annahmen über das Zusammenspiel von Mensch und Technik in Frage zu stellen scheinen. Um diesen Prozess in wünschenswerter Weise gestalten zu können, ist, unseren Analysen zufolge, eine reflexive Technikentwicklung erforderlich. Dazu gehört ein intensiver gesellschaftlicher Diskurs über wünschenswerte Entwicklungspfade ebenso wie ein neuer Typ von Forschung, der Wissensbestände von Geistes- und Sozialwissenschaften auf der einen und von Technikwissenschaften auf der anderen Seite integriert, um die erwünschten Pfade zu ermöglichen und den notwendigen Diskurs zu unterlegen. Im Folgenden werden die aus unserer Sicht zentralen Aspekte einer solchen Forschung skizziert. **Dabei wird technischen Artefakten an keiner Stelle der Status von handelnden Subjekten mit eigenem Bewusstsein zugeschrieben.** Es wird lediglich konstatiert, dass Artefakte zunehmend Funktionen übernehmen, die zuvor nur dem Menschen zugemessen wurden und daher immer menschenähnlicher zu werden **scheinen**. Es gilt, in Diskurs und Forschung neue Begriffssysteme zu entwickeln, die es erlauben, die Grenzen und Differenzen ebenso wie neue Typen von Interaktion von Mensch und Technik adäquat zu kennzeichnen. Heute etablierte Sprechweisen können diese neuen Formen nicht angemessen fassen. Die hier verwendeten Bezeichnungen »Mensch-Technik-Teams« und »Mensch-Technik-Kooperation« sind als Platzhalter für die noch zu entwickelnden Begriffe zu verstehen.

Innovationen, die eine neue Qualität von reibungsloser technischer Unterstützung des Menschen ermöglichen, erfordern nicht nur technische Entwicklungen, sondern auch solide Erkenntnisse über das menschliche Denken, Fühlen, Kommunizieren und Verhalten. Das neue Zukunftsfeld liefert die dazu not-



wendige integrierte Forschungsperspektive. Diese legt den Grundstein für die Entwicklung von **Mensch-Technik-Kooperationen (MTK) nach menschlichem Maß** und damit für zukunftsfähige Durchbrüche in zentralen Innovationsfeldern wie Ambient Intelligence, Robotik, kontextsensitive Dienstleistungen und Neuroprothetik.

Konkrete Entwicklungsziele sind beispielsweise:

- Modelle menschlichen Verhaltens und Verhaltensregeln zur Programmierung von adaptiven Assistenzumgebungen
- Konzepte zur gesellschaftlichen Einbettung der personalisierten Interaktion mit dem »Internet der Dinge«.

1.1 Das Zukunftsfeld

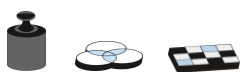
Aktuelle Technologien weisen eine neue Nähe zum Menschen, seinem Körper, seinem Gehirn und seinem alltäglichen Leben auf. Dabei haben vor allem folgende Entwicklungen eine neue Innovationsdynamik mit sich gebracht:

- Verfügbarkeit großer Informationsbestände durch Digitalisierung und schnelle Internetzugänge,
- Möglichkeit maschineller Interpretation von Information durch semantische Technologien¹,
- tiefgreifende Erkenntnisse über das menschliche Gehirn und Entwicklung von Neuroprothesen (siehe auch Bericht zu den etablierten Zukunftsfeldern),
- Echtzeit-Verarbeitung der Informationsmassen in einer Vielzahl technologischer Systeme durch erhebliche Steigerung der Rechenleistung und Miniaturisierung der Schaltkreise,
- breite Anwendungspotenziale dank hoher Integration verschiedenster Komponenten auf kleinstem Raum durch Mikrosystemtechnik,
- drahtlose Vernetzung und ubiquitäre Einbettung der Systeme²,
- deutlich verbesserte Algorithmen der Mustererkennung,
- breiter Zugang zu satellitengestützter Positionierung.

Das Potenzial für neuartige Innovationen ergibt sich vor allem durch das Zusammenspiel dieser Durchbrüche in Forschung und Technologie: charakteristi-

¹ Die Bibliometrie zeigt hier einen sprunghaften Anstieg.

² Entwicklung des Pervasive Computing (bibliometrischer Anstieg).



sche Bereiche mit einer so hervorgerufenen aktuell hohen Dynamik sind »Intelligente Objekte« (siehe acatech 2009a und b) und Prothesen³, Telepräsenz-/ Teleaktionstechnologien⁴ und Kognitive Assistenz- und Kooperationssysteme⁵.

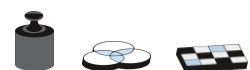
Komplexe technische Systeme sind in nahezu jeden Lebensbereich vorgedrungen; die Expansion der Techniksphäre sowie die Selbsttechnisierung des Menschen stellen eine neue Herausforderung für Wissenschaft, Politik und Gesellschaft dar. Der Mensch umgibt sich immer dichter mit einer wachsenden Zahl multifunktionaler, miniaturisierter, vernetzter und kontextsensitiver Geräte. Die funktionale Verschränkung dieses zwar fragmentierten aber in enger Kommunikation organisierten technischen Systems macht dieses zu einer Technikhülle, »die den Menschen mehr umfließt, als dass sie ihn noch in irgendeinem starren Sinn umgibt« (Acatech2009a, S. 24). Damit wird ein umfassendes integriertes Wissen über den Menschen, die Technik und ihre Relationen wichtig. Wissensbestände um den Menschen und um die Technik müssen in ihrer ganzen einzeldisziplinären Breite und Vielfalt miteinander verschränkt werden, wenn es gelingen soll, die hohe Dynamik der Entwicklung in einen wünschenswerten Rahmen zu bringen. Komplexität, Eindringtiefe, Wirkmacht und Wirkungsradius des gegenwärtigen und erst recht des sich abzeichnenden Technikkontinuums sind von keiner Einzeldisziplin der heutigen Forschungslandschaft adäquat zu erfassen, geschweige denn aktiv, sinnvoll, langfristig zukunftsfähig und wünschenswert zu gestalten. Die Fundierung eines Diskurses über gesellschaftlich wünschenswerte Formen dieser Technosphäre, ist – neben der Bewahrung eines Gestaltungsspielraumes überhaupt – eine der Hauptaufgaben des vorgeschlagenen Forschungsfeldes.

Vor diesem Hintergrund lässt die Forschungsperspektive »Mensch-Technik-Kooperationen« heute etablierte disziplinäre Abgrenzungen hinter sich und **nimmt neuartige Konstellationen von Mensch und Technik in ihrer ganzen Vielschichtigkeit in den Blick**, indem sie technische und soziale Aspekte von Mensch-Technik-Kooperationen von vornherein in ihrem Gesamtzusammenhang untersucht. Veränderungen etwa in sozialen Beziehungen oder im menschlichen Selbstverständnis werden nicht allein als Folge technischer Neuerungen, sondern, ebenso wie rechtliche und ethische Aspekte, als Dimensionen eines vielschichtigen Wandels verstanden. Gesellschaftlicher Wandel etwa die

³ Auch hier ein großer Anstieg in der Bibliometrie.

⁴ Telepräsenz bedeutet, dass ein menschlicher Operator durch technische Mittel mit seinem subjektiven Empfinden in einer anderen, entfernten oder nicht zugänglichen Umgebung präsent ist. Teleaktion bedeutet, dass dieser menschliche Operator nicht nur passiv präsent ist, sondern dass er an dem entfernten Ort auch aktiv eingreifen kann. Wirklichkeitsnah sind diese Eindrücke dann, wenn der menschliche Operator nicht mehr leicht unterscheiden kann, ob seine sensorischen Eindrücke und die Rückmeldungen von seinem Handeln in direkter Wechselwirkung mit der Wirklichkeit oder über technische Mittel entstehen. Siehe SFB 453, Wirklichkeitsnahe Telepräsenz und Teleaktion, <http://www.sfb453.de/>. Im Interview betont von Prof. Kirchner (DFKI, Robotik)

⁵ Vgl. allein in diesem Bereich drei aktuelle Sonderforschungsbereiche SFB 453, 550 und 588.



Veränderung von Wertvorstellungen ist ebenso Ursache wie Wirkung in diesem Prozess. **Das Zusammenspiel des menschlichen und technischen Wandels rückt in den Mittelpunkt der Betrachtung.** Dazu müssen nicht nur verschiedene Forschungsstränge und wissenschaftliche Akteure, sondern auch verschiedene Wissensformen und Wissensräume gemeinsam weiterentwickelt werden, da Wissen über den Menschen und sein Verhältnis zur Technik oft nur implizit vorliegt⁶. So können Mensch-Maschine-Systeme entwickelt werden, in denen Technik und Mensch sich auf eine Weise »nahtlos« ergänzen, dass menschliche Handlungsmöglichkeiten bedarfsgerecht erweitert werden können.

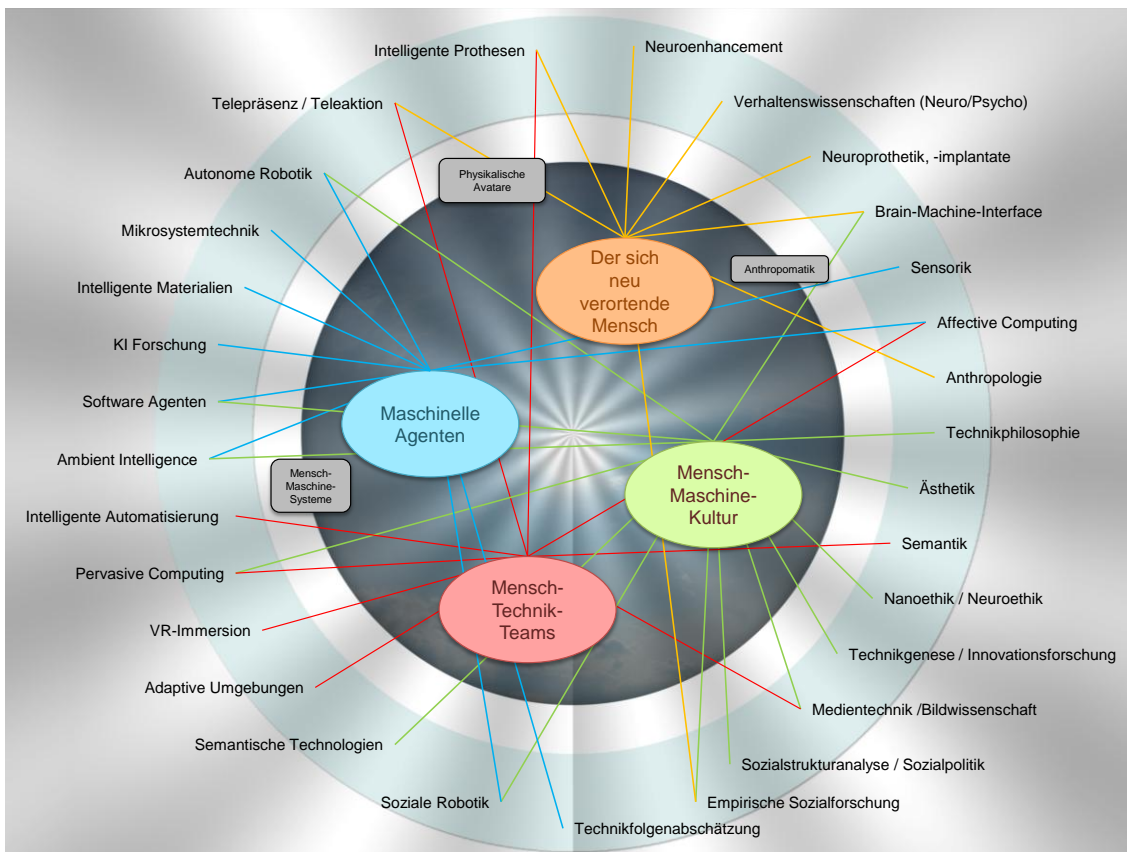


Abbildung 1: Zukünftig beteiligte Forschungsrichtungen

Deutschland ist dank seiner starken Stellung in vielen der relevanten Forschungsbereichen – sowohl in den Ingenieurwissenschaften als auch in den

⁶ Etwa das Wissen von Pflegepersonal als Basis für »Ambient Assisted Living« (siehe Initiative »Ambient Assisted Living for the Aging Population« (AAL), BMBF Hightech Strategie, www.bmbf.de/pub/bmbf_hts_lang.pdf, S. 90).



Geistes- und Sozialwissenschaften – exzellent positioniert, diese Perspektive als Vorreiter zu entwickeln und damit einen zukünftigen Leitmarkt zu erschließen.

Abbildung 1 bietet eine schematische Darstellung des Forschungsfeldes. Der äußere Ring in der Abbildung zeigt die zum jetzigen Stand identifizierten aktuellen Forschungsrichtungen, die das Forschungsfeld MTK speisen sollten. Sie umfassen technische und naturwissenschaftliche ebenso wie sozialwissenschaftliche und kulturwissenschaftliche Aspekte. Der innere Kreis stellt das neue Zukunftsfeld mit vier zentralen Forschungsbereichen dar. Die Verbindungen zeigen an, welche Forschungsrichtungen sich für innovative Weiterentwicklungen und für die schrittweise Realisierung des neuen Feldes verbinden müssten. Im Folgenden werden beispielhaft einige der relevanten technologischen Entwicklungslinien umrissen (»Ausgangssituation im Zukunftsfeld heute«). Danach wird das Zukunftsfeld mit den zentralen Forschungsbereichen (innerer Kreis) dargestellt (»Langfristperspektive des Zukunftsfeldes«).

1.2 Ausgangssituation im Zukunftsfeld heute (2009)

Eine Reihe aktueller Forschungsperspektiven in unterschiedlichen Bereichen richtet sich auf Innovationen, die mit engeren Interaktionen zwischen Mensch und Technik einhergehen. Viele dieser Technologien sind von besonderer Bedeutung für die deutsche Innovationslandschaft. Zum einen, weil sie mit Stärken des deutschen Innovationssystems wie etwa Automatisierungstechnik, Informationstechnologie und Medizintechnik im Zusammenhang stehen, zum anderen, weil ihnen ein hohes Potenzial zur Adressierung zentraler Herausforderungen der Zukunft beigemessen wird⁷.

Fortschritte auf dem Gebiet der Telepräsenz und Teleaktion⁸ etwa verändern grundlegend das Verhältnis des Menschen zu Raum und Distanz und erweitern so den direkten Einflussbereich über Arm- und Sichtweite hinaus. Diese Entwicklung leistet der Vernetzung der Welt zu einem »globalen Dorf« rasant Vorschub. IuK-Technologien haben die Arbeits- und Forschungswelt stark verändert und ermöglichen via Telefon- und Videokonferenz oder webbasierten Arbeitsplattformen interkontinentale Kooperation und die Etablierung globaler »Scientific Communities«.⁹ Auch Entwicklungen zur Teleaktion, zur Fernsteuerbarkeit von Maschinen rund um die Welt und darüber hinaus – seien es unbemannte Luftfahrzeuge, Minenräumgeräte oder wissenschaftliche Tiefseeroboter und Marskundschafter – führen zu neuen Möglichkeiten und Gefahren, zu

⁷ Zum Beispiel »Ambient Assisted Living« zur Bewältigung der Herausforderungen des demografischen Wandels.

⁸ Siehe SFB 453, Wirklichkeitsnahe Telepräsenz und Teleaktion, <http://www.sfb453.de/>.

⁹ Ein Beispiel für Forschung einer globalen »Scientific Community« ist das Großprojekt der Teilchenbeschleuniger bei Genf der Europäischen Organisation für Kernforschung (CERN).



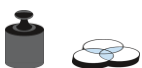
neuem Selbst- und Weltverständnis. Teleaktion und Telepräsenz entwickeln über den IuK-Bereich hinaus durch die Kombination mit Fortschritten auf dem Gebiet der Virtuellen Immersion, der Robotik und Mechatronik oder der Psychologie und Medizintechnik ein großes Zukunftspotenzial. Gegenwärtig im Einsatz sind beispielsweise Technologien zur Teleoperation¹⁰, mit denen Chirurgen Patienten operieren können, die sich Tausende von Kilometern entfernt befinden. Ebenso erweitern »Remote-Manufacturing«-Konzepte die Möglichkeiten der lokalen Infrastruktur, da die Konzeptions-, Steuerungs- und Produktionsorte beliebig weit auseinander liegen können. Die Mehrzahl der aktuellen Entwicklungen im Bereich Telepräsenz ist auf die Lösung der technischen Herausforderungen fokussiert. Um die angestrebte Mensch-Technik-Kooperation nach menschlichem Maß zu erreichen, ist jetzt eine Integration mit Wissen über die »menschlichen« Aspekte dieser Form von Mensch-Technik-Teams, wie etwa Verständnis von Kognitions- und Wahrnehmungsprozessen sowie geeigneter organisatorischer Rahmenbedingungen, erforderlich.

Eine besondere Rolle in der Erforschung von Mensch-Technik-Kooperationen kommt den Schnittstellen zwischen Mensch und Technik zu. So wird zum Beispiel gegenwärtig eine Hirn-Computer-Schnittstelle (BCI) dazu verwendet, Querschnittsgelähmte mittels »mentaler Schreibmaschine«¹¹ aus ihrer »Locked-In«-Situation zu befreien, da sie so über den »getippten Text« mit der Umwelt kommunizieren können. Dazu werden die Hirnströme mittels Elektroenzephalographie (EEG) gemessen und die dahinterliegenden »Gedanken« als Steuerungssignale für diverse Funktionen interpretiert. Diese Schnittstelle ist nicht-invasiv und bietet daher das Potenzial für nicht-therapeutischen Einsatz, vorausgesetzt, sie wird alltagstauglich; dazu muss sie – derzeit noch eine mit Gel gefüllte »Badekappe« – komfortabler und leicht handhabbar werden, zum Beispiel integriert in einem Helm. Die hierfür nötigen kontaktlosen Elektroden sind bereits als Patent beantragt. Die elektroenzephalografische Überwachung von Aufmerksamkeitsspanne und Fehleranfälligkeit von Kontroll- oder Steuerpersonal im Arbeitsalltag verspricht mehr Sicherheit, weniger Fehler und hirngerechtere Arbeitsbedingungen. Durchbrüche bezüglich der Hirnergonomie von Arbeits-, Wohn-, Lern- und Spielumgebung zeichnen sich ab. Spätestens dann stellen sich essenzielle Fragen zur Identität und Rolle des Menschen im Gesamtkontext, deren Beantwortung ansatzweise in manchen Geistes- und Gesellschaftswissenschaften begonnen wurde. Zudem wirft die Möglichkeit der

¹⁰ »Mithilfe eines ferngesteuerten Roboters haben Mediziner aus New York einer 68-jährigen Frau in Straßburg die Gallenblase entfernt. Die weltweit erste transatlantische Operation am Menschen hat etwa eine Stunde gedauert und ist ohne Komplikationen verlaufen.« (heise-online, Erste Tele-Operation über den Atlantik (19.09.2001 19:07); <http://www.heise.de/newsticker/Erste-Tele-Operation-ueber-den-Atlantik-/meldung/21182>, 09.07.09, 12:38).

Siehe das DFG Graduiertenkolleg »Intelligente Chirurgie« (<http://www.intelligente-chirurgie.de>).

¹¹ Siehe das Berlin Brain Computer Interface Projekt (BBCI) von Prof. Curio der Berliner Charité (vom BMBF gefördert), unter www.bbci.de



Fremdsteuerung solcher Schnittstellen rechtliche und ethische Fragestellungen auf. Die Weiterführung dieser Forschungsansätze sowie die Kooperation der Geistes- und Sozialwissenschaften mit den Bereichen der Schnittstellenforschung und der Medizin ist in diesen Fragen unabdingbar.

Auch zunächst aus therapeutischem Druck heraus ist das Feld der Neuroprothetik entstanden. Die Tiefenhirnstimulation (DBS) beispielsweise hilft mittels schwacher Elektroimpulse, den Tremor von Parkinsonpatienten zu unterdrücken, was für diese unter Umständen eine enorme Steigerung der Lebensqualität bedeutet gleichzeitig aber auch erhebliche Nebenwirkungen bis hin zu Persönlichkeitsveränderungen mit sich bringen kann (siehe Clausen 2009). Das komplexe Wirkungsspektrum einer direkten Stimulation des Gehirns beinhaltet auch negative Effekte, die nicht absehbar, nicht voll kontrollierbar und daher möglicherweise ethisch nicht vertretbar sind. Allein die bloße Möglichkeit etwa einer Fremdsteuerung des »freien Willens« macht die frühzeitige Entwicklung angemessener ethisch-rechtlicher Rahmenbedingungen zwingend. Per Schalter steuerbares An und Aus von Gefühlsregungen rührt an den Nerv des menschlichen Selbstverständnisses – umso mehr, da EEG und DBS als Neuroprothese¹² im Körper integriert sind und nicht mehr wie eine Brille abgenommen werden können, wenn sie stören. Neuroprothetik wird mehr noch als gegenwärtige Technologien die heutigen Konzepte von Identität und Souveränität des Menschen grundlegend in Frage stellen.

In Technologien wie autonome Robotik¹³, intelligente Software-Agenten¹⁴ oder Systemen intelligenter Umgebungen müssen Erwartungen, Erwartungserwartungen¹⁵, Deutungshintergründe und Auslegungsspielräume implementiert werden, damit sie im Handlungskontext mit dem Menschen funktionieren können. Zu diesem Zweck werden den Artefakten Algorithmen einprogrammiert, anhand derer sie ihre Umgebung einschließlich des menschlichen Verhaltens interpretieren.¹⁶ Die heutigen Umweltmodelle, sind bestenfalls rudimentär und verfehlen daher zwangsläufig den komplexen Menschen, wodurch es zu Unstimmigkeiten in der Interaktion von Mensch und Technik kommt. **Technik »weiß« zu wenig vom Menschen.** Dies wird umso stärker zum Problem je dichter am Menschen eine Technologie operiert und je zentralere Funktionen

¹² Bzw. Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT, <http://www.ibmt.fraunhofer.de>

¹³ Siehe: Robotics Innovation Center (RIC) des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz in Bremen (<http://robotik.dfki-bremen.de>).

¹⁴ Siehe: Forschungsbereich Agenten und Simulierte Realität des Deutschen Forschungszentrums für künstliche Intelligenz in Saarbrücken (http://www.dfki.de/ga/index_de.html).

¹⁵ Während Erwartungen bestimmte Handlungen als möglich oder wahrscheinlich vorwegnehmen, um das eigene Handeln daran zu orientieren, ist dies bei Erwartungserwartungen wiederum in Bezug auf antizipierte Erwartungen (und nicht Handlungen) der Fall. Der »vorausseilende Gehorsam« wäre ein Extrembeispiel für eine Erwartungserwartung.

¹⁶ So interpretieren etwa Fahrerassistenzsysteme das Verhalten des Fahrers und greifen dementsprechend steuernd ein.



auf der Basis dieser Interpretationen ausgeführt werden. Eine interdisziplinäre Forschung zu angemessenen Interaktionsmodellen ist ebenso erforderlich wie ein gesellschaftlicher Dialog über den wünschenswerten Grad der Nähe.

Eine zentrale Rolle spielt die Entwicklung von Semantischen Technologien als Schnittstelle zwischen Mensch- und Technik-Wissensräumen sowie die semantische Erschließung der menschlichen Kommunikation, vor allem auch der non-verbalen, und des menschlichen Verhaltens als Vermittlung in Mensch-Technik-Teams. Das »Semantic Web« ist derzeit noch auf einige eng begrenzte Bereiche reduziert und weit davon entfernt, die menschlichen Ausdrucks- und Wissensformen maschinenverstehbar zu machen. Die Realisierung von bedeutungsinterpretierenden Programmen, die Umsetzung von technischer kontextsensitiver Auslegung und Bewertung von Information wird zunehmend dazu führen, dass Maschinen immer weniger als bloßes Instrument, sondern als eigenständig operierende Entität **wahrgenommen werden**. Die »Semantics« machen klassische und virtuelle Handlungs- und Wissensräume kooperabel (vgl. Hubig 2008, S 12ff). Damit verlagert sich der Ort der Information aus dem Menschen heraus und die Bewertungskompetenz sowie das Zugriffsrecht werden wichtiger als der Besitz von Information. Derzeit ist das einzige funktionierende semantische System der Mensch; wenn sich diese Situation aber scheinbar ändert, indem eine als echt empfundene Nachahmung von intelligentem Verhalten gelingt, dann hat dies Konsequenzen für das Selbstverständnis des Menschen. Der Einsatz von Lernprogrammen kann Vorteile des Lernens, Vermittelns und Beratens bieten. Wenn jedoch technische Tutoren mit Hilfe semantischer Technologien weitgehende Interpretationsleistungen vornehmen können, und dann als »Lehrer« mit Wissens- und Kompetenzvorsprung dargestellt und wahrgenommen werden, und wenn Maschinen durch Nachahmung und Nachvollziehen von Arbeitsprozessen vom menschlichen »Kollegen« lernen¹⁷, dann befinden sich Mensch und Maschine zumindest im Lern- und Kooperationskontext **scheinbar** auf gleicher Ebene. Sollten solche »Mensch-Technik-Teams«, in denen etablierte Aufgabenteilungen zwischen Mensch und Technik verschwimmen, sich etablieren, würde dies neuartige Lern- und Arbeitsstrukturen voraussetzen. Diskurs und Forschung zu möglichen Formationen und ihrer Wünschbarkeit sind bisher nur ansatzweise im Gange.

Diese Ansätze eines mannigfaltigen Forschungsfeldes mit hohem Zukunftspotenzial zeigen eine schwierige Situation von komplexen Wechselwirkungen und verdeckten Implikationen, die nicht mehr mit dem bisherigen Set an Begriffen und Forschungskonzepten beschreibbar sind. Keine Disziplin in ihrer hoch spezialisierten und damit zwar leistungsfähigen, aber beschränkten Domäne wird

¹⁷ Bionische Manipulatoren zur Erschließung neuer Anwendungen der Automatisierungstechnik, der bionische Roboterarm BioRob (vom BMBF gefördert), (<http://www.biorob.de>).



ihre Formulierung allein meistern können. Eine neue Qualität integrierter sozial/geistes- und technikwissenschaftlicher Forschung ist erforderlich, um diese Technologien nach menschlichem Maß zu erschließen.

Aus vielen disziplinären Richtungen von der Neuroethik aus der Philosophie bis hin zum »human centred design« in den Ingenieurwissenschaften werden aktuell Vorstöße in diese Richtung unternommen (vgl. 1.5.). Die Forschungen zu Mensch-Technik-Kooperationen sind jedoch aktuell weitgehend voneinander isoliert. Einige Forschungsrichtungen selbst können innerhalb ihrer Felder nicht voll zur Geltung kommen. Auf allen Ebenen des Innovationssystems von den Universitäten bis hin zur industriellen Entwicklung fehlen Plattformen für gemeinsame Forschung der unterschiedlichen Wissensformen und Disziplinen. Gleichzeitig sind die entsprechenden disziplinen- und technologiefeldübergreifenden Forschungsfragen zu Mensch-Technik-Kooperationen noch kaum ausgebildet. Das Feld stellt sich als Mosaik mit vielen Facetten, jedoch ohne deutlich erkennbare gemeinsame Perspektive dar.

1.3 Langfristperspektive des Zukunftsfeldes

Die neue Forschungsperspektive Mensch-Technik-Kooperationen beginnt gerade dort, wo bisherige einzeldisziplinäre Forschungen an der neuen Komplexität des Forschungsgegenstandes zu scheitern drohen.

Das Zukunftsfeld ist in vier zentrale Forschungsbereiche unterteilt, wobei eine trennscharfe Abgrenzung zwischen den Bereichen weder möglich noch wünschenswert ist. Die Unterteilung dient der Explikation des komplexen Gegenstandsbereiches.



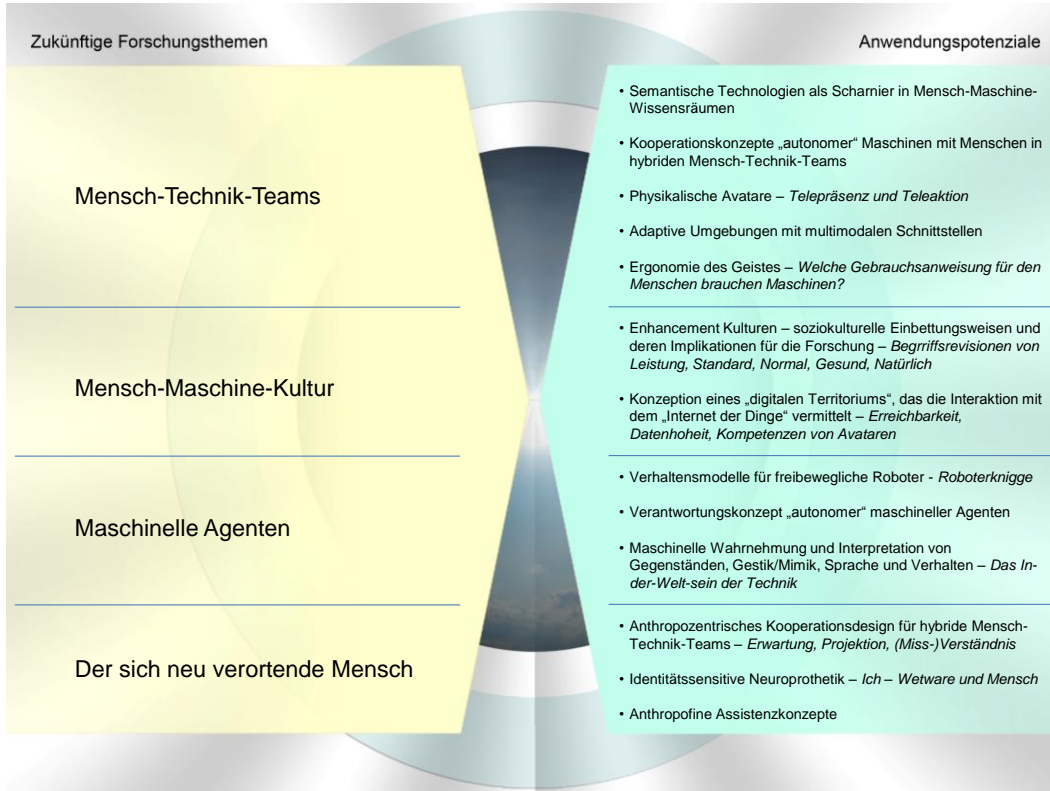


Abbildung 2: Zukünftige Forschungsthemen und Anwendungspotenziale im Zukunftsfeld »Mensch-Technik-Kooperationen«

Der sich neu verortende Mensch

Innerhalb immer dichter anschließender Technikhüllen und angesichts von Maschinen mit dem Anspruch, menschliche Eigenschaften aufzuweisen, muss die Verortung des Menschen gegenüber der von ihm selbst geschaffenen technischen Umgebung neu reflektiert werden. Nur so kann es gelingen die »dichten« Technologien zu einer Erweiterung menschlichen Potenzials zu nutzen und zu vermeiden, dass Menschen im Zuge zukünftiger Entwicklungen ungewollten Technikzwängen jeglicher Art ausgesetzt sind. In der Konfrontation mit den neuen Technologien kommt es zu komplexen Einwirkungen und Wandlungsprozessen am menschlichen Selbst- und Weltverständnis. So wird das Konzept der **Identität** problematisch, wenn Tiefenhirnstimulationen und »Cognitive-Enhancement«-Pharmazeutika in die Intimität von Gedanken und Emotionen eindringen. Potenzielles Tätigkeitsfeld der MTK-Perspektive wäre daher beispielsweise die Erforschung von identitätssensitiver Neuroprothetik, die therapeutische Hilfe und wünschenswerte Verbesserung der Lebensqualität mit dem Schutz des Gesamtkonzeptes Mensch bzw. Person verbindet. Bereits



von der Philosophie oder Psychologie erarbeitetes Wissen über Begriffe bzw. Themen¹⁸ wie Identität, Person oder Mensch müssen von Seiten der Technikentwickler aufgenommen und in ständigem Austausch weiterentwickelt werden.

Weitere Anwendungspotenziale wären zum einen anthropozentrische Kooperationsdesigns für Mensch-Technik-Teams, in denen nicht erforscht wird, wie der Mensch sich als Operator inszenieren, sich also der Technik konform verhalten soll, sondern welche Erwartungen und Vorverständnisse des Menschen im Zuge der Entwicklungen auf die Technik projiziert werden sollen und was daraus für die Gestaltung und das Design der Technik folgt. Zum anderen wären dies anthropofine Assistenzkonzepte, die menschengerechte und vor allem menschadaptive Aspekte der Technik in den Mittelpunkt stellen. Ziel wäre es also, die Grundlagen zu liefern, um überhaupt technische Assistenzsysteme entwerfen zu können, die sich in allen Parametern dem individuellen Menschen anpassen.

Maschinelle Agenten

Im Bereich der maschinellen Agenten sind Forschungsfragen angesiedelt, die der Evolution von Maschinen (im weiteren Sinne, also jeglicher Form und Funktion) von alten Zahnrad-Hebel-Gebilden hin zu heutiger Komplexität Rechnung tragen. Dies bedeutet, dass eine Neuverortung der Maschine vorzunehmen ist. Maschinelle Agenten sind beispielsweise Roboter, Software-Agenten, »intelligente« Objekte¹⁹ oder Maschinen, virtuelle Avatare.

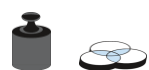
Konzepte wie **Autonomie** und **Intelligenz**, bisher dem Menschen vorbehalten Eigenschaften, werden immer häufiger unhinterfragt auf Maschinen übertragen. Gleichzeitig erhalten maschinelle Agenten jedoch weitere Bewegungsräume und Aktionsradien. Und wo Handeln zunehmend nahtlos zwischen Mensch und Technik verteilt wird²⁰, muss auch über Verantwortung und Verhaltensregeln nachgedacht werden. Mögliche Anwendungspotenziale des Forschungsbereiches **Maschinelle Agenten** sind die Entwicklung von Verhaltensmodellen für freibewegliche Roboter²¹, einer Art **Roboterknigge** sowie

¹⁸ Die interdisziplinäre Verständigung über Begriffe wurde im Workshop »Mensch-Technik-Grenzverschiebungen« (Karlsruhe, 27.05.2009) als grundlegend und vorrangig für das gesamte Vorhaben hervorgehoben. Konsens der anwesenden Geistes-, Sozial- und Naturwissenschaftler war, auf etablierte Erkenntnisse aus der Philosophie, vor allem bezüglich des Begriffs »Mensch«, zurückzugreifen, um nicht obsoletere Grundsatzdebatten zu wiederholen und dennoch mit einem gemeinsamen Verständnis zu starten.

¹⁹ Siehe acatech (2009a).

²⁰ »Es ist dabei nicht leicht zu sagen, wer zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort »eigentlich« handelt und eine Wirkung hervorbringt: der Schichtleiter selbst oder das Notkühlsystem, der Flugkapitän selbst oder der Fluglotse oder der Autopilot, der Autofahrer selbst oder das Antischleudersystem oder der Ermüdungsassistent – das Handeln ist »verteilt.« (Acatech 2009a, S. 11)

²¹ Siehe SFB 588 Humanoide Roboter – Lernende und kooperierende multimodale Roboter (<http://www.sfb588.uni-karlsruhe.de/>).



Konzepte zur Ausgestaltung von Interaktion mit maschinellen Agenten wie etwa Fragen von Verantwortung und Vertrauen z.B. im Umgang mit virtuellen Broker oder Auktionatoren.²² Weiter gibt es dringenden Forschungsbedarf bei der Verbesserung der Wahrnehmungsfähigkeit der Maschinen, vor allem der Fähigkeit, die Komponenten komplexer menschlicher Kommunikation (Sprache, Gestik/ Mimik, Kontext, Verhalten) zu deuten und zu verwenden.

Am Beispiel des verteilten Handelns zeigt sich deutlich die Notwendigkeit von integrierter Forschung zwischen den Geistes- und Sozialwissenschaften und den Technik- und Naturwissenschaften. Dies geht über bloße Begleitforschung hinaus. Nur so können die technisch möglichen Spektren von Interaktion mit maschinellen Agenten sinnvoll ausgeschöpft werden.

Mensch-Technik-Teams

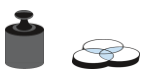
Ein großer Kernbereich der Mensch-Technik-Kooperationen-Forschung ist die Untersuchung der Dynamik von Mensch-Technik-Teams. Wie können Mensch und Maschinen angesichts der erweiterten Möglichkeiten aktueller Technologien besser interagieren? Welche Interaktionsformen sind möglich und wünschenswert? Wie sind einzelne Entwicklungen mit dem Fokus auf eine produktive, für den Menschen entlastende Form zu modulieren?

Es lassen sich drei Interaktionsformen unterscheiden: Zum einen zählen hierzu vom Menschen (fern-)gesteuerte Maschinen aller Art, zum anderen sind dies Systeme und Umgebungen, die sich dem Menschen adaptiv anschmiegen, und schließlich sind dies »eigenständig operierende«, kooperierende Maschinen, wie beispielsweise Kobots²³. Dabei sind auch Mischformen möglich. Ab wann ein Assistenzsystem als adaptive Umgebung oder kooperierender Agent gilt, hängt vom spezifischen Funktionsumfang und der zugestandenen Kompetenz des Systems ab.

Eine zentrale Rolle wird die Forschung im Bereich der **Semantischen Technologien** einnehmen, da sie als Scharnier zwischen menschlichen Wissensräumen und formalen, technisch kodierten Algorithmen fungiert. Der Erfolg des Vorhabens, der Technik deutendes, kontextsensitives Verständnis von Informationen »beizubringen«, hängt ganz wesentlich davon ab, dass es gelingt, das Verständnis vom menschlichen Kommunikationsverhalten und sprachlicher sowie außersprachlicher Sinnvermittlung zu verstehen und diese Wissenssphäre dann

²² Vgl. bspw. European Robotics Research Network, <http://www.euron.org/>

²³ Die so genannten Kobots (kooperative Roboter) werden u. a. vom Fraunhofer-Institut Produktionsanlagen und Produktionstechnik (FhG IPK) entwickelt. Allerdings sind diese Kobots auf das Produktions- und Arbeitsumfeld beschränkt; ihre »Freilassung« in den Alltag gilt es erst noch zu leisten.



mit jener der technischen Disziplinen zu verschmelzen. Jegliche Kooperation bzw. Interaktion zwischen Mensch und Technik wird wesentlich darauf angewiesen sein, dass die Technik lernt, die menschliche Kommunikation richtig zu interpretieren.

In der Produktion sind Roboter schon fest etabliert. Noch werden Fabrikroboter allerdings in eigenen Bereichen sorgfältig von Menschen abgeschirmt und umgekehrt, da sie ohne entsprechende Wahrnehmungssensorik auf ihre Umgebung nicht interaktiv eingehen können. Hier ist der Raum für zukünftige **Kooperationskonzepte von Maschinen und Menschen**.

Um im Alltag funktionierende Mensch-Technik-Teams bilden zu können, muss die Sensorik der Maschinen auf die Nähe der verletzbaren menschlichen Physis sensibilisiert werden, muss ein Modell von Verhalten und Verfasstheit des Menschen in der Maschine angelegt werden. Darüber hinaus werden die komplexen Aufgaben der maschinellen »Kollegen« nicht mehr a priori programmierbar, sondern nur in direkter Kooperation erlernbar sein. Auch bei dieser Lernfähigkeit der Technik steht die Forschung noch am Anfang. Für erfolgreiche Mensch-Technik-Teams braucht es auch ein Verständnis sinnvoller Aufgabenteilungen und geeigneter Organisations- und Kooperationsstrukturen. Welchen Sinn für welche Aufgabe haben »humanoide« Roboter? Welche Aufgaben belässt man sinnvollerweise in Menschenhand, welche können an Maschinen delegiert werden und welche Strukturen können die typisch menschlichen Fähigkeiten optimal unterstützen?²⁴

Eine weitere Form der Mensch-Technik-Kooperation mit hohem Zukunftspotenzial wird mit **Physikalischen Avataren** adressiert. Physikalische Avatare sind Maschinen, die über virtuelle Immersion ferngesteuert werden. Beispiele Physikalischer Avatare im Einsatz wurden oben genannt. Hier kommt der MTK-Forschung die Aufgabe zu, die Möglichkeiten der Telepräsenz und der Teleaktion zu erweitern und dabei Sicherheit und Wirtschaftlichkeit zu erhalten. Die Weiterentwicklung erfolgreicher Mensch-Avatar-Teams für weitere Aufgaben überall dort, wo z.B. Retter in Gefahr kommen könnten, ist eine zentrale Herausforderung.

Hier kommt der Kombinationsfähigkeit von menschlichem Gehirn und maschineller Physis große Bedeutung zu.²⁵ So muss die Sensordichte der ferngesteuerten Avatare erheblich erhöht werden. Derzeit befinden sich in einer einzelnen

²⁴ Diese Fragen lassen sich am Beispiel des Krankenhauses oder der Pflege gut problematisieren. Be- und Entlastung des Pflegepersonals stehen mit unterschiedlichen Faktoren wie zwischenmenschlicher Nähe oder Wirtschaftlichkeit im Verhältnis.

²⁵ Zu dieser Einschätzung kommt auch Prof. Kirchner, Leiter des Robotics Innovation Center (DFKI Bremen). Er sieht die Roboter des 21. Jahrhunderts hauptsächlich in Form von physikalischen Avataren.



Fingerspitze eines Menschen mehr Sensoren als an allen Robotern Europas zusammen. Darüber hinaus wird die Datenübertragung zwischen »Pilot« und Avatar die enorm wachsende Datenflut der höheren Sensordichte bewältigen und gleichzeitig hohen Sicherheitsansprüchen genügen müssen. Weiterer Forschungsbedarf besteht im Schnittstellendesign; Joystick, Bildschirm, Maus und Tastatur werden für die komplexe Steuerung von physikalischen Avataren nicht mehr ausreichen. Force-Feedback-Joysticks, Datenanzüge und weitere multimodale Schnittstellen der Virtuellen Immersion sind erste Ansätze; eine effektive Sprachsteuerung wartet auf Durchbrüche in der Semantik. Hier zeigt sich das große Potenzial der Spiele-Industrie, die auf sehr große »Feldversuche« mit neuen Schnittstellen zugreifen kann und deren »Probanden« unermüdlich und in stetig steigender Zahl für eine fruchtbare empirische Basis sorgen, die von der Schnittstellenforschung, der Psychologie und weiteren genutzt werden sollte.

Ein weiteres MTK-Forschungsthema, das in den Bereich fällt, sind **adaptive, assistive Umgebungen**. Im Bereich der »Ambient Intelligence« sind zahlreiche Technologien in der Entwicklung und teilweise schon im Einsatz. Auch hier ist jedoch die Integration von Wissen über den Menschen mit Wissen über die jeweilige Technik essenziell. Assistenzsysteme etwa für das Gehen²⁶, in Fahrzeugen oder in Häusern haben immer die Relation von Mensch und Technik als zentrale Herausforderung. Daher können erfolgreiche Lösungen nicht unilateral von einem der beiden Pole her geschaffen werden. Erst ein umfassendes Verständnis dessen, was und wie viel der Mensch wann an Assistenz braucht – und vor allem auch, was nicht –, kann hier weiterführen.

Kritischer Punkt der »Ambient-Intelligence«-Anwendungen ist das interpretierende Verstehen menschlichen Verhaltens durch die beteiligten »Komponenten«. Komfortablere und sicherere Fahrzeuge, Häuser, Kommunikations- und Informationswege usw. mittels adaptiver Assistenzsysteme sind wesentlich auf die Entwicklung der Semantischen Technologien angewiesen. Sollen die »intelligenten« Umgebungen aber Bedürfnisse feststellen und reagieren, bevor der Nutzer etwas sagt (oder sagen kann) oder gar bewusst denkt²⁷, muss über Sprache und Bedeutung hinausgegangen werden. Daher strebt die MTK-Perspektive eine gesamtheitliche Forschungsinteraktion unter Einbeziehung des in den Geistes- und Sozialwissenschaften vorhandenen Wissens an.

²⁶ Siehe »Bodyweight Support Assist« von Honda (<http://world.honda.com/news/2008/c081107Walking-Assist-Device>).

²⁷ Zum Beispiel überwachen einige Fahrassistenzsysteme den Liedschlag und Puls des Fahrers und weisen diesen auf Ermüdung und Stress hin, bevor er es selbst bemerkt. Die Herausforderung für adaptive Umgebungen besteht darin, weit mehr als nur Müdigkeit zu »erahnen«. So forscht das Institut für Anthropomatik in Karlsruhe an Intentionserkennung (darüber hinaus auch: Bewegungssynchronisation von robotergestützten Operationsinstrumenten; Multimodale Weiräumige Telepräsenz; Erfassung der Bewegung von Personen: Miniaturisierte Laufroboter). Siehe auch das aktuell vom BMBF geförderte Forschungsprojekt: Der Fahrer als Sensor (<http://www.fasor.info>).



Für Fragen der intuitiven Bedienung oder für die Entwicklung von Technik, die sich schnell auf eine große Zahl heterogener Nutzer einstellen muss (etwa »intelligente« Fahrkartenautomaten), rückt die Erforschung der **Ergonomie des Geistes**²⁸ ins Blickfeld. Mit Rücksicht auf die Ergebnisse der Kognitions- und Neurowissenschaften muss reflektiert werden, mit welchen formalen Modellen des Menschen die Maschinen arbeiten sollen. Den Maschinen, mit denen interagiert werden soll, muss eine »Vorstellung« davon mitgegeben werden, was Menschen sind, wie sie sich unterscheiden können und was sie gemeinsam haben, welche Logik ihren Handlungen und Aussagen zugrunde liegt. Ergonomie des Geistes meint die Umkehrung der Situation, in der der Mensch sich, um Technik bedienen zu können, auf diese einstellen und ihrer »Sprache« anpassen muss. Zu erforschen ist, wie Technik in Zukunft dem Menschen wirklich dienen kann. Die technische Umsetzung dieses Aspektes ist wiederum eng mit dem Prozess der Neuverortung des Menschen verknüpft.

Mensch-Maschine-Kultur

Mensch-Technik-Kooperationen haben ein hohes Potenzial, in vielen Lebensbereichen menschliche Handlungsräume zu erweitern. Voraussetzung ist jedoch eine adäquate gesellschaftliche Einbettung. Wenn Technik Funktionen zu übernehmen **scheint**, die bisher Menschen vorbehalten waren, wie Tutor, Kollege, Lehrer, Dienstleister, Kommunikationspartner, wenn etablierte Aufgabenteilungen zwischen Mensch und Technik in Frage gestellt werden, dann muss ein gesellschaftlicher Diskurs über das Verhältnis Mensch-Technik stattfinden.²⁹ Dieser Diskurs kann von der Politik gefördert, in der Gesellschaft, von der Forschung und der Wissenschaft geführt und von der Wirtschaft aufgenommen werden. Technologiehypes und -euphorie gilt es vor dem Hintergrund von begründeten Vorbehalten bezüglich der technologischen Entwicklung kritisch zu hinterfragen. Ängste gegenüber Sicherheitstechnologien, Entfremdung oder gar Verdrängung durch Maschinen, wie sie etwa durch Science-Fiction-Dystopien populär werden, müssen differenziert aufgeklärt werden.

Transdisziplinäre Erforschung tatsächlich stattfindender und möglicher sozio-kultureller Einbettung von »Mensch-Technik-Kooperationen« können einen erheblichen Beitrag zu der Fundierung dieses Diskurses liefern.

Aktuelles Beispiel für eine solche Thematik sind Technologien des kognitiven »Enhancement«. Die Technologien, die unter diesem Begriff diskutiert werden,

²⁸ Das Konzept »Ergonomie des Geistes« war ein Ergebnis des Workshops »Mensch-Technik-Grenzverschiebungen« (Karlsruhe, 27.05.2009), das Prof. Martin Gessmann einbrachte. Prof. Gessmann baut bis Herbst 2009 ein interdisziplinäres Zentrum für Phänomenologie und Neurowissenschaften in Heidelberg auf.

²⁹ Vgl. Hubig 2008, vor allem Teil 1; Vgl. Levy 2005



werfen eine Reihe ethischer und rechtlicher Fragestellungen auf, die von Seiten der Ethik und Technikfolgenabschätzung schon des längeren thematisiert werden (Clausen 2009). Diese betreffen nicht nur spezifische Technologien oder Anwendungsfälle. Vielmehr zeichnet sich ein kultureller Wandel ab, für den angemessene institutionelle Rahmenbedingungen erst entwickelt werden müssen. Forschungen zu soziokulturellen Einbettungsweisen dieser Technologien können die nötige Grundlage für eine kritische Diskussionskultur liefern. So muss etwa der mit »Enhancement« Technologien einhergehende Wandel von Begriffen wie Leistung, Standard, normal, gesund und natürlich erforscht und damit einer gesellschaftlichen Diskussion zugänglich gemacht werden. In ähnlicher Weise stellen sich auch zu anderen hier diskutierten Technologien gesamtgesellschaftliche Fragestellungen.

Ein weiteres Forschungsthema das neue Formen der Mensch-Technik Kooperation auf der Makro-Ebene in den Blick nimmt, stellt sich im Zusammenhang mit dem »Internet der Dinge«³⁰. Zu untersuchen sind hier die kritischen Punkte der Koexistenz einer Gesellschaft von privaten Datensphären und einem System von vernetzten Dingen, der Kontrolle über die eigene Erreichbarkeit und Privatsphäre, der eigenen Datenhoheit und der rechtlichen Konsequenzen des Einsatzes von Avataren, also Agenten, die für uns im Netz z. B. Verträge abschließen. Konzepte wie das **digitale Territorium**³¹ können hier die Interaktion mit dem Internet der Dinge vermitteln.

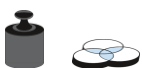
Ebenfalls zu erforschen wäre die Verteilung der Effekte neuer Mensch-Technik-Verhältnisse in der Gesellschaft. Dabei kommt dem Feld der Sozialstrukturanalyse und der Sozialpolitik die Aufgabe zu, Perspektiven der Verteilungsgerechtigkeit, der gesellschaftlichen Teilhabe, der gleichberechtigten Zugangs- und Nutzungschancen sowie der angemessenen Risikoverteilung einzubringen.

1.4 Warum ist das Zukunftsfeld relevant?

Das Potenzial von erfolgreichen funktionierenden Mensch-Technik-Teams ist weitreichend. Am Horizont stehen die Versprechen, menschliche Handlungsräume zu erweitern, Orientierung in Informationsräumen zu vereinfachen und den Menschen von Zwängen und Überforderungen zu entlasten. Die verschiedenen möglichen Mensch-Technik-Kooperationen stellen attraktive Lösungen für zahlreiche der drängenden Herausforderungen der Zukunft in Aussicht, bringen aber auch eigene neue Herausforderungen mit sich.

³⁰ Siehe das Internet der Dinge, BMBF Hightech Strategie, www.bmbf.de/pub/bmbf_hts_lang.pdf, S. 58).

³¹ »Digital Territory« siehe Daskala, B. und Maghiros, I. (2006).



Wer oder was vermittelt wie zwischen den beiden Sphären? Wo ist mehr, wo weniger und wo gar keine Technik angebracht? Diese und ähnliche hier skizzierte Fragestellungen erfordern neue, integrierte Forschungsansätze, in denen Wissen über technische Prozesse und Wissen über menschliches Denken und Handeln gemeinsam weiterentwickelt wird. Je hybrider, komplexer und multidisziplinärer die Problemstellung ist, desto mehr muss eine potenzielle Lösungsstruktur sich dieser Situation anpassen. Die derzeitige Forschungslandschaft ist jedoch in dieser Hinsicht fragmentiert und daher nur bedingt in der Lage, sich den neuen Herausforderungen zu stellen (vgl. 1.5). Das Zukunftsfeld Mensch-Technik-Kooperationen spannt eine solche Lösungsstruktur auf. Sie bietet die erforderliche Integration von Wissen über den Menschen mit dem über die Technik und ermöglicht so den Eintritt in eine neue Qualität von Mensch-Technik-Kooperationen.

1.5 Akteure im Innovationssystem heute

Die Forschungslandschaft in Deutschland ist dicht besiedelt mit relevanten Akteuren und Gruppen, die in der Lage sind, die Entwicklung auf dem Gebiet der Mensch-Technik-Kooperationen entscheidend voranzubringen. Viele Forschungszweige, die zentral für das Zukunftsfeld sind, gehören zu Deutschlands Stärken, wie beispielsweise Robotik, Neurologie und Psychologie, Automatisierungstechnik und Maschinenbau.

In folgender Tabelle sind die Akteure aufgeführt, die sich derzeit mit Forschungsgegenständen beschäftigen, die auf vielfältige Weise für eine MTK-Forschung von Bedeutung sind. Die Typennummern werden in Abschnitt 1.6 *Zukunftsfähige Akteurskonstellationen* erläutert.

Akteure Mensch-Technik-Kooperationen

- | | |
|--|--|
| - Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (BITKOM), Berlin (Typ 1) | - European Media Laboratory GmbH, Heidelberg (Intuitive multimodale Benutzerschnittstellen u. a.) (Typ 3) |
| - Charité Universitätsmedizin Berlin, Klinik für Neurologie (Prof. Dr. G. Curio) (Typ 1) | - Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Angewandte Informatik (IAI) (Typ 3) |
| - Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), Forschungsbereich Sprachtechnologie (Prof. Dr. H. Uszkoreit), Saarbrücken (Typ 1) | - Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB), Karlsruhe (Typ 3) |
| - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Institut für Kommunikation und Navigation, Weßling (Typ 1) | - Fraunhofer-Institut für Integrierte Publikations- und Informationssysteme (IPSI), Darmstadt (Typ 3) |
| - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin ME, Köln (Typ 1) | - Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik GmbH, Fachbereiche Human Computer Interaction (Prof. Dr. P. Baudisch) (Typ 3) |
| - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Simulations- und Softwaretechnik (SISTEC), Köln (Typ 1) | - Humboldt Universität Berlin, Institut für Informationssysteme, Kognitive Robotik (Typ 3) |
| - Empolis GmbH, Kaiserslautern (Semantische Technologien) (Typ 1) | - Institut für Wissenschaft und Ethik (IWE), Bonn (Typ 3) |
| - Forschungszentrum Informatik (FZI), Karlsruhe (Typ 1) | - Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Abt. Wahrnehmung, Kognition und Handlung (Prof. Dr. H. H. Bühlhoff), Tübingen (Typ 3) |
| - Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK), Berlin (Typ 1) | - Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, Selbstständige Nachwuchsgruppe: Multisensorische Wahrnehmung und Handlung (Dr. M. Ernst) (Typ 3) |



- Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik (FIRST), Berlin (Typ 1)
- Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik (ISST), Berlin, Dortmund (Typ 1)
- Gesellschaft für Informatik e. V. (GI), Bonn (Typ 1)
- Gesellschaft für Technische Kommunikation e. V. (tekom), Stuttgart (Typ 1)
- Hertie-Institut für klinische Hirnforschung (HIH), Kognitive Neurologie, Tübingen (Typ 1)
- Intelligent Views GmbH, Darmstadt (Semantische Technologien)
- Klinik an der Technischen Universität München, Deutsches Herzzentrum München (DHM) (Typ 1)
- SAP Research Centers (SRC) und Campus-based Engineering Center (CEC); SRC Walldorf, CEC Darmstadt, CEC Dresden, CEC Karlsruhe (Typ 1)
- Technische Universität Braunschweig, Institut für Betriebssysteme und Rechnerverbund (Prof. Dr.-Ing. M. Beigl) (Typ 1)
- Technische Universität München, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (Typ 1)
- Technische Universität München, Lehrstuhl für Informatik-anwendungen in der Medizin & Augmented Reality (Prof. Dr. N. Navab) (Typ 1)
- Technische Universität München, Lehrstuhl für Medientechnik (Typ 1)
- Technischen Universität München, Lehrstuhl für Raumfahrttechnik (Typ 1)
- Universität Berlin, Berlin School of Mind and Brain (Geistes-, Verhaltens-, Neurowissenschaften) (Typ 1)
- Universität Bielefeld, Centrum für Biotechnologie (CeBiTec) (Typ 1)
- Universität Karlsruhe, Institut für Sport und Sportwissenschaft (Typ 1)
- Universität Leipzig, Biotechnologisch-Biomedizinisches Zentrum (BBZ) (Typ 1)
- Universität Leipzig, DFG-Forschergruppe 742, Grammatik und Verarbeitung verbaler Argumente (Typ 1)
- Universität Leipzig, Innovation Center Computer Assisted Surgery (ICCAS) (Typ 1)
- Universität Leipzig, Translational Centre for Regenerative Medicine (TRM) (Typ 1)
- Universität Marburg, Fachbereich Mathematik und Informatik (Prof. Dr. B. Freisleben) (Typ 1)
- Universität München, Allgemeine Psychologie I (Typ 1)
- Universität Stuttgart, Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW, Prof. Dr.-Ing. A. Verl) (Typ 1)
- Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin (Typ 2)
- Biotechnologisches Zentrum Dresden, Exzellenzcluster Regenerative Therapien Dresden (CRTD) (Typ 2)
- Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, Halle/ Saale (Typ 2)
- Max-Planck-Institut für Informatik, Exzellenzcluster Multimodal Computing and Interaction, Saarbrücken (Typ 3)
- SFB 550, Erkennen, Lokalisieren, Handeln: Neurokognitive Mechanismen und ihre Flexibilität, Tübingen (Typ 3)
- Technische Universität Berlin, AG Maschinelles Lernen/ Intelligente Datenanalyse (Typ 3)
- Technische Universität München, Institute of Automatic Control Engineering (LSR, Prof. Buss) (Typ 3)
- Technische Universität München, Lehrstuhl für Angewandte Mechanik (Typ 3)
- Technische Universität München, Lehrstuhl für Datenverarbeitung (Typ 3)
- Technische Universität München, Lehrstuhl für Realzeit-Computersysteme (Typ 3)
- Technische Universität München, Robotics and Embedded Systems (Typ 3)
- Transregional Collaborative Research Center 28, Cognitive Automobiles (Typ 3)
- Universität Augsburg, Institut für Informatik, Lehrstuhl für Multimedia-Konzepte und Anwendungen (Prof. Dr. E. André) (Typ 3)
- Universität Bielefeld, Technische Fakultät, AG Angewandte Informatik (Typ 3)
- Universität Bonn, Institut für Informatik, Department of Computer Science III and IV (Typ 3)
- Universität Bremen, Technologie-Zentrum Informatik und Informatik-ontotechnik (TZI, Prof. Dr. R. Malaka) (Typ 3)
- Universität der Bundeswehr München, Institut für Arbeitswissenschaft (IfA), Neubiberg (Typ 3)
- Universität Karlsruhe, Institut für Betriebs- und Dialogsysteme, Dialogsysteme und grafische Datenverarbeitung (Typ 3)
- Universität Karlsruhe, Institut für Produktentwicklung (IPEK, Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. A. Albers) (Typ 3)
- Universität Karlsruhe, Institut für Prozessrechenstechnik, Automation und Robotik (Typ 3)
- Universität Karlsruhe, Institut für Technische Informatik (ITEC), Industrielle Anwendungen der Informatik und Mikrosystemtechnik (IAIM), (Prof. Dr.-Ing. R. Dillmann) (Typ 3)
- Universität Paderborn, Institut für Humanwissenschaften (Typ 3)
- Universität Siegen, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und neue Medien (Prof. Dr. V. Wulf) (Typ 3)
- Universität Stuttgart, Institut für Philosophie (Prof. Dr. Ch. Hubig) (Typ 3)
- Universität Tübingen, Fakultät für Biologie, Lehrstuhl für Kognitive Neurowissenschaft (Prof. Dr. H. A. Mallot) (Typ 3)
- Universität Würzburg, Institut für Informatik, Lehrstuhl für Informatik 6, Künstliche Intelligenz und Angewandte Informatik (Prof. Dr. F. Puppe) (Typ 3)
- Universitätsklinikum Bonn, Medizinische Fakultät, Zentrum für Nervenheilkunde, Abteilung für Medizinische Psychologie (Prof. Dr. med. Dr. phil. H. Walter) (Typ 3)
- Deutsche Servicerobotik Initiative (DESIRE) (Typ 4)
- Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik (IBMT), St. Ingbert (Typ 4)



- Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech), München (Typ 2)	- Fraunhofer-Institut für Grafische Datenverarbeitung (IGD), Darmstadt (Typ 4)
- Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen e. V. (DZNE), Bonn (Typ 2)	- ICT&S Center Advanced Studies and Research in Information and Communication Technologies & Society, Universität Salzburg (Typ 4)
- Forschungszentrum Jülich (FZJ) (Typ 2)	- Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Philosophie, New Field Group »Autonome technische Systeme« (Prof. Gutmann) (Typ 4)
- Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) (Typ 2)	- Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Institut für Anthropomatik (IFA), Intelligente Sensor-Aktor-Systeme (ISAS) (Typ 4)
- Georg-Simmel-Zentrum für Metropolenforschung, Berlin (Typ 2)	- SFB 453, Wirklichkeitsnahe Telepräsenz und Teleaktion, München (Typ 4)
- Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik GmbH, School of Design Thinking (Prof. U. Weinberg) (Typ 2)	- SFB 588, Humanoide Roboter: Lernende und kooperierende multimodale Roboter, Karlsruhe (Typ 4)
- Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt, Neuherberg (Typ 2)	- Technische Universität Berlin, Graduiertenkolleg prometei (Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion) (Typ 4)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (IEEE), German Section (Typ 2)	- Technische Universität Berlin, Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaften, Zentrum für Mensch-Maschine-Systeme (ZMMS, Prof. Dr.-Ing. M. Rötting) (Typ 4)
- Internationales Institut für Sozio-Informatik (IISI), Bonn (Typ 2)	- Technische Universität München, Cluster of Excellence Cognition for Technical Systems (CoTeSys) (Typ 4)
- Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin (Typ 2)	- Universität Bielefeld, Center of Excellence Cognitive Interaction Technology (CITEC) (Typ 4)
- Universität Berlin, Hermann von Helmholtz-Zentrum für Kulturtechnik (Typ 2)	- Universität Bielefeld, Research Institute for Cognition and Robotics (CoR-Lab) (Typ 4)
- Universität Frankfurt am Main, Exzellenzcluster »Die Herausbildung normativer Ordnungen« (Typ 2)	- Universität Heidelberg, Zentrum für Phänomenologie und Neurowissenschaften, im Aufbau bis Anfang 2010 (Prof. Dr. M. Gessmann) (Typ 4)
- Universität Leipzig, Institut für Biologie II, Forschungsbereich Gehirn, Kognition und Sprache (Typ 2)	- Universität Mainz, Philosophisches Seminar, Interdisziplinärer Forschungsschwerpunkt Neurowissenschaften (IFSN) und Arbeitsbereich Neuroethik (Prof. Dr. T. Metzinger) (Typ 4)
- Universität Osnabrück, Institut für Kognitionswissenschaft (Prof. Dr. P. König) (Typ 2)	- Universität Tübingen, Interfakultäres Zentrum für Ethik in den Wissenschaften (IZEW) (Typ 4)
- Universität Stuttgart, Internationales Zentrum für Kultur und Technikforschung (IZKT, Prof. Maag) (Typ 2)	
- Zentrum für Bioinformatik Saar (ZBI), Saarbrücken (Typ 2)	
- Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), Bremen, Robotics Innovation Center (Prof. Dr. F. Kirchner) (Typ 3)	
- Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), Saarbrücken, Agenten und Simulierte Realität (Prof. Dr. P. Slussalek) (Typ 3)	
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Institut für Robotik und Mechatronik, Weßling (Typ 3)	

Tabelle 1: Akteure Mensch-Technik-Kooperationen im Jahr 2009

1.6 Zukunftsfähige Akteurskonstellationen

Viele der Forschungseinrichtungen sind auf ihrem Gebiet internationale Spitze. Um allerdings die neue Komplexität angehen zu können, wie sie in der Forschungsperspektive der Mensch-Technik-Kooperationen erscheint, müssen einige strukturelle Veränderungen in Angriff genommen werden.

Im Rahmen unserer Potenzialanalyse werden jene Akteure dargestellt, die ein großes Potenzial für tragfähige Kooperationen im Bereich des MTK-Feldes aufweisen. Diese Akteure sind in unterschiedlichem Maße *zukunftsfähig* im spezifischen Kontext einer MTK-Forschung. Um die sachbedingt heterogenen Ergebnisse zu strukturieren, wurde eine Typisierung anhand von zwei Parametern vorgenommen. Diese Typisierung liefert eine Richtschnur für sinnvolle tragfähige



ge Akteurskonstellationen. Schließlich folgen aus Zusammenstellung und Typisierung der Akteure Schlussfolgerungen und Empfehlungen.

Die Analyse für potenzielle Partnerschaften in Deutschland für MTK-Forschung hat eine sehr heterogene Gruppe von Akteuren ergeben, die alle in Bezug auf das Thema relevant sind. Aufgelistet werden nur Akteure, die bereits von ihrer disziplinären Vielfalt oder ihren thematischen Schwerpunkten her eine gewisse Nähe zum neuen Zukunftsfeld aufweisen. Natürlich haben darüber hinaus viele weitere Bereiche Einfluss auf die Forschung und Entwicklung der neuen Perspektive; es konnte jedoch nicht Anliegen der Potenzialanalyse sein, eine umfassende Auflistung jeder möglichen Abhängigkeit im deutschen Forschungssystem zu erstellen. Um zu sinnvollen potenziellen Partnerschaften zu gelangen, war es wichtig, nur den **engeren Kreis** an relevanten Akteuren aufzunehmen. Die Forschungsbereiche, in denen diese Akteure agieren, sind auf dem äußeren Ring von Abbildung 1 aufgeführt.

Beispielsweise sind **Autonome Robotik** und **Teleaktion** als Forschungsbereiche aufgeführt, Mechatronik, Maschinenbau und Physik aber nicht. Diese wichtigen, aber allgemeineren Bereiche sind sozusagen auf einem Ring außerhalb der Darstellung zu denken. Genauso sind Akteure dieser Bereiche nicht etwa irrelevant, sondern nur, was die Darstellung in dieser Potenzialanalyse betrifft, nicht mehr innerhalb des dargestellten Bildes.

Clusterung in Akteurstypen

Alle aufgenommenen Akteure wurden nach zwei Parametern geclustert: zum einen nach ihrer **disziplinären Diversität** und zum anderen nach ihrer thematischen **Nähe zur MTK-Perspektive**.

Das Maß der Interdisziplinarität und der Integration verschiedener Wissensbereiche eines Forschungszusammenhangs muss der Vielseitigkeit des Forschungsgegenstandes entsprechen. Wie bereits deutlich wurde, verlangt Mensch-Technik-Forschung per definitionem die Integration von sehr unterschiedlichen Disziplinen. Das Maß der **disziplinären Diversität** ist ein entscheidender Faktor, um sich für das neue Zukunftsfeld zu qualifizieren.

Des Weiteren finden sich in der gegenwärtigen Forschungslandschaft viele Akteure, deren Forschungsgegenstände eine Schlüsselrolle für weitere Entwicklungen auf dem Weg zur neuen Forschungsperspektive einnehmen, ohne jedoch bereits die spezifische Perspektive des MTK-Feldes erkennen zu lassen. So sind etwa Fortschritte auf dem Gebiet der Semantischen Technologien wegbereitend für weite Bereiche der MTK-Forschung; die thematische **Nähe zur MTK-Perspektive** jedoch hängt von weiteren Aspekten ab, von den Auswir-



kungen auf das Verhältnis von Mensch und Technik etwa oder dem Potenzial, das menschliche Selbstverständnis fundamental zu beeinflussen.

→ Nähe zur MTK-Perspektive →	Akteure Typ 3	Akteure Typ 4
	Akteure Typ 1	Akteure Typ 2
	→ Disziplinäre Diversität →	

Abbildung 3: Vier Cluster der Akteurstypen

Abbildung 3 zeigt die vier Cluster, die sich ergeben, wenn diese beiden Parameter als Achsen angelegt werden.

Akteure des Typs 1 weisen eine geringe disziplinäre Diversität auf und haben eine relativ große Distanz zur MTK-Perspektive. Das heißt, Typ-1-Akteure erforschen eher die Grundlagen des Zukunftsfeldes und sind entweder Einzeldisziplinen oder aus sehr benachbarten Disziplinen zusammengesetzt. Beispielsweise sind dies Informatik- oder Technik-Institute, »Semantic-Technology«-Entwickler oder Kliniken.

Akteure des Typs 2 haben eine ähnliche Distanz zur MTK-Perspektive, kooperieren aber stärker mit anderen und weiter entfernten Disziplinen. Hier finden sich – allein schon wegen ihrer Organisationsstruktur – eher Akademien, Zentren, Netzwerke, Exzellenzcluster und Institute, die das Potenzial weiter interdisziplinärer Kooperation erkannt und umgesetzt haben.

Typ-3-Akteure adressieren Forschungsgegenstände, die nahe an den Bereich der MTK-Forschung herankommen und spezifisch an potenziellen Kernbereichen des Zukunftsfeldes arbeiten. Allerdings sind dies wiederum einzeldisziplinäre Akteure oder solche, die in schwacher bzw. enger Interdisziplinarität forschen, nicht die geforderte Perspektivenbreite und neue Qualität an integrierter Forschung umsetzen: Akteure im Bereich Robotik, Software Agenten, Maschinelles Lernen oder »Embedded Systems«

Akteure des Typs 4 schließlich forschen, wie die des Typs 2, in großer disziplinärer Diversität und adressieren, wie die Akteure des Typs 3, ein zentrales Forschungsthema bzw. zentrale Forschungsthemen des Zukunftsfeldes.



Die vier Akteurstypen lassen sich in der oben verwendeten Darstellung (Abbildung 3) verorten. In Abbildung 4 sind sie mit den entsprechenden Ziffern 1 bis 4 eingetragen, wobei »1« die Typ-1-Akteure lokalisiert, die einem einzelnen Forschungsgebiet zugeordnet werden können, »2« die interdisziplinäre Kooperation mehrerer Forschungsgebiete anzeigt (Typ-2-Akteure), »3« auf eine konkrete Verbindung einer Einzeldisziplin mit einem der Kernthemen im Zentrum verweist (Typ-3-Akteure) und »4« interdisziplinär angegangene Forschungsvorhaben mit hohem Zukunftspotenzial für die MTK-Perspektive anzeigt (Typ-4-Akteure).

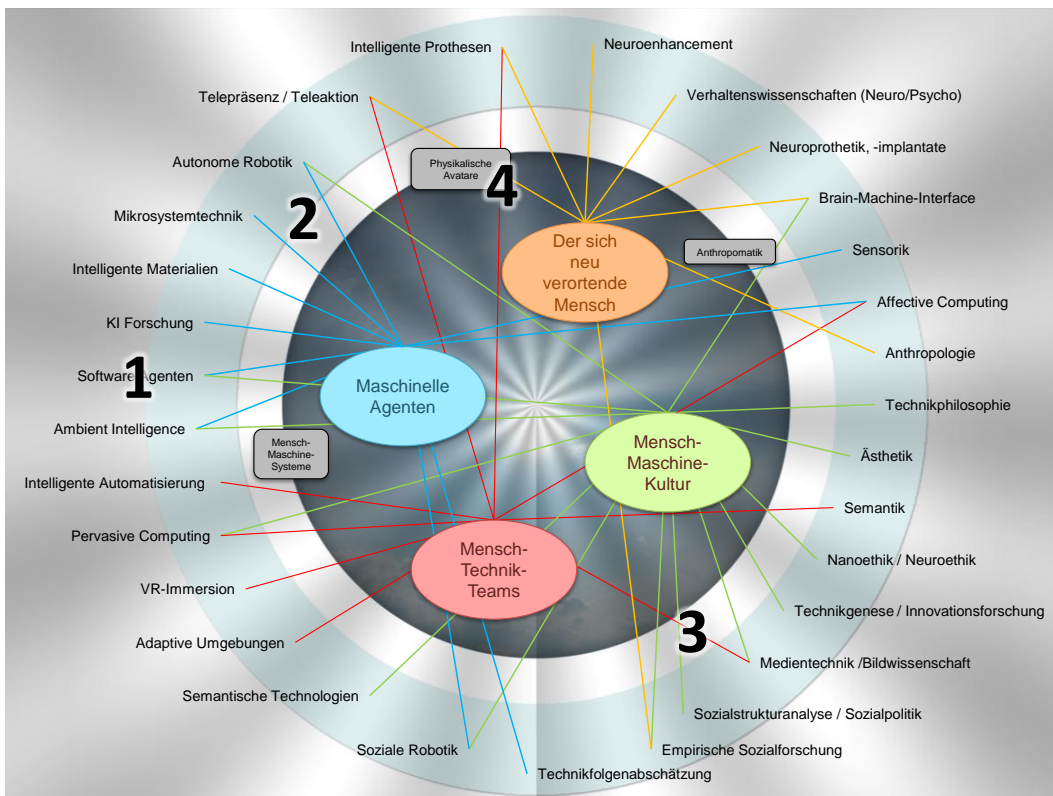


Abbildung 4: Akteurstypen, den zukünftigen Forschungsrichtungen zugeordnet

Schlussfolgerungen

Die unterschiedliche Anzahl der Akteure der einzelnen Typen lässt einige Aussagen über die Forschungslandschaft in Deutschland in Bezug auf das Zukunftsfeld zu.

Die Gruppe mit geringerer disziplinärer Diversität (Typ 1 und 3) ist fast dreimal so groß wie die Gruppe der interdisziplinär forschenden. Dabei handelt es sich bei allen Akteuren bereits um den engeren Kreis der nach thematischen Kriteri-



en ausgewählten Akteure. Die Forderung der Wissensintegration als Bedingung für Spitzenforschung in neuen komplexen Gebieten ist also noch nicht auf breiter Basis in der Forschungsstruktur verankert, auch wenn sich zumindest ein Bewusstsein für die Notwendigkeit fachübergreifender Forschung durchzusetzen scheint. Dennoch ist es nach Einschätzung sämtlicher im Rahmen des Foresight-Prozesses befragter Akteure nach wie vor äußerst schwierig, gegen gewachsene Grenzen zu agieren und den zunächst hohen Mehraufwand an Integration und Kommunikation zu leisten.³² Vor allem die beiden großen Wissensbereiche der Technikwissenschaften und der Sozial- und Geisteswissenschaften müssen in der Praxis näher zusammenrücken.

Auch die Aufteilung anhand der Nähe zur MTK-Perspektive zeigt, wie weit der Weg zum beschriebenen neuen Zukunftsfeld noch ist. Es zeigt sich, dass selbst unter jenen Akteuren, die nah genug am Thema sind, um in der Liste der identifizierten Akteure zu erscheinen, der deutlich größere Teil im Vergleich zu einigen Vorreitern immer noch weit von zentralen Fragestellungen des MTK-Feldes entfernt ist.

Die wenigen Akteure des Typs 4 zeigen am ehesten das Potenzial, in den Kern des Feldes Mensch-Technik-Kooperationen mit seinen zentralen Forschungsbereichen (Abbildung 4, Kreis in der Mitte) vorzudringen. Aber diese Gruppe ist verhältnismäßig klein und auch noch wesentliche Schritte davon entfernt, im Sinne einer neuen Qualität von integrierter Forschung im komplexen Zukunftsfeld aktiv und kreativ werden zu können.

Es ist zur Umsetzung des MTK-Forschungsbedarfs Grundlegenderes nötig als die reine Erhöhung der disziplinären Diversität. Einige mögliche Schritte, anstehende Aufgaben und weiterführende Empfehlungen folgen daher in Abschnitt 1.7.

³² Beispielhaft sei auf die jüngste Veröffentlichung der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften acatech (2009) zu »Intelligenten Objekten« (ein Teilbereich der MTK-Forschung) verwiesen. Dort lautet eine Empfehlung **Verstärkte Interdisziplinarität** (S. 34). Folgende Aussage über Intelligente Objekte gilt auch für den Gesamtbereich MTK:

»Die Entwicklung von Intelligenten Objekten wird typischerweise nicht von einer einzigen Fachdisziplin geleistet. Kenntnisse und Kompetenzen einer Vielzahl von Fachrichtungen müssen zusammenfließen. An vielen Entwicklungsprojekten sind allerdings ausschließlich technische Disziplinen beteiligt, die zudem häufig verwandt oder benachbart sind.

> acatech empfiehlt: Die besondere gesellschaftliche Relevanz der Entwicklungen im Bereich der Intelligenten Objekte macht eine verstärkte sozial- und geisteswissenschaftliche Begleitung notwendig. Es ist insbesondere eine möglichst direkte Beteiligung der nicht-technischen Disziplinen an der Produktentwicklung im Sinne eines nutzerorientierten Designs wünschenswert. Sozial- und Geisteswissenschaften sollten gemeinsam mit den Technikwissenschaften an der Produktentstehung und der Produkterprobung mitwirken. Das Mühevollere solcher Auseinandersetzungen und Projekte ist bekannt. Trotzdem ist diese interdisziplinäre Integration die beste Möglichkeit, eine unreflektiert betriebene Technikentwicklung zu vermeiden, die an den Wünschen, Bedürfnissen und kulturellen Werten vorbeigeht und damit letztlich auch zu wirtschaftlichen Verlusten führen kann.« (Acatech 2009a, S. 34)

In der Diskussion am acatech-Forum vom 28.05.2009 brachten alle Referenten (siehe Quellen) das Bedürfnis nach und die Probleme im Umgang mit Interdisziplinarität zur Sprache.



1.7 Empfehlungen

Im Sinne der hier vorgenommenen Strukturierung des komplexen Akteursfeldes zeichnen sich aus Sicht der Themenkoordinatoren folgende Aufgaben ab:

- Akteure des Typs 1, 2 und 3 auf dem Weg zu einer Ausprägung des Typs 4 systematisch unterstützen,
- Vordringen der Typ-4-Akteure zu den Kernbereichen des Zukunftsfeldes ermöglichen,
- Akteure jeden Typs für den direkten Sprung auf die neue Forschungsebene vorbereiten,
- Gründung neuer Institutionen und Integration jener Akteure, die noch außerhalb des hier dargestellten Rahmens liegen und sich noch weniger als die Gruppe Typ 1 und 2 an der MTK-Forschung beteiligen, hier aber dringend gebraucht werden.

Um allen Akteuren die Grenze zum inneren Kreis des Zukunftsfeldes zu öffnen, müssen aus Sicht der Themenkoordinatoren Vermittlungsprozesse koordiniert, Integration gefördert, Institutionen, Strukturen, Organisationen reorganisiert und – wo nötig – neu gegründet werden. Folgende Punkte sind nach Auffassung von Experten die Bedingungen für eine neue Qualität an Forschung:

- weitere und breitere Vernetzung über eine Vielzahl von Disziplinen (technische und nicht technische) hinweg,
- gänzliches Auflösen einiger Fachgrenzen, um die Fusion neuer, adäquater Disziplinen herbeizuführen,
- institutionelle und strukturelle Weichenstellung, um Wissensintegration aus bisher separaten und inkompatiblen Wissenssphären zu ermöglichen,
- Diffusion der speziellen Perspektive, die das Zusammenspiel des menschlichen und technischen Wandels in den Mittelpunkt rückt, damit Einzelentwicklungen im Bezug auf ihren Mensch-Technik-Gesamtzusammenhang begriffen werden.

Strategische Dialoge könnten aus Sicht der Themenkoordinatoren wichtige Verständigungsprozesse leisten. Die allgemein als unentbehrlich bewerteten grundsätzlichen Begriffsdebatten, die eine gelingende Wissensintegration bedingen, könnten hier geführt werden.

