



## Themen der Ausgabe:

Dr. Anette Hilbert und Jürgen Berger:

Mensch-Technik-Interaktion: ein Thema mit Perspektive(n)

Dr. Kristina Hartwig:

Wird's besser? Wird's schlimmer? Was kann Technik?

Dr. Kristian Döbrich:

Technik schafft Sicherheit für den Menschen

Dr. Katrin Gaßner:

Mobility 2.0

Dr. Andi Winterboer:

Intuitive Kommunikation und Interaktion mit Technik

Dr. Matthias Seydack:

Das Klima schützen - Energie effizient nutzen

Lutz-Günter John:

Roboter und Menschen – wie geht es weiter?

Alfons Botthof:

Damit alles mit „rechten“ Dingen zugeht ...

Dr. Monika Huber:

Mensch und Technik – eine komplizierte Beziehung?

innovation positioning system  
ist ein Service der VDI/VDE  
Innovation + Technik GmbH  
Steinplatz 1  
10623 Berlin

inhaltlich verantwortlich:  
Simone Ehrenberg-Silies und  
Sandra Rohner  
+49 30 310078-111  
ips@vdivde-it.de  
www.vdivde-it.de/ips

## Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser,

der Mensch interagiert mit Technik seit der Erfindung des Faustkeils – so der augenzwinkernde Hinweis in Anette Hilberts und Jürgen Bergers Artikel Mensch-Technik-Interaktion: ein Thema mit Perspektive(n).

So könnte man meinen, dass das Thema Mensch-Technik-Interaktion beinahe so alt wie die Menschheit selbst ist. Dies ist auch richtig! Allerdings stellen sich Fragen der Mensch-Technik-Interaktion heute in einer neuen Qualität.

Mit der ständigen Fortentwicklung von Technologien in Feldern wie Autonome Robotik, Kognitive Assistenz- und Kooperationsysteme, Medizintechnik, Adaptive Umgebungen, Neuroprothetik und Sensorik hat sich die Beziehung zwischen Mensch und Technik maßgeblich verändert. Technik ist heute überlebensnotwendig und – unter Umständen - überlebensbedrohlich zugleich. Sie erweitert und schränkt unsere Handlungsmöglichkeiten ein. Sie ist unverzichtbarer Begleiter und verzichtbares Spielzeug. Umso mehr liegt unser Augenmerk heute auf der Schnittstellenverbesserung zwischen Mensch und Technik sowie auf ethischen, rechtlichen und sozialen Rahmenbedingungen für eine effiziente und am Menschen orientierte Technologienutzung.

Diese spannende Ausgangslage ist Anlass genug für den Bereich Mikrosystemtechnik, auf dessen Initiative diese IPS-Ausgabe maßgeblich zurückgeht, Sie gemeinsam mit den Redakteurinnen auf einen Blick hinter die Kulissen der Ideenwerkstatt ‚Mensch-Technik-Interaktion‘ einzuladen. Machen Sie sich selbst ein Bild, wie vielfältig dieses Thema ist und welche Fragestellungen diesbezüglich Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in unserem Haus zurzeit umtreiben.

Kristina Hartwig beleuchtet beispielsweise das Potenzial von Technologien aus dem Bereich Mensch-Technik-Interaktion zur Erhaltung von Gesundheit und Kompensation von körperlichen Funktionsverlusten. Die personalisierte Medizin(-technik) zählt heute zu einem der dominierenden Trendthemen in der Gesundheitswirtschaft. Um jedoch den vielen unbeantworteten Fragen – z.B. mit Blick auf den Datenschutz - zu begegnen, empfiehlt sie Kriterien für die Evaluation eines outcome-bezogenen Nutzen von Technologien zu entwickeln.

Lesen Sie im Artikel von Monika Huber, wie schwierig es ist, allgemein gültige Regeln dafür aufzustellen, wer die Letztentscheidungskompetenz in der Beziehung zwischen Mensch und Technik haben soll. Diese uneingeschränkt dem Menschen zuzuschreiben, erscheint angesichts jüngster Katastrophen - wie der Havarie des Kreuzfahrtschiffes Costa Concordia - ambivalent. Kristian Döbrich ist der Auffassung, dass die Verbesserung von Mensch-Technik-Schnittstellen, also ein besseres „Verständnis“ der Technik von menschlichen Handlungs- und Denkweisen, vor allem im Bereich sicherheitskritischer Technologien notwendig ist. Katrin Gaßner und Matthias Seydack machen sich Gedanken über eine sinnvolle Verknüpfung von Technologien und der Entwicklung neuartiger Mensch-Maschine-Schnittstellen zur ressourcenschonenden Optimierung von Mobilitätsketten und zum effizienteren Umgang mit Energie und Ressourcen. Andi Winterboer wirft in seinem Artikel einen kritischen Blick auf die jüngsten Entwicklungen im Feld der Sprach-, Gesten- und Bewegungsschnittstellen und plädiert dafür, dass bei der Schnittstellenentwicklung stärker auf deren Kompatibilität mit sozialen Kontexten geachtet werden sollte. Lutz-Günter John lädt uns auf eine Reise in die Zukunft ein, in der wir uns mit Robotern in gleichen Räumen bewegen, und erklärt, weshalb wir heute aus gutem Grund meistens in strikt voneinander getrennten Sphären leben und arbeiten. Dass wir uns heute schon Gedanken darüber machen müssen, welche haftungs-, versicherungs-, daten- und arbeitsschutzrechtlichen Fragen auf uns zukommen, wenn Roboter und autonome Systeme mehr und mehr von uns genutzt werden, ist wiederum ein zentrales Anliegen Alfons Botthofs.

Gemeinsam mit dem Bereich MST wünschen wir Ihnen nun eine anregende Lektüre und freuen uns auf Ihre Anmerkungen und Ideen!

**Simone Ehrenberg-Silies und Sandra Rohner**

## Mensch-Technik-Interaktion: ein Thema mit Perspektive(n)

### Die Alltagsperspektive

... ist die des rasanten Erfahrungsgewinns und der schnell einsetzenden Gewöhnung an Technik. Wie haben wir noch vor wenigen Jahren gelebt, in einer gar nicht so fernen Vergangenheit, als wir nicht an jedem Ort, zu jeder Zeit im Netz waren, um uns zu orientieren, zu kommunizieren, Informationen zu sammeln oder weiterzugeben. Ohne Apps, ohne GPS, ohne 3D-Kino, ohne Online-Käufe, ohne E-Books, ohne verteilte Plagiatsrecherchen in Doktorarbeiten, mit sozialen Netzwerken nur für Nerds, mit simplen Notrufsystemen lediglich für wohlhabende Senioren, mit Navigationssystemen, die Luxus-Autos vorbehalten waren. Alles ist nach kurzem Staunen in den Alltag und unsere Erfahrung integriert worden. Vor allem von den Jungen, die heute schon Alltagsleben ohne Technik kaum noch (nach)vollziehen können.

### Die Perspektive der Wirtschaft

... ist durch Umbrüche von ganzen Industrien geprägt. Vor kurzem beschwor Daimler-Chef Zetsche im Interview mit der Frankfurter Allgemeinen das Zusammenwachsen von Automobil-, Elektronik- und Informationstechnologien und sprach von neuen Herausforderungen in Bezug auf Kompetenzen und strategische Partnerschaften seines Unternehmens. Für den traditionell starken deutschen Maschinenbau entstehen Chancen durch den Einsatz von Robotik und neuartige Interaktionsformen in Mensch-Technik-Teams. In der Gesundheitsversorgung werden personalisierte Präventions- und Therapieansätze durch das Zusammengehen von Pharma, Medizintechnik und personalisierten Dienstleistungen möglich. In vielen Branchen werden also neue Modelle von Mensch-Technik-Interaktion erprobt und kommerzialisiert.

### Die Perspektive der Forschung

... ist keine einer einzelnen Disziplin, die hier die Themenhoheit für sich beanspruchen könnte. Die Informationstechniker vernetzen Systeme und analysieren Daten, die Mikrotechnologen machen die Geräte immer kleiner und funktionsreicher, Materialwissenschaftler untersuchen Biokompatibilität, Sprachtechnologien und Sensortechnologen suchen nach möglichst natürlichen Schnittstellen...

Beiträge zum Forschungsfortschritt werden vor allem an den Übergängen der technischen Disziplinen geleistet. Die Technologieforscher erbringen gemeinsam Beiträge und müssen nun auch mit denen reden, die menschlichem Verhalten und den individuellen und gesellschaftlichen Wirkungen von Technik auf der Spur sind, mit den Psychologen, Sozialwissenschaftlern, auch Juristen und Technikfolgenforschern.

In der technologischen Forschung wird häufig davon gesprochen, Technik „intelligent“ machen zu wollen. Fast immer ein vermessener Anspruch, da menschliche Intelligenz noch nicht annähernd erreicht wird. In Wahrheit geht es schrittweise darum, die Technik zum komplexeren Erfassen von Informationen zu bringen, zu differenzierteren Interpretationen des Datenmaterials, zu an Menschen und Kontexten besser angepassten Optionen der Aktion und Reaktion.



**Dr. Anette Hilbert**

Dr. Anette Hilbert ist promovierte Ökonomin mit den Schwerpunkten Innovationspolitik und Forschungsförderung.

[anette.hilbert@vdivde-it.de](mailto:anette.hilbert@vdivde-it.de)



**Jürgen Berger**

Jürgen Berger ist Physiker und geht den Fragen von Innovation und Technik gern auf den Grund.

[juergen.berger@vdivde-it.de](mailto:juergen.berger@vdivde-it.de)

Beide Autoren leiten gemeinsam den Bereich Mikrosystemtechnik in der VDI/VDE-IT.

### Die Perspektive der Kunst

... ist gerne nihilistisch. Romane und Filme sehen den Menschen in den Fängen einer übermächtigen technischen Matrix, von Avataren umgeben. Sie malen apokalyptische Visionen von Unterdrückung und Entmündigung. Es scheint manchmal, als könnten Künstler nur dann nicht ausschließlich an dräuende Gefahren der Technik denken, sondern differenzierender auch an Fortschritt, wenn sie sich selbst auch produktiv mit Technologien beschäftigen. Das galt im 15. Jahrhundert für den Brücken- und Maschinenkonstrukteur Leonardo da Vinci wie heute für Video- und Installationskünstler, die modernste Technologien für eine aus ihrer Sicht zeitgemäße Kunst nutzen.

### Die Zukunftsperspektive

... hat vor allem mit der Autonomie des Lernens und Entscheidens zu tun. Der Mensch lernt besser, Technik in sein Leben zu integrieren, und wahrscheinlich verkümmern gleichzeitig auch gute alte Fähigkeiten (Wie gut ist räumliche Orientierung noch, wenn immer ein Navigationssystem bereitsteht und wer merkt sich noch Telefonnummern?). Der Mensch muss immer und autonom entscheiden können, welche Spielräume er Technik zugesteht, und verstehen können, was Technik mit ihm macht, selbst wenn er die Details nicht mehr nachvollziehen kann. Wirklich anders wird das Leben dann, wenn Maschinen im kognitiven Sinne lernen und ihr eigenes Agieren an das Gelernte anpassen können.

Mensch-Technik-Interaktion ist also ein originäres Zukunftsfeld, was auch der Foresight-Prozess des BMBF bestätigt hat. Vieles steht am Anfang, auch wenn das Thema schon vor tausenden Jahren, sozusagen mit dem Faustkeil, ins menschliche Bewusstsein und Handeln rückte. Und zweifelsohne handelt es sich um ein Thema mit einer Vielfalt von Perspektiven und Facetten. Ob man nun von Mensch-Technik-Interaktion oder Mensch-Technik-Kooperation spricht, hat dann auch wieder mit der Perspektive auf dieses Thema zu tun. Kooperation ist Handeln, das auf der Willensäußerung und der Vereinbarung zwischen zwei oder mehreren gleichberechtigten Parteien basiert. Aber gleichberechtigt soll eine Maschine eben nicht sein. Wenn der Anspruch vertreten wird, dass Technik stets unterstützend und nach menschlichem Maß „dienen“ soll, haben wir es mit Interaktion zu tun.

## Wird's besser? Wird's schlimmer? Was kann Technik?

Vor wenigen Tagen überraschte unsere elfjährige Tochter mit der Nachricht, dass sie 104 Jahre alt werde. Ein Freund hat auf seinem Smart Phone eine „App“, mit der man nach der Beantwortung einiger Fragen seine Lebenserwartung ermittelt bekommt. Ich hoffe, genauso wie die meisten Eltern dieser Welt, dass dieses hoffentlich lange Leben glücklich, erfüllt und gesund verlaufen wird. Auch wenn es sich bei der App um ein Spiel handelt, haben unsere Kinder in der Tat gute Chancen, die in den letzten Jahrzehnten deutlich gestiegene Lebenserwartung noch zu übertreffen.

Zwei Dinge sind daran interessant:

1.) Die zunehmende Nutzung von Technik und neuen Medien im privaten Bereich verdeutlicht das inzwischen erreichte Maß an Selbstverständlichkeit im Umgang mit ihr. Gesundheit betrifft die Menschen ganz persönlich. Es zeichnet sich ab, dass die moderne Gesellschaft zukünftig mehr und mehr Technik nutzen wird, um den eigenen Gesundheitszustand zu ermitteln, sich gesund zu erhalten und gezielt präventiv zu wirken.

2.) Ein langes und gesundes Leben hängt von vielen Faktoren ab: Veranlagung, Ernährung, Alkohol- und Nikotinkonsum, körperliche Betätigung, Lebensstil, soziale Lage, psychische Konstitution sowie die Familiengeschichte spielen maßgebliche Rollen.

Von Weitem betrachtet wissen wir damit doch schon fast alles. Was wollen wir denn noch? Eine Garantie darauf, dass wir nach einem langen Leben gesund sterben werden, kann uns keiner geben. Bei genauerem Hinsehen hat Technik jedoch durchaus dazu beigetragen, dass die Lebenserwartung der Menschen zum Teil erheblich gestiegen ist. Der Einsatz von Technik und Technologien ermöglicht immer gezieltere Diagnosen, Therapien, präventive und rehabilitative Maßnahmen. Bahnbrechende Entdeckungen der Medizin von Antisepsis bis zu moderner Zahnheilkunde wären ohne den Einsatz von Technologien nicht denkbar gewesen.

Inzwischen ist Technik und sind technische Systeme so weit gereift, dass sie ganz besonders eng an den Menschen herandrücken können. Herzschrittmacher geben nicht nur den richtigen Takt vor, sie erfassen auch Veränderungen und kommunizieren mit der Außenwelt. In Notfällen können sie mit einer gezielten Defibrillation Leben retten. Intelligente Prothesen erkennen ansatzweise, was ihr Nutzer vorhat und unterstützen ihn spezifisch und zunehmend kontextsensitiv. Ärzte und technische Systeme interagieren miteinander, z.B. in der interventionellen Medizin, im Operationssaal und bei endoskopischen Eingriffen. Technik trägt zur Patientensicherheit bei und hilft im System Krankenhaus, Abläufe zu kontrollieren.

Die Weiterentwicklung von Technologien, drahtlose Kommunikationsmöglichkeiten, neue Energiekonzepte, hochpräzi-



### **Dr. Kristina Hartwig**

Dr. Kristina Hartwig ist Biochemikerin. Als Seniorberaterin im Bereich Mikrosystemtechnik beschäftigt sie sich mit Themen rund um Medizin und Technik.

[kristina.hartwig@vdivde-it.de](mailto:kristina.hartwig@vdivde-it.de)

se, miniaturisierte Sensoren und Aktoren sowie Fortschritte in der molekularbiologischen Forschung, die eine individualisierte Betrachtung von Gesundheits- und Krankheitszuständen versprechen, legen den Grundstein für eine ganze Palette neuer Anwendungen. Anwendungen, die die Umsetzung einer auf jeden Menschen zugeschnittenen Medizin realistischer machen. Diese geht über die Stratifizierung von Patienten-Subklassen für die Voraussage der Wirkung von Medikamenten hinaus. Zu ihr zählen beispielsweise Implantate, die mithilfe spezifischer Sensoren individuelle Stoffwechsellustände erkennen und so helfen, chronische Krankheiten zu überwachen und gezielt und genauestens dosiert zu therapieren. Gehirn-Computer-Interfaces könnten zukünftig Assistenzsysteme steuern, die gelähmten Personen wieder zu mehr Eigenständigkeit verhelfen. Bionische Prothesen könnten fehlende Gliedmaßen bestmöglich ersetzen.

Das besondere Potenzial einer noch engeren Mensch-Technik-Interaktion liegt darin, Menschen darin zu unterstützen, sich so lang wie möglich gesund zu erhalten, dabei zu helfen nach oder trotz Unfall bzw. chronischer Krankheit wieder am gesellschaftlichen Leben teilnehmen zu können und gezielt sowie auf jeden einzelnen zugeschnitten zu operieren, zu therapieren, zu interagieren. Benötigt wird eine Menge weiterer Forschungsanstrengungen zu Langlebigkeit, Zuverlässigkeit und der Zusammenführung von Daten zu einfach verständlichen und klaren Handlungsempfehlungen. Darüber hinaus sind Sicherheit, insbesondere Datensicherheit, Systemintegration sowie die Schaffung weiterer Grundlagen für die personalisierte Medizintechnik zentrale Forschungsthemen. Begleitend benötigen wir allerdings auch eine Erfassung der Grenzen von Technik und Technologien. Wenn wir mit viel Aufwand messtechnisch darstellen, was wir mit bloßem Auge hätten sehen und mit bloßem Menschenverstand hätten interpretieren können, haben wir nichts gewonnen.

Es gilt daher, Evaluationskriterien zu entwickeln, die den outcome-bezogenen Nutzen von Technologien im Gesundheitswesen herausstellen - eine methodisch anspruchsvolle Aufgabe. Aber eine enge Mensch-Technik-Interaktion konfrontiert uns auch mit bisher nicht gekannten Nutzendimensionen und Begleiteffekten. Und darüber müssen wir uns ebenfalls Gedanken machen.

## Technik schafft Sicherheit für den Menschen

**Die Sicherheit des Menschen in der modernen Gesellschaft hängt wesentlich von einer unterbrechungsfreien Versorgung mit Elektrizität und Kraftstoffen, Wasser und Lebensmitteln sowie von einer reibungslosen Funktion von Informations- und Verkehrsinfrastruktur und Warenflüssen ab. Dafür wird in diesen Bereichen bereits heute eine Vielzahl technischer Systeme eingesetzt. Die dabei eingesetzten technischen Systeme bieten allerdings noch Verbesserungspotenzial, das unter anderem dadurch erschlossen werden kann, dass intelligentere Systeme besser und intensiver mit dem Menschen interagieren.**

Der Abend des 04. November 2006, die 380-kV-Hochspannungsleitungen über die Ems im Landkreis Leer werden abgeschaltet, um dem hoch aufragenden Luxusliner „Norwegian Pearl“ die Fahrt von der Werft in Papenburg in die Nordsee zu ermöglichen. Die Leitungen transportieren Strom aus Windparks im Norden nach Westeuropa, der nun über andere Leitungen geschickt werden muss. Die Verkettung ungünstiger Umstände führt zur Überlastung der Ersatzleitungen, die sich daraufhin automatisch abschalten. Eine Kettenreaktion ist im Gange, die in Teilen von Paris und Antwerpen sowie einigen anderen Ballungszentren Westeuropas zu Stromausfällen führt, von denen fünfzehn Millionen Menschen betroffen sind, Auswirkungen sind bis Marokko zu spüren - Szenarien, die durch neuartige dezentrale, energieautarke, vernetzte Überwachungstechnik vermieden werden können.

So gibt es heute keine Systeme, die den Ist-Zustand und die aktuelle Belastung der Leitungsabschnitte zwischen den einzelnen Hochspannungsmasten überwachen. Eine derartige Technologie ermöglicht eine höhere Netzauslastung. Insbesondere kann in kritischen Situationen die tatsächliche momentane Belastbarkeit der Netze – abhängig unter anderem von vorherrschender Außentemperatur und Windstärke – ermittelt und ausgenutzt werden. Aktuelles und detailliertes Wissen über den Zustand gefährdeter Netzwerkkomponenten bringt für den Menschen ein Mehr an Flexibilität sowie Eingriffs- und Interaktionsmöglichkeiten. Auch in anderen Einsatzfeldern können dezentrale, energieautarke vernetzte Systeme die Sicherheit des Menschen erhöhen, indem sie ein aktuelles Abbild der Situation liefern. So verschaffen sie beispielsweise Einsatzkräften einen besseren Überblick bei Unglückszenarien oder sorgen für eine optimale Ausnutzung von Verkehrsinfrastrukturkapazitäten.

Nicht nur bei Überwachung und Optimierung von dezentralen Strukturen oder Vorgängen haben neuartige Technologien das Potenzial, die Sicherheit des Menschen zu erhöhen. Jeder kennt Alltagssituationen, in denen sich Technik einer intuitiven Bedienung entzieht, wie etwa wenn sich aufgrund der Vielzahl an verfügbaren Informationen und Optionen auf einem Touchscreen die richtige Taste nicht finden lässt. Sicherheitskritisch ist dies für die Menschen, die in Steuerungs-



**Dr. Kristian Döbrich**

Dr. Kristian Döbrich ist Physiker und beschäftigt sich mit Forschungsfragen zur Mensch-Technik-Interaktion.

[kristian.doebrich@vdi-vde-it.de](mailto:kristian.doebrich@vdi-vde-it.de)

zentralen von Kraftwerken oder Verkehrsleitständen einen reibungslosen Betriebsablauf gewährleisten, für Ärzte oder aber für Einsatzkräfte im Katastrophenschutz, die darauf angewiesen sind, dass ihre technischen Hilfsmittel auch unter größtem Stress in unbekanntenen und unübersichtlichen Situationen einfach und intuitiv zu bedienen sind.

So ist ein wesentliches Ziel heutiger und künftiger interdisziplinärer Forschungsarbeiten, technischen Systemen Wissen über den jeweiligen Kontext und auftretende Problemstellungen mitzugeben – Kontextsensitivität, Adaptivität und Komplexitätsreduktion sind die damit verbundenen Fragestellungen. Eine optimale Interaktion von Mensch und Technik wird letztlich nur dann erreicht, wenn sich die Technik in hohem Maße auf den Menschen einstellt und nicht umgekehrt. Dazu muss einerseits Technik in die Lage versetzt werden, ein gewisses Maß an „Verständnis“ für menschliche Handlungs- und Denkweisen aufzubringen, sie muss – wenn möglich sogar individuell auf den Benutzer abgestimmt – alle wesentlichen Aspekte des jeweiligen Sachverhalts berücksichtigen und von Unwesentlichem unterscheiden können. Die Technik der Zukunft muss andererseits mit neuartigen Sensoren oder Schnittstellen versehen werden, die dem Menschen eine Interaktion erlaubt, die für ihn natürlich ist. Hierzu zählt ein zuverlässiges Erkennen von Sprache oder Gesten, das auch bei widrigen Bedingungen wie lauten Umgebungen oder schlechten Lichtverhältnissen funktioniert. So wird die Forschung zu multimodalen Interaktionsformen künftig weiter an Bedeutung gewinnen, nicht nur bei sicherheitsrelevanten technischen Systemen. Wünschenswert sind letztlich intelligente Systeme, die dem Menschen Eingaben in Form von komplexen Frage- oder Problemstellungen ermöglichen. Dem lästigen Suchen, Finden und Drücken von Tasten zur Interaktion mit Technik gehört sicherlich nicht die Zukunft.

## Mobility 2.0

### Zum Widerspruch von Mobilitätsbedarf und Ressourcenschonung

#### Welche Bedeutung hat Mobilität?

Mobilität ist im großen Maße Voraussetzung für die Teilnahme am öffentlichen und sozialen Leben. Der „Berufsnomade“ ist längst Normalität. Man organisiert sich unterwegs – beruflich und privat. Und: Mobilität ist notwendig, um sich zu versorgen. Das gilt für den Einzelnen wie für die gesamte Gesellschaft. Ein großer Mobilitätsbedarf ergibt sich aus den Versorgungs- und Produktionsstrukturen. Die Logistikbranche ist heute zur drittgrößten Branche in Deutschland angewachsen, nicht zuletzt deshalb, da Produktions- und Versorgungsprozesse global verteilt stattfinden. Entsprechend nimmt der Verkehr für alle sichtbar zu. Der Automobilmarkt boomt. Der Flughafen Frankfurt verzeichnet 2011 einen Zuwachs von rund sechs Prozent zum Vorjahr und zweistellige Zuwächse bei Frachttransporten. Mobilität ist damit gleichzeitig Last und Lust der Moderne. Mobilität ist Lebensgefühl – Trend: leider zunehmend.

#### Kann der Trend gestoppt werden?

Mobilität ist Zeit- und Kostenfresser, Umweltbelastung, Notwendigkeit und Spaßfaktor. Wie kann man die Nachteile der Mobilität vermeiden, ohne auf die Vorteile zu verzichten? Gibt es Beispiele dazu? Eventuell die Plattformen der sozialen Netzwerke, über die Kommunikation digital durchgeführt wird und nicht mehr Face-to-Face. Aber es ist nicht bekannt, ob dies irgendeinen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten hat oder ob schlicht mehr kommuniziert wird. Seit Jahren verspricht man sich auch viel von Videokonferenzen, die Reise-tätigkeiten ersetzen könnten. Trotz existierender Techniken sind aber auch daraus keine bahnbrechenden Verhaltensänderungen entstanden. Telearbeit von zu Hause hat sich nur in wenigen Bereichen etabliert. Viel eher ist der Trend verteilter Arbeitsstrukturen erkennbar. Das ganze Büro ist immer dabei, um überall unterwegs zu arbeiten. Das Büro wird mobil, ganze Firmen virtuell. Mit der Mobilität steigt der Bedarf an lokalen Informationssystemen, Navigationshilfen in Gebäuden und auf Straßen und integrierten Leitsystemen. Assistenzsysteme für den mobilen Menschen sind zwingender Weise entweder tragbar oder können sich selber bewegen. In Produktionsprozessen wird aktuell der Assistenzroboter immer stärker auch mobil angedacht. In der Pflege hält die mobile Servicerobotik Einzug. Der Mobilitätstrend scheint also nicht zu stoppen. Wer es sich leisten kann, bewegt sich an den Ort des Geschehens, ganz real, zunehmend mit Assistenz durch vernetzte und mobile Systeme.

#### Gibt es Chancen für eine nachhaltige Mobilität?

Die einzige Möglichkeit, Mobilität ressourcenschonend zu gestalten, liegt in einer massiven Optimierung der Mobilitätsketten, des Energieverbrauches und in der Motivation neue Mobilitätskonzepte zu finden. Statistisch ist aber die Verkehrsleistung eines Landes direkt an die wirtschaftliche



#### Dr. Katrin Gaßner

Dr. Katrin Gaßner ist Seniorberaterin bei der VDI/VDE-IT mit Schwerpunkten in den Themenfeldern Internet und Mensch-Technik-Interaktion.

[katrin.gassner@vdivde-it.de](mailto:katrin.gassner@vdivde-it.de)

Leistung gebunden. Will man also überhaupt etwas ändern? Einflussfaktoren bestehen in der Auslastung und der Verkehrsmittelwahl. Das Feld der „grünen Logistik“ und verkehrstelematische Systeme versuchen Einfluss auf Dauer und Anzahl von Fahrten zu nehmen. Vermutlich ist beides nur ein Tropfen auf den heißen Stein. Es werden grundlegendere Änderungen notwendig sein, wie die Elektromobilität. Allerdings hängt deren Mehrwert davon ab, dass regenerative Energien eingesetzt werden. Elektromobile verbrauchen heute noch ungefähr genauso viel Primärenergie wie normale PKWs. Nutzungskonzepte wie CarSharing belegen eher einen Sinneswandel im Umgang mit Mobilität als eine Reduktion. Aus den zunehmenden Ansätzen zum autonomen Fahren entspringt hingegen eine facettenreiche Vision. Koppelbare, autonome Kleinstfahrzeuge, die solo oder als Bus fahren und wenig Energie benötigen, könnten Lösungen bieten und werden in ersten Ideen bereits entwickelt. Sie ermöglichen offene interaktiv gesteuerte Mitfahrkonzepte. Stauprobleme können reduziert werden, wenn sich „Busse“ zusammenfinden und es werden Fahrzeiten durch ein übergreifendes Leitsystem verkürzt. Die Sicherheit wird dadurch erhöht, dass sich die Fahrzeuge abstimmen. So entstünde eine Integration von Individualverkehr und öffentlichem Verkehr unterstützt durch ein Mobility-Internet.

#### Der Mensch darf nicht vergessen werden!

Wie viel Autonomie will der Mensch seiner Umgebung zuerkennen? Dies entscheidet sich auch dadurch, wie die Schnittstellen zum Menschen realisiert werden. Der Mensch sollte immer kontrollierend eingreifen können. Die notwendigen Mensch-Technik-Schnittstellen übersteigen jedoch noch unsere Vorstellungskraft. Davon auszugehen ist, dass kognitive mobile Systeme entstehen werden, die über Sensorik und Aktorik mit dem Menschen und ihrer Umwelt interagieren werden. Ob dafür z. B. Laternen mit flexiblen Displays ausgestattet werden oder PKW mit interaktiven Scheiben, bleibt spannend. Digitale Lösungen können helfen, Verkehr zu steuern, Ressourcen zu sparen, den Menschen zu unterstützen und zu motivieren. Ohne neue Schnittstellenkonzepte ist dies nicht möglich.

## Intuitive Kommunikation und Interaktion mit Technik

**Ob via Berührung, Bewegung oder Sprache – innovative, sogenannte natürliche Mensch-Technik Schnittstellen ermöglichen neue Formen der Interaktion und Kommunikation. Allerdings sind nicht nur technische Faktoren wesentlich bei der Frage ob eine Schnittstelle tatsächlich intuitiv bedienbar und erfolgreich ist, auch der Kontext der Nutzung ist entscheidend.**

Seit Jahrzehnten stehen Forscher im Bereich Mensch-Technik Interaktion vor der Herausforderung, herauszufinden, welche intuitiv zu nutzenden Schnittstellen zwischen Mensch und Technik traditionelle Schnittstellen sinnvoll ergänzen oder sogar ersetzen könnten. Eine wesentliche Überlegung dabei ist, dass gängige Benutzerschnittstellen, wie zum Beispiel Tastaturen oder Computermäuse im Büro, oder Schalter, Joysticks und Steuerräder im industriellen Umfeld eine Adaption des Nutzers an das Bedienkonzept der Technik erfordern. Wünschenswert wäre jedoch, wenn die Technik sich an den Menschen anpasst, um eine reibungslose Kommunikation und Kooperation zu gewährleisten. Neue Schnittstellen sind sowohl für den industriellen, als auch vor allem für den Konsumentenmarkt konzipiert worden. Während sich zum Beispiel Touchscreens bei Mobiltelefonen und Tabletcomputern, aber auch in Führerständen und Cockpits, durchgesetzt haben und eine weitgehend intuitive Interaktion erlauben, sind andere Formen der Interaktion und Kommunikation noch nicht so intuitiv bedienbar. Zwei Beispiele sollen demonstrieren, warum der Nutzungskontext entscheidende Auswirkungen auf den Erfolg von natürlichen Schnittstellen hat, und dass nicht nur technische, sondern auch soziale Faktoren für den Erfolg einer Technologie eine Rolle spielen.

Großen Medienrummel gab es um die Einführung der Microsoft XBOX Kinect im Winter 2010. Dabei handelt es sich um die Gesten- und Bewegungsschnittstelle für eine Spielkonsole, die Bewegungen mittels einer Kombination aus Tiefensensor- und Farbkamera erkennt. Kinect bietet gerade für Kinder und Jugendliche spannende Möglichkeiten der Interaktion und hat, quasi nebenbei, die Erkenntnisse aus über 20 Jahren Forschung zum maschinellen Sehen auf den Kopf gestellt: Denn eine so günstige Hardware, die den Bewegungen von bis zu acht Personen gleichzeitig folgen kann, galt vor der Einführung als undenkbar. Aus diesem Grund wird diese eigentlich für den Massenmarkt bestimmte Technik jetzt auch in diversen Forschungsprojekten verwendet. Das System verkaufte sich weltweit über 10 Millionen mal und wird kontinuierlich um neue Software ergänzt. Dies ist ein großer Erfolg dieser innovativen Mensch-Technik-Schnittstelle.

Ein Jahr später hat Apple sein neuestes iPhone auf den Markt gebracht und mit Siri einen sprachbasierten, persönlichen Assistenten integriert. Jahrzehntelang haben Wissenschaftler an der Erkennung und Verarbeitung natürlicher Sprache gearbeitet. Lediglich in automatisierten Call Centern und in Nischenmärkten wie bei Diktiersoftware haben sich Sprach-



**Dr. Andi Winterboer**

Dr. Andi Winterboer ist Informatiker und beschäftigt sich im Bereich Mikrosystemtechnik mit dem Schwerpunkt Mensch-Technik Interaktion.

[andi.winterboer@vdivde-it.de](mailto:andi.winterboer@vdivde-it.de)

schnittstellen durchgesetzt. Schuld daran waren schlechte Spracherkennung und umständliche Bedienung. Siri beseitigt diese Probleme weitgehend, so dass zum Beispiel Termine arrangiert, Erinnerungen notiert, im Internet gesucht, E-Mails und Textnachrichten geschrieben oder nach dem Wetter gefragt werden kann.

Also ein voller Erfolg und der Durchbruch für Sprachschnittstellen? Jein, denn obwohl die Spracherkennung zumeist tadellos funktioniert, ergibt sich doch eine entscheidende Hürde bei der Nutzung: Der mobile Mensch von heute findet sich häufig in Situationen wieder, in denen er zwar sein Mobiltelefon diskret und leise nutzen kann, in denen eine sprachbasierte Kommunikation aber sozial unangemessen und unnatürlich ist: Zum Beispiel in Besprechungen, Restaurants oder öffentlichen Verkehrsmitteln. Entsprechend sieht oder hört man trotz weiter Verbreitung von Siri und vergleichbarer Assistenten auf anderen Plattformen selten jemanden mit diesen Systemen kommunizieren. Während die Bewegungssteuerung des Kinect-Systems zumeist im heimischen Wohnzimmer genutzt wird, wo die Nutzung angemessen und sozial akzeptabel ist, soll und muss ein mobiler Assistent überall zur Verfügung stehen und darf gerade keine peinlichen Situationen heraufbeschwören, zum Beispiel weil Hintergrundgeräusche die Erkennung beeinträchtigen oder mehrere Versuche benötigt werden, um den richtigen Empfänger einer E-Mail zu identifizieren.

Diese Beispiele zeigen, dass spannende Mensch-Technik Schnittstellen entwickelt werden, aber dass der soziale Kontext wesentlich für die empfundene Natürlichkeit und den Erfolg der Schnittstelle ist. Des Rätsels Lösung für den persönlichen Assistenten? Vielleicht eine adaptive, kontextabhängige Verschmelzung von Sprach- und Touch- bzw. Gestensteuerung basierend auf Umfeld-Sensorik? Aktuelle Forschung arbeitet zudem zum Beispiel an innovativen Gehirn-Computer- bzw. Blickbewegungsschnittstellen. Ich bin gespannt! Sie auch?

## Das Klima schützen - Energie effizient nutzen

Der schonende Umgang mit Energie und Ressourcen stellt eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dar. Vor dem Hintergrund begrenzter materieller Ressourcen, steigender Rohstoffpreise und der zunehmenden Technologienutzung ergeben sich auch für die Interaktion von Mensch und Technik neue Herausforderungen. Ziel ist es dabei, Methoden zu entwickeln, wie der Mensch Ressourcenverbrauch und Umweltbelastungen einschätzen und minimieren kann. Dies betrifft sowohl die Nutzer- wie auch die Erzeugerseite. Wesentliche Schritte in Richtung erneuerbarer Energiequellen wurden bereits gegangen (Solarenergie, Nutzung von Wind, Erdwärme und Biogas). Manche Möglichkeiten sind bisher kaum realisiert worden (z. B. Meeresströmungskraftwerke), wieder andere Verfahren bringen ihrerseits neue Umweltprobleme mit sich (z. B. Wasser- und Gezeitenkraftwerke). In jedem Falle wird der künftige Energiemix heterogener werden als wir es bisher gewohnt sind. Dies erfordert neue Konzepte für eine jederzeit abrufbare Grundlast sowie für die Speicherung von Energie. Für die Energiespeicherung existieren bisher jedoch kaum neue Konzepte, die über die Nutzung von Stauseen hinausgehen. Bisher kaum verfolgt wurden Möglichkeiten der lokalen, nutzernahen Energiespeicherung. Mit den zu erwartenden künftigen Entwicklungen, z. B. im Bereich der Elektrochemie, werden sich hierbei neue Wege auftun.

Auf der Anwenderseite lassen sich Energieeinsparung und Ressourcenschutz häufig durch Miniaturisierung, Vernetzung und teilweise auch durch eine weitgehende Energieautarkie der eingesetzten Technik erreichen. Autarke Technologien beziehen ihre Energie ausschließlich aus Umgebungseffekten, z. B. Temperaturdifferenzen, Luft- oder Flüssigkeitsströmungen, Lichteinstrahlung, etc.

Jedoch wird erst das Zusammenspiel von erneuerbaren Energieformen, der Speicherung von Energie, aber auch ihrer effektiven Nutzung durch den Anwender das volle Klimaschutzpotenzial entfalten.

Da eine freiwillige Beschränkung des Energieverbrauchs auf der Nutzerseite und eine Sanktionierung des Energieverbrauchs durch hohe Preise ethische und wirtschaftliche Probleme mit sich bringen (man denke nur an den industriellen Nachholbedarf der Schwellenländer), müssen alternative Formen der Energienutzung entwickelt werden. Methoden der Mensch-Technik-Interaktion können hier hilfreich sein. Dazu muss der reale Energiebedarf des Menschen bzw. seiner technischen Umgebung (Industrieanlagen, Fahrzeuge, Arbeitsplatz, Haus und Wohnung) zeitnah und genauer als bisher ermittelt werden. Die Bereitstellung der Energie kann dann entsprechend der Nachfrage erfolgen. Dieses „Energy on demand“-Prinzip setzt neben der sensorischen Bedarfserfassung auch eine Form der Interaktion zwischen Nutzer-sensorik und Energiebereitstellung voraus. Auch müssen die Energieversorgungssysteme in die Lage versetzt werden, un-



### **Dr. Matthias Seydack**

Dr. Matthias Seydack ist Physiker und Physikochemiker und beschäftigt sich im Bereich Mikrosystemtechnik mit Fragestellungen aus Medizintechnik, Energieerzeugung und Materialwissenschaften.

[matthias.seydack@vdivde-it.de](mailto:matthias.seydack@vdivde-it.de)

mittelbar auf sich ändernden Bedarf zu reagieren. Praktisch bedeutet dies, dass der Energiemix ständig den Erfordernissen anzupassen ist. Dabei handelt es sich um ein komplexes Optimierungsproblem mit vielen lokalen und zeitabhängigen Stellgrößen.

Parallel kann eine intelligente Vernetzung der technischen Systeme Leistungssteigerungen ermöglichen. Erste prototypische Anwendungen sind vernetzte technische Geräte in der häuslichen Umgebung und extrem miniaturisierte autarke Mikrosysteme mit Sensoren, die Daten empfangen, verarbeiten, speichern und senden können und ebenfalls vernetzt sind („intelligenter Staub“). In beiden Fällen besteht jedoch noch erheblicher Forschungsbedarf. So müssen autarke Systeme noch weitaus energieeffizienter werden, um ausschließlich Energie aus ihrer unmittelbaren Umgebung nutzen zu können. Gleichzeitig müssen sie zuverlässig über lange Zeiträume und wartungsfrei funktionieren. Die Einbindung des Menschen und die Art der Mensch-Technik-Schnittstelle stellen zudem spezielle Anforderungen an Datenreduktion und Datenaufbereitung, um eine Überflutung des Menschen mit Einzelinformationen zu verhindern.

Denkt man an Anwendungen im häuslichen Umfeld („Smart Home“, „Intelligentes Wohnen“, „Smart House“), so wird unmittelbar klar, dass auch die Akzeptanz vernetzter, energieeffizienter Systeme durch den Nutzer von großer Bedeutung ist. Hier gilt es, entsprechende Anreize zu schaffen, die über eine reine Kostenersparnis hinausgehen. So muss bei den genannten Beispielen auch die Anwendbarkeit für ältere Menschen und für Kinder sichergestellt werden. Gleichzeitig führen Entwicklungen wie das iPhone und das iPad die große Bedeutung ästhetischer Gesichtspunkte wie auch von effizienten Marketingstrategien bildhaft vor Augen.

Schlussendlich werden es, wie so oft in der Vergangenheit, auch neue Materialien sein, die den Weg zu innovativen, energieeffizienten Applikationen ebnen. Trends in der Materialforschung hin zu mikro- und nanoskaligen Funktionseinheiten spielen insbesondere im Hinblick auf mobile Anwendungen eine zentrale Rolle.

## Roboter und Menschen – wie geht es weiter?

Arbeit, Arbeitsprozesse und die Koordination von Arbeit haben einen erheblichen Anteil an der technischen, kulturellen und sozialen Entwicklung der Menschen und spielen in unserer Gesellschaft eine große Rolle. Trotzdem träumen wir mitunter davon, von der Arbeit entlastet zu werden, ganz besonders, wenn es um schwere, monotone oder gar gefährliche Tätigkeiten geht. Zaubern können wir nicht und Maschinen sind noch nicht so weit entwickelt, diesen Traum Wirklichkeit werden zu lassen. Universell einsetzbare Roboter kämen diesen Wunschvorstellungen schon sehr nahe.

Roboter sind schon jetzt aus vielen Bereichen des Arbeitslebens nicht mehr wegzudenken. Vorrangig werden sie für Einsätze mit immer wiederkehrenden Abläufen und Aufgaben konzipiert. Schließlich muss sich die aufwändige Entwicklung und Herstellung der Roboter auch lohnen und der Einsatz rentabel sein. Die Entlastung des Menschen von gesundheitsgefährdender Arbeit ist ein weiteres Motiv für den Einsatz von Robotern. Man kann ohne Einschränkung feststellen: Industrie- und Serviceroboter erledigen heute schon eine Vielzahl an Aufgaben mit einem viel höheren Maß an Präzision, Geschwindigkeit und Ermüdungsfreiheit als Menschen. Hier sind wir als Menschen weder in technischer noch in wirtschaftlicher Hinsicht konkurrenzfähig. Und es gibt noch etliche mögliche Einsatzgebiete, bei denen sich die Kollegen Roboter nützlich machen können. Zudem sind sie genügsam, zuverlässig und verrichten ihre Arbeit ohne Pause und Schlaf.

Aber für eine wirkliche flexible Zusammenarbeit mit den Menschen sind die heute verfügbaren Roboter noch nicht reif. Roboter bleiben in der Produktion unter sich, und das aus gutem Grund: Schon aus arbeitsschutztechnischen Erwägungen benötigt die überwiegende Mehrzahl von ihnen eine Schutzzone, in der sich kein Mensch aufhalten darf. Zu groß wäre die Gefahr, dass Menschen mit Robotern zusammenstoßen und verletzt werden. Schließlich sind die leblosen Kollegen auch mit spitzen, scharfen oder anderweitig gefährlichen Werkzeugen ausgerüstet. Auch wenn genau an diesen Themen schon geforscht und an der Umsetzung neuer Konzepte gearbeitet wird: wirklich flexibel einsetzbare hilfreiche Geister sind Roboter heute noch lange nicht.

Was fehlt noch? Damit Roboter situationsangepasst agieren und sich in einem Raum mit Menschen bewegen können, müssen sie noch eine ganze Menge lernen. Dies erfordert völlig neue Denk- und Konstruktionsansätze, denn die Anforderungen sind hoch. Künftige Roboter müssen in der Lage sein, ihre Umgebung zu erkennen, damit eine schadensfreie Interaktion mit dem Menschen überhaupt erst möglich wird. Dafür benötigen sie zusätzliche optische, taktile und weitere Sensoren und viel Wissen über Menschen und ihre Verhaltensweisen. Möglich wird das durch eine komplexere Signalauswertung und -interpretation, die Bewegungen von Menschen und deren zu erwartende Handlungen vorab einschätzen und daraus entsprechende Konsequenzen für die



### **Lutz-Günter John**

Lutz-Günter John ist Physiker und beschäftigt sich im Bereich Mikrosystemtechnik mit Themen der Aufbau- und Verbindungstechnik und Systemintegration.

[lutz-guenter.john@vdivde-it.de](mailto:lutz-guenter.john@vdivde-it.de)

eigene Aktion ziehen kann. Umgekehrt sollten Roboterbewegungen fließend und ohne Unterbrechungen sein, damit sie für den Menschen ebenfalls voraussehbar sind. Und schließlich müssen Roboter so konstruiert sein, dass sie nachgiebig reagieren, wenn es doch mal zu einer Kollision kommen sollte.

Wie wird nun die Roboterzukunft aussehen? Die Kosten für Herstellung und Betrieb von künftigen Robotergenerationen müssen und werden tendenziell sinken. Dies erschließt in Zukunft ein wesentlich breiteres Einsatzspektrum in Industrie, Service und Haushalt. Aber das wird sich nur realisieren lassen, wenn Bedienung, Programmierung und aktive Steuerung entscheidend vereinfacht werden. Den zukünftigen Nutzern ist nicht zuzumuten, dass sie erst Stunden lang Bewegungsprofile oder -vorlagen eingeben müssen. Stattdessen werden unkomplizierte Sprach- und Gestensteuerung, Tastatur, Bildschirm und Trainingsabläufe ersetzen. Eine Voraussetzung dafür sind weitestgehende autarke und autonome Grundfunktionen der kommenden Robotergenerationen.

Des Weiteren muss die Software dieser neuen Roboter hoch zuverlässig vor Missbrauch durch Unbefugte und Schadsoftware-Angriffen geschützt werden. Unkontrollierte Software-Manipulationen, die bei heutigen Computern durchaus möglich sind, gefährden den Erfolg konkreter Anwendungen, die Roboter selbst, ihre Reputation und die mit ihnen interagierenden Menschen. Sicherheitsrelevante Aspekte werden also einen viel höheren Stellenwert als heute haben.

Die Möglichkeiten zukünftiger autarker Robotersysteme sind vielversprechend und ermöglichen eine neue Qualität der Mensch-Technik-Interaktion. Zukünftige Robotergenerationen werden uns nicht nur durch ihre Mitwirkung in der Arbeits- und Freizeitwelt unterstützen, sondern hoffentlich auch unsere weitere menschliche und gesellschaftliche Entwicklung insgesamt positiv beeinflussen. Die Sciencefiction-Autoren in Literatur und Filmwelt zeigen uns schon heute fantasievoll, wie sich Fehlentwicklungen aus Unbedarftheit, Kosteneinsparungen, Sicherheitslücken und dergleichen mehr auswirken können. Wie auch immer - die Zukunft wird spannend!

## Damit alles mit „rechten“ Dingen zugeht ...

**Erfolgreiche Innovationen mit autonomen Systemen bedürfen – möglichst ex ante und in einem sensibel geführten Aushandlungsprozess – der Bewertung haftungs-, versicherungs-, daten- und arbeitsschutzrechtlicher, aber auch grundsätzlicher Fragen.**

Unser Rechtssystem ist ein hehres Gut. Es hat sich bewährt und wird stetig, aber behutsam weiterentwickelt. Diese dem Rechtssystem innewohnende Trägheit könnte zu einer Barriere für manche Innovationen werden.

Entwicklungen in der intelligenten Sensorik und in der Kommunikations- und Softwaretechnik ermöglichen technischen Systemen

- ▶ mittels multimodaler Sensorik und Sensorfusion zu Sensorsystemen **das ganzheitliche Erfassen der Umwelt,**
- ▶ mittels Lokalisierungs- und Identifikationstechnologien **das Erkennen des eigenen und des Zustands/Status und Standorts anderer, interaktionsfähiger Objekte,**
- ▶ mittels embedded systems und Software **die Verarbeitung resp. Interpretation von codierten und nicht codierten Informationen,**
- ▶ mittels Technologien zur Interpretation von Sprache, Mimik und Gestik sowie semantischer, ontologiebasierter IKT **die multimodale Interaktion und Kommunikation mit Menschen und anderen Objekten.**

Damit werden sie in die Lage versetzt, selbstständig weitgehend autonom Funktionen auszuführen. Der Grad ihrer Autonomie, zu der auch künftig Ergebnisse der Kognitionsforschung beitragen werden, bestimmt im Wesentlichen die Interaktionsformen zwischen technischem Artefakt und dem Menschen. Am Beispiel der Robotik wird dies augenscheinlich: So bedarf ein Industrieroboter, der hinter Absperrungen in der Fabrikhalle programmierte Funktionsabläufe monoton und zuverlässig ausführt, lediglich eines „condition monitoring“ und einer regelmäßigen Wartung. Die Intensität und Qualität der Mensch-Maschine-Interaktion hat bescheidene bis keine Ausmaße. Erhält dieser Roboter jedoch die Fähigkeit, sich auf neue funktionale Anforderungen flexibel zu adaptieren, mit anderen Maschinen zu kooperieren, dem Menschen zu assistieren und sich im quasi-öffentlichen Raum zu bewegen, sieht dies völlig anders aus.

Wer haftet, wenn solch ein autonomes System ein anderes beschädigt oder gar einen Menschen verletzt? Welche technischen Vorgaben und rechtlichen Aspekte muss ein Hersteller mobiler Roboter berücksichtigen? Welche Arbeits- und Datenschutzrichtlinien sind beim Einsatz autonomer Systeme oder Prozesse notwendig, wünschenswert und praktikabel? Welche Auswirkungen auf Arbeitsorganisation, Haftungs- und Versicherungsfragen ergeben sich beim Einsatz autonomer Systeme?

Autonome Systeme

- ▶ mal hoch willkommen und überlebenswichtig, wenn diese beispielsweise dazu beitragen, dass ein Auto bei Ausfall des Fahrers am Straßenrand selbstständig sicher zum Stehen kommt,



### **Alfons Botthof**

Der Autor befasst sich mit dem Innovationsfeld „Internet der Dinge“ und leitet die Begleitforschung zu autonomen Systemen und mobilen Robotern im Technologieprogramm Autonomik des BMWi ([www.autonomik.de](http://www.autonomik.de)).

[alfons.botthof@vdi-vde-it.de](mailto:alfons.botthof@vdi-vde-it.de)

- ▶ mal sehr nützlich, wenn sie einer Pflegekraft bei körperlich schweren Tätigkeiten assistieren können,
- ▶ mal argwöhnisch betrachtet, wenn sie niederqualifizierte Tätigkeiten ersetzen und Arbeitsplätze gefährden,
- ▶ gar abgelehnt, wenn mit untragbarem Risiko behaftet, da die funktionale Sicherheit nicht zu 100 Prozent gewährleistet ist

werden sehr unterschiedliche, vom jeweiligen Kontext abhängige Innovationsprozesse durchlaufen.

Neben zu erwartenden Akzeptanzfragen (In welchem Maße soll menschliche Arbeit durch technische Systeme ersetzt werden?) ist die damit durchaus verknüpfte rechtliche Thematik eine sehr grundsätzliche Innovationsbarriere. Hier müssen der Rechtsrahmen in Deutschland und im Hinblick auf die Exportfähigkeit auch international die Handlungsspielräume für einen rechtskonformen Einsatz autonomer Systeme analysiert und Anpassungsnotwendigkeiten identifiziert werden. Es bedarf eines bewusst und verantwortlich geführten iterativen Prozesses aller Stakeholder, um rechtliche Rahmenbedingungen behutsam an den technischen Fortschritt anzupassen oder technische Systeme so zu gestalten, dass sie gesellschaftlich definierten Rechtsnormen entsprechen.

Auch wenn robotische Systeme wohl nie ein dem Menschen vergleichbares Bewusstsein oder seine kognitiven Fähigkeiten erreichen werden, werden doch intelligent anmutende Verhaltensweisen und funktionale Qualitäten erreichbar sein, die nicht nur in der Industrie den Einsatz eines Menschen obsolet machen, z. B. bei Einsätzen in menschenunfreundlichen (Tiefsee, Weltall), gefährlichen (Einsturz gefährdete Gebäude) oder kontaminierten (verstrahlte Räume) Umgebungen.

Ich plädiere daher dafür, dass nicht erst durch den Einsatz autonomer Systeme durch die Rechtsauslegung und Spruchpraxis Prozesse ausgelöst werden, die eine eifertige Modifikation gesetzlicher Vorgaben zur Folge haben. Bereits laufende Entwicklungsprojekte mit absehbaren Anwendungsszenarien müssen dazu genutzt werden, ex ante rechtlichen Aspekten nachzugehen. In diesen Prozessen muss äußerst sensibel agiert werden, um die Gratwanderung zwischen sinnvoller, erwünschter und möglicherweise unter Wettbewerbsgesichtspunkten notwendiger Innovation und Beeinträchtigung eines mit politischem Bedacht und gesellschaftlichem Konsens entwickelten gesetzlichen Rahmens zu bewältigen.

## Mensch und Technik – eine komplizierte Beziehung?

**Wenn Mensch und Technik interagieren, ist die Hierarchie klar: Der Mensch muss entscheiden. Das ist zunächst unumstritten, aber haben wir es mit einer Wahrheit oder einem Dogma zu tun?**

Technisches Versagen war die Ursache des Concorde-Absturzes im Sommer 2000 nahe des Pariser Flughafens Charles-de-Gaulle. 113 Menschen kamen ums Leben. Und dass der Ausfall eines Autopiloten im Juli 2010 nicht zu einer Katastrophe führte lag wahrscheinlich nur daran, dass das Gerät in einer unbemannten Raumsonde montiert war und nicht in einem Verkehrsflugzeug. Die Sonde verfehlte ihr Ziel um drei Kilometer (!), eine manuelle Steuerung war nicht mehr möglich.

Aktuell beschäftigt uns die Havarie des Kreuzfahrtschiffs Costa Concordia: Der Kapitän setzte sich über das technische Sicherheitssystem hinweg, steuerte auf einen Felsen zu, mindestens 16 Menschen kamen zu Tode, ein Millionenschaden entstand. Abenteuerlust, Geltungsdrang und Selbstüberschätzung wurden in Verbindung mit Ignoranz zur tödlichen Mischung. Oder der Absturz der Tupolew 154 mit dem polnischen Präsidenten und seiner Delegation an Bord im April 2010: Die Technik war intakt, ein Umweg hätte das Unglück verhindern können. Ganz konnten die Umstände nie geklärt werden, aber menschliches Versagen spielte wohl die entscheidende ursächliche Rolle. Größenwahn auf der Brücke, Machtkämpfe und Alkohol im Cockpit – der Technik wäre so etwas nicht passiert. Wir wollen an die Einzigartigkeit dieser Ereignisse glauben, obwohl wir genau wissen: Irgendwann kommt wieder so etwas vor.

Technische Sicherheitssysteme wären in der Lage gewesen, diese Unglücke zu verhindern, aber nur, wenn die technische Aktion in der Hierarchie der menschlichen Entscheidung übergeordnet gewesen wäre, konkret: Wenn die handelnden Personen nicht die Möglichkeit gehabt hätten etwas anders zu tun, als das, was technische Unterstützungssysteme ihnen direkt oder wie im Fall des Tupolew-Absturzes indirekt vorgaben. Genau diese übergeordnete Autorität der Technik löst aber größtes Unbehagen aus. Dass technische Systeme mehr Rechte haben sollen als der sie nutzende Mensch, passt nicht in unser Weltbild. Unser eigenes Wissen, Können und unsere Einschätzungen, gerne auch gesunder Menschenverstand genannt, geben ein Gefühl der Sicherheit. Wir glauben die mit unseren Entscheidungen und unserem Handeln verbundenen Risiken zu kennen und einschätzen zu können. Und wir empfinden sie als zumutbar.

Die Frage der Zumutbarkeit und die Relation aus (potenziellem) Nutzen und (vermeintlichen) Gefahren sind die zentralen Punkte der Diskussion um Risiken. Wir empfinden technische Risiken als weniger zumutbar als menschliche und ziehen daraus die Konsequenz, das letzte Wort haben zu wollen. Technik ist hoch komplex, die meisten Menschen können Funktionsweise und Abläufe nicht einmal andeutungsweise



**Dr. Monika Huber**

Dr. med. Monika Huber ist Ärztin und Gesundheitswissenschaftlerin. Im Bereich MST beschäftigt sie sich mit Gesundheit, Medizin und Technik.

[monika.huber@vdivde-it.de](mailto:monika.huber@vdivde-it.de)

nachvollziehen. Es kommt uns deshalb so vor, als seien technische Risiken unkalkulierbar und schwerer einzuschätzen als die, die von menschlichen Verhaltensweisen ausgehen. Gleichwohl erkennen Menschen nicht immer ihre Verantwortung im Umgang miteinander oder mit Dingen.

Immer dann, wenn zwei oder mehrere Akteure gemeinsam an einem Prozess beteiligt sind, stellt sich die Frage nach der Verantwortung. Und zwar unabhängig davon, wer interagiert: Mensch und Mensch, Mensch und Technik oder Technik und Technik. Verantwortung setzt Bewusstsein und die Fähigkeit zu intendiertem Handeln voraus. Für verantwortliches Handeln muss mindestens eine weitere Entscheidungsalternative bestanden haben und eine freie Entscheidung getroffen worden sein. Ein technisches System erfüllt diese Voraussetzungen nicht, höchstens setzt der programmierte oder erlernte Algorithmus eine Aktion in Gang. Und wenn dies Aktion A und nicht Aktion B ist, stehen dahinter Menschen, die diese Autonomie gewähren, den Algorithmus programmiert haben und – sachgerechte Anwendung vorausgesetzt - die Verantwortung tragen, ob sie nun wollen oder nicht. Verantwortung nehmen wir wahr, indem wir technische Systeme so sicher wie möglich machen: Wir auditieren und zertifizieren, wir untersuchen, warten und testen, bis wir schließlich das Restrisiko tolerieren, weil es keine Fehlerfreiheit gibt.

Wenn die Technik versagt, rufen wir nach dem Menschen, und wenn der Mensch versagt, soll die Technik uns retten. Am liebsten hätten wir beides: Die Zuverlässigkeit und Sicherheit technischer Systeme gepaart mit der Fähigkeit des Menschen - anders als in den oben genannten Beispielen - Situationen auch dann realistisch einzuschätzen und zu bewerten, wenn nicht vorhersehbare Konstellationen eintreten. Aber wer soll wann im Vordergrund stehen? Woher wissen wir, welche Qualität – die menschliche oder die technische – in einer spezifischen Situation gefragt ist? Können Menschen und technische Systeme miteinander konkurrieren, und darf es das geben?

Diese neuen Fragen der Mensch-Technik-Interaktion werden uns beschäftigen – je leistungsfähiger die Technik wird desto mehr. Und eins wissen wir schon heute: Einfache Antworten gibt es nicht.