Unsicherheiten der Technikentwicklung

Hrsg: Redlich, T.; Weidner, R.; Langenfeld, M.

Cuvillier Verlag

Göttingen 2018

Danksagung

Das Erscheinen des vorliegenden Buches, der ersten gemeinsamen Publikation des Jungen Forums: Technikwissenschaften (JF:TEC), wurde durch das außerordentliche Engagement zahlreicher Personen ermöglicht. Daher gilt unser Dank allen Beteiligten. An erster Stelle danken wir allen Autoren, die mit ihren Beiträgen diese Publikation erst möglich gemacht haben.

Wir danken der HSU, deren finanzielle Unterstützung das JF:TEC in der Gründungsphase wesentlich unterstützte.

Der Andrea von Braun Stiftung gilt unser Dank für die finanzielle Unterstützung bei der Erstellung dieses Buches.

Für ihre Expertise bedanken wir uns bei den Mitgliedern des Beirats des JF:TEC. Den Mitgliedern des JF:TEC ist für ihr Engagement im Rahmen der Aktivitäten des Forums zu danken, insbesondere für die fachlichen Gespräche und Ideen, die zur Entstehung dieses Buches geführt haben.

Zu guter Letzt wollen wir Hauke Branding und Sissy-Ve Basmer-Birkenfeld unseren Dank aussprechen, die beim Lektorat mitgewirkt und wichtige Hinweise gegeben haben.

Hamburg, im April 2018

Tobias Redlich
Robert Weidner
Markus Langenfeld

Vorwort

Geht Probieren wirklich über Studieren?

Der vorliegende Band, eine höchst begrüßenswerte Initiative des Jungen Forums: Technikwissenschaften (JF:TEC), greift das zentrale Problem der Unsicherheit künftiger Technikentwicklungen auf. Unsicherheiten kann man in halbwegs gesichertes Wissen durch geeignete Information überführen; das Problem verschiebt sich dann auf die Verfügung von Information und das kleine Adjektiv „geeignet“. Wenn man Studieren als Informationsbeschaffung und das Bemühen nennt, diese Information in Wissen zu verwandeln, wie sieht es dann mit dem Probieren aus, also mit dem Experiment in der Wissenschaft und dem Test in der Technik? Künftige Technik kann man noch nicht ausprobieren, man muss sich also trotz Unwissenheit und Ungewissheit Gedanken machen. Genau das tut der vorliegende Band.

Nun wissen wir in einigen Branchen sehr gut, welche Faktoren die Technikentwicklung bestimmen, und die Technikgeschichte kann zeigen, wie diese Faktoren den Verlauf der Entwicklung bestimmt haben. Neben den sattsam bekannten ökonomischen Rahmenbedingungen kann man durchaus Tendenzen sehen: So führt die oftmals erst im Nachhinein erkennbare Konvergenz unterschiedlicher Techniklinien zu neuen Technologien. Die bekannteste Konvergenz in der jüngsten Vergangenheit stellt die Digitalisierung dar, d.h. das Zusammenwachsen der analogen Nachrichtentechnik mit der digitalen Computertechnik. Für das Phänomen der Konvergenz gibt es in der Technikgeschichte unzählige weitere Bespiele, vom Tonfilm über das Smartphone bis hin zum Zusammenwachsen von Aktorik, Sensorik, Prozessteuerung und Künstlicher Intelligenz in der aktuellen Robotik. Die kurz nach der Jahrtausendwende eher propagierte als zu beobachtende NBIC-Konvergenz, bei der Nano-, Bio- und Informationstechnologien mit den Erkenntnissen der Kognitionswissenschaften zusammenfließen sollen, ist wohl noch ein Zukunftsprojekt. Als weiteren Trend kann man die Universalisierung von End-

geräten bei der Konsumelektronik und der Kommunikationstechnik beobachten, die sich drastisch in der Multifunktionalität solcher Geräte äußert. Ähnliches wird auch in der Produktionstechnik sichtbar. Bekannt sind auch die schon früh erkannten Steigerungsraten, wie sie beispielsweise das Mooresche Gesetz beschreibt, und die in vielen Bereichen schon lange erkennbare zunehmende Substitution mechanischer, elektrischer und elektronischer Funktionalitäten durch informationstechnische Realisierungen.

Es ist wie in der Evolutionstheorie – wir kennen die Mechanismen und Trends, aber wir können die künftige Entwicklung nicht oder nur ungenau voraussagen. Deshalb hat man sich seit einiger Zeit angewöhnt, nicht mehr von Zukunft, sondern von Zukünften zu sprechen, wie Armin Grunwald in diesem Band ausführt – wir diskutieren über mögliche Szenarien und verzichten darauf, anzugeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit sie eintreten könnten. Dieses Vorgehen berücksichtigt offen die Unmöglichkeit von Vorhersagen, ermöglicht aber einen Rahmen zur Diskussion und stellt damit einen Beitrag dar, Unsicherheit und Ungewissheiten, wenn nicht zu beseitigen, so doch bewusster zu machen, um damit letztlich besser umgehen zu können. So sind Probieren und Studieren in gleicher Weise wichtig, aber es gehört auch unabdingbar die Diskussion dazu.

Nach dem vielen prominenten Autoren zugeschrieben Spruch, dass der beste Weg, die Zukunft vorherzusagen, ihre aktive Gestaltung sei, ist Unsicherheit und Ungewissheit bei den Technikzukünften immer auch ein Auftrag zur verantwortlichen Gestaltung von kommender Technik. Da Technik unsere Lebensweisen erheblich mitbestimmt, geht dieser Gestaltungsauftrag alle an und muss deshalb auch von allen diskutiert werden können.

Dieser Band ist hierzu ein erfreulicher Beitrag.

Klaus Kornwachs

Inhaltsverzeichnis

Danksagung **1**

Vorwort **3**

Über dieses Buch **7**

Teil 1
Unsicherheiten der Technikentwicklung im Spiegel akademischer Fachbereiche, der Gesellschaft und Politik **9**

Multidisziplinäre Perspektiven und interdisziplinäre Konzepte **10**
Sabine Ammon, Diego Compagna, Aysegül Dogangün, Kalman Graffi, Elke Greifeneder, Andreas Kaminski, Athanasios Karafillidis, Matthias Kettemann, Walid Maalej, Thomas Niendorf, Isabella Peters, Tobias Redlich, Christoph Sorge, Robert Weidner

Unsicherheiten der Technikentwicklung als gesellschaftliches und politisches Handlungsfeld **26**
Tobias Redlich, Robert Weidner, Markus Langenfeld

Teil 2
Umgang mit Unsicherheiten in der Technikentwicklung: Überlegungen und Strategien aus fachwissenschaftlichen Perspektiven **43**

Lob der Unsicherheit – Plädoyer für offene Technikzukünfte **44**
Armin Grunwald

Steigende Komplexität – wachsende Datenmengen: Der Wettlauf um den Determinismus in der Produktion **63**
Jens Peter Wulfsberg

Umgang mit Unsicherheiten in der Technikentwicklung – ein sozialanthropologischer Einwurf **76**
Maren Heibges, Martina Klausner, Jörg Niewöhner

Zum Umgang mit Unsicherheit durch Design – User Experience Design von Maschinen und Anlagen **90**
Sebastian Lorenz, Sandra Siwek, Christian Wölfel, Jens Krzywinski

„Da behüte uns Gott vor“ **107**
Michael Greder

Das Junge Forum: Technikwissenschaften (JF:TEC) – Entstehung, Ziele und Arbeitsweise **121**

Gründung und Aufbau des JF:TEC **122**

Ziele und Arbeitsweise **124**

Mitglieder des JF:TEC **128**

Beirat des JF:TEC **136**

Anhang **141**

Autoren **142**

Über dieses Buch

Der vorliegende Band entstand auf Initiative des Jungen Forums: Technikwissenschaften (JF:TEC) und wurde durch die Andrea von Braun Stiftung gefördert. Das JF:TEC ist ein 2016 gegründetes interdisziplinäres Netzwerk junger Wissenschaftler[1], die sich mit den Herausforderungen neuer und zukünftiger Technologien beschäftigen und sich in den entsprechenden gesellschaftlichen und politischen Diskurs einbringen wollen.

Einige dieser Herausforderungen werden im ersten Kapitel aus Perspektive der JF:TEC-Mitglieder in einer zunächst multidisziplinären Zusammenstellung aufgezeigt, um eine Vorstellung ihrer Vielfalt zu vermitteln und einige Möglichkeiten und Herausforderungen interdisziplinärer Forschung und Lehre zu betrachten. Als zweites Kapitel des ersten Teils folgt ein Überblick über den Umgang mit Unsicherheiten der Technikentwicklung in Gesellschaft und Politik.

Der zweite Teil des vorliegenden Bandes ist Autoren vorbehalten, die nicht Mitglieder des JF:TEC sind. Nach einem technikphilosophischen Lob der Unsicherheit als Aufforderung zur Gestaltung zukünftiger Technik wird die steigende Komplexität aufgrund rasant wachsender Datenmengen in der Produktion betrachtet und in globale Zusammenhänge eingeordnet.

Es folgt eine sozialanthropologische Perspektive auf Unsicherheiten im politischen Transparent-Aktivismus und in der Medizinentwicklung. Bei der Entwicklung neuer Bedieninstrumente landwirtschaftlicher und anderer Maschinen zeigen sich im nächsten Beitrag Unsicherheiten und Möglichkeiten des Umgangs mit denselben. Schließlich wird eine theologische, oder genauer: eine protestantische Sicht auf den Umgang mit Unsicherheiten der Technikentwicklung angeboten.

---

[1] Im Folgenden wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form benutzt. Es sind stets Personen männlichen und weiblichen Geschlechts gleichermaßen gemeint.

Mit dem abschließenden dritten Teil, der das JF:TEC, seine Idee, Arbeitsweise und Mitglieder vorstellt, entsteht mit diesem Buch, wenn auch bei weitem nicht abschließend, eine Zusammenstellung verschiedener Einblicke in ingenieur-, sozial und geisteswissenschaftliche Herangehensweisen und interdisziplinärer Konzepte zum Umgang mit den Unsicherheiten der Technikentwicklung.

Die Herausgeber

Teil 1
Unsicherheiten der Technikentwicklung im Spiegel akademischer Fachbereiche, der Gesellschaft und Politik

Multidisziplinäre Perspektiven und interdisziplinäre Konzepte

Sabine Ammon, Diego Compagna, Aysegül Dogangün, Kalman Graffi, Elke Greifeneder, Andreas Kaminski, Athanasios Karafillidis, Matthias Kettemann, Walid Maalej, Thomas Niendorf, Isabella Peters, Tobias Redlich, Christoph Sorge, Robert Weidner

Technik der Zukunft sollte nicht nur funktional überzeugen, sondern auch hinsichtlich weiterer Aspekte wie Akzeptanz, Akzeptabilität oder Ethik. Inter- und transdisziplinäre Forschungs- und Projektansätze unter dem Leitmotiv „Technik, die die Menschen wirklich wollen“ können dafür einen vielversprechenden Ansatz darstellen. Werden die fachlichen Perspektiven nebeneinander als Multidisziplinarität verstanden, so bedeutet Interdisziplinarität nicht nur, dass Vertreter unterschiedlicher Fachbereiche über die Gestaltung neuer Technik diskutieren und Standpunkte austauschen, sondern auch, Methoden und Sichtweisen zu verschmelzen und so Impulse für eine gesellschaftliche Technikgestaltung zu generieren. Zudem zeigt das Leitmotiv, dass es neben der reinen Funktionalität ebenfalls auf weitere Aspekte wie die Akzeptanz und Usability ankommt.

Der folgende Abschnitt widmet sich ausgewählten Ideen und Perspektiven zur Entwicklung und Gestaltung von Technik aus verschiedenen Fachbereichen, genauer: der Informatik und Webwissenschaften, des Maschinenbaus sowie der Rechtswissenschaft, Soziologie und Philosophie. Die Auswahl stellt weniger einen umfassenden Überblick derzeitiger Forschungsarbeit dar, sondern ist vielmehr eine Zusammenstellung einiger Gedanken zu den Problemen und Herausforderungen zum Thema „Unsicherheiten der Technikentwicklung“. Sie können und sollen als Inspiration für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsprojekte dienen, sei es in Bezug auf technische Systeme selbst, auf die handlungsleitenden Überlegungen bei ihrer Entwicklung oder auf die gesellschaftliche, akademische und politische Einbettung

zukünftiger Technikentwicklung. So werden Fragen aufgeworfen und Themen benannt, Handlungsfelder und gegebenenfalls -empfehlungen für Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft zur Bewältigung der sich ergebenden Herausforderungen formuliert. Zu diesem Zweck werden die ausgewählten zentralen Fachbereiche als Ausgangspunkte herangezogen.

Ein Phänomen der *Informatik* ist das der diffusen Ängste der Nutzer vor dem Hintergrund eines kaum vorhandenen oder unvollständigen Verständnisses in der Bevölkerung über die Chancen und Risiken der Digitalisierung. Dies betrifft verschiedene Bereiche, in denen die Informatik Einzug gehalten hat, etwa die so genannte Industrie 4.0, die Kommunikation oder das Autonome Fahren. Die Befürchtungen und Unsicherheiten betreffen insbesondere den Verlust von Arbeitsplätzen durch Übernahme der Tätigkeiten durch Software oder Maschinen. Für Unbehagen sorgt häufig auch die Komplexität technischer Lösungen, die sich selten vollständig nachvollziehen oder erklären lässt. Zudem verursacht die beschleunigte Abfolge der Inventionen und daraus folgender Innovationen eine gewisse Verständnismüdigkeit. All das führt zur Notwendigkeit, sich verstärkt mit der großen Bedeutung der Informatik als eine wichtige Säule der Volkswirtschaft und damit ihrer unabänderlichen Omnipräsenz auseinanderzusetzen, sodass die Disziplin und ihre Hervorbringungen weniger als Gefahr, sondern als Chance verstanden werden können, die auch zu ergreifen möglich ist.

Die Herausforderung besteht darin, ein positives Bild der Informatik sowie ihrer Potentiale und Gestaltbarkeit zu zeichnen. Zu diesem Zweck ist es erforderlich, mit der Informatik verbundene Ängste, Vorbehalte und Erwartungen aufzugreifen, zu akzeptieren, zu analysieren und fachlich aufzuarbeiten. Dazu gehört auch, ihre allgemeine Darstellung zu hinterfragen. Wie werden die Risiken der Digitalisierung vermittelt? Wie ist die Perspektive der Schulen und Universitäten? Ziele einer solchen Aufarbeitung sollten sein, sachliche technische Visionen zu skizzieren, eine positive Außendarstellung der Informatik durch Vorbilder in den Medien zu ermöglichen und

umzusetzen sowie den Mehrwert der Digitalisierung für verschiedene Bevölkerungsgruppen auszuarbeiten, um ein höheres Maß an Verständnis und schließlich Partizipation an der Entwicklung informatikbasierter Technik zu ermöglichen.

Daraus folgernd lassen sich als Handlungsfelder die Außendarstellung der Disziplin und vor allem die Bildung dentifizieren. Empfehlenswert ist dafür die Einbettung der Informatikbildung in Schulen und Universitäten als eines der essentiellen Werkzeuge der Gegenwart und Zukunft. Insbesondere die Schulbildung ist elementar für den frühzeitigen kreativen Umgang mit der Informatik und kann so dem Abbau gesellschaftlicher Technik- und Zukunftsangst dienen.

Eine verzerrte gesellschaftliche Wahrnehmung und mediale Kommunikation zeigt sich im *Maschinenbau* im Fachgebiet der additiven Fertigung, umgangssprachlich als 3D-Druck bezeichnet. 3D-Druck wird häufig als revolutionäre Technologie, gar als Triebfeder der nächsten industriellen Revolution dargestellt. Auf der anderen Seite verursacht der 3D-Druck Befürchtungen hinsichtlich des Verlustes von Arbeit und Arbeitsplätzen oder wird als Bedrohung wahrgenommen, z.B. als Möglichkeit zur Herstellung von Waffen. Eine häufig plakative Darstellung in den Medien erzeugt bei Vielen überzogene Erwartungen, seien es positive oder negative. Neutrale Betrachter kommentieren die Technologie derzeit eher als nützlich, etwa für die ressourceneffiziente Herstellung von komplexen und individualisierten Bauteilen, sowohl für den industriellen als auch den eigenen bzw. privaten Bedarf.

Im Sinne gesellschaftlicher Technikgestaltung stellen sich zahlreiche Herausforderungen. Der 3D-Druck ist derzeit überwiegend ein marktorientierter Technikbereich, sein großes Potential für Individuen und Gesellschaft sowie für Innovationen und Kreativität erscheint bislang eher unzureichend ausgeschöpft. Eine Ursache dafür mag die starke Vereinnahmung von Patent- und IP-Rechten in einer durch Wenige dominierten Entwicklung sein.

Diese Schranken können z.B. Private-Public-Partnerships und Open-Access-Publikationen überwinden. Hier eröffnet sich die starke Verbindung des additiven Fertigungsprozesses mit dem Open-Source-Gedanken. 3D-Druck sollte nicht als „Job-Killer“ verstanden werden, sondern als Chance. Dafür müsste die Technologie allerdings für weite Teile der Gesellschaft geöffnet und das volle Potential gegenüber herkömmlichen Verfahren durch offene, aber gesicherte Regelungen hinsichtlich der IP-Rechte ausgeschöpft werden. Die wissenschaftliche und journalistische Kommunikation sowie die Diskussion über die Technologie sollte ausgewogen und differenziert erfolgen, mit einer realistischen Risikoabschätzung als oberstem Prinzip. Ihre Verbreitung und damit einhergehende Schulungen sollten allen Altersgruppen offenstehen, um Generationenkonflikte zu vermeiden. Diese und darüber hinausgehende rechtliche Aspekte (z.B. Normierung und Haftung) müssen zeitnah geklärt werden.

Ein Thema der *Informations- und Webwissenschaft* sind Filter Bubbles, ein Kommunikationsphänomen, das Nachrichten, Werbung und andere Inhalte im Internet betrifft. Die Algorithmen der sozialen Medien, Suchmaschinen und Vergleichsportale schaffen in ihrem jeweiligen Wirkungsbereich personalisierte Wirklichkeiten, indem das nutzereigene Such-, Kontakt- und Konsumverhalten den jeweiligen Filtermechanismus verstärkt. Dadurch wird eine ausgewogene Auswahl von Inhalten nicht mehr gewährleistet, meist nicht einmal beabsichtigt. Unsicherheiten entstehen, da diese Services den Eindruck vermitteln, unabhängige Informationsanbieter zu sein und eine objektive Wirklichkeit darzustellen. Es ist vom Nutzer abhängig, ob er sich dieser Tatsache bewusst ist und wie er damit umgeht.

Die Herausforderungen ergeben sich aus dem Spannungsverhältnis zwischen den Filter- und Personalisierungsbemühungen der Services und dem Bedürfnis nach einer objektiven Abbildung der Wirklichkeit. Meist verstärken Filter Effekte sozialer Homophilie („Gleich und Gleich gesellt sich gern“). Eine weitere Herausforderung ist die nicht vorhandene Transparenz der Wirkungsmechanismen. Die meist verborgenen Algorithmen sind Marktvorteile

der Serviceanbieter, weshalb ein hohes Interesse an Geheimhaltung besteht. Zudem ist die Personalisierung oft durch die Nutzer erwünscht, da es den Umgang mit den Services erleichtert. Gegenstand einer wünschenswerten Debatte ist die Regulierung derartiger Services: Welche Informationen sollen offengelegt werden? Haben die Nutzenden die Informationskompetenz für einen bewussten Umgang? Unklar ist, wie hoch die Verantwortung des einzelnen Nutzers bei der Verbesserung der Algorithmen ist. Sicher ist jedoch, dass alle Nutzungsformen in den Algorithmus einfließen.

In der digitalisierten Welt ist im Umgang mit diesen Unsicherheiten eine digitale Abstinenz keine Option. Vielmehr müssen die Probleme aufgegriffen und bewältigt werden. Zu diesen Problemen gehören etwa geografische und informationstechnische Spaltungen. Der „Digital Divide“ spaltet eine Welt, in der ein schneller und auch mobiler Internetzugang zum Muss geworden ist, in gut ausgestattete urbane Gegenden und noch unerschlossene ländliche. Ein „Literacy Divide“ zeigt sich im fehlenden Wissen der Mehrheit darüber, in welcher Form einige Wenige (Unternehmen und Organisationen) mit den Daten der Vielen umgehen. Ebenso führt die weit verbreitete Unkenntnis darüber, wie man die eigenen Daten schützt, zu neuen digitalen Spaltungen.

Ein weiteres Problem ist, dass Daten zur Ware geworden sind – nur wer es sich leisten kann, gibt seine Daten nicht ab. In den USA liefern Millionen Versicherte bereits täglich Lifelogging-Daten an die Versicherer – wer sich genügend bewegt, erhält den günstigeren Tarif, wer bereit ist, seine Daten abzugeben, bekommt kostenlose Services (z.B. bei Google). Problematisch ist auch ein unaufgeklärter Umgang mit Resultaten aus dem Bereich „Data Science“, die datengetrieben operiert und sich methodisch oft auf Mustererkennung begrenzt. Big-Data-Analysen suggerieren, dass große Mengen an Daten automatisch „wahre Ergebnisse“ liefern. Häufig wird vergessen, dass es sich hierbei oft auch nur um Statistiken handelt von a) nicht bereinigten Datenquellen, b) isoliert betrachteten Variablen und c) Daten, die eben gerade verfügbar waren (z.B. in den Bereichen Health Analytics oder Social Data Mining).

Wie also schützt man Nutzer, wenn diese den Handlungsbedarf nicht erkennen? Wie schafft man ein System, in dem Geringverdiener nicht ihre Daten hergeben müssen, um sich etwas leisten zu können – provozierend gelegentlich als Daten-Prostitution bezeichnet? Wie erreicht man eine Umkehr von der Analyse verfügbarer Daten zu einer Analyse benötigter Daten, um damit dem kaum zu kontrollierenden Zugriff der Services auf die Nutzerdaten entgegenzuwirken?

Ein Handlungsfeld ist auch in diesem Bereich die Bildung, genauer die Implementierung der miteinander kombinierten Fächer Technik, Informationskompetenz und Ethik in Schulen und Hochschulen. Für gesellschaftliche und politische Akteure ergibt sich daraus die Handlungsempfehlung, die Mündigkeit des Menschen in einer technologisierten und digitalen Welt durch entsprechende Anpassungen der Schulbildung herzustellen. Der Unterricht muss die Schüler und damit die Bürger befähigen, Folgen der Techniknutzung abschätzen zu können. Dafür sind konkrete Grundkenntnisse erforderlich. Im Wissenschaftsbereich könnte Ethik als Pflichtfach im Studium der Informatik eingeführt werden, damit die Studierenden und Absolventen die Folgen der eigenen Programmierarbeiten abschätzen können. Insgesamt würde auf diese Weise sowohl in Schulen als auch in der Wissenschaft die Informationskompetenz der Schüler, Lehrer und Dozenten verbessert.

In der Privatwirtschaft könnte die Ausarbeitung von Leitfäden für Ethik in Technologieunternehmen durch Politik und Industrie eine wirkungsvolle Maßnahme sein. Politisch ließe sich über das Patentwesen hinaus die Offenlegung von Wirkungsweisen und Auswirkungen von Algorithmen und „Privacy by Design“, also bereits durch Programmierung gesicherte Privatsphären, fordern und fördern. Auch muss an die Selbstverantwortung der Unternehmen appelliert werden, Transparenz über Auswahl- und Personalisierungsprozesse herzustellen. Ein weiteres Handlungsfeld, um Innovation, Diversifikation und Unabhängigkeit abseits von Monopolen wie Google zu ermöglichen, ist die Entwicklung alternativer, d.h. unabhängiger und offener

Quellen, wie z.B. ein offener Web-Index, der alle erhältlichen Webseiten indexiert. Damit in Verbindung könnten Projekte gefördert werden, die auch alternative Datenquellen nutzen und nicht nur auf leicht verfügbare Datenquellen setzen.

Ein Problem der *Rechtsinformatik* ist der Datenschutz, also der Schutz des Einzelnen vor der Beeinträchtigung in seinem Persönlichkeitsrecht durch den Umgang mit seinen personenbezogenen Daten. Die Disziplin der Informatik ist bei der Gestaltung der Systeme gefordert, z.B. wenn es darum geht, möglichst wenig personenbezogene Daten zu erheben und die Transparenz über verarbeitete Daten zu erhöhen. Universelle Lösungen für Datenschutz in Zeiten von „Big Data“ gibt es nicht, jedoch zahlreiche Einzellösungen weit über praktisch verbreitete Verfahren hinaus. Die Rechtswissenschaft ist in diesem Bereich um eine ausdifferenzierte Interessenabwägung bemüht, z.B. hinsichtlich des Persönlichkeitsschutzes im Abgleich von Interessen der Datenverarbeitenden. Die grenzüberschreitende Wirkung macht das Arbeitsfeld sowohl zu einer nationalen, europäischen als auch globalen Angelegenheit. Es geht sowohl um technische Datenschutzmaßnahmen als auch um die Entwicklung ernstzunehmender Sanktionen.

Eine Herausforderung ist dabei das Zusammenwirken beider Disziplinen im Sinne der Transformation der bestehenden Multidisziplinarität, also eines bloßen Nebeneinanders, zur Interdisziplinarität. Das betrifft den Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Anwendungen und die Vermittlung der Erkenntnisse aus der Informatik an Juristen und Entscheidungsträger ebenso wie die Vermittlung rechtlicher Diskussionen und Anforderungen an Informatiker.

Unter diesen Voraussetzungen lassen sich Ziele entwickeln und verstehen. Für die Umsetzung solcher Ziele ist ein politischer Wille für die Entwicklung neuer und zeitgemäßer gesetzlicher Regeln im Datenschutz erforderlich. Um diesen zu generieren, scheint eine Verbesserung der interdisziplinären Kommunikation nötig zu sein, wobei auch der Grundsatzfrage nachzugehen ist,

wie interdisziplinäre Probleme zu lösen sind. Hilfreich kann die Kommunikation spezialisierter Forscher aus jeweils einer Disziplin in Form von Workshops, Veröffentlichungen und der Arbeit in interdisziplinären Forschergruppen sein. Ein wünschenswertes Ergebnis wäre schließlich die Ausbildung interdisziplinärer Forscher durch spezielle Studiengänge und Weiterbildungsangebote.

Das Thema der Interdisziplinarität aus Sichtweise der *Informatik* kommt bei der Beschäftigung mit der Interaktion zwischen Mensch und Maschine auf, wobei sich das Zusammenwirken analytischen Denkens und kreativen Arbeitens als Herausforderung darstellt. Werden zukünftig die Aufgaben durch klare Grenzen aufgeteilt, quasi „Alles halb-halb“?

Diese Frage betrifft unter anderem die Gestaltung zukünftiger Studiengänge, die in der Informatik wurzeln. Eine Interdisziplinierung der Informatik im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion erscheint angebracht, da psychologische Aspekte eine große Rolle spielen. Nicht jede technische Möglichkeit wird sich ohne Berücksichtigung der kognitiven und mentalen Verfasstheit der interagierenden Menschen sinnvoll umsetzen lassen. Gleiches gilt für die Anwendungsfelder in der Arbeitswelt, hier spielt die Betriebswirtschaft als weitere dringend zu berücksichtigende Disziplin der Technikentwicklung eine Rolle.

Die Frage „Alles halb-halb?“ stellt sich in verschiedener Hinsicht. Sind auch interdisziplinär angelegte Studiengänge nur ein Nebeneinander der Disziplinen? Leidet die Vollständigkeit der Ausbildung aufgrund einer möglichen Doppelbelastung bzw. bieten interdisziplinäre Studiengänge genug Raum zur Vermittlung aller wesentlichen Grundlagen der integrierten Disziplinen? Derlei Bedenken erschweren trotz häufiger gegenteiliger Bekundungen die Anerkennung interdisziplinären Studierens und Arbeitens in der Forschungslandschaft, was nicht selten auch zu einer Ausgrenzung von Absolventen führen kann. Um die Akzeptanz und Möglichkeiten interdisziplinärer Studienabschlüsse und Absolventen scheint es in der Arbeitswelt besser bestellt

zu sein, allerdings müssen die neuen Kompetenzprofile teilweise erst noch ihren Platz finden.

Zu empfehlen ist eine kritisch-konstruktive Auseinandersetzung mit der Sinnhaftigkeit interdisziplinärer Studiengänge. Zu beachten sind Gewährleistung einer akademischen Qualifizierung, eine institutionelle Unterstützung der neuen Forschungsfelder und in Hinblick auf den Arbeitsmarkt auch klare Profile für Absolventen. Zu erwägen ist überdies die Kooperation mit der Industrie, z.B. durch duale Studiengänge. Zu klären ist bei der Entwicklung dieser Maßnahmen, welches Absolventenprofil allen Aspekten gerecht wird.

Im Fachbereich der *Technikphilosophie* beschäftigt sich die Design Theory mit der ungenügenden Berücksichtigung ethischer Aspekte in den frühen Entwicklungsphasen der Produktentwicklung sowie mit Problemen der Lebenszyklen technischer Hervorbringungen hinsichtlich Entwicklung, Fertigung, Nutzung und Entsorgung. Als Herausforderung erweist sich die Entwicklung von Ethiktools für die Integration in Entwurfs- und Konstruktionsprozesse. Dabei erfordern unterschiedliche Produkte unterschiedliche Anpassungen. Ein Kernaspekt ist an dieser Stelle, die Zusammenarbeit zwischen Ethikern und Technikwissenschaftlern bei den Anpassungen erfolgversprechend zu gestalten.

„Value-Sensitive Design“ bezeichnet das Bestreben, neue ethikrelevante Elemente in die technikwissenschaftliche Ausbildung zu integrieren. Dafür könnten die entsprechenden Curricula erweitert werden und so im Studium der Technikwissenschaften für eine frühzeitige und echte Sensibilisierung sorgen. Dafür bedarf es nicht nur der Entwicklung gemeinsamer Vorstellungen der Vertreter der Technikphilosophie und Technikwissenschaften in Forschung und Entwicklung, sondern auch der Klärung zahlreicher Fragen zur Implementierung.

In der *Soziologie* wird das Spannungsfeld zwischen einer allgemeinen und unkritischen gesellschaftlichen Akzeptanz, die z.B. auf verschiedene politisch oder wirtschaftlich motivierte Maßnahmen zur Einführung radikaler

technischer Innovationen zurückgeführt werden kann (technology push), auf der einen Seite und der Möglichkeit einer eigensinnigen Nutzung technischer Systeme auf der anderen Seite reflektiert. Technische Systeme können in ihrer Ausgestaltung bestimmten Individuen oder Gruppen nützen, den Interessen anderer jedoch entgegenstehen. Bei der Anpassung der Funktionen und Wirkungsmacht im Sinne breiter gesellschaftlicher Akzeptanz erscheint es problematisch, dass technische Systeme von den Nutzern häufig als „Black Box“ wahrgenommen werden, deren Funktion also mehr oder minder bekannt ist, jedoch nicht die dahinter liegenden Mechanismen bzw. Algorithmen. Um also an technischen Gestaltungsprozessen teilzunehmen, bedarf es eines „Unboxing“ der wirksamen technischen Mechanismen.

Für Gesellschaft und Unternehmen stellen sich Fragen politischer Implikationen technischer Artefakte, die breit diskutiert werden müssen – wer profitiert wann, wie und warum durch die Diffusion einer „geblackboxten“ Technik? Ziel im Sinne gesellschaftlicher Technikgestaltung sollte sein, diese so weit wie möglich in die Hände der Nutzer zu legen. Technikaneignung, -modifikation und -zweckentfremdung durch die einzelnen Nutzer oder spezifische Nutzergruppen mit jeweils partikularen Interessen können als subversive Befreiungspraxis interpretiert werden. Biohacking und Open Source sind Beispiele für bereits weltumspannende Communities, die auf eigene Faust gentechnische Laienforschung betreiben (was weniger Aufwand erfordert, als viele Menschen annehmen) bzw. frei zugängliche Alternativen für kommerzielle Software entwickeln. Diese Art der Technikaneignung birgt nicht nur große Chancen, sondern auch hohe Risiken für Sicherheit, Gesundheit oder Datensicherheit, weshalb z.B. das angesprochene Biohacking in Deutschland verboten ist, nicht jedoch in den USA. Eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung wird es demzufolge sein, sowohl abstrakte Leitlinien als auch konkrete Mechanismen der Kontrolle zu entwickeln bzw. zu implementieren, die ein Mindestmaß an Sicherheit für den einzelnen Nutzer und v.a. für die anderen Mitglieder der Gesellschaft zu gewährleisten.

Diesen Herausforderungen zu begegnen ist Aufgabe von Gesellschaft und Politik. In Entwicklungsprozessen könnte das Hacking, also die Teilhabe an kreativen Prozessen bei der Entwicklung technischer Systeme, durch Politik und Industrie gewährleistet und gefördert werden. Dazu bedürfte es der rechtlichen Verankerung ebenso wie der Entwicklung gesellschaftlicher Akzeptanz für destabilisierende Techniknutzung durch Bildung und Medien, die so als eigenwillige Technikaneignung bezeichnet und attraktiv gemacht werden könnten.

Als Handlungsempfehlungen für die Förderung nutzergenerierter Entwicklung sind Kommissionen für die Interessen der Nutzer hinsichtlich der Möglichkeit einer eigensinnigen Nutzung und eigenwilligen Modifizierung von Technik vorstellbar. Zudem ließen sich hoch dotierte Preise oder Wettbewerbe für Unternehmen ausrufen, die „offene“ Technologien anbieten und für Nutzer, die kreativ-subversive Technikmodifikationen entwickeln.

Fazit

Die vorangegangenen Ausführungen stellen nur einen Auszug aus der immensen Menge an Herausforderungen in den Technikwissenschaften dar. In Tabelle 1 werden sie zusammengefasst. Es wird deutlich, dass es fünf Themen gibt, die in dieser Zusammenstellung besondere Beachtung finden: Herausforderungen der öffentlichen Darstellung und Wahrnehmung von Technik, die interdisziplinäre Zusammenarbeit sowie die Rechte und Interessen der Nutzer, Handlungsfelder für die technische Bildung und teilweise gesetzliche Regulierung. Allen gemeinsam ist, dass die nutzerzentrierte Technikgestaltung in der einen oder anderen Form thematisiert wird, was durch die Begriffe der Akzeptanz und Akzeptabilität beschrieben werden kann.

Aus den zentralen Themen lassen sich Thesen allgemeiner Natur zum Umgang mit den Unsicherheiten der Technikentwicklung ableiten, die teilweise aufeinander aufbauen und zusammenhängen:

1. Die Entwicklung technischer Systeme sollte dem Grundsatz der *Akzeptabilität*, also ethischen Aspekten und dem Prinzip des Schutzes

der Nutzer folgen und Nutzer in die Technikentwicklung integrieren. Zu diesem Zweck ist es wichtig, gesellschaftliche Bedingungen dafür zu stärken: Bildung und Information.

2. In der *Bildung* sind auf Ebene der Schule Maßnahmen wie die Einführung neuer Fächer wie Technikunterricht und/oder die Umgestaltung des Fachs Informatik durch die Verknüpfung der funktionalen, kreativen und ethischen Elemente zur Verbesserung der Informationskompetenz erforderlich. Die technischen Studiengänge sollten mit Ethiktools mit dem Ziel der Sensibilisierung der Studierenden und Forschenden für Technikfolgen versehen werden.

3. *Interdisziplinarität* in Forschung und Entwicklung heißt gegenseitige Durchdringung der Disziplinen statt eines bloßen Nebeneinanders derselben. Es gilt, interdisziplinäre Forschergruppen und Projekte zu fördern und gemeinsame Methoden zu entwickeln. Wichtige Grundsatzfragen des gemeinsamen Arbeitens sind zu klären.

4. Auch in der *Produktentwicklung* sollten Ethiktools implementiert werden und Algorithmen im Sinne der Datenschutzrechte der Nutzer reguliert werden.

5. Die *öffentliche Darstellung* neuer und zukünftiger Technologien kann durch sachliche und differenzierte Beschreibung durch die Forschung ebenso sachlich und differenziert gestaltet werden, um Panik oder Heilsversprechen zu vermeiden.

Tabelle 1: Ansätze verschiedener Fachbereiche zum Umgang mit Unsicherheiten der Technikentwicklung

Phänomen	Fachbereich	Herausforderungen	Handlungsfelder und -empfehlungen
Wahrnehmung der Informatik	**Informatik**	**Positiveres Image** • Ängste aufgreifen und analysieren • Deutschland als innovatives Land erkennen und fördern • Mehrwert der Digitalisierung für verschiedene Bevölkerungsgruppen ausarbeiten	**Bildung/Wissenschaft** • Einbettung der Informatik in Schulen und Universitäten als essentielles Werkzeug der Gegenwart und Zukunft • Frühzeitiger kreativer Umgang mit Informatik in der Schule • Positive und sachliche Visionen • Transformation von Technik- und Zukunftsangst in eine stärkere Förderung der Innovationskultur
Wahrnehmung der 3D-Druck-Technologie	**Maschinenbau**	**Positiveres Image** • Aufweichen der Marktorientierung, IP- und Patentrechte, Dominanzverhältnisse • realistische Kommunikation • Rechtssicherheit für Patente und IP	**Politik** • Reform der Rechte für IP und Patente **Politik, Wirtschaft** • Private-Public-Partnerships • Öffnung der Technologie für die Gesellschaft • realistische Kommunikation **Wissenschaft** • Open-Access-Publikationen **Gesellschaft** • Realistische Kommunikation

Phänomen	Fachbereich	Herausforderungen	Handlungsfelder und -empfehlungen
Filter Bubbles	**Informations- und Webwissenschaft**	**Schutz der Nutzer** • Digital Divide (Breitbandausbau) • Unkenntnis über die Verwertung eigener Daten durch Andere • Daten als Ware • Data Science	**Politik** • Offenlegung der Wirkungsweisen von Algorithmen über das Patentwesen hinaus • „Privacy by Design“ regulieren • Bereitstellung alternativer offener Quellen, z.B. Web-Index • Diversifikation der Anbieter, Unabhängigkeit von Monopolen wie Google • Förderung von Projekten, die alternative Datenquellen nutzen (nicht nur leicht verfügbare) **Wirtschaft** • Leitfäden für Ethik in Technologieunternehmen • Selbstverpflichtungen für Transparenz bei Auswahl- und Personalisierungsprozessen **Bildung/Wissenschaft** • Schulbildung muss Grundkenntnisse der Funktionsweise der Technik vermitteln • Kombination der Schulfächer Ethik, Informationskompetenz und Technik, Implementierung der Ethik in technischen Studiengängen ➔ Schüler/Bürger erkennen die Auswirkungen ihres Handelns, Ingenieure haben Bewusstsein für die Folgen ihrer Produkte

Phänomen	Fachbereich	Herausforderungen	Handlungsfelder und -empfehlungen
Big Data/Datenschutz	**Rechtsinformatik**	**Interdisziplinäre Zusammenarbeit** • Grundsatzfragen nach interdisziplinärer Zusammenarbeit für die Fächer Recht und Informatik klären • Ausbildung interdisziplinärer Forscher	**Bildung/Wissenschaft** • Interdisziplinäre Studiengänge und Weiterbildung • Workshops • Interdisziplinäre Forschergruppen
Mensch-Maschine-Interaktion	**Informatik (Psychologie, BWL)**	**Interdisziplinäre Zusammenarbeit** • Integration der Fächer Informatik, Psychologie und BWL • Mangelnde Anerkennung von Interdisziplinarität in Forschung und Industrie	**Wirtschaft** • Kooperation mit Wissenschaft und Bildungsträgern **Bildung/Wissenschaft:** • Kritische und konstruktive Auseinandersetzung mit Sinnhaftigkeit interdisziplinärer Studiengänge mit der Gestaltung klarer Profile
Value-Sensitive-Design	**Philosophie**	**Implementierung ethischer Aspekte in die Produktentwicklung** • Entwicklung von Ethiktools • Interdisziplinäre Zusammenarbeit	**Wissenschaft** • Frühzeitige Integration ethikrelevanter Aspekte in die technikwissenschaftliche Ausbildung mit Anpassung der Curricula mit dem Ziel echter Sensibilisierung • Entwicklung gemeinsamer Vorstellungen der Technikwissenschaften und Ethik • Fragen zur Implementierung der Ethiktools klären

Phänomen	Fachbereich	Herausforderungen	Handlungsfelder und -empfehlungen
Technik als Black Box	**Soziologie**	**Aneignung** • Nutzer der Technik sollten sich diese aneignen, also Möglichkeiten des „Hacking“ erproben und sich in Entwicklungsprozesse integrieren	**Politik** • Rechtliche Verankerung der Möglichkeit für Technikaneignung • Kommissionen für die Wahrung der Nutzerinteressen und Aneignung von Technik **Wirtschaft** • Möglichkeiten und Geschäftsmodelle für Technikaneignung schaffen **Bildung/Wissenschaft** • Vermittlung nötigen Wissens **Gesellschaft** • Gesellschaftliche Akzeptanz durch Medien fördern

Unsicherheiten der Technikentwicklung als gesellschaftliches und politisches Handlungsfeld

Tobias Redlich, Robert Weidner, Markus Langenfeld

Technische Hervorbringungen sind immer mit der Ambivalenz von Nutzen und Risiko bzw. positiven und negativen Auswirkungen behaftet (Renn 2014). Atomenergie, Gentechnik und weitere aktuell an Relevanz gewinnende Technologiezweige wie die Informations- und Kommunikationstechnologien, Roboter und andere autonome Systeme, 3D-Druck etc. zeigen, dass ihre Entwicklung und Anwendung in einem Spannungsverhältnis zwischen Fortschritt, Risiko, Verantwortung und Kontrollverlust über die Konsequenzen ihrer Anwendung stehen.

Viele Menschen empfinden eine stärker oder schwächer ausgeprägte Unsicherheit darüber, in welchem Maße Technik ihre Lebens- und Umwelt kontrolliert oder zukünftig kontrollieren wird, was zu verschiedenen Vorstellungen von Technik führt – von der Idee der Technik als Fortschrittsmotor über diejenige der technischen Artefakte als nutzenbringende Systeme bis hin zur Wahrnehmung als Bedrohung (Gloede/Bücker-Gärtner 1988; Kornwachs 2013). Unsicherheit ist aus anthropologischer Sicht ein spezifisch menschliches und profundes Empfinden, das ein Wissen darüber voraussetzt, dass sich die Zukunft nicht nach der am nächsten liegenden Erwartung ausgestalten muss, also kontingent ist (Conrad 1995; Renn 2014). Im Zusammenhang mit Technik ist Unsicherheit zudem ein in Forschung und Entwicklung zu beobachtendes Missverhältnis zwischen der Reichweite des Wissens über mögliche Folgen des menschlichen Handelns in Bezug auf Technik und die Wirkungsmacht angewandter Technik, das in Anbetracht immer komplexerer Zusammenhänge zunehmend ungünstiger für das Wissen ausfällt (von Gleich 2013).

Die Beispiele der Atomenergie und Gentechnik repräsentieren Technologiezweige, über die bereits viele Jahrzehnte öffentlich debattiert wird. Die

Atomenergie war nach ihrer Nutzbarmachung stets einerseits mit dem Potential für die zivile Nutzung und andererseits hohen Risikoaspekten behaftet, die v.a. durch die Ereignisse in Tschernobyl (1986) und Fukushima (2011) deutlich wurden. Die militärische Anwendung der Atomenergie hingegen, seien es die Bombenabwürfe über Hiroshima und Nagasaki oder sei es das Wettrüsten im Kalten Krieg, ist Zeichen eines zivilisationsgefährdenden Potentials und macht deutlich, dass Entwicklung und Nutzung von Technologien mit einer hohen Verantwortung verbunden sind.

Das Beispiel der Gentechnologie, deren Anwendung noch nicht, aber potentiell weltumspannend und allumfassend ist, macht deutlich, dass Chancen und Risiken eines Technologiezweiges einen hohen Grad an Kontingenz aufweisen können. Anders ausgedrückt verursacht Gentechnik beträchtliche Unsicherheiten hinsichtlich ihrer Folgen und Auswirkungen. Chancen sind z.B. in einer weitaus effizienteren Raumnutzung genetisch perfekt angepasster Kulturpflanzen angesichts fortschreitender Desertifikation und der anhaltenden Zerstörung zahlreicher Ökosysteme zugunsten der Landwirtschaft zu sehen. Auf der anderen Seite sind Risiken möglicher Umweltschäden durch Pollenverbreitung, genetische Vermischung mit natürlicher Vegetation und folglich ins Ungleichgewicht geratener Ökosysteme zu erkennen. Auch die unkalkulierbaren Gesundheitsprobleme für den Menschen durch die Bildung toxikologisch relevanter Substanzen und mögliche neue Allergieformen generieren Skepsis bei weiten Teilen der (Welt-)Bevölkerung. Die Bewertung dieser Risiken fällt unter wissenschaftlichen Experten, aber auch bei verschiedenen gesellschaftlichen Akteuren und schließlich in verschiedenen Gesellschaften teilweise sehr unterschiedlich aus (Karger 2003). Die Gentechnik ist ein Beispiel für potentiell irreversible Kontrollverluste durch die Folgen der Anwendung technologisch unterstützter Hervorbringungen. Zwar haben Gesellschaften immer schon irreversible Umweltveränderungen wie z.B. Abholzungen im Umfeld besiedelter Regionen verursacht, heutzutage haben sich allerdings die Dimensionen und Möglichkeiten enorm vergrößert (Luhmann 1986).

Ob nun die Auswirkungen genetisch manipulierter Pflanzenkulturen zu irreversiblen Folgen für angrenzende Ökosysteme führen können oder ob bei der Nutzung der Atomenergie das menschliche Handeln die eigentliche Gefahr zivilisationszerstörerischer Auswirkungen ist, die „enge und unauflösliche Wechselwirkung“ (Simonis 2013a) zwischen Technik und Gesellschaft (s. auch Luhmann 1991) wird durch die beiden prominenten Beispiele technologischer Entwicklungen deutlich. Die Kontingenz, Dilemmata und Übergangsprobleme der Nutzung risikobehafteter Technologien führen grundsätzlich zu Unsicherheiten auch in der Form, dass Technikfolgen politisch und gesellschaftlich niemals in Gänze kontrollierbar sind. Selbst wenn politische Maßnahmen verschiedene Möglichkeiten der technischen Entwicklungen offen halten, vollziehen sich gesellschaftliche und politische Lernprozesse hinsichtlich der Entwicklung und Anwendung von Technik häufig nach dem Prinzip des *trial and error* (Conrad 1995).

So stellt sich die Frage, wie Technik und ihre Anwendung durch Gesellschaft und Politik in dem Sinne kontrolliert werden können, dass unerwünschte Nebenfolgen vermieden werden. Ebenso muss definiert werden, welche Technikfolgen als unerwünscht gelten und welche (potentiellen) Auswirkungen bzw. wieviel Unsicherheit eine Gesellschaft ertragen kann (Conrad 1995; Zimmerli 1990). Das Phänomen der Unsicherheiten der Technikentwicklung kann zu expliziter Technikkritik führen, betrifft Themen der Akzeptanz und Akzeptabilität, der Legitimierung der Entwicklung technischer Systeme und Technologien und verursacht den Bedarf einer gesellschaftlich verankerten Technikgestaltung, die an die Stelle einer ungesteuerten Technikentwicklung als Maxime für den Umgang mit den daraus resultierenden Unsicherheiten treten sollte.

Technikkritik, Akzeptanz und Akzeptabilität

Die gegenwärtigen und zukünftigen technischen Entwicklungen sind neben den genannten Beispielen v.a. im digitalen Bereich zu verorten, wobei hier auch anzumerken ist, dass der Mensch stets eine zentrale Rolle einnimmt und

Teil der Digitalisierung ist. Eines der größten Themenfelder bereits eingesetzter und in naher Zukunft einsetzbarer Technik ist der die digitale Vernetzung und Robotik. Unter dem Schlagwort „Industrie 4.0“ ist ein ganzes Spektrum an Veränderungen der Arbeitswelt zusammengefasst, das sowohl Szenarien unzähliger Möglichkeiten eröffnet als auch schwerwiegender Umwälzungen der Substitution menschlicher Arbeitskraft durch Maschinen einschließt, was in unzähligen Publikationen und Artikeln prognostiziert wird (z.B. Kwasniewski 2016; Plickert 2015). In diesem Zusammenhang werden sogar volkswirtschaftlich vollkommen neue Wege, wie beispielsweise das bedingungslose Grundeinkommen, als notwendige Maßnahmen für die Anpassungen an die absehbaren gesellschaftlichen Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt diskutiert.

Hinzu kommen die weniger auf konkrete technische Produkte bezogenen, sondern auf abstrakter Ebene angesiedelten Fragen, die das Selbstbild des Menschen in seiner geschaffenen Umwelt betreffen. Technische Unterstützungssysteme werden in Zukunft nicht mehr nur aus medizinischen Gründen in den menschlichen Organismus implantiert, sondern wohl auch mehr und mehr zur Unterstützung im Alltag eingesetzt werden. Hier bestehen jedoch nicht nur Bedenken über mögliche gesundheitliche Folgen oder hinsichtlich des Datenschutzes. Aus Sicht einiger Vertreter der philosophischen Anthropologie kann die Gefahr der Verkümmerung ureigener menschlicher Fähigkeiten durch den Einsatz technischer Unterstützungssysteme, welche die körperlichen und geistigen Arbeiten ersetzen, auch als eine Gefahr sukzessive vonstattengehenden Verlustes der Wesenheit des Menschen interpretiert werden (Sombetzki 2015).

Die politische und gesellschaftliche Technikkritik ist meist an konkreten technischen Hervorbringungen und deren Auswirkungen auf das persönliche oder Allgemeinwohl bezogen. Auf gesellschaftlicher Ebene wurde in Deutschland bis in die 1970er Jahre technologische Entwicklung mit Fortschritts- und Wohlstandserwartungen bis hin zu einer „ideologische[n] Aufwertung des Technischen in der politischen Debatte“ (Süß 1988) verknüpft

und weitgehend positiv gesehen, bis teilweise massive Umweltschäden oder die Rationalisierung der industriellen Arbeit vermeintlich konstante Sicherheiten infrage stellten. Als Reaktion entstand eine breite Kritik am ungebremsten Wachstum und der Technik als neues Leitbild zumindest für Teile der Gesellschaft (Strümpel 1988). Generell ist in den meisten Industrienationen durch verschiedene Entwicklungen ein unkritischer Technikoptimismus einer gewissen Skepsis gegenüber neuen und etablierten Technologien gewichen, auch wenn die fast sprichwörtliche deutsche Technikfeindlichkeit andere Annahmen suggeriert (Kistler/Pfaff 1990; vgl. auch Woopen/Mertz 2014).

Es ist nicht davon auszugehen, dass die Ergebnisse technologischer Entwicklungen in jedem Fall den reflektierten Bedürfnissen der Menschen entsprechen und z.B. die „Digitalisierung als Naturereignis“ (Huber 2016) hingenommen wird. Vielmehr wird deutlich, dass die Gestaltung der Interaktion zwischen Technik, Mensch, Gesellschaft und Umwelt eine der großen Herausforderungen der Gegenwart und Zukunft ist. In der Regel jedoch entwerfen und erfinden Ingenieure neue Technik v.a. unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Zielsetzungen, die durch natürlicherweise gewinnorientierte Unternehmen und ein nur teilweise hinterfragtes Fortschrittsparadigma geprägt sind.

Es zeigt sich, dass sich Entscheidungen über Technikentwicklung und die damit verbundene Fortschrittsrichtung nicht in Form rationaler Diskurse herauskristallisieren, sondern viel häufiger durch dominante Entscheidungsträger durchgesetzt oder wenig durchdacht im Rahmen politischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Mechanismen in Form kleiner Einzelschritte getroffen werden. Technikentwicklung gehorcht somit keiner eigenen Logik, so dass die moderne Technikkritik mit ihrem Leitbild einer sanften und sozialverträglichen Entwicklung eine Utopie übermittelt (Conrad 1994).

Durch die beschriebenen Unsicherheiten leidet nicht zuletzt die Akzeptanz technischer Systeme oder ganzer Technologiezweige. Die Frage der Technikakzeptanz stellt sich angesichts verschiedener Technikkategorien auf unterschiedliche Weise. Produkt- und Alltagstechnik wie Kühlschränke, Staubsauger, Computer und Smartphones werden meist vorbehaltlos genutzt und generieren selten Akzeptanzprobleme, da der Markt die Ausbreitung der technischen Produkte steuert. Anlass zur Besorgnis allerdings entsteht immer mehr die zunehmende digitale Vernetzung u.a. wegen der Verwendung persönlicher Daten auf unterschiedlichen Ebenen. Bei Technik am Arbeitsplatz zeichnet sich Akzeptanz in der freiwilligen Nutzung der vom Arbeitgeber bereitgestellten Technik durch die Beschäftigten aus. Besorgnis verursacht im professionellen Bereich v.a. die Unsicherheit, inwieweit zukünftige Technik die Arbeitskraft des Menschen ersetzen werden. Bei der Kategorie der externen Technik schließlich, also derjenigen meist großer technischer Komplexe wie Flughäfen, Labore, Atomkraftwerke oder Windräder, zeigt sich, wenn vorhanden, Akzeptanz als Toleranz der physischen Präsenz der häufig als störend oder gefährlich empfundener Anlagen. Im Zuge der Installation solcher Großprojekte zeigen sich am deutlichsten partizipative Elemente der Technikanwendung, z.B. in Form von Demonstrationen gegen dieselben oder verschiedener Stufen der Entscheidungsfindung über den Bau auf der politischen, wirtschaftlichen, rechtlichen und gesellschaftlichen Ebene. Neben der Akzeptanzfrage über einzelne Anlagen schwingen bei den Debatten auch grundsätzliche Fragen über technologische Leitbilder, Nachhaltigkeit und andere grundsätzliche Wertvorstellungen und Überzeugungen mit (acatech 2011).

Bei der Akzeptanz einzelner Technologiezweige sind allerdings durchaus Differenzierungen zu beobachten: Ein anschauliches Beispiel ist, dass gegenüber gentechnisch hergestellten Medikamenten oder Nanopartikeln in Lacken und Farbent die Skepsis nicht so groß wie gegenüber genmanipulierten oder mit Nanopartikeln versetzten Lebensmitteln ist (acatech 2011.). Empirische Befunde über die gegenwärtige Technikakzeptanz legen zumindest in Deutschland eine gewisse Ambivalenz nahe. Die Offenheit der deutschen

Bevölkerung gegenüber neuer Technik und Innovationen ist im internationalen Vergleich nicht übermäßig stark ausgeprägt. Technikfeindlich allerdings ist die deutsche Bevölkerung keineswegs, vielmehr kann von einem ausgeprägten Konfliktpotential bei Fragen der Anwendung externer Technik die Rede sein, insbesondere bei den Themen Energie, Mobilität, Abfall und Gentechnik. Skepsis macht sich in diesen Bereichen v.a. dann bemerkbar, wenn die Umwelt, die Gesundheit oder die Privatsphäre in Gefahr gesehen wird. Dass ganze Technikzweige wie Kernkraft oder Grüne Gentechnik in manchen Gesellschaften in verschiedenem Ausmaß akzeptiert, in anderen Ländern jedoch fast kollektiv abgelehnt werden, ist auch mit allgemeinen kulturellen Merkmalen oder gesellschaftlichen Rahmenbedingungen verbunden. Verschiedene Faktoren führen manchmal zu einem „kollektiven Votum“, das die Innovationskraft alternativer Techniklinien stärken kann, wie z.B. die erneuerbaren Energien (vgl. Kloepfer 2003). Das Reaktorunglück in Fukushima veranschaulicht, wie umwälzend und unterschiedlich politische Reaktionen auf offensichtliche Gefahren in verschiedenen Ländern sein können: In Deutschland wurde ein radikaler politischer Wandel eingeleitet, während das sogenannte „Restrisiko“ der Kernenergie in anderen Ländern weiterhin fast gleichmütig hingenommen wird.

Während Fragen nach der Akzeptanz von Technik eher dem ökonomischen Bereich zuzuordnen sind und sich nach offensichtlichen persönlichen oder gruppenbezogenen Verhaltensweisen und Gefahrwahrnehmungen im Sinne der Toleranz, Duldung, Annahme oder Kaufverhalten bemisst, ist Akzeptabilität ein normativer, mit moralischen Urteilen verknüpfter Begriff. Für eine Person, soziale Gruppe oder Gesellschaft stellen Werte, Überzeugungen, Normen und Präferenzen die Basis für ein anhand rationaler Kriterien gefälltes Urteil über die Akzeptabilität eines Produktes oder eines Technologiezweiges dar (Gethmann/Sander 1999; Kornwachs 2013). Die Machbarkeit erzeugt nicht automatisch den allgemeinen Wunsch nach Umsetzung. Ein gutes Beispiel dafür sind Experimente am und im Menschen, wenn z.B. Eingriffe in sein Erbgut für breit gestreute Zweifel, Unbehagen und Proteste sor-

gen. Ursache dafür sind weniger ungute Erinnerungen an „Eugenik“, sondern v.a. Ängste vor dem Verlust seiner Wesenheit im Sinne seiner Selbstwahrnehmung als Individuum im Kontrast zur Vorstellung seiner selbst oder seiner Nachkommen als designtem und optimiertem Organismus (Kistler/Pfaff 1990; Sombetzki 2015).

Akzeptanz und Akzeptabilität sind nicht immer logisch miteinander verknüpft. Es zeigt sich, dass Dinge, die der Mehrheit der Gesellschaft nicht akzeptabel erscheinen, dennoch durch Kauf, Anwendung oder auch ausbleibenden Protest akzeptiert werden. Viele demokratisch legitimierte und damit zumindest auf der politischen Ebene akzeptable Entscheidungen hingegen werden angezweifelt und durch Protestbewegungen zu verhindern versucht (Kornwachs 2013).

In diesem Lichte erscheint es angebracht, zukünftig einer Maxime der Akzeptabilität neuer Technologien zu folgen statt lediglich politische Informationsversorgung über bestimmte technische Innovationen bereitzustellen, die einer „Akzeptanzbeschaffung“ (acatech 2011) dient (vgl. z.B. Gethmann/Sander 1999; Kloepfer 2003; Renn 1999). Akzeptabilität kann als Ergebnis transparenter, partizipativer und aktiv gestalteter Entscheidungsprozesse auf allen gesellschaftlichen Ebenen verstanden werden. Um eine allgemeine technische Kompetenz und ein fundiertes Urteilsvermögen weiter zu entwickeln, muss eine Gesellschaft technisches Wissen in ihre Identität, ihre Lebenswelt und ihre Kultur integrieren (acatech 2011). Dafür bedarf es besonderer Anstrengungen der Politik und gesellschaftlicher Akteure.

Politische Ebene: Risikopolitik, Technikfolgenabschätzung und Technology Governance

Technikakzeptanz, -akzeptabilität und die Unsicherheiten der Technikentwicklung sind politische Themen. So werden z.B. Chancen und Risiken neuer Technik im Rahmen der Hightech-Strategie der Deutschen Bundesregierung als Kriterien der Forschung formuliert. Dabei geht es v.a. um Im-

pulse für wirtschaftliches Wachstum, so dass die Bundesregierung hohe Beträge in Forschung und Entwicklung investiert. Zudem sollen Maßnahmen der Kommunikation und des Diskurses wie Bürgerdialoge zur Akzeptanzunterstützung oder zahlreiche virtuelle und analoge Informationskampagnen die Bevölkerung informieren. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Stärkung des Interesses an den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) bei Schülern. Diese Maßnahmen gehen in die Richtung der Wissensvermittlung, die allerdings noch keine hinreichende Bedingung für Akzeptanz und Akzeptabilität ist. Nicht selten machen explizit technikkritische Akteure sich das erweiterte Wissen sogar zunutze, um ihre Argumente zu unterfüttern (acatech 2011).

Um Risiken und Gefahren neuer Technologien im Sinne einer „Risikopolitik“ (Conrad 1994) als Querschnittsaufgabe verschiedener Politikfelder wie der Innovations-, Wirtschafts- und Umweltpolitik angemessen einschätzen zu können, hat sich das Konzept der Technikfolgenabschätzung etabliert. In Deutschland ist das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) für die Bereitstellung von Analysen für die politischen Entscheidungsträger im Parlament zuständig, um eine Abwägung über die Chancen und Risiken von Technologien zu ermöglichen. Dabei ist es eng mit Interessen und dem Zeitplan des Bundestags verknüpft, was bedeutet, dass die parlamentarische Agenda die Arbeit des TAB bestimmt (Grunwald/Hennen/Sauter 2014).

Für den Techniksoziologen Ortwin Renn (2014) ist die Funktion der Technikfolgenabschätzung die der Prognose, da erst Prognosen moralisches Handeln ermöglichten. Die Grenzen der Prognosefähigkeit, also das generierte Wissen über mögliche Handlungsfolgen, setzten bei der Ambivalenz jedes technischen Artefakts bzw. jeder Technologie ein. Irreführend sei die Annahme, es gebe Technik mit höherem und niedrigerem Gefahrenpotential. Eine umso höhere Bedeutung komme deshalb dem Diskurs zu, und zwar sowohl dem politisch institutionalisierten Expertendialog der Abschätzung als

auch dem gesellschaftlichen zur Bewertung von Technik. Die Expertengremien der Technikfolgenabschätzung allein gewährleisten nicht die Partizipation der gesamten Gesellschaft an der Technikentwicklung.

Aus politikwissenschaftlicher Perspektive kann Technologiepolitik im Sinne einer Technology Governance analysiert und gestaltet werden. Der Begriff Governance hat sowohl eine analytische Bedeutung (Einordnung der gegebenen Struktur-Interaktions-Muster eines Politikfeldes) als auch einer eine normative (Governance als erwünschter Modus der politischen Entscheidungsfindung). In beiden Fällen bedeutet Governance, dass in der politischen Entscheidungsfindung nicht hierarchische Strukturen maßgeblich sind, sondern staatliche und nichtstaatliche Akteure in Netzwerkstrukturen kommunizieren und agieren. Das ist auch in der Technologiepolitik zu beobachten, wenn auch Technik für die Forschung zur politischen Steuerung „schon immer ein besonders sperriges Objekt“ (Mai 2011) war und die Gestaltbarkeit von Technologien erst recht spät als politisches Thema erkannt wurde. Die Governance-Analyse im Allgemeinen nimmt bei bestimmten Problemlagen insbesondere die Institutionen, also formelle und informelle Regelwerke und Strukturen, sowie Akteure in Augenschein, um die Problemlösungsfähigkeit der interdependenten Konstellationen von Strukturen und Akteuren zu beleuchten und Erkenntnisse zur Verbesserung einzubringen. Es geht also um die „Art und Weise des Problemlösungshandelns mit seinen Konflikten und Konsensbildungsprozessen“ (Simonis 2013b). Die institutionellen Spielregeln und das Handeln sowie die Ressourcen der beteiligten Akteure variieren in verschiedenen Unterbereichen eines Politikfeldes, also auch innerhalb der Technology Governance, teilweise erheblich. Hinsichtlich technikbezogener Konsensbildung können in Deutschland die Bereiche der Politik und Verwaltung, der intermediären Akteure wie Stiftungen oder Verbände, der Bereich der Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft und öffentliche Forschungseinrichtungen wie Universitäten, Institute und wissenschaftliche Akademien gezählt werden.

Konsequenzen und Forschungsbedarf

Bei Prozessen politischer Präferenzbildung sind auch hinsichtlich der Technikentwicklung eine Vielzahl an Strukturen und Akteuren beteiligt. Demzufolge ist die Analyse gesellschaftlicher Technikgestaltung auch immer eine Analyse der Gesetze, informeller Strukturen und der Interaktion verschiedener Akteure bei der Entwicklung technischer Systeme. In diesem Zusammenhang können in Deutschland Defizite im Bereich der technischen Bildung diagnostiziert werden. Technisches Wissen ist bis heute kein integraler Bestandteil dessen, was gemeinhin als Allgemeinbildung zu bezeichnen ist (acatech 2011). Technische Bildung und technikbezogenes Reflexionsvermögen sind allerdings notwendige Bedingungen, wenn Technik im Sinne gesellschaftlicher Technikgestaltung entwickelt werden soll. Der Begriff der Gestaltung impliziert, dass Technik auf Grundlage konsensual geprägter Ziele und Werte entsteht und nicht als Ergebnis einer blinden Eigendynamik, also eines technischen Determinismus. Allerdings haben zahlreiche politik- und sozialwissenschaftliche Studien gezeigt, dass der Mangel am nötigen Wissen als Grundlage für reflektierte Bewertungen und Abwägungen Prozesse gesellschaftlicher Technikgestaltung problematisch macht (Grunwald 2003a).

Technikakzeptanz und -akzeptabilität sind eng mit der Wahrnehmung der Unsicherheit, wie sich gegenwärtige und zukünftige technische Entwicklungen auf den Menschen, die Gesellschaft und die Umwelt auswirken, verknüpft. Ein wichtiges Kriterium für Akzeptabilität technischer Hervorbringungen ist die Kontrolle über ihre Auswirkungen und die funktionelle Nachvollziehbarkeit für das Individuum (die technische Konstruktion im Einzelfall und Detail nachzuvollziehen, kann von Nicht-Experten kaum erwartet werden). Eine ebenso wichtige Komponente der Akzeptabilität ist die Integrität des Privaten, gerade im Bereich der Informationstechnik. „Die Entscheidungen [über die Entwicklung und den Einsatz von Technik] müssen (…) auf legitime Entscheidungsprozesse zurückführbar sein, um für die Menschen transparent und akzeptabel sein zu können“ (acatech 2011). Ein

weiteres wichtiges Leitbild ist das der Reversibilität der Entscheidungen anstelle anderweitig begründeter vermeintlich möglicher abschließender Folgenabschätzungen und Nachhaltigkeitsbewertungen. Die Berücksichtigung des Kontextes und der Offenheit technischer Gestaltung lässt sich auch als „Koevolution von Gesellschaft und Technik“ begreifen (Grunwald 2003b).

Partizipation bei der Technikentstehung steht für ein gewisses Maß an Wissen in Verbindung mit Werten, Normen, Antizipationsfähigkeit und Perspektiven der Gesellschaft. Nach diesen Maßstäben hat die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech 2011) Handlungsempfehlungen formuliert, von denen einige noch erheblichen Handlungsbedarf offenbaren:

- Technikkommunikation muss im Sinne der Befähigung zur Technikmündigkeit und nicht als Instrument der „Akzeptanzbeschaffung“ eingesetzt werden.
- Bei Verankerung technischen Wissens und Reflexionsvermögens muss an einer ganzheitlichen Aus- und Weiterbildung gearbeitet werden und nicht nur einzelne Informationsinitiativen lanciert werden.
- Forschungsförderung muss mit dem Auftrag des gesellschaftlichen Dialogs der geförderten Einrichtung mit der Gesellschaft verbunden sein.
- Vor potentiellen Konflikten müssen staatliche Mediationsverfahren eingeleitet werden, um ein gesellschaftlich reflektiertes Mehrheitsvotum und keine „veröffentlichte Meinung“ zu erhalten. Einer politischen Entscheidung muss eine informierte öffentliche Debatte vorausgehen.
- Technologische Veränderungsprozesse müssen als Zukunftsvorsorge vermittelt werden. Unsicherheiten und Kontingenzen müssen klar benannt werden und nicht als einzelne, sich widersprechende Meinungen dargestellt werden.
- Technikkontroversen müssen politisch ernstgenommen werden. Akzeptanzprobleme entstehen nicht nur durch die Technik als solche, sondern auch durch die Art und Weise, wie Akteure Technik durchsetzen wollen.

Wenn Technikentwicklung in erster Linie auf den marktbezogenen Abwägungen der Entwicklungsabteilungen der industriellen Fertigung basiert, es aber auf der anderen Seite etliche ungelöste Fragen und Unsicherheiten gibt, welche die Akzeptabilität der Technik betreffen, stellt sich die weitergehende Frage, ob die Möglichkeiten der gesellschaftlichen Technikgestaltung anstelle der bloßen Technikentwicklung durch unternehmerische Strategieentscheidungen hinlänglich erkannt, genutzt und gefördert werden.

Der Handlungsbedarf, der sich aus diesen Handlungsempfehlungen auf gesellschaftlicher und politischer Ebene ergibt, offenbart auf wissenschaftlicher Ebene einen nicht minder erheblichen Forschungsbedarf. Als forschungsleitende Ansätze können Akzeptanz- und Akzeptabilitätsforschung, der Ansatz der Technology Governance und technikphilosophische und -soziologische Herangehensweisen dienen, überdies die eigentlichen technikwissenschaftlichen Disziplinen des Ingenieurwesens, der Informatik, ebenso wie die technologischen Bereiche der Medizin und Biologie. Anders ausgedrückt erscheint Interdisziplinarität in Forschung und Entwicklung wichtiger denn je. Fragestellungen können in etwa sein:

- Tragen technikwissenschaftliche Politikempfehlungen zur Ausbildung einer gesamtgesellschaftlichen Technikkompetenz bei, damit dringende Zukunftsfragen im Sinne einer partizipativen Technikgestaltung beantwortet werden?

- Welche Defizite bestehen hinsichtlich der Ausarbeitung gesellschaftlich gestützter Technologieentscheidungen hinsichtlich solcher Faktoren wie Wissen, Ignoranz, Macht oder Gestaltungswillen?

- Erfasst die gängige Praxis der technikwissenschaftlichen Politik- und Gesellschaftsberatung alle relevanten Aspekte?

- Werden Handlungsempfehlungen der Technikfolgenabschätzungen und gesellschaftlicher Akteure umgesetzt?

- Welche Voraussetzungen sind in Deutschland für eine gesellschaftliche Technikgestaltung vorhanden und welche nicht? Welche Faktoren spielen eine Rolle bei der Gestaltung bestimmter Technologien? Gibt

es hinsichtlich verschiedener Technologiezweige Unterkategorien und Unterschiede?

- Wie bewusst sind sich die Menschen des Wandels an Körper und Bewusstsein als Folge der Technikentwicklung und -anwendung?
- Wie wird der kulturelle Wandel der Gesellschaft durch die Technikentwicklung rezipiert (bspw. in Kunst und Literatur)? Inwieweit kann hier ein Diskurs zwischen den unmittelbar mit Technikentwicklung befassten Disziplinen und der gesellschaftlichen Rezeption sich wandelnder Menschenbilder hergestellt werden?

Wie sich zeigt, bedarf es hinsichtlich der zahlreichen Unsicherheiten der Technikentwicklung und des Standes der unzureichenden Implementation technischer Kompetenz weiterer Maßnahmen, um mehr Bürger zur Partizipation an einer Technikentwicklung im Sinne einer gesellschaftlich verankerten Technikgestaltung zu befähigen. Technik ist aus Sicht der technikschaffenden Ingenieure und Entscheider jedoch in vielen Fällen immer noch ein Selbstzweck, ein Vehikel des Fortschritts per se gewissermaßen. Fragen und Bedürfnisse der Menschen und Gesellschaften, die Technik nutzen, bleiben dabei häufig unbeantwortet oder werden zumindest (zu) spät beachtet.

Die Beispiele der bereits seit längerem angewandten Atomenergie und Gentechnik sowie der gegenwärtig und zukünftig unsere Lebenswelten prägenden Entwicklungen der IT und Robotik, z.B. bei der Industrie 4.0 zeigen, dass sowohl historisch als auch gegenwärtig und zukunftsbezogen eine intensive Beschäftigung mit den Fragen über die Unsicherheiten der Technikentwicklung geboten ist. In Anbetracht der genuinen Unsicherheit über Auswirkungen und Folgen technischer Hervorbringungen und in Ermangelung bestehender ethischer Leitlinien im Umgang mit denselben erscheint als gangbarer Weg, die Nutzer und die von den Auswirkungen neuer Technologien Betroffenen, also die Gesellschaft, in die Entscheidungsfindung zu integrieren (vgl. z.B. Kloepfer 2003; Renn 1999). Um jedoch eine ethisch zu rechtfertigende Präferenz- und Entscheidungsbildung zu gewährleisten, bedarf es einer fundierten gesamtgesellschaftlichen Entscheidungskompetenz.

Literatur

acatech (2011): Akzeptanz von Technik und Infrastrukturen. Anmerkungen zu einem aktuellen gesellschaftlichen Problem, acatech bezieht Position Nr. 9. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.

Conrad, J. (1994): Die Entwicklung der Moderne und ihre psychosozialen Folgen, in: Pieber, Margit (Hrsg.): Europa - Zukunft eines Kontinents: Friedenspolitik oder Rückfall in die Barbarei. Münster: arguda Verlag, S. 158-208.

Conrad, J. (1995): Technikentwicklung, Unsicherheit und Risikopolitik, in: Jänicke, M./Bolle H.-J./Carius A. (Hrsg.): Umwelt Global. Veränderungen, Probleme, Lösungsansätze. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, S. 225-238.

Gethmann, C. F./Sander, T. (1999): Ethische Anforderungen an den Diskurs, in: Grunwald, A./Saupe, S. (Hrsg.): Rechtfertigungsdiskurse. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag, S. 119-151.

von Gleich, A. (2013): Prospektive Technikbewertung und Technikgestaltung zur Umsetzung des Vorsorgeprinzips, in: Simonis, G. (Hrsg.): Konzepte und Verfahren der Technikfolgenabschätzung. Wiesbaden: Springer VS, S. 51-74.

Gloede, F./Bücker-Gärtner, H. (1988): Technikeinstellungen und Technikbilder bei jüngeren und älteren Bürgern, in: Jaufmann, D./Kistler, E. (Hrsg.): Sind die Deutschen Technik-feindlich? Erkenntnis oder Vorurteil. Opladen: Leske und Budrich, S. 121-134.

Grunwald, A. (2003a): Technikgestaltung – eine Einführung in die Thematik, in: Grunwald, A. (Hrsg.): Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, S. 1-16.

Grunwald, A. (2003b): Technikgestaltung für nachhaltige Entwicklung – Anforderungen und Orientierungen, in: Grunwald, A. (Hrsg.): Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, S. 235-248.

Grunwald, A./Hennen, L./Sauter, A. (2014): Parlamentarische Technikfolgenabschätzung in Deutschland und Europa, in: *Aus Politik und Zeitgeschichte* 64:6-7/2014: Technik, Folgen, Abschätzung, S. 17-24.

Huber, W. (2016): Digitalisierung als Naturereignis, F.A.Z. Online, 05.01.2016. URL: http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/mensch-und-maschine-in-der-arbeit-4-0-14191581.html (zugegriffen am 5.4.2016).

Karger, C. R. (2003): Szenarien in der Biotechnologie, in: Giesecke, S. (Hrsg.): Technikakzeptanz durch Nutzerintegration. Beiträge zur Innovations- und Technikanalyse. Teltow: VDI/VDE-Technologiezentrum, S. 75-93.

Kistler, M./Pfaff, M. (1990): Technikakzeptanz im internationalen Vergleich. Ergebnisse zur globalen Technikbeurteilung und zur Akzeptanz der Gentechnologie, in: Kistler, M./Jaufmann, Dieter (Hrsg.): Mensch – Gesellschaft – Technik. Orientierungspunkte in der Technikakzeptanzdebatte. Opladen: Leske + Budrich, S. 41-69.

Kloepfer, M. (2003): Technikgestaltung durch Recht, in: Grunwald, A. (Hrsg.): Technikgestaltung zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, S. 139-158.

Kornwachs, K. (2013): Philosophie der Technik. Eine Einführung, München: Verlag C. H. Beck.

Kwasniewski, N. (2016): Bis 2020: Roboter ersetzen in Industrienationen fünf Millionen Jobs, SPIEGEL ONLINE, 17.01.2016. URL: http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/roboter-kosten-industrielaender-fuenf-millionen-jobs-a-1072429.html (zugegriffen am 17.1.2016).

Luhmann, N. (1986): Ökologische Kommunikation. Kann die moderne Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdungen einstellen (3. Aufl.)? Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Luhmann, N. (1991): Soziologie des Risikos. Berlin: de Gruyter.

Mai, M. (2011): Zur Aktualität der Technokratiedebatte. Ein Beitrag zum Verhältnis von Technik und Demokratie, in: Mai, M.: Technik, Wissenschaft und Politik. Studien zur Techniksoziologie und Technikgovernance. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 130-148.

Plickert, P. (2015): Nehmen Roboter den Menschen die Arbeit weg?, F.A.Z. Online, 28.12.2015. URL: http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/automatisierung-nehmen-roboter-den-menschen-die-arbeit-weg-13986337.html (zugegriffen am 1.6.2016).

Renn, O. (1999): Ethische Anforderungen an den Diskurs, in: Grunwald, A./Saupe, S. (Hrsg.): Ethik der Technikgestaltung. Praktische Relevanz und Legitimation. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag, S. 63-95.

Renn, O. (2014): Mit Sicherheit ins Ungewisse. Möglichkeiten und Grenzen der Technikfolgenabschätzung, in: *Aus Politik und Zeitgeschichte* 64:6-7/2014, S. 3-10.

Simonis, G. (2013a): Einführung, in: Simonis, G. (Hrsg.): Konzepte und Verfahren der Technikfolgenabschätzung. Wiesbaden: Springer VS, S. 11-20.

Simonis, G. (2013b): Technology Governance, in: Simonis, G. (Hrsg.): Konzepte und Verfahren der Technikfolgenabschätzung, Wiesbaden: Springer VS, S. 161-186.

Sombetzki, J. (2015): Technikkritik aus Sicht der philosophischen Anthropologie, in: Weidner, R./Redlich, T./Wulfsberg J. P. (Hrsg.): Technische Unterstützungssysteme. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, S. 30-42.

Strümpel, B. (1988): Grüne Gefühle - Technokratische Argumente. Zum Wandel des Fortschritt-verständnisses, in: Süß, W./Schroeder, K. (Hrsg.): Technik und Zukunft. Neue Technologien und ihre Bedeutung für die Gesellschaft. Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 264-273.

Süß, W. (1988): Aktuelle Strategien zum Zusammenhang von Technik- und Gesellschaftswandel, in: Süß, W./Schroeder, K. (Hrsg.): Technik und Zukunft. Neue Technologien und ihre Bedeutung für die Gesellschaft. Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 307-240.

Woopen, C./Mertz, M. (2014): Ethik in der Technikfolgenabschätzung. Vier unverzichtbare Funktionen, in: *Aus Politik und Zeitgeschichte* 64:6-7/2014, S. 40-46.

Zimmerli, W. C.. (1990): Wieviel Akzeptanz erträgt der Mensch? Bemerkungen zu Hintergründen der Technikfolgenabschätzung, in: Kistler, Ernst/Jaufmann, Dieter (Hrsg.): Mensch – Gesellschaft – Technik. Orientierungspunkte in der Technikakzeptanzdebatte. Opladen: Leske und Budrich, S. 247-260.

Teil 2
Umgang mit Unsicherheiten in der Technikentwicklung: Überlegungen und Strategien aus fachwissenschaftlichen Perspektiven

Lob der Unsicherheit – Plädoyer für offene Technikzukünfte

Armin Grunwald

Einleitung und Überblick

Die Wissenschaften befassen sich nicht nur mit der Gegenwart und der Vergangenheit, sondern seit einigen Jahrzehnten verstärkt auch mit der Zukunft. Dies hängt damit zusammen, dass moderne Gesellschaften ihre Entscheidungen weniger mit Bezug auf Traditionen, sondern viel stärker durch Zukunftsüberlegungen begründen. Die Stichworte nachhaltige Entwicklung (Grunwald/Kopfmüller 2006), Risikogesellschaft (Beck 1986), Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit und demografische Entwicklung sind einschlägige Beispiele. Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft, aber auch die Zivilgesellschaft wollen sich auf zukünftige Entwicklungen einstellen bzw. sie mitgestalten, jedenfalls aber frühzeitig informiert werden.

Die wissenschaftliche Befassung mit gesellschaftlichen Zukünften beginnt in den fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts und erreicht einen ersten Höhepunkt in den sechziger Jahren. Ein wesentlicher Treiber war der Kalte Krieg und der damit verbundene Wettlauf der zwei konkurrierenden Gesellschaftsformationen. So ist z.B. die Szenarientechnik als Methode im militärischen Bereich entwickelt worden, um unterschiedlichste Zukünfte[1] in möglichen kriegerischen Auseinandersetzungen zwischen den beiden damaligen Supermächten durchzuspielen, um darauf aufbauend politische Entscheidungen zur Vorsorge treffen zu können. Im Planungsoptimismus (Camhis 1979) galt die gesellschaftliche Zukunft als mehr oder weniger berechenbar durch Extrapolation erforschter Entwicklungen, durch Anwendung gesellschaftlicher Verlaufsgesetze oder durch komplexe Modellierungen, die durch die Fortschritte in der Computertechnik möglich wurden. Auch die Weltmodelle

[1] Der Plural ist laut Duden zwar unüblich aber nicht falsch. Er deutet auf die Pluralität unserer Vorstellungen über zukünftige Gegenwarten hin, die der Singular leider versteckt.

des Club of Rome, die zu der bekannten Studie „Grenzen des Wachstums“ (Meadows et al. 1973) führten, waren getragen von diesem Optimismus einer Erforschbarkeit der Zukunft. Bekannt sind die großen Studien von Hermann Kahn, die allerdings heute, nachdem der Zeitpunkt der erforschten Zukunft, meist das Jahr 2000, erreicht oder überschritten worden ist, teilweise merkwürdig altmodisch anmuten.

Zukunftswissen ist in vielen Politikfeldern unentbehrlich geworden. Es stellt Wissen zum Handeln dar, so in der Technologie- und Energiepolitik und seit den 1970er Jahren verstärkt in Umwelt- und Klimapolitik, aber auch in strategischen Unternehmensentscheidungen. Zukünftige Entwicklungen sollten und sollen für die Zwecke der Früherkennung von Chancen, der Frühwarnung vor Risiken und der Antizipation politik- oder wirtschaftsrelevanter Rahmenbedingungen, wie z.B. im demographischen Wandel, möglichst frühzeitig analysiert werden, um die Bedingungen für erfolgreiches Handeln zu verbessern. Wirtschaftswissenschaftliche Institute produzieren Prognosen über die wirtschaftliche Entwicklung und den Arbeitsmarkt, Systemanalyseinstitute bringen Szenarien zur zukünftigen Energieversorgung auf den Markt, die wissenschaftlichen Szenarien des Weltklimarats (IPCC) dominieren die klimapolitische Diskussion, der demographische Wandel wird wissenschaftlich erforscht und auch die Bearbeitung der großen Fragen einer nachhaltigen Entwicklung der Menschheit wird mit wissenschaftlichen Mitteln versucht. Sie alle sind Elemente der reflexiven Modernisierung (Beck/Lau 2004) als Reflexion von zukünftigen Entscheidungsfolgen zur besseren Abstützung der Entscheidung (Abb. 1). So ist die Produktion von Zukunftswissen zu einem bedeutsamen „Geschäftsmodell“ der Wissenschaft geworden.

In diesem Kapitel[2] werde ich diese Entwicklungen zunächst am Beispiel der Technikfolgenabschätzung und ihrer Metamorphosen über die Zeit darstellen (Abschnitt 2). Dem trotz der skeptisch stimmenden Erfahrungen der Technikfolgenabschätzung weiter bestehenden Wunsch nach genauen Prognosen technischer Entwicklungen und ihrer Folgen stehen jedoch erkenntnistheoretische Grenzen gegenüber (Abschnitt 3). Während auf diese seitens der Wissenschaft meist mit Bedauern und der Hoffnung auf bessere Prognosen durch mehr Daten und neue Methoden reagiert wird (Abschnitt 4), geht es mir letztlich darum, der Unsicherheit des Zukunftswissens Wert zu geben: den Wert einer gestaltbaren Offenheit (Abschnitt 5).

Technikfolgenabschätzung und Technikzukünfte

Die Technikfolgenabschätzung ist als Reaktion auf Probleme an der Schnittstelle zwischen Technik, Politik und Gesellschaft entstanden (Grunwald 2010). Hauptsächliche Motivation war das vermehrte Auftreten nicht intendierter und teils massiver Folgen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts im Laufe des 20. Jahrhunderts. Katastrophale Unfälle in technischen Anlagen (z.B. Tschernobyl, Bhopal), Folgen für die Umwelt (z.B. Ozonloch und Biodiversitätsverlust), Gesundheitsfolgen (z.B. durch Asbest) und soziale Nebenfolgen der Technisierung (z.B. Verdrängung ganzer gesellschaftlicher Gruppen vom Arbeitsmarkt durch technische Rationalisierung) sind bekannte Beispiele. Vor allem die vergrößerte Reichweite der Technikfolgen in räumlicher und zeitlicher Hinsicht und die dadurch erfolgte immense Ausweitung des Kreises der von Nebenfolgen möglicherweise Betroffenen auf die gesamte gegenwärtige und eventuell auch zukünftige Menschheit (z.B. in der Endlagerung radioaktiver Abfälle oder in der Klimaveränderung) haben der Folgenproblematik hohe Aufmerksamkeit gebracht (Jonas 1979).

[2] Für diesen Beitrag verwende ich Gedanken und Textteile, die teils bereits an anderer Stelle publiziert sind, so etwa in Grunwald 2010 und Grunwald 2012, und versehe sie mit weiterführenden Aspekten.

Aufgabenstellungen der Technikfolgenabschätzung lauten vor diesem Hintergrund, sich prospektiv mit Folgen und Nebenfolgen der Technik zu befassen, das verfügbare Wissen um Nebenfolgen frühzeitig in Entscheidungsprozesse zu integrieren, Strategien zum Umgang mit den dabei unweigerlich auftretenden Unsicherheiten des Wissens zu erarbeiten sowie zur konstruktiven Bewältigung gesellschaftlicher Technikkonflikte und Legitimationsprobleme von Technik beizutragen (Grunwald 2010). Umweltpolitik, Sozialpolitik, Energiepolitik oder Sicherheitspolitik sind einschlägige Felder, in denen teils weit ausgreifende Aussagen über mögliche, zu verhindernde oder erhoffte Technikzukünfte[3] als Entscheidungsgrundlagen verwendet werden,

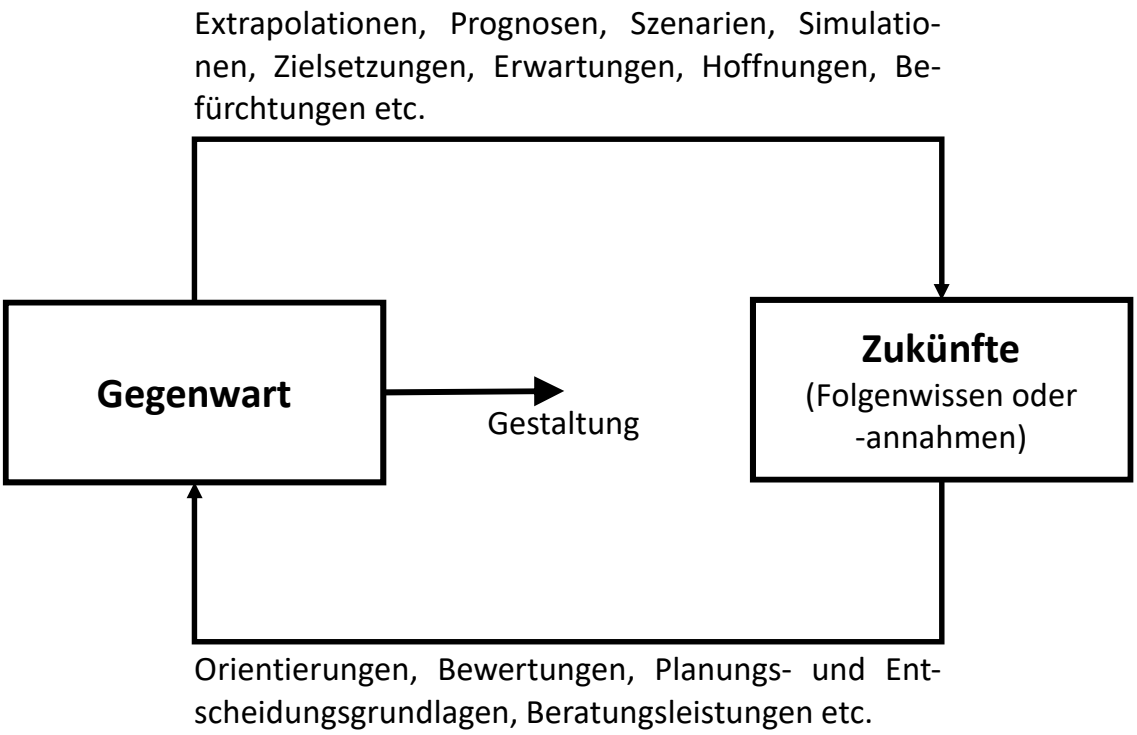


Abb. 1: Das konsequentialistische Modell der Generierung von Orientierung durch (1) den Entwurf von Zukünften, (2) ihre Beurteilung im Hinblick auf (z.B. ethische, ökologische oder ökonomische) Kriterien und (3) die Entwicklung von Handlungsmöglichkeiten (Grunwald 2010, modifiziert)

[3] Der Begriff der Technikzukünfte dient als Oberbegriff für vorgestellte zukünftige soziotechnische Entwicklungen im Zuge des wissenschaftlich-technischen Fortschritts (Grunwald 2012). Er umfasst Vorhersagen und Szenarien, aber auch Visionen und Utopien, Erwartungen und Befürchtungen, in denen Annahmen über Technikfolgen in ihrem gesellschaftlichen Kontext eine Rolle spielen.

mit all den involvierten Unsicherheiten und konfliktbehafteten Auseinandersetzungen der „Contested Futures“ (Brown et al. 2000). Es geht dabei um Erforschung und Beurteilung von Folgen, die es noch gar nicht gibt und vielleicht auch nie geben wird. Das Wissen über derartige Folgen und über geeignete Beurteilungsmuster nach normativen Kriterien soll Orientierung für Gesellschaft und Politik geben, z.B. für Entscheidungsprozesse in Forschungsförderung oder Regulierung, oder in der deliberativen Austragung von Technikkonflikten (Abb. 1).

Der ursprüngliche Ansatz der Technikfolgenabschätzung war dem technikdeterministischen Paradigma der 1970er Jahre geschuldet und auf die Prognose von Technikfolgen ausgerichtet (Bullinger 1991). Im Technikdeterminismus (erläuternd und kritisch dazu Ropohl 1982, Grunwald 2007) wurde die technische Entwicklung als eigendynamisch vorgestellt, die mit ihren Folgen gesellschaftliche Prozesse dominiere. Der Gesellschaft bliebe dann nur eine antizipative Erkennung der Folgen, um sich möglichst frühzeitig darauf einstellen bzw. daran optimal anpassen zu können. Entsprechend galt es als Hauptaufgabe der Technikfolgenabschätzung, Technikfolgen, insbesondere nicht intendierte, zu erkennen, sie möglichst genau vorherzusagen, dadurch frühzeitig vor Risiken zu warnen und Strategien zum Umgang mit ihnen zu entwickeln (Paschen/Petermann 1991).

Der Prognoseoptimismus der frühen Technikfolgenabschätzung konnte die Erwartungen jedoch nicht erfüllen (vgl. z.B. Leutzbach 2000) und ist an der grundsätzlichen Nichtvorhersehbarkeit handlungs- und entscheidungsabhängiger Zukünfte (Schwemmer 1987) gescheitert. Um mit einer grundsätzlichen Offenheit der Zukunft konzeptionell und methodisch umgehen zu können, wurde die Szenariotechnik (Gausemeier et al. 1996) in die Technikfolgenabschätzung eingeführt und hat sich dort rasch zu einem Standardverfahren entwickelt. Die Entwicklung alternativer Szenarien dient dazu, den Möglichkeitsraum plausibler aber nicht determinierter Technikfolgen zu beschreiben (Dieckhoff et al. 2015). Auf diese Weise wird es möglich, robuste Handlungsstrategien zu bestimmen, die positive Ergebnisse in

dem gesamten Raum plausibler Zukunftsentwicklungen haben und nicht an das Eintreten bestimmter prognostizierter Verläufe gebunden sind.

Eine weitere Herausforderung an den Umgang mit Zukünften in der TA entstand ab etwa dem Jahr 2000. Zunächst im Kontext der Nanotechnologie, sodann auch in anderen so genannten „new and emerging sciences and technologies“ (NEST) wie der Synthetischen Biologie, der Robotik und Technologien der Verbesserung des Menschen (Human Enhancement) wurden visionäre und hoch spekulative Technikzukünfte in die Debatte geworfen. Teils gewannen diese eine erhebliche öffentliche und politische Aufmerksamkeit wie z.B. die Visionen von Eric Drexler (1986) oder die düsteren Erzählungen von Bill Joy (2000). Die Herausforderung an die TA bestand darin, sich reflektiert mit diesen Zukünften befassen zu müssen, obwohl ein belastbares Folgenwissen in keiner Weise vorlag. Die Zukünfte schwankten zwischen Paradieserzählungen und Weltuntergangsbefürchtungen, beide gleichermaßen spekulativ (Grunwald 2006). Die TA reagierte hierauf gemeinsam mit den STS (science, technology & society studies) und der Angewandten Ethik durch eine ganze Reihe von Reflexionen und konzeptionellen Vorschlägen (z.B. Nordmann 2007, Selin 2007, Grunwald 2012) sowie entsprechende Anpassungen in der Beratungspraxis (Grunwald 2013a).

Zukunftswissen – eine erkenntnistheoretische Herausforderung

Das erwähnte Spektrum unterschiedlicher Formen von Zukünften wie Prognosen, Szenarien und Visionen legt die Frage nahe, wie es um belastbare Erkenntnismöglichkeiten in Bezug auf Zukunftswissen bestellt ist (Grunwald 2013c). Fragen nach der Möglichkeit oder Unmöglichkeit, Wissen über *zukünftige* Folgen zu gewinnen, gehören von Beginn an zu den zentralen Konzeptualisierungsproblemen der Technikfolgenabschätzung. Es lässt sich eine eigene Geschichte dieser Konzeptualisierungen schreiben, in der sich gleichermaßen optimistische, skeptische und gänzlich pessimistische Annahmen zeigen (Grunwald 2010). Optimistischen Annahmen (wie bei Bul-

linger 1991) stehen skeptische Positionen gegenüber, die etwa TA als „Frühwarnung vor technikbedingten Gefahren“ (Paschen/Petermann 1991) auf ein „Prozessieren von Nichtwissen“ (Bechmann 1994) beschränken – eine Formulierung, die für Entscheider in der Praxis, welche auf Orientierung durch Zukunftswissen setzen, nur wie eine Provokation wirken kann. Verwunderung wurde geäußert, dass in der Technikfolgenabschätzung laufend Studien über die Zukunft der Technik angefertigt, gleichzeitig aber deren theoretische Unmöglichkeit nachgewiesen werde (Weyer 1994). Demgegenüber stehen in der jüngsten Zeit wieder neu gewachsene Hoffnungen auf sicheres Zukunftswissen durch Big Data und verwandte Ansätze, Zukunftsentwicklung aus Korrelationen in großen Datenmengen ablesen zu können.

Die bisherige Geschichte, gesellschaftliche Zukünfte – zu denen die Technikzukünfte gehören – wissenschaftlich vorherzusehen, ist seit den 1950er Jahren von Wechselbädern zwischen Hoffnungen und Erwartungen auf der einen Seite und Enttäuschungen und Skepsis auf der anderen Seite gekennzeichnet. Angesichts auch anderer, teils weit in die Menschheitsgeschichte zurückreichender Versuche, Zukünftiges zu prognostizieren, wie etwa Orakel, Hellseher oder Propheten, bietet sich hier eine kleine Vergewisserung dessen an, was das Wort „Zukunft“ bedeutet.

Der Begriff der Zukunft gehört bloß scheinbar zu den Selbstverständlichkeiten der Sprache, sowohl in der Lebenswelt als auch in den Wissenschaften. Wir machen Aussagen im Futur, geben Prognosen ab oder richten uns nach ihnen, simulieren zeitliche Entwicklungen, formulieren Erwartungen, Befürchtungen und zukünftige Entwicklungen, bewerten Zukünfte unter den Aspekten von Chance oder Risiko, setzen Ziele und denken über Pläne zu ihrer Realisierung nach. Zukunft, Zukünfte und Zukunftswissen werden grundsätzlich von Menschen gemacht, kommuniziert und genutzt. Zukunftswissen wird *erzeugt* und nicht entdeckt, dies gilt auch für wissenschaftliches Zukunftswissen auf der Basis komplexer Modelle wie z.B. Energieszenarien

(Grunwald 2011, Dieckhoff et al. 2015). Eine für die Deutung dieses Handelns, in dem Zukunftswissen gemacht wird, entscheidende Beobachtung ist über 1600 Jahre alt:

„Nec proprie dicitur: tempora sunt tria, praeteritum, praesens et futurum, sed fortasse proprie diceretur: tempora sunt tria, praesens de praeteritis, praesens de praesentibus, praesens de futuris“ (Augustinus 397 XI, 20,), dt: „Eigentlich kann man gar nicht sagen: Es gibt drei Zeiten, die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, genau würde man vielleicht sagen müssen: Es gibt drei Zeiten, eine *Gegenwart in Hinsicht auf die Gegenwart*, eine *Gegenwart in Hinsicht auf die Vergangenheit* und eine *Gegenwart in Hinsicht auf die Zukunft*“.

Augustinus kommt auf diese Sätze durch die Beobachtung, dass weder die Vergangenheit noch die Zukunft existieren. Nur die Gegenwart existiert, in der wir uns Gedanken über Vergangenheit und Zukunft machen. Zukunft kann daher immer nur das sein, von dem konkrete Menschen in ihrer jeweils konkreten Zeit erwarten, dass es sich ereignen wird oder ereignen kann. Zukünfte sind etwas je Gegenwärtiges und verändern sich mit den Veränderungen der Gegenwart: alles Reden über Zukunft verbleibt notwendig in der *Immanenz der Gegenwart* (Grunwald 2006). Daher können wir über *mögliche* Zukünfte reden, über alternative Möglichkeiten, wie wir uns die zukünftige Gegenwart vorstellen, und darüber, mit welcher Berechtigung wir heute etwas in der Zukunft erwarten dürfen oder sollen, nicht aber über die Zukunft als solche (Kamlah 1973). Zukunft gibt es daher nicht als *zukünftige Gegenwart*, sondern nur im Medium unserer Vorstellungen und der Sprache als *gegenwärtige Zukünfte*. Erforschbar sind nur die heutigen und vergangenen Zukünfte, also die Vorstellungen, die vergangene oder heutige Zeiten sich von jeweiligen Zukünften machen, nicht aber die zukünftigen Gegenwarten als solche (Knapp 1978, Lorenzen 1987, Grunwald 2009).

Diese eher trivialen Überlegungen haben weit reichende Folgen. Denn so gesehen ist der zentrale Orientierungsprozess der Technikfolgenabschätzung

(Abb. 1) ein Kurzschluss: nur virtuell führt er in die Zukunft und wieder zurück in die Gegenwart. Real verbleibt alles, was in diesem Prozess geschieht, in der Gegenwart. Insbesondere ist die Erzeugung von Zukunftswissen über Technikzukünfte darauf beschränkt, gegenwärtige Wissensbestände, gegenwärtige Relevanzannahmen, gegenwärtige Einschätzungen von Megatrends, gegenwärtige Erwartungen etc. zu verwenden, um daraus konsistente und orientierende Technikzukünfte zu erzeugen. In Technikzukünften genau wie in Zukunftsaussagen in anderen Bereichen steckt nichts weiter als geschickt zusammengebaute Gegenwart – denn niemand kann Wissen aus der Zukunft in diese Prozesse einbringen, da die Zukunft (verstanden als zukünftige Gegenwart, etwa das deutsche Energiesystem im Jahre 2030) nicht empirisch erforscht werden, denn sie existiert einfach nicht.[4]

Diese Diagnose erlaubt, die erkenntnistheoretische Herausforderung an den Orientierungsprozess der Technikfolgenabschätzung (Abb. 1) folgendermaßen auf den Punkt zu bringen: obwohl der Kreisprozess kurzgeschlossen ist und ausschließlich in der Gegenwart verläuft, darf er nicht tautologisch sein, sondern muss einen Mehrwert generieren. Dies stößt jedoch in vielen Fällen auf grundsätzliche Schwierigkeiten:

- das *Beliebigkeitsproblem*: wenn Zukunftswissen so beliebig wäre, dass es keine Möglichkeit gebe, unter Wissensaspekten „bessere“ von „schlechteren“ Zukünften zu unterscheiden, würde der oben genannte Kreisgang (Abb. 1) leer laufen. Er würde keine belastbare Erkenntnis oder Orientierung für Entscheidungen produzieren, sondern nur bloßen Schein.

- das *Ambivalenzproblem*: aus positiven Erwartungen können Horrorvisionen, aus Utopien Dystopien werden. Die Geschichte der Nanotechnologie, aber auch die des Internet, ist reich an derart in ihr Gegenteil konvertierten Visionen (Grunwald 2006).

[4] Von daher ist der Begriff der Zukunftsforschung schwierig. Wenn er als Forschung über zukünftige Gegenwarten verstanden wird, hat er keinen Inhalt, denn man kann nichts erforschen, was es nicht gibt. Nur als Forschung über gegenwärtige Zukünfte, also unsere heutigen Bilder von zukünftigen Entwicklungen, ergibt er Sinn (Grunwald 2009).

- das *Intransparenzproblem*: häufig fehlt die erforderliche Transparenz in Bezug auf Prämissen und Annahmen. Gerade im Bereich der modellgestützten Simulationen ist dies ein Problem, da die zugrunde liegenden – und für die Ergebnisse entscheidenden – Annahmen der Modellierung in der Regel nicht öffentlich gemacht sind.

- das *Interventionsproblem*: die Kommunikation von Technikzukünften stellt eine Intervention dar und verändert die Konstellation, für die sie erstellt wurde (Grunwald 2012). Über Zukunft nachdenken ist nicht von einer kontemplativen Beobachterperspektive aus möglich, sondern die Produzenten von Zukunftswissen sind Teil des Systems, für das sie Zukünfte entwerfen. Hier schließt die bekannte Problematik der „self-fulfilling“ und „self-destroying prophecy“ an (Merton 1948).

Um angesichts kontroverser Zukunftserwartungen Orientierung zu erbringen, bedarf es transparenter und nachvollziehbarer Kriterien sowie einschlägiger Verfahren der argumentativen Abwägung und Entscheidung zwischen verschiedenen Zukunftserwartungen, Befürchtungen, Hoffnungen, Szenarien, Visionen oder Projektionen. Ein Urteil ist auszubilden, welches Zukunftswissen unter Zugrundelegung welcher Kriterien und mit welchen Gründen Beratungs- und Entscheidungsgrundlage sein soll und welches nicht. Wenn dies nicht gelingt, würden Technikfolgenabschätzung und verwandte Formen der wissenschaftlichen Politikberatung nur eine Illusion erzeugen. Vielleicht schlimmer noch: dann wären der Ideologie Tür und Tor geöffnet und Interessenvertreter könnten sich die Zukünfte machen lassen, mit denen sie ihre Interessen am besten durchsetzen könnten.

Nun ist die Situation ganz so dramatisch nicht. Zwar ist die Möglichkeit von Prognosen für Technikzukünfte in der Tat stark eingeschränkt. Aber mit dem Szenarienansatz ist ein Modus der Orientierungsleistung verfügbar, der gerade für moderat offene Zukunftsentwicklungen nutzbar ist (Grunwald 2013b, Gausemeier 1996, Dieckhoff et al. 2015). Methodengeleitet und häufig modellbasiert ist es hier oft möglich, auch angesichts unsicherer Zukünfte einigermaßen belastbare Orientierung zu leisten. Für Technikfolgenabschätzung ist nicht entscheidend, dass die Zukünfte selbst im Sinne von Prognosen belastbar sind, sondern dass es argumentativ möglich ist, aus einem Satz

von möglichen oder plausiblen Zukünften hinreichend belastbare – was immer das bedeuten mag – Schlussfolgerungen zu ziehen.

Unsicherheit des Zukunftswissens – Grund zum Bedauern?

Für viele Wissenschaften ist das jedoch offenkundig zu wenig. Ihnen geht es letztlich um die Prognose. Nur die Prognose entspricht einem traditionellen wissenschaftlichen Erkenntnisideal, und erst die gelingende Prognose beweist, dass die Funktionsweise eines untersuchten Systems vollständig verstanden ist – so jedenfalls wird in den klassischen Disziplinen die erkenntnistheoretische Funktion von Prognosen gesehen (Hempel 1948). Nach dem Höhenflug der Erwartungen an wissenschaftliche Prognosen in den 1960er Jahren ist immer wieder Ernüchterung eingekehrt. Zwar versprachen Kybernetik, Modellierung, größere Datenmengen und bessere Algorithmen in immer neuen Anläufen, in gesellschaftlichen Belangen wie etwa der Wirtschaftsentwicklung oder eben in Bezug auf Vorhersagen technischer Entwicklungen und ihrer Folgen bessere – im Sinne von treffgenauere – Prognosen. Eingehalten wurden die Versprechungen meist nicht (Leutzbach 2000), was sich am deutlichsten in der Banken- und Weltwirtschaftskrise 2007/08 zeigte.

Meine Frage ist nun, wie Wissenschaft mit dem wiederkehrenden Scheitern von Prognosen im gesellschaftlichen Bereich umgeht. Ist Bescheidenheit die Folge, Depression oder Resignation, gar Anerkennung von vielleicht prinzipiellen und daher unüberwindbaren Grenzen der gesellschaftlichen Prognostik? Das kommt in der Tat gelegentlich vor, meist aber nur angesichts wieder einmal drastisch fehlgeschlagener Erwartungen.

Die üblichen Reaktionen sind andere: die Unsicherheit des Zukunftswissens und damit die begrenzte Prognostizierbarkeit werden zwar beklagt. Oft wird davon gesprochen, dass die Zukunft „leider“ schlecht vorhersehbar ist und dass das Zukunftswissen „leider“ so unsicher ist. Meist ist diese Reaktion auf Fehlschläge von Prognosen jedoch gekoppelt mit der Annahme, dass mit mehr Forschung, mehr Daten und besseren Methoden dann auch bessere

Prognosen möglich wären. Die vorfindliche Tatsache schlechter Prognoseleistungen wird als Forschungsthema gefasst. Häufig wird formuliert, dass das notwendige Wissen für gute Technikfolgenprognosen „noch nicht“ existiere:

> „Zum Verständnis einer technischen Entwicklung gehört also auch das Verständnis menschlicher Handlungen, deren Prognose ein Minimum an nomologischem Wissen voraussetzt. Der – an diesen Anforderungen gemessen – mangelhafte Entwicklungsstand der Sozialwissenschaften ist wohl der Hintergrund zahlreicher skeptischer Äußerungen über die prognostischen Möglichkeiten von Technikfolgenabschätzungen“ (Wagner-Döbler 1989).

Das fehlende Wissen soll durch vermehrte Forschung bereitgestellt werden, z.B. unter Heranziehung der Theorie nichtlinearer Systeme, der Probabilistik und der Chaosforschung:

> „Die neuen mathematischen Werkzeuge erlauben zwar die Darstellung deterministisch chaotischer Systeme, (…) es fehlen aber noch zuverlässige Instrumente zur Erfassung probabilistisch-chaotischer Zusammenhänge, wie sie für komplexe soziale Phänomene typisch sind“ (Renn 1996).

Das Zukunftswissen ist danach nichts weiter als „noch“ unsicher. Man brauche bessere Methoden, um der Komplexität gesellschaftlicher Zusammenhänge sowie der unzureichenden Datenbasis und der im Vergleich mit den Naturwissenschaften geringen Gesetzeskenntnis zu begegnen.

Nun ist in vielen Bereichen die Klage über schlechte Prognosen offenkundig angebracht. Der Wetterbericht soll schließlich stimmen und als Handlungsorientierung funktionieren. Forschung wird massiv gefördert, um Wetterberichte zu verbessern – durchaus mit Erfolgen, aber zu gravierenden Fehlschlägen kommt es dennoch immer wieder. Die Forschung wird weitergehen und weitere Verbesserungen erzielen, bis eventuell unüberwindbare Grenzen auftreten, etwa der Nichtlinearität des Systems geschuldet. Dass es hier – und in vielen anderen Feldern – gut wäre, bessere Prognosen und weniger Unsicherheit zu haben, ist evident. In Technikfolgenfragen wie auch anderen

Feldern gesellschaftlicher Zukünfte sieht dies anders aus. Im Schlussabschnitt soll gezeigt werden, dass die Unsicherheit des Zukunftswissens in diesen Feldern nicht einfach beklagt werden sollte, sondern dass sie einen Wert hat.

Lob der Unsicherheit – Wert der Offenheit

Mit Klagen über die Unsicherheit von Technikfolgen- oder anderen Prognosen im gesellschaftlichen Bereich und der Forderung nach mehr Forschung und besseren Methoden sind bestimmte Implikationen verbunden, die im Folgenden aufgedeckt und kritisiert werden sollen. Sie lassen sich anhand zweier Fragen einteilen:

1. ist die Erwartung berechtigt, mit mehr Daten, mehr Forschung und besseren Methoden auch bessere Prognosen zu machen?
2. ist der Ruf nach besseren Prognosen überhaupt so plausibel, wie er üblicherweise daherkommt und auch wahrgenommen wird?

Die erstgenannte Erwartung stellt eine einfache Übertragung der analogen Erwartung aus den Naturwissenschaften dar. Hier scheint es evident, dass mehr Forschung und bessere Daten zum Wettergeschehen, zu Erdbeben oder Vulkanausbrüchen auch bessere Prognosen ermöglichen – die vielleicht immer noch nicht gut genug sind, aber eben besser. Die Übertragung dieser Erwartung auf gesellschaftliche Verhältnisse würde dann funktionieren, wenn letztere nach analogen Gesetzmäßigkeiten funktionieren würden. Diese Voraussetzung ist nicht gegeben. Das ist eigentlich oft genug gezeigt worden (z.B. Goodman 1954, Rescher 1988, Schwemmer 1987), daher hier nur kurz zwei zentrale Argumente: (1) die zukünftige Entwicklung hängt von Entscheidungen von Akteuren ab, Individuen wie Institutionen, aber auch von kollektiven Verschiebungen, z.B. im Bereich der Werte oder der Lebensstile. Wir wissen aber nicht, wie zukünftige Menschen denken, welche Werte sie verfolgen und welchen Lebensstil sie haben werden, welche Gesellschaftsmodelle und Gerechtigkeitsvorstellungen sie haben werden etc. (2) Aussagen über gesellschaftliche Zukünfte, also z.B. Technikzukünfte,

sind *Interventionen* in fortlaufende gesellschaftliche Kommunikations- und Beratungsprozesse (Grunwald 2012). Sie können entscheidende Dinge verändern, über die sie eigentlich Aussagen machen wollen. Sie greifen in das System ein, dessen Zukunft sie erzählen. Oft direkt mit einem Impuls, um bestehende Meinungen oder Handlungsgewohnheiten zu verändern, etwa durch Warnungen vor bestimmten zukünftigen Entwicklungen, die eintreten würden, wenn sich nichts ändert. Diese Situation ist erkenntnistheoretisch ganz anders gelagert als in den Naturwissenschaften. Vulkane oder das Sonnensystem werden in ihren kausalen Abläufen nicht beeinflusst, wenn Menschen über sie Prognosen machen – gesellschaftliche Angelegenheiten jedoch werden affiziert, was z.B. immer wieder zu den Phänomenen der selbst erfüllenden oder zerstörenden Prognose (Merton 1948) führt. Durch beide Argumente sind der Hoffnung auf bessere Prognosen Grenzen gesetzt. Das bedeutet nicht, dass nicht durch neue Verfahren wie etwa Big Data gar keine Verbesserungen zu erwarten seien, macht aber darauf aufmerksam, dass die Erwartungen gemäßigt sein sollten.

Die zweite Frage führt auf einen vielleicht noch tiefer liegenden Aspekt. Die szientistische Erwartung einer Vorhersagbarkeit auch der gesellschaftlichen Zukunft würde nur Erfolg versprechen, wenn heute schon feststehen würde, was vorhergesagt werden kann. Es kann nur das prognostiziert werden, was heute schon feststeht, weil es sich von heute aus rein kausal in die Zukunft hinein so entwickeln muss, wie es eben die Kausalgesetze vorschreiben. Der Prognose-Optimismus ist ein Bruder des Determinismus. Dabei bleibt die Optionenvielfalt möglicher Zukünfte auf der Strecke. Die verbreitete Klage über die Unsicherheit des Zukunftswissens (s.o.) findet ihre Erlösung in der Überzeugung, dass es nur eine Frage der Zeit und des wissenschaftlichen Fortschritts sei, bis auch diese Unsicherheit endlich in Sicherheit überführt werden könne. In diesem Blick auf gesellschaftliche Zukünfte werden fundamentale Eigenschaften des Menschen über Bord geworfen, nämlich individuell wie kollektiv Zukünftiges durch prospektive Überlegungen und reflektierte Auswahl aus Optionenmengen gestalten zu können (z.B. Kamlah

1973, Schütz 1971). Die Deliberation über Möglichkeitsräume und ihre Ausfüllung, emphatisch könnte man sie ein zentrales Element des *Humanum* nennen, verschwindet hinter scheinobjektiven Verlängerungen der Vergangenheit in die Zukunft.

Nun ist die Sorge einer szientistischen Reduktion zukünftiger Möglichkeitsräume auf Verlängerungen von Daten aus der Vergangenheit in die Zukunft nicht von daher bedenklich, weil mit ihrem Erfolg gerechnet werden müsste. Im Gegenteil, sowohl theoretisch als auch empirisch hat es mehr als genug Widerlegungen gegeben (z.B. Leutzbach 2000, Dörner 1972). Vielmehr gilt die Sorge einem kommunikativen Effekt ähnlich der self-fulfilling prophecy (Merton 1948). Ein Vertrauen in szientistisch berechnete und entsprechend verengte Zukünfte wirkt faktisch handlungsleitend: in der impliziten oder expliziten Überzeugung, dass Zukunftsaussagen des erwähnten Typs objektiv sind, wird so gehandelt, dass sie dann auch eintreten bzw. dass ihr Eintreten zumindest gefördert wird. Man handelt im Modus des „als ob“, nämlich als ob diese Zukunftsaussagen Gegebenheiten, ja Tatsachen aus der Zukunft erzählen, an die man sich vorbereitend schon adaptiert. Wenn auf diese selbst konstruierte Weise entsprechende Zukünfte tatsächlich eintreten, wird wiederum der Prognose-Optimismus bestärkt, was im nächsten Fall die vorauseilende Adaptation an weitere Zukünfte mit noch größerer (Schein-)Legitimität versieht. Dieser Effekt ist nicht nur selbst verstärkend, sondern auch selbst immunisierend. Denn im szientistischen Paradigma wird aus einem Fehlschlag von Prognosen nicht der Schluss gezogen, dass das Paradigma auf unhaltbaren Prämissen beruht, sondern es wird mehr Forschung, Datenerhebung und Methodenentwicklung gefordert, um beim nächsten Versuch dann doch Recht zu behalten (Abschnitt 4). Andere mögliche Welten (in der Terminologie von Alfred Nordmann 2014) werden nicht nur ausgeschieden, sondern können gar nicht mehr in den Blick geraten. Der Determinismus wird ohne Not selbst hergestellt. Statt mehrere Zukünfte in ihrer Offenheit zu diskutieren, abzuwägen und sich dann für bestimmte Rich-

tungen zu entscheiden, wird szientistisch umgeschaltet auf ein dem naturwissenschaftlichen Vorbild (Erdbeben- oder Wettervorhersage, s.o.) abgeschautes Modell.

Damit ergibt sich die Schlussfolgerung, dass die Klage über die Unsicherheit des Zukunftswissens höchstens teilweise berechtigt ist. Erstens verdankt sich diese Unsicherheit grundlegenden Strukturen von Mensch und Gesellschaft und ist damit unüberwindlich; über etwas Unüberwindliches zu klagen, mag zwar psychologisch gelegentlich verständlich sein, ergibt aber in der Sache keinen Sinn und ist nicht hilfreich. Zweitens ist diese Unsicherheit Ausdruck der Gestaltbarkeit der Zukunft. Wer sich die Zukunft vorhersagen lässt, hat es schon aufgegeben, sie zu gestalten, so hat Sir Karl Popper einmal gesagt. Daher sollte nicht über die Unsicherheit des Zukunftswissens geklagt werden, sondern die Gestaltung der Zukunft angesichts ihrer Offenheit angegangen werden. In Bezug auf Technik bedeutet das, sich nicht an selbst erzeugte Determinismen des technischen Fortschritts anzupassen, sondern ihn aktiv mitzugestalten (Grunwald 2000).

Literatur

Augustinus (397): Confessiones XI, 20.

Bechmann, G. (1994): Frühwarnung – die Achillesferse der TA? in: Grunwald, A./Sax, H. (Hrsg.): Technikbeurteilung in der Raumfahrt. Anforderungen, Methoden, Wirkungen. Berlin, S. 88-100.

Beck, U. (1986): Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt.

Beck, U., Lau, C. (2004): Entgrenzung und Entscheidung. Was ist neu an der Theorie reflexiver Modernisierung? Frankfurt.

Brown, J., Rappert, B./Webster, A. (Hrsg.) (2000): Contested Futures. A Sociology of Prospective Techno-Science. Burlington: Ashgate Publishing.

Bullinger, H.-J. (1991): Technikfolgenabschätzung – Wissenschaftlicher Anspruch und Wirklichkeit, in: Kornwachs, K. (1991) (Hrsg.): Reichweite und Potential der Technikfolgenabschätzung. Stuttgart, S. 103-114.

Camhis, M. (1979): Planning Theory and Philosophy, in: Law Book Co of Australasia. London.

Dieckhoff et al. (2015): Zur Interpretation von Energieszenarien. Schriftenreihe „Energiesysteme der Zukunft“. München: acatech.

Dörner, D. (1992): Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Reinbek.

Drexler, K. E. (1986): Engines of Creation – The Coming Era of Nanotechnology. Oxford

Gausemeier, J./Fink, A./Schlafke, O. (1996): Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien. München/Wien.

Groys, B. (1997): Technik im Archiv. Die dämonische Logik technischer Innovation. Jahrbuch Technik und Gesellschaft 9. Frankfurt, S. 15-32.

Grunwald, A. (2000): Technik für die Gesellschaft von morgen. Möglichkeiten und Grenzen gesellschaftlicher Technikgestaltung. Frankfurt am Main.

Grunwald, A. (2006): Nanotechnologie als Chiffre der Zukunft. In: A. Nordmann/Schummer J./Schwarz A. (Hrsg.): Nanotechnologien im Kontext. Berlin: Akademische Verlagsgesellschaft, S. 49-80.

Grunwald, A. (2007): Technikdeterminismus oder Sozialdeterminismus. Zeitbezüge und Kausalverhältnisse aus der Sicht des „Technology Assessment“, in: Dolata U./Werle R. (Hrsg.): Gesellschaft und die Macht der Technik. Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung. Frankfurt/New York: Campus, S. 63-82.

Grunwald, A. (2009): Wovon ist die Zukunftsforschung eine Wissenschaft?, in: Popp, R./Schüll, E. (Hrsg.): Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag 2009, S. 25-35.

Grunwald, A.. (2010): Technikfolgenabschätzung. Eine Einführung (2. Aufl.). Baden-Baden: Nomos.

Grunwald, A.. (2011): Energy futures. Diversity and the need for assessment, in: *Futures* 43/2011, S. 820-830 DOI:10.1016/j.futures.2011.05.024.

Grunwald, A.. (2012): Technikzukünfte als Medium von Zukunftsdebatten und Technikgestaltung. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe.

Grunwald, A.. (2013a). Techno-visionary sciences. Challenges to policy advice in: *Science, Technology & Innovation Studies*, 9:2, 21-38.

Grunwald, A. (2013b): Modes of orientation provided by futures studies: making sense of diversity and divergence, in: *European Journal of Futures Studies* 15:30 DOI 10.1007/s40309-013-0030-5, open access. URL: www.zeitschrift-zukunftsforschung.de/ausgaben/jahrgang-2013/ausgabe-2/3694.

Grunwald, A. (2013c): Wissenschaftliche Validität als Qualitätsmerkmal der Zukunftsforschung, in: *Zeitschrift für Zukunftsforschung* 1/2013, open access.

Grunwald, A., Kopfmüller, J. (2012): Nachhaltigkeit. Frankfurt/New York.

Hempel, C. G. (1965/1977): Aspects of Scientific Explanation and other Essays in the Philosophy of Science. New York/London. Dt. Fassung: Aspekte wissenschaftlicher Erklärung, Tübingen 1977.

Jonas, H. (1979): Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation. Frankfurt.

Joy, B. (2000): Why the Future Does not Need Us, in: *Wired Magazine*: p. 238-263.

Kamlah, W. (1973): Philosophische Anthropologie. Sprachkritische Grundlegung und Ethik. Mannheim: Bibliographisches Institut.

Knapp, H.-G. (1978): Logik der Prognose. Freiburg/München.

Leutzbach, W. (2000): Das Problem mit der Zukunft: wie sicher sind Voraussagen? Düsseldorf.

Lorenzen, P. (1987): Lehrbuch der konstruktiven Wissenschaftstheorie. Mannheim: Bibliographisches Institut.

Meadows, D. et al. (1972): Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart.

Merton, R. (1948): The Self-Fulfilling Prophecy, in: *The Antioch Review*, 8:2, S. 193-210.:

Nordmann, A. (2007): If and Then. A Critique of Speculative Nanoethics, in *NanoEthics* 1/1: S. 31-46.

Nordmann, A. (2014): Responsible Innovation, the Art and Craft of Future Anticipatio, in: *Journal of Responsible Innovation* 1:1: S. 87-98.

Paschen, H./Petermann, Th. (1991): Technikfolgenabschätzung – ein strategisches Rahmenkonzept für die Analyse und Bewertung von Technikfolgen, in: Petermann, Th. (Hrsg.): Technikfolgen-Abschätzung als Technikforschung und Politikberatung. Frankfurt, S. 19-42.

Renn, O. (1996): Kann man die technische Zukunft voraussagen? in: Pinkau, K./Stahlberg, C. (Hrsg.): Technologiepolitik in demokratischen Gesellschaften. Stuttgart, S. 23-–51.

Ropohl, G. (1982): Kritik des technologischen Determinismus, in: Rapp, F./Durbin, P.T. (Hrsg.): Technikphilosophie in der Diskussion. Braunschweig, S. 3-18.

Schwemmer, O. (1987): Handlung und Struktur. Frankfurt.

Selin, C. (2007): Expectations and the Emergence of Nanotechnology, in: *Science, Technology and Human Values* 32:2, S. 196-220.

Wagner-Döbler, R. (1989): Das Dilemma der Technikkontrolle. Berlin.

Weyer, J. (1994): Wissenschaftstheoretische Implikationen des Praktisch-Werdens der sozialwissenschaftlichen Technikfolgenabschätzung, in: Weyer , J. (Hrsg.): Theorie und Praktiken der Technikfolgenabschätzung. Wien, S. 7-14.

Steigende Komplexität – wachsende Datenmengen: Der Wettlauf um den Determinismus in der Produktion

Jens Peter Wulfsberg

In der Wertschöpfung hat die Produktion industrieller Güter und die Beherrschung der dazu notwendigen Maschinen, Verfahren und Prozesse eine zentrale Bedeutung. Hier ist wiederum die Fertigungstechnik für die Herstellung von Bauteilen mit geometrisch bestimmter Gestalt durch Anwendung der technologisch und wirtschaftlich geeignetsten Methoden eines der wichtigsten Handlungsfelder. Die so hergestellten Bauteile werden überwiegend in Produkten eingesetzt, die den Aktionsradius oder Wirkungsbereich des Menschen erweitern. Beispiele sind Fahrzeuge zur Überwindung von Entfernungen (Autos, Schiffe, Flugzeuge, Raumschiffe, usw.), Produkte der Informations- und Kommunikationstechnik zur Erweiterung der virtuellen Präsenz (Internet, Smartphones, Wearables, usw.) oder die Medizintechnik zur Erweiterung der zeitlichen Präsenz des Menschen (Erhöhung der Lebenszeit); aber auch die Wehrtechnik zum Erhalt oder zur Erweiterung geographischer oder politischer Interessenssphären. Weitere Beispiele sind in Bereichen wie dem Maschinenbau oder der Logistik zu finden.

In Anlehnung an das Mooresche Gesetz, das eine Verdopplung der Leistungsfähigkeit von Computern etwa alle achtzehn Monate beschreibt, ist auch in der industriellen Wertschöpfung, u.a. auf den Fortschritten in der Produktionstechnik bzw. der Fertigungstechnik basierend, ein exponentieller Anstieg wichtiger Leistungskenngrößen festzustellen. Dies geht einher mit einer ständigen Steigerung der Komplexität von Produkten und Produktion, die im Folgenden mit dem Begriff des Determinismus in Zusammenhang gebracht werden soll.

Der Begriff des Determinismus (von lat. *determinare*: „festlegen“, „begrenzen“) bedeutet dem Lexikon der Philosophie von Jordan und Nimtz (2009)

zufolge, dass alle Ereignisse, insbesondere die in der Zukunft liegenden Ereignisse durch Vorbedingungen eindeutig festgelegt sind. Bei Wikipedia (2018) findet sich im entsprechenden Beitrag eine ähnliche Definition:

> „In der Naturphilosophie wird ein allgemeiner Determinismus zumeist durch zwei Annahmen gestützt, erstens, dass sämtliche (...) Prozesse durch Naturgesetze bestimmt sind, und dass zweitens die Bewegungsgleichungen dazu beim Einsetzen von exakten Werten eine eindeutige Lösung liefern und damit die Ergebnisse festlegen. Ob diese Annahmen durchgängig zutreffen, ist umstritten."

Wenn der Determinismusbegriff so ausgelegt wird, dass die Gegenwart die Zukunft exakt bestimme, diese also bei genauer Kenntnis vorherzusagen wäre, ist das die engstmögliche Interpretation der Kausalität (Argyris/Faust/Haase 1995). Der Sprung von einer philosophischen zu einer physikalischen Betrachtung erfolgte erstmals durch die Newtonsche Mechanik. Seien alle Zustandsgrößen eines mechanischen Systems bekannt, ließe sich jeder zukünftige Zustand des Systems durch die Gesetze der Mechanik berechnen, was beispielsweise an den Planetenbewegungen nachvollziehbar werde. In der Disziplin der Physik gibt es verschiedene Einordnungen des Determinismus, deren Spannweite sich von einem metaphysischen Determinismus, der keinen Platz für Zufälle lässt, über eine wissenschaftliche Lesart, die einen metaphysischen Determinismus als nicht bewiesen, aber methodisch unentbehrlich ansieht, bis hin zur Annahme, dass es lediglich statistisch nachweisbare Gesetze gebe, die aber innerhalb einzelner Systeme in Bezug auf ihr Verhalten deterministisch wirken können, erstreckt. Schließlich existiert noch eine Sichtweise, die deterministische Vorgänge als inexistent postuliert (Spektrum 1998, vgl. auch Argyris/Faust/Haase 1995).

Für die Betrachtung des Determinismus in der Produktion ist also auf die Variante Bezug zu nehmen, die eine Determiniertheit des Verhaltens einzelner Systeme zumindest für möglich hält. In Anleihe an die Informatik ließe sich hier ein deterministisches System als ein solches bezeichnen, wenn sein Zustand zu jedem Zeitpunkt eindeutig festgelegt und berechenbar ist (VSEK 2018). Für die Fertigung ließe sich der Begriff des Determinismus in dem

Sinne verwenden, dass sich jedes Werkstück, jeder Prozess und jede Maschine theoretisch durch eine ausreichende Anzahl von Parametern umfänglich beschreiben und damit z.B. planen oder betreiben lässt. Beispielhaft seien hier die Parameter zur Beschreibung eines Bauteils im CAD-Modell oder das kinematische Modell einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters genannt.

Der Determinismus technischer Systeme ist eng an ihre Komplexität gekoppelt. Die Komplexität technischer Systeme ist messbar durch die Menge der Daten, die zur Beschreibung des Systems zur Erreichung eines gewünschten Grades der Beherrschung notwendig sind. Messbar und vergleichbar ist Komplexität mittels des benötigten Datenvolumens, wobei die gewählten Datenformate bekannt und einheitlich sein müssen. Dies ist eine von vielen möglichen Definitionen, die Komplexität zumindest vergleichend beschreibbar macht. Komplexität ist diesem Verständnis nach also etwas Objektives und Absolutes, während Kompliziertheit etwas individuell durch einen Betrachter empfundenes ist und von seinem Wissen und Erfahrungen abhängt. Für ein ausreichend komplexes System gilt, dass von außen nicht eindeutig zu bestimmen ist, ob dieses System determiniert ist oder nicht, wenn von dessen Gesamtheit nur eine endliche Menge an Daten oder Informationen verfügbar ist.

Ein vollständiger Determinismus eines komplexen Systems, etwa im Bereich der Produktionstechnik, liegt grundsätzlich vor, wenn für seine Beschreibung alle notwendigen Daten vorliegen. Die Daten beschreiben im Sinne der Produktionstechnik also die Vorbedingungen, die zur Bestimmung der in der Zukunft liegenden Ereignisse notwendig sind, die Zukunft also determinierbar macht. Zudem müssen für das System Modelle vorhanden oder ermittelbar sein, um sein Verhalten bis zur Gegenwart zu beschreiben und das Verhalten in der Zukunft zu prognostizieren und nicht nur zu planen. Eine weitere Bedingung ist, dass Beschreibung und Prognose in Echtzeit erfolgen können. Zudem kann nur dann von vollständigem Determinismus gesprochen werden, wenn Änderungen der Struktur oder des Verhaltens komplexer

Systeme in den Modellen zu deren Beschreibung und Prognose ebenfalls abgebildet sind.

Wenn nicht alle Daten zur Beschreibung eines technischen Systems zur Verfügung stehen, kann nicht mehr von einem vollständigen Determinismus ausgegangen werden, wohl aber ein relativer Determinismus gegeben sein. Dies ist dann der Fall, wenn der Betrachtungsbereich – also die Größe des betrachteten Ausschnittes eines Systems wie die Länge eines Prozesskettenabschnittes – und der Wertebereich – also das erfasste oder erfassbare Parameterfenster und die Anzahl der Parameter zur Beschreibung der Komplexität – eines Systems ausreichen, um zuverlässig das Verhalten des Systems durch Messungen prognostizieren zu können. Dazu gehört auch das Maß der Möglichkeit zur Datenerfassung und Datenverarbeitung, die von der Datenmenge und Verarbeitungsgeschwindigkeit abhängig sind. Auch die Art der Modellbildung und die Fähigkeit, aus Daten Informationen und Wissen zu generieren, geben Ausschlag darüber, ob ein komplexes System sich relativ deterministisch oder indeterministisch verhält. Die Grenze zwischen Determinismus und Indeterminismus ist also relativ. Ein indeterminiertes System bezeichnet man auch als possibilistisch oder probabilistisch.

Außer der Unterscheidung zwischen vollständigem und relativem Determinismus lässt sich in Analogie zur Physik oder Informatik eine Unterscheidung zwischen analytischem und synthetischem Determinismus vornehmen. Für den analytischen Determinismus erfasst (analysiert) z.B. ein Physiker so viele Daten wie möglich, um einen komplexen Sachverhalt zu beschreiben. Der synthetische Determinismus liegt etwa vor, wenn ein Konstrukteur mit Hilfe eines CAD-Systems ein komplexes Produktmodell erzeugt (synthetisiert), zu dessen Beschreibung große Mengen Daten notwendig sind. Beide Vorgehensweisen sind in der Wertschöpfung im Rahmen der Entwicklung und Herstellung von Produkten notwendig. Durch die sich beschleunigenden Änderungen sowohl der technischen als auch zahlreicher nichttechnischer Rahmenbedingungen ist von einem steigenden Komplexitätsdruck auf die

industrielle Wertschöpfung auszugehen. Daraus folgend wird der Grad des Determinismus in der Produktion beeinflusst.

Über die Betrachtungen der verschiedenen Varianten des Determinismus hinaus stellt sich die Frage, ob sich mit der ständig steigenden Komplexität der Elemente der Produktion (Produkte, Werkstoffe, Maschinen, Prozesse, Verfahren, Organisation usw.) auch die Methoden zur Beherrschbarkeit der Komplexität gleichermaßen weiterentwickeln. Wenn dies nicht der Fall sein sollte, würde Produktion sich schrittweise zu einer post-deterministischen entwickeln, weil die Übersicht über die Parameter der Maschinen und Prozesse in bislang unkritischen Bereichen angesiedelt waren, diese Parameterfenster heute jedoch zunehmend in technologischen Grenzbereichen liegen und somit auch an die Grenzen der Determinierbarkeit stoßen. Die Behauptung jedoch aufzustellen, dass eine post-deterministische Phase der industriellen Produktion angebrochen sei, ist gewagt. Um gleich bei dem Begriff zu bleiben: Die Aussage, industrielle Produktion sei nicht determiniert, ist nicht determiniert.

Aus den beschriebenen Entwicklungen und damit einhergehenden Varianten des Determinismusbegriffs lassen sich zwei Thesen folgern, die es in der Zukunft zu verifizieren oder zu falsifizieren gilt:

1. Die Komplexität der Produktion steigt weiter an, und damit nimmt auch das zu erfassende und zu verarbeitende Datenvolumen zu. Der Aufwand für Modellierung, Simulation, Regelung, Planung und Prognose des Systemverhaltens wird größer. Maßnahmen zur Reduktion der Komplexität an der Quelle der Produktentwicklung und Produktionsgestaltung sind kaum zu identifizieren. Stattdessen wird am Ende der Wirkkette, also in der Produktion, um die Beherrschbarkeit der entstandenen Komplexität gekämpft.

2. Die Determiniertheit der Produktion sinkt, weil die Unsicherheit zunimmt. Ursache hierfür ist die immer geringere Verfügbarkeit von Vergangenheitsdaten, weil Stückzahlen und Losgrößen kleiner werden und Varianten sich immer schneller verändern. Produktion kann zu einem chaotischen System werden, weil für immer mehr – insbesondere auch zukünftige – Ereignisse der Produktion Vorbedingungen nicht vorhanden sind. Mit Vorbedingungen im Sinne der Produktion

sind in diesem Zusammenhang die Ergebnisgrößen vorangegangener (Produktions-)Prozesse gemeint, die vollständig, zuverlässig, physikbasiert, usw. sind und die geeignet sind, die Eingangsgrößen der Folgeprozesse sicher bestimmbar bzw. planbar zu machen. Immer mehr Prozesse sind wegen unbekannter oder mangelhafter Vorbedingungen indeterminiert und ihre Beherrschung hat einen stochastischen oder heuristischen Charakter, so z.B. in der Planung und Steuerung. Eine echte Prognose wird also immer schwieriger.

Wo ist Produktion potentiell indeterministisch?

In der Praxis kann das Geschehen der Produktion nur in den wenigsten Fällen auf physikalischen Gesetzen basierend modelliert und beschrieben werden. Im streng physikalischen Sinn sind die meisten Produktionssysteme mit ihren Maschinen, Verfahren, Prozessen und den eingesetzten Werkstoffen nicht vollständig determiniert. So weisen bereits die Werkstoffe in ihren Eigenschaften Streubreiten auf, so dass eine umfassende Kenntnis aller den Werkstoff beschreibenden Parameter und ihrer Streubreiten auf z.B. geometrieerzeugende Verfahren der Fertigungstechnik nicht existiert. Das Verhalten der Werkstoffe wird stattdessen auf wenige empirisch ermittelte integrale Kenngrößen reduziert. Um mit dieser Herausforderung umzugehen, etabliert sich derzeit das recht neue Fachgebiet Computational Material Science, das sich der rechnergestützten Beschreibung und Vorhersage des Materialverhaltens auf der Nanoskala oder atomaren Skala widmet.

Wie Werkstoffe zeigen auch Maschinen, Prozesse und Verfahren in ihrem Verhalten unerwünschte Streubreiten und unterliegen Störgrößen, die vielfach nur empirisch und unter Vernachlässigung bzw. Unkenntnis vollständiger Wirkketten beschreibbar sind. Entsprechend basieren Erfassung und Modellierung des komplexen Produktionsgeschehens überwiegend auf Empirie, wobei auch hier wiederum die experimentell ermittelten oder berechneten Parameter zum Teil erheblichen Streubreiten unterliegen und nur selten durch induktive Herangehensweisen einer Theoriebildung zugeführt werden können. Eine umfassende theoretische Durchdringung der industriellen Produktion oder gar eine Theorie der Produktion gibt es deshalb bis heute nicht.

Multigrößen-Einflüsse spielen eine große Rolle in der Beherrschbarkeit von Maschinen, Prozessen und Verfahren. Durch immer komplexer werdende Regelungen wird versucht, die Auswirkungen der Störgrößen und Streubreiten am Ende der Wirkketten zu minimieren. Mit an Komplexität rasant zunehmenden, physikbasierten, echtzeitfähigen und numerischen Verfahren wird zwar versucht, die Ursachen am Anfang der Wirkketten zu berücksichtigen und die Auswirkungen proaktiv gering zu halten; ein unvollkommenes Systemverständnis, die beschränkten Modelle und die fehlende Rechnerleistung setzen hier jedoch Grenzen. Auch die durch Computer unterstützte Programmierung von Maschinen ermöglicht bis heute nicht die determinierbare Nutzung der vorhandenen komplexen Maschinenfähigkeiten. Insbesondere bei kleinen Stückzahlen ist z.B. die simultane Nutzung aller Achsen einer modernen, komplexen Werkzeugmaschine, die den Arbeitsraum aufspannen und die Kinematik bilden, nicht möglich, weil weder das Simulationsvermögen der Programmiersysteme noch die Erfahrung und das Wissen der Menschen ausreichen.

Im Bereich der Planung und Steuerung der Produktion entsteht also ein neuer Indeterminismus, weil Anforderungen aus kleinen Stückzahlen, hoher Variantenvielfalt, Prinzipien wie „one piece flow“ und „first time right“ usw. erfüllt werden müssen. Ursache für die Problematik ist, dass häufig Vergangenheitsdaten fehlen, so dass eine Modellierung und damit Prognose des Systemverhaltens schwierig ist. Selbst die neuen Formen der Wertschöpfungssystematik senken die Determiniertheit der Produktion. Dezentrale Produktionsmechanismen, die auf dem Gedanken des Sharing und der Nutzung kooperierender Akteure in einer Cloud basieren, erschweren die Beherrschbarkeit von Komplexität gegenüber der Produktion in geschlossenen Fabriksystemen.

Im Rahmen der Digitalisierung in der Industrie (der Produktion) wird durch eine rasante Zunahme der Datensammlung durch Sensoren ein Weg zur Beherrschbarkeit von Komplexität und damit in Richtung Determiniertheit be-

schritten. Durch Methoden aus dem Handlungsfeld Big Data werden in Zukunft unter Umständen Prognosen kommenden Geschehens möglich. Voraussetzung hierfür ist jedoch oftmals das Vorhandensein von Vergangenheitsdaten, die einer Modellierung zugeführt werden können. Hierbei spielt jedoch die Beurteilung „based on patterns“ eine größere Rolle als die physikbasierte echte Beherrschung „based on rules“.

Handlungsfelder im Wettlauf um die Beherrschung der Komplexität im Sinne vollständiger Determiniertheit der Produktion

Heutige Methoden zur Komplexitätsbeherrschung in der Produktion sind überwiegend zentriert auf die Produktions- und Fabrikwissenschaften. In diesen zeigen sich zahlreiche Handlungsfelder und Problemlagen. Digitalisierung in der Produktion ist kein Selbstzweck, vielmehr sollte unter den Bedingungen der häufig als Industrie 4.0 bezeichneten Transformation der Arbeitswelt ein analytischer Determinismus in der Produktion entwickelt werden. Wirkketten sollten lückenlos beherrscht werden können, um empirische „Black Boxes“ zu vermeiden, die durch Mustererkennung nur in Ansätzen entschlüsselt werden. Während sich die Produktionswissenschaften auf produktions- und informationstechnische Probleme konzentrieren, interpretieren Vertreter der Fabrikwissenschaften „Produktion“ zunehmend als soziotechnisches System, bei dem durch die dem Begriff inhärente soziale, also menschliche Teilhabe an den Prozessen im System die Produktion häufig auch als indeterminiert betrachtet wird (Claussen 2012).

Die Handlungsfelder, die schon überwiegend im Gebiet der Produktionstechnik verankert oder Gegenstand von Forschungsarbeiten sind, sind zahl- und facettenreich. Soll die Komplexität beherrscht werden, muss sie reduziert werden, am besten bereits bei der Produktbeschreibung und Produktionsgestaltung. Anders ausgedrückt muss Technik zumindest bereichsweise im Sinne einer relativen Determiniertheit gestaltet werden. Dies ermöglicht eine bessere Anpassung der Komplexität herzustellender Produkte an die Fä-

higkeit der Produktion, die Komplexität zu realisieren. Zur Optimierung dieses Matching von Komplexität und Fähigkeit sind in der Forschung grundsätzlich neue Methoden der Elementarisierung von Produktionsprozessen und -maschinen sowie beherrschbare Methoden der Kombinatorik zur Generierung längerer Prozessketten aus den einzelnen, einfachen Elementen zu entwickeln. Elementarisierte Prozesse und Verfahren werden dabei in ihrer Nachvollziehbarkeit auf grundlegende Teilaspekte heruntergebrochen. Die anzuwendende Kombinatorik muss eine automatische oder selbstorganisierende Realisierung langer Prozessketten ermöglichen.

Auch das maschinelle Lernen bzw. Machine Learning ist ein Handlungsfeld der Fertigung, um Komplexität zu beherrschen. Dabei lernt ein technisches System aus Beispielerfahrungen, die es zu verallgemeinern in der Lage ist, auch im Detail unbekannte Situationen einzuordnen. Beispiele sind Sprach- und Texterkennung und autonome Systeme wie das selbstfahrende Auto.

Ein weiteres Handlungsfeld ist die Optimierung des *Poka Yoke* in der Produktentstehung, was auf Japanisch sinngemäß das Vermeiden grober Fehler bereits durch die Konstruktion oder Prozess- und Maschinengestaltung bezeichnet. Einfache Beispiele dafür sind Telefonstecker, die sich nicht verkehrtherum in die Anschlussdose stecken lassen oder die Reihenfolge des Prozesses am Geldautomaten, wo das Geld erst nach Entnahme der Karte herausgegeben wird, um das Vergessen der Karte zu vermeiden.

In den adressierten Handlungsfeldern beschäftigt man sich im Wesentlichen mit der Weiterentwicklung von Maschinen und Verfahren, indem zunehmend die technologischen Grenzbereiche der Leistungsparameter erweitert und genutzt werden. Zur Beherrschung der dadurch steigenden Komplexität werden mehr Daten erhoben, komplexere Modelle gebildet und die Regelung intensiviert. Durch die zunehmende Rechenintensität steigt der Einsatz der Informationstechnik rasant an. Dies hat immense Auswirkungen auf den (Aus-)Bildungsstandard, die notwendigen Fähigkeiten und Fertigkeiten aller an der Produktion beteiligten Akteure.

Komplexität, Determinismus und Ubiquität der industriellen Wertschöpfung

Neben immateriellen Produkten und Dienstleitungen spielt weiterhin die Wertschöpfung durch industrielle Produktion materieller Güter eine wichtige Rolle für den Wohlstand durch Wachstum in einer Volkswirtschaft. Wirtschafts- und Wachstumspolitik sowie deren Kenngrößen sind trotz der Bildung politischer und wirtschaftlicher Bündnisse immer noch wesentliche Merkmale und Beurteilungsfelder nationaler Prosperität und Leitungsfähigkeit. Insbesondere die wenigen hochentwickelten Industrienationen sind in der Lage, durch Forschung, Entwicklung, Transfer und Realisierung auf dem Gebiet der Produktionstechnik und Fabrikwissenschaften die Komplexität industrieller Produktion voranzutreiben, zu steigern und gleichzeitig zu beherrschen. Dies ist für die produzierenden Unternehmen berechtigterweise ein wesentlicher Vorteil im internationalen Wettlauf um Wachstum und Wohlstand. Hierdurch entsteht jedoch eine weltweit unangepasste „Wertschöpfungsfähigkeitsverteilung“, die zu erheblichen Prosperitätsschieflagen beiträgt und damit zu den gewaltigen Differenzen in Einkommen, Ernährung, Mobilität oder Gesundheit auf globaler Ebene führt.

Um diese Asymmetrien aufzulösen, wäre die industrielle Produktion deshalb in Zukunft nicht nur aus Sicht der (nationalen) Volkswirtschaften zu entwickeln, sondern auch auf lokaler zu optimieren. Übergeordnetes Ziel wäre, die weltweiten Unterschiede hinsichtlich der Wertschöpfungsfähigkeit zu reduzieren, um so Wohlstand, Konsumfähigkeit, Nahrung, Gesundheit und Lebensqualität in ein akzeptables Verhältnis zu bringen. Den bisherigen ambitionierten Bemühungen weltweit agierender politischer und gesellschaftlicher Organisationen um eine gleichmäßigere weltweite Verteilung der Fähigkeit zur industriellen Wertschöpfung steht das Handeln vieler nationaler Volkswirtschaften und global agierender Unternehmen gegenüber. Letzteren geht es nicht um das Erreichen eines solchen globalen Optimums der Verteilung der Wertschöpfung, sondern um die maximale Ausnutzung nationaler Spielräume und die Verteidigung meist lediglich der eigenen

Prosperität – oft durch (Aus-)Nutzung oder sogar zu Lasten der schwächeren Volkswirtschaften hinsichtlich der Wertschöpfungsfähigkeit. Die Entwicklung der weltweiten Prosperität wird aber zu einem großen Teil durch die gemeinsame Entwicklung eines globalen wirtschaftlichen Optimums und eines hierfür notwendigen *aneinander Wachsens* erreicht. *Aneinander Wachsen* bedeutet auch, dass die einzelnen nationalen und internationalen Akteure füreinander sowohl Lieferanten als auch Märkte bzw. Kunden sind. Keinesfalls ist allerdings daraus zu schließen, dass es dafür notwendig sei, dass sich alle Akteure auf dem gleichen Komplexitäts- und Fähigkeitsniveau der Wertschöpfung durch Produktion befinden.

Die Annäherung an das globale Optimum der Wertschöpfung hätte unmittelbar positive Auswirkungen auf politische und gesellschaftliche Verhältnisse. Bemühungen in diese Richtung sind wichtiger denn je, weil zu starke Ungleichgewichte heute durch erleichterte physische und informationstechnische Mobilität unmittelbare Rückwirkungen verursachen. Zu diesen gehören z.B. die Stabilität politischer Systeme oder Flucht- und Wanderungsbewegungen. Auf Ebene der weltweiten Wissenschafts-Community ist dazu eine viel engere Kooperation der Technik-, Natur-, Wirtschafts-, Politik-, Sozial-, Geschichts- und vieler weiterer Wissenschaften notwendig. Eine transdisziplinäre Modellierung und Simulation von Handlungsalternativen ist zur Bestimmung eines globalen Optimums zwingend erforderlich, eine Verknüpfung der unterschiedlichen Ansätze zur Modellierung und Prognose aus den genannten Fachdisziplinen kann heute jedoch noch als absolut visionär angesehen werden.

Für die Produktionstechnik und Fabrikwissenschaften sind in dem transdisziplinären Zusammenwirken der genannten Wissenschaftsdomänen alternative Zielsysteme für die Forschung zu entwickeln, wobei die bisherigen disziplininternen Zielsetzungen zur Werkstoff-, Verfahrens- und Maschinenentwicklung beizubehalten sind. Die transdisziplinären Handlungsfelder betreffen u.a. die Maschinen- und Verfahrensentwicklung sowie

die Gestaltung von Wertschöpfungssystemen basierend auf neuartigen Interaktionsmechanismen zwischen den beteiligten Akteuren.

Technisch ist dafür inzwischen eine systemische Gestaltung ubiquitärer, d.h. überall verfügbarer Produktionstechnik möglich, also eine industrielle Wertschöpfung in Gesellschaften, an Orten oder durch Akteure, die zuvor dazu nicht in der Lage waren. Im Extremfall betrifft dies sogar Entwicklungsländer und -regionen. Wesentliche Herausforderung für die Entwicklung einer Produktionsfähigkeit in solchen Regionen ist die Anpassung etlicher notwendiger Bedingungen, die etwa an den Bildungsstandard und die Ausbildung von Fähigkeiten und Fertigkeiten, an Informations-, Energie- und Werkstoffverfügbarkeit sowie Vernetzungsfähigkeit einerseits und die Komplexität der Produktionsressourcen, Determinierbarkeit von Maschinen, Verfahren, Prozessen und systemische Veränderungsfähigkeit andererseits geknüpft sind.

Erst wenn diese Faktoren abgestimmt und dynamisch an Entwicklungsfortschritte angepasst werden können, wird Produktionsfähigkeit ubiquitär verfügbar. Ansätze für potentiell ubiquitäre Produktionsfähigkeit existieren bereits, stehen aber bei Weitem nicht im Zentrum der Forschung. Ein Beispiel ist die FabLab-Bewegung, die eine Community von Nutzern und Betreibern digitaler Werkstätten, den Fabrication Laboratories (FabLabs) beschreibt, in denen neben klassischen Werkzeugen CNC-basierte Fräsen und Lasercutter, 3D-Drucker und -Scanner sowie weitere Maschinen zum Einsatz kommen, um die Produkte nach digitalen und nach dem Open-Source-Prinzip verfügbaren Bauplänen zu fertigen. Diese kleinen Produktionsmaschinen, die in ihrer Komplexität reduziert sind, stellen wesentlich geringere Ansprüche an die Mitarbeiterfähigkeit, den Ressourcenverbrauch oder die notwendige Infrastruktur, sind dafür aber so gut wie überall und durch fast Jeden einsetzbar.

Ebenso ist eine Elementarisierung komplexer Produktionssysteme in komplexitätsarme „Primitive“ ein Ansatz. Die Primitive können durch Methoden

der Kombinatorik zu Produktionssystemen mit exakt justierbarer Komplexität konfiguriert werden und lassen sich somit dynamisch an unterschiedliche Fähigkeiten der Region, Betreiber, Bediener anpassen.

Eine Lebensfähigkeit und Akzeptanz derartiger produktionswissenschaftlicher Ansätze, ist jedoch nur gemeinsam mit den genannten wirtschafts-, sozial-, politik-, geschichtswissenschaftlichen Forschungsdomänen zu gewährleisten. Die transdisziplinäre Einbettung der Produktionswissenschaften ist, wie erwähnt, heute bei Weitem noch nicht realisiert und stellt eine wesentliche (Heraus-)Forderung für zukünftige Forschungskooperationen dar. Bei der Umsetzung sind Beteiligte aller genannten Disziplinen gefordert und zu fördern.

Literatur

Argyris, J./Faust, G./Haase, M. (1995): Die Erforschung des Chaos. Studienbuch für Naturwissenschaftler und Ingenieure. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg.

Claussen, P. (2012): Die Fabrik als soziales System. Wandlungsfähigkeit durch systemische Fabrikplanung und. Organisationsentwicklung – ein Beispiel aus der Automobilindustrie. Wiesbaden: Gabler-Verlag.

Jordan, S./Nimtz, C. (Hrsg.) (2009): Lexikon Philosophie. Stuttgart: Reclam.

Spektrum (1998): Determinismus, in: Lexikon der Physik. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. URL: http://www.spektrum.de/lexikon/physik/determinismus/2942 (zugegriffen am. 15. Februar 2018).

VSEK (2018): Begriffsdefinition: Echtzeitfähigkeit, Rechtzeitigkeit, Gleichzeitigkeit, Jitter, Determinismus. URL: http://www.software-kompetenz.de/servlet/is/28612/?print=true (zugegriffen am 14. Februar 2018).

Wikipedia (2018a): „Determinismus“, in: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 6. Dezember 2017). URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Determinismus&oldid=171711405 (zugegriffen am 20. Februar 2018).

Umgang mit Unsicherheiten in der Technikentwicklung – ein sozialanthropologischer Einwurf

Maren Heibges, Martina Klausner, Jörg Niewöhner

Einleitung

Wir stellen in diesem kurzen Einwurf eine sozialanthropologische Perspektive auf den Umgang mit Technik vor. Es geht um eine praxistheoretisch unterlegte komplexe Situationsanalyse des konkreten Umgangs mit Technik in sozial differenzierten Alltagen. An zwei empirischen Beispielen – Transparenz-Aktivismus als politische Arbeit und Medizintechnikentwicklung im Rehabilitationssektor – zeigen wir dabei Unsicherheit einerseits diachron als gesellschaftlichen Kontingenzeinbruch, auf den Technikentwicklung reagiert, andererseits synchron als notwendigen Nebeneffekt sozial differenzierter Handlungsträgerschaft in komplizierten Technikentwicklungsprozessen. Wir leiten daraus in einem knappen Fazit die Aufforderung zur Ko-Laboration zwischen Sozialanthropologie und den technischen Disziplinen in Prozessen der Technikentwicklung ab.

Umgang mit Technik

Die Sozialanthropologie beschäftigt sich mit der Frage, *wie* Menschen in Gruppen zusammenleben. Technik spielt dabei eine zunehmend vielschichtige Rolle als integraler Bestandteil von Alltagspraktiken. Der für die Sozialanthropologie charakteristische ethnographische Zugriff fokussiert hier den *Umgang mit Technik* (Beck 1997). Technik wird nicht mehr als Ding verstanden, das menschliches Verhalten bestimmt oder Kultur speichert. Vielmehr liegt der Untersuchung des Umgangs mit Technik eine relationale und prozessuale Ontologie zugrunde (Beck 2008; Dupré 2014). Technik ist niemals Verlaufssouverän konkreter Alltagspraktiken, sondern lediglich ein Handlungsträger unter vielen, deren spezifische Beziehungen zueinander kontinuierlich in einem Zusammenspiel situativer und dispositiver Faktoren ausgehandelt werden. Die konkrete Gestalt von Technik ist damit nicht der

Praxis vorgängig, sondern ergibt sich in ihr. Ihre Stabilität wird begründungspflichtig und Gegenstand empirischer Untersuchung statt ontologischer Vorannahme. Vereinfacht skizziert führt dieser Ansatz zwei analytische Dimensionen des Umgangs mit Technik zusammen, die in empirischer Forschung immer in Bezug zueinander überprüft werden sollten (Abb. 1):

„Als *Orientierungskomplex* kann Technik unter drei Aspekten thematisiert werden: (a) als ‚objektives', materielles Konstrukt; (b) als raum- und zeitkonstituierendes Dispositiv; und schließlich (c) als symbolische und diskursive Ordnung. Im Gegensatz hierzu muss Technik als *Nutzungskomplex* vor allem unter drei Aspekten thematisiert werden: (a) als Tat-Sache oder (b) als phänomenales Artefakt und schließlich (c) als imaginäres Konstrukt" (Beck 1997). Dieses Schema einer „praxistheoretischen Situationsanalytik des Umgangs mit Technik" (Beck 1997) verdeutlicht, dass Unsicherheit nicht primär als Eigenschaft von technischen Artefakten oder als Dimension von gesellschaftlichen Folgen von Technikentwicklung begriffen wird. Vielmehr spielt Unsicherheit in allen Feldern dieser Analytik eine wichtige Rolle: als Antwort auf Kontingenzeinbrüche in Handlungsroutinen, als unscharfe Handlungsaufforderung, als Artefakt, das Erfahrung ambivalent gestaltet, oder als

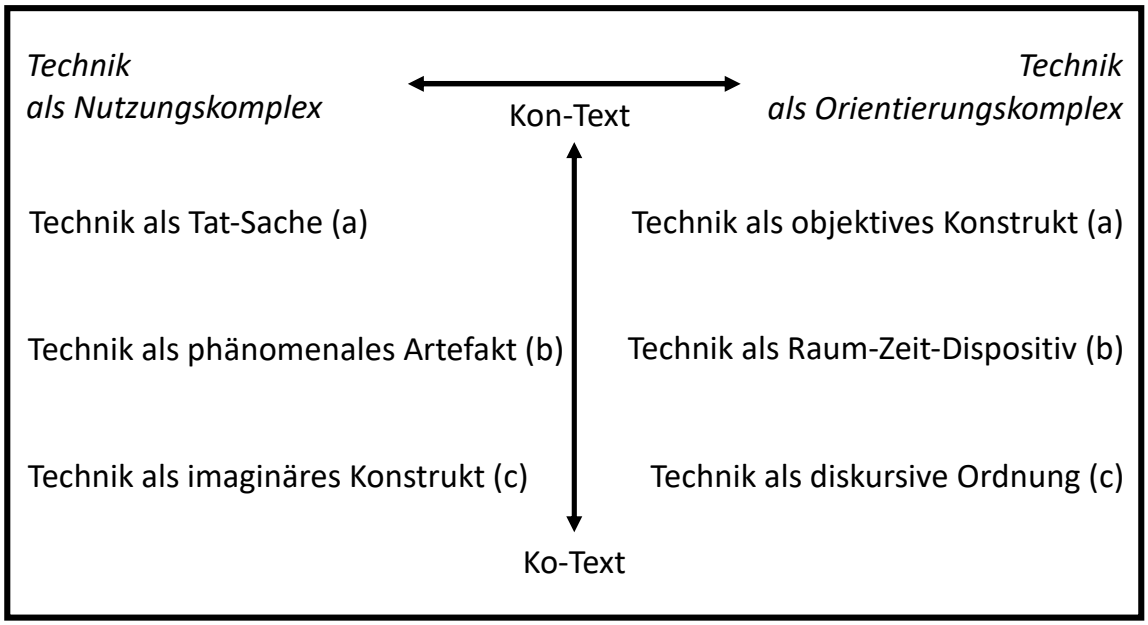


Abb. 1: Dimensionen einer praxistheoretischen Situationsanalytik des Umgangs mit Technik (nach Beck 1997)

potentiality (Sejersen 2015), um die herum gesellschaftliche Zukünfte[1] entworfen werden. Mit Kontingenzeinbrüchen bezeichnen wir den Verlust von Eindeutigkeiten sozialer Routinen und Ordnungen, die für die beteiligten Akteure sowohl Orientierungsverlust wie auch die Flexibilisierung von Handlungsoptionen bedeuten können. Ethnographische Forschung verfolgt hier den Anspruch, diese verschiedenen Dimensionen als in konkreten Alltagspraktiken aufeinander bezogen zu untersuchen. Im Folgenden verdeutlichen wir an zwei kurzen Fallbeispielen, was dieser Ansatz konkret bedeuten kann. Zunächst skizzieren wir Transparenz-Aktivismus in Berlin als Form der politischen Arbeit durch technologisch vermittelte Herstellung von Informationsfreiheit. Hier ist der Begriff der sozio-technischen ‚Problematisierung' als Antwort auf Kontingenzeinbrüche zentral. Im zweiten Fall diskutieren wir den Versuch, Medizintechnikentwicklung auf Nutzungspraktiken in der Rehabilitation abzustimmen und zeigen, wie dabei technologische, phänomenologische und therapeutische Unsicherheiten und Uneindeutigkeiten miteinander agieren.

Transparenz-Aktivismus

Transparenz-Aktivismus bezeichnet das Sammeln, die Bearbeitung und die öffentliche Bereitstellung von Informationen über politische und bürokratische Belange wie über öffentliche Infrastrukturen unter der Prämisse des demokratiefördernden Potentials von Informationsfreiheit. Diese in den verschiedensten Initiativen betriebene Form der politischen Arbeit wird getragen von hochqualifizierten und technisch versierten Informationswissenschaftlern und Programmierern und findet ehrenamtlich im Rahmen von abendlichen Treffen statt. Berlin stellt im deutschsprachigen Raum eine Hochburg dieses Aktivismus dar. Programmiert werden hier Anwendungen, welche etwa die Berliner Wasserqualität visualisieren, geplante Bauprojekte

[1] Zum Befriff der Zukünfe als Plural s. Grunwald im vorliegenden Band (Anm. d. Hrsg.).

in Nachbarschafts-Kartierungen verankern, über die zugehörigen selbstgebauten Sensoren ein flächendeckendes Netz zum Feinstaub-Monitoring aufbauen und auf einer Karte darstellen oder auch auf Grundlage eines Datensatzes des Berliner Grünflächenamtes jeden einzelnen Berliner Baum in einer interaktiven Karte abbilden. Es entstehen technologisierte, stark auf Visualität setzende Repräsentationen urbaner Umwelten und technischer Systeme, die als Grundlage für die Teilhabe städtischer Bürgerschaft an Stadtpolitik und -entwicklung dienen sollen. Politische Prozesse, die bisher hauptsächlich als intersubjektive Kommunikationsprozesse verstanden wurden, werden so in ihren technischen Dimensionen deutlich. Aus sozialanthropologischer Perspektive wird dies als indikativ dafür gelesen, wie in Wissensgesellschaften materielle (informations-)technologische Dimensionen zunehmend an der Gestaltung politischer Öffentlichkeiten beteiligt sind (siehe auch Barry 2013; Heibges im Druck).

Aus ethnographischer Perspektive interessant sind vor allem die Praktiken der Verarbeitung, Visualisierung und Kommunikation sogenannter offener Daten innerhalb diverser Freiwilligen-Initiativen mittels Informationstechnik. Unverständnis wird von vielen Mitgliedern dieser Initiativen für die aus ihrer Sicht weit hinter ihre technischen Möglichkeiten zurückfallende Berliner Verwaltung geäußert. Modelle aus den USA – besonders die durch techwirtschaftliche Spenden finanzierte Initiative „Code for America“, welche IT-Experten in amerikanische Verwaltungen bringt, um „government work in the digital age“[2] voranzutreiben – werden bewundert. Gleichzeitig äußern die Aktivisten großes Interesse an wohlfahrtsstaatlichen und solidarischen Wirtschaftsweisen, ohne aber klar der etablierten Parteien- oder auch Protestkultur zuzuordnen zu sein oder Fragen nach der politischen Legitimierung ihres Handelns zu thematisieren.

Im Zuge ethnographischer Beobachtungen zeigt sich des Weiteren, dass die politische Dimension der programmierten Anwendungen vielfach um einen

[2] https://www.codeforamerica.org/

weiteren Aspekt erweitert wird, nämlich den einer unmittelbaren Freude an der Lösung komplexer Programmierungsaufgaben. So wird beispielsweise die Visualisierung des Berliner Baumbestandes einerseits als potentiell brauchbar für Umweltorganisationen oder Allergiker gerechtfertigt. Auf Nachfrage wird aber – und das ist exemplarisch für viele der aktivistischen Projekte – auch der technisch anspruchsvolle Aspekt der Darstellung eines komplexen, kleinteiligen Datensatzes auf einer dynamischen Karte hervorgehoben.

Technikentwicklung ist hier also gerade nicht durch Unsicherheiten geprägt, sondern versteht sich als Reaktion auf Unsicherheiten, Unwägbarkeiten und ungenutzte Potenziale in politischen Prozessen. Technik als objektives Konstrukt verspricht zunächst Transparenz. Technik als „technologische, soziale und kulturelle Figuration“ (Beck 1996) ordnet aber auch eine gesellschaftliche Konstellation in eine vorzeitige (Fabian 1983) und verspätete Stadtverwaltung einerseits und eine zukunftsfähige Bürgerschaft andererseits. Sie trägt so zu einem Unsicherheiten reduzierenden zeitkonstituierenden Dispositiv bei, das Transparenz als Antwort auf historische, gesellschaftliche und situative Kontingenzeinbrüche positioniert. Entscheidend in dieser zivilgesellschaftlichen Dynamik ist der Moment der Problematisierung (Rabinow 2005). Das diskursive Ordnen einer komplizierten Konstellation in vorzeitige Verwaltung und technisch versierte Bürgerschaft problematisiert die Kontingenz politischer Entscheidungsprozesse als „nicht auf der Höhe der Zeit“. Das Problem kann also behoben werden, indem man die Verwaltung dabei unterstützt, in „unserer“ Zeit anzukommen. Dies lässt sich technisch bewerkstelligen. Transparenz-Aktivismus macht also Unsicherheit zu einem Problem von Vorzeitigkeit und Entwicklungsversagen und positioniert damit die eigene Kompetenz im Zentrum der Lösung. Die technische Begeisterung für die Entwicklung von Lösungen bezeugt dabei die enge Verquickung von technischer Finesse und Problematisierung von Welt. Ein genauerer Blick verrät, wie die sozio-technische Problematisierung dabei immer aufgespannt ist zwischen Ökonomie, Wissenschaft und Politik und immer eine zunächst

offene, wie es Rabinow (2005) heißt, „bedingt kontingente“ Situation darstellt. Inkrementell und vorangetragen durch Feedback-Prozesse oder „Looping Effekte“ im Hackingschen Sinne (2000) entstehen dann allerdings im Lösungsprozess Pfadabhängigkeiten. Technik etabliert sich als „obligatorischer Passagepunkt“ (Callon 1999): eine spezifische Problemlösung wird begründet, welche für alle Akteure die Auseinandersetzung mit dem Entwicklungsprozess bestimmt.

Dabei steht diese Form der Technikentwicklung als Reaktion auf Kontingenzeinbrüche und ihre Dispositiv konstituierende Wirkung in einer langen historischen Linie. Für eine Erforschung von Transparenz als politischem Verfahrensmodus an der Schnittstelle von Wissen, Moral und (Informations-) Technologien lassen sich beispielsweise als *historische* Kontingenzeinbrüche der Zusammenbruch der gesellschaftlichen Ordnung im Nachklang der französischen Revolution und die massiven Wohlstandskrisen und damit verbundenen Anfechtungen keynesianistischer Wirtschaftsweisen in den 1970er Jahren identifizieren: Der Politikwissenschaftler Vincent Rzepka (2013; im Druck) arbeitet heraus, wie die Schreckensherrschaft der Jakobiner und die durch die Französische Revolution aufgeworfenen Fragen nach einer legitimen Gesellschaftsordnung den britischen Sozialreformer Jeremy Bentham inspirierten, unter Rückgriff auf die Newtonsche Optik und neue transparente Bauweisen eine umfassende Verwaltungsordnung der Transparenz zu konzipieren. Im Zuge der Krise des Keynesianismus gewinnt Transparenz als politischer Verfahrensmodus erneut Einfluss – eine Entwicklung, die Rzepka auf den Problematisierungszusammenhang eines Vertrauensverlusts in Politik im Zuge der Wachstumskrise und des Watergate-Skandals, wie der in diesem Zusammenhang an Einfluss gewinnenden Rational-Choice-Theorie, zurückführt.

Für das Fallbeispiel Transparenz-Aktivismus wäre also zu fragen, auf welche Kontingenzeinbrüche die spezifische sozio-technische Problematisierung eigentlich reagiert. Die hier beobachteten Praktiken sind – so unsere zu diesem Zeitpunkt noch tentative Diagnose – auf die Diskordanz zwischen

der gesellschaftlich raren und arbeitsmarktlich extrem wertvollen technischen Expertise der Aktivisten (welche Hand in Hand geht mit einem betont rationalen, Technologie-orientierten Weltbild und einem technisch grundierten Selbstbewusstsein) und der alltäglichen Erfahrung einer langsamen und technisch schlecht ausgestatteten Berliner Verwaltung zurückzuführen. Unsicherheit ist hier im Hinblick auf eine zeitliche Dimension der Technologieentwicklung einzuordnen: Die Akteure positionieren sich als auf der Höhe der Zeit und handeln im Sinne eines technisch vermittelten Ideals einer „besseren“ Zukunft. Hier kommt auch Technik als Nutzungskomplex und die darin enthaltene Perspektive auf die Bedeutung von Technologie innerhalb spezifischer Lebenswelten in den Blick. Technik hilft zumindest spezifischen Milieus, eine gemeinsame Zukunft im Sinne eines *social imaginary* zu entwickeln und anzusteuern. Die Berliner Verwaltung dagegen ist *noch* nicht so weit.

Medizintechnikentwicklung

Die Differenzierung verschiedener Dimensionen im Umgang mit Technik – zwischen Ko-Text als Bedeutungsdimension, der auch verschiedene gesellschaftliche Diskurse umfasst, und Kon-Text als Handlungsdimension, der bis hin zu den in Techniken eingelassenen Affordanzen und damit möglichen praktischen Handlungsoptionen reicht – erweist sich insbesondere für die ethnographische Begleitforschung von Technologieentwicklungsprojekten als produktiv. Gerade weil hier der tatsächliche Umgang mit den zu entwickelnden Technologien noch in der Zukunft liegt, ermöglicht es der skizzierte mehrdimensionale Ansatz, die Erfahrungen und Erwartungen der potentiellen Nutzer als Nutzungskomplex und die konkreten Entwicklungsprozesse sowie ihre diskursive Rahmung als Orientierungskomplex synchron zu analysieren und so die verschiedenen Unsicherheiten während des Entwicklungsprozesses zu thematisieren. In dieser Perspektive zeigen sich Unsicherheiten insbesondere als Schnittstellenproblematik. Sie treten auf in der Reibung zwischen den an Technologieentwicklung beteiligten Akteuren, d.h. zwischen unterschiedlichen Zukunftsentwürfen, Erfahrungen mit und

Erwartungen an den Umgang mit Technologie. Unsicherheit ist hier also weder Attribut eines Objekts noch Wahrnehmungsphänomen oder statistisch legitimierte Trajektorienbehauptung. Vielmehr markiert Unsicherheit die Qualität von Beziehungen zwischen Akteuren, wobei Akteur hier im relationalen und prozessualen Sinne von *agencement* (Çalışkan/Callon 2010) zu verstehen ist und technologische Artefakte wie materielle Umwelten mit einschließt. Ziel einer ethnografischen Technikforschung ist es nun, Unsicherheiten in diesem relationalen Sinne empirisch greifbar zu machen und dieses Wissen wiederum dem Technologieentwicklungsprozess verfügbar zu machen.

Konkret: Als Teil eines Forschungsverbundes haben wir die Entwicklung von Technologien begleitet, die in der Bewegungsrehabilitation zum Einsatz kommen sollen, um etwa Menschen nach einem Schlaganfall beim Wiedererlangen der eigenständigen Beweglichkeit zu unterstützen. Ausgangsproblem des Forschungsverbundes war unter anderem eine Versorgungslücke in der post-stationären Reha-Phase insbesondere in strukturschwachen Regionen, in denen schon jetzt kaum ausreichende ambulante Therapieangebote auf eine zunehmend ältere Bevölkerung treffen.

Um Patienten auch nach ihrer Entlassung in der weiteren Rehabilitation zu unterstützen, wurden verschiedene Therapieangebote, die bislang in Reha-Kliniken zum Einsatz kommen, zu Tele-Reha-Anwendungen weiterentwickelt. Der Patient soll die Möglichkeit haben, ein Therapiegerät zuhause zu nutzen und dabei aus der Distanz weiterhin von Therapeuten in der Klinik betreut zu werden. Ziel des Projekts ist es, die größtmögliche Autonomie und die Selbständigkeit der Nutzer zu erreichen. Die Entwicklung dieser Zielsetzung und ihre Legitimierung verweist auf die notwendigen diskursiven Ko- und Kon-Texte von Technologieentwicklung („Technik als Orientierungskomplex“, siehe Abb. 1). Systeme wurden unter der Prämisse der Usability mit einigem Aufwand so gestaltet, dass einseitig gelähmte oder stark eingeschränkte Patienten ohne Hilfe von anderen diese nutzen konnten. An dieser Stelle kann eine mehrdimensionale Perspektive auf den Nutzungskomplex

diesen Usability-Ansatz noch einmal entscheidend ergänzen, so dass hier nicht nur die Bedien- und Handhabbarkeit der Geräte alleine im Vordergrund steht, sondern deren Einbettung in konkrete soziale Kontexte wie auch unterschiedliche Erfahrungen mit und Erwartungen an Therapie – technisch unterstützt oder auch nicht – berücksichtigt werden können. So zeigt die ethnographische Forschung mit Patienten deutlich, dass häufig zwar eine größtmögliche Eigenständigkeit ein wichtiges Ziel darstellte, aber gerade im Erleben der aktuellen Beeinträchtigungen die grundlegende Abhängigkeit von therapeutischer wie auch familiärer Unterstützung nicht nur angenommen, sondern sogar positiv bewertet wurde. Während von manchen Patienten die Option einer eigenständigeren Therapiegestaltung als positive Ergänzung bewertet wurde, empfanden einige Patienten die mit dem technischen System manifest gewordenen Anforderungen an Autonomie sogar als verunsichernd und überfordernd, da sie sich in ihren Einschränkungen vielmehr auf die Unterstützung durch andere verlassen wollten. Es zeigt sich, dass im Prozess der Technologieentwicklung Unsicherheiten in den Beziehungen zwischen Akteuren entstehen, die so in den separaten Alltagen nicht existierten. Es ist das Zusammenspiel aus einerseits spezifischer sozio-technischer Bedeutungszuschreibung an Autonomie und andererseits im Alltag etablierter Unterstützungsbeziehungen und -bedürfnisse, das zum Entstehen neuer Unsicherheiten führt. Technik, die Autonomie stärken und Unsicherheit reduzieren soll, produziert also im Entwicklungsprozess immanente Unsicherheiten, die der Prozess selbst dann wieder einfangen muss.

Darüber hinaus zeigt sich, dass der Umgang mit den zu entwickelnden Reha-Technologien mit dem etablierten Konzept der Mensch-Technik-Interaktion nur unzureichend erfasst ist. Erstens spielen Mensch-Mensch-Interaktionen eine ebenso wichtige Rolle wie Mensch-Technik-Beziehungen, so dass man zumindest von Mensch-Mensch-Technik-Interaktion sprechen müsste. Wie lassen sich beispielsweise unterschiedliche Bedürfnisse und Erwartungen an die Kommunikation mit Therapeuten durch Tele-Reha-Anwendungen umsetzen? Welche spezifische Rolle kommt Angehörigen im Umgang mit diesen Geräten im häuslichen Kontext zu? Diese Fragen sind wichtige Hinweise

für die Technologie-Entwicklung, um neben der technischen Usability auch eine soziale Robustheit und Alltagsnutzbarkeit der Systeme zu gewährleisten. Das Ziel sollten Therapie-Systeme sein, die nicht nur die physiologischen Besonderheiten eines Patienten oder einer Patientin berücksichtigen (dies ist in der technischen Entwicklung bereits gesetzt), sondern auch die sozialen Besonderheiten der Nutzer wie der Nutzungspraktiken. Letztlich wäre daher auch zu debattieren, ob das Konzept „Umgang mit Technik“ die Logik von Technikentwicklung in der Praxis nicht greifbarer macht als das Konzept der Interaktion, in dem es die vielschichte Praxisgebundenheit bei der Mensch-Maschine-Interaktion in den Vordergrund rückt.

Diese Betonung der Nutzungspraktiken schon in der Entwicklungsphase ermöglicht auch eine neue Lesart für die Nicht-Nutzung von Reha-Technik. Üblicherweise wird in der nutzerzentrierten Technologiegestaltung mit der Prämisse gearbeitet, Technik in ihrer Gestaltung soweit optimieren zu können, dass sie für verschiedene Nutzer-Typen handhabbar ist. Mit dem Fokus auf die verschiedenen Dimensionen des Nutzungskomplexes lässt sich hingegen weitaus offener fragen, welche Gründe für eine potentielle Nicht-Nutzung vorliegen. Dazu zählen sowohl bewusste Ablehnung als auch scheinbar banale Gründe, wie beispielsweise andere Prioritäten oder Bedürfnisse, die im Alltag auf andere Weise erfüllt werden. Unsicherheiten konkretisieren sich hier auf den verschiedenen Ebenen der Nutzungskomplexseite: als Ergebnis von praktischen Alltagshindernissen (wie beispielsweise mangelnder Platz in der häuslichen Umgebung für ein Tele-Reha-System oder ein Mangel an infrastruktureller Anbindung); als körperliche und affektive Verunsicherungen (beispielsweise die Angst, komplexe technische Geräte nicht angemessen handhaben zu können oder sie zu beschädigen); oder als Wertzuweisungen an menschliche Fürsorge und Solidarität als besondere Formen der Sicherheit. Während sich einige dieser Faktoren wiederum durchaus technisch bearbeiten lassen bzw. aus ihnen Hinweise für weitere sinnvolle Entwicklungen gezogen werden können, rücken damit auch die Patienten mit ihren Biografien, ihren sozialen Netzwerken und ihren spezifischen Bedürfnissen abseits der konkreten Techniknutzung in den Blick. Das

Konzept des Umgangs mit Technik ist bemüht, diesen weiteren Blick auf Alltag, Milieu und Diskurs als Ko- wie Kontext analytisch einzubeziehen. Eine Reflexion der Grenzen technischer Lösungen für individuelle wie gesellschaftliche Unsicherheiten kann und muss Technologieentwicklung immer wieder produktiv irritieren.

Zudem hat sich gezeigt, dass solche technischen Assistenzsysteme und telemedizinischen Anwendungen eine weitere Unsicherheit mit sich bringen können. Als besonders datenintensive Systeme, die gesundheitsbezogene und therapierelevante Informationen über Patienten in deren häuslichen Kontexten erfassen, stellen sich hier Fragen nach Schutz von Privatheit und personenbezogenen Daten auf spezifische Weise. Während aus technikwissenschaftlicher Perspektive in erster Linie die Compliance der Systeme gegenüber juristischen Vorgaben relevant ist, stehen aus ethnographischer Sicht auch die Erwartungen von potentiellen und faktischen Nutzern an Datenschutz im Zentrum der Aufmerksamkeit (Klausner/Golla in review). So wurde beispielsweise in einem von uns begleiteten Kontext ein Therapie-Monitoring-System für Kinder und Jugendliche entwickelt, um deren *Compliance* zu messen und durch entsprechende Rückmeldeformate deren Motivation zu stärken. Anhand von ausführlichen Befragungen konnten wir wiederum differenziert herausarbeiten, dass von vielen der jungen Patienten ein solches Unterstützungsangebot positiv bewertet wurde und basierend auf den bisherigen Erfahrungen mit dem Teilen gesundheitsbezogener Daten mit Ärzten und Therapeuten keinerlei Bedenken gegenüber der Verarbeitung ihrer Daten durch diese Systeme vorhanden waren. Allerdings herrschten gerade bei der Zielgruppe, die als tendenziell non-compliant eingestuft wurde, große Bedenken gegenüber der weiteren Verwertung dieser Monitoring-Daten vor. Insbesondere Eltern äußerten die Sorge, dass negative Konsequenzen drohen würden, wenn beispielsweise Krankenkassen auf solche Daten zugreifen könnten. Entscheidend ist dabei weniger, ob dies zukünftig so sein wird, als vielmehr eine Analyse der konkreten, sozial differenzierten Bedenken und Unsicherheiten. Erwartungen an den Schutz von personenbezogenen Daten und Privatheit sind grundlegend als ko- und kon-textabhängig zu

interpretieren, um gerade besonders vulnerable Personengruppen nicht aus dem Blick zu verlieren (vgl. Nissenbaum 2010). Dieser letzte Punkt verweist noch einmal auf die Vielschichtigkeit, mit der Nutzer Technologie bewerten, akzeptieren oder ablehnen. Neben der alltagspraktischen Dimension, die beispielsweise auch Fragen der Usability einschließt, ist der Umgang mit Technik immer zugleich eine soziale, durch Erfahrung und diskursiv geprägte Praxis. Die vorgeschlagene mehrdimensionale Analyse erlaubt es, den potentiellen Pfadabhängigkeiten sowohl auf Nutzungs- wie Orientierungskomplexseite, die zu (Nicht-)Nutzung führen, auf die Spur zu kommen.

Fazit

Das Technik Vorstellungen und Versprechen spezifischer sozialer Ordnungen in sich trägt, ist selbstverständlich. In unseren Beispielen: Technik ermöglicht Transparenz und befördert damit Demokratie. Technik ermöglicht selbständige Mobilität und befördert damit Autonomie. Diese dem Prozess der Technikentwicklung immanenten Argumentationsketten zu hinterfragen, ist eine zentrale Aufgabe der verschiedenen analytischen Zugriffe auf Technikentwicklung. Wichtige Arbeiten in diesem Bereich haben Unsicherheiten vor allem im Blick auf mögliche Trajektorien und ihre gesellschaftlichen Folgen in den Blick genommen. Mit der komplexen Situationsanalyse und dem Fokus auf den Umgang mit Technik schlagen wir hier eine Erweiterung dieses Blicks vor. Diachron fragt unsere Perspektive nach gesellschaftlichen Kontingenzeinbrüchen auf die Technik eine Antwort darstellen soll. Synchron weist unsere Perspektive auf die Produktion von Unsicherheit im Prozess der Technikentwicklung hin, die aus der sozialen Differenzierung des Umgangs mit Technik notwendig entsteht und im Entwicklungsprozess zwingend berücksichtigt werden muss. Methodologisch ergibt sich aus dieser Perspektive für uns eine doppelte Aufforderung zur Ko-Laboration (Niewöhner 2016): einerseits innerhalb des Feldes der Technikentwicklungsanalyse mit normativen und sozialwissenschaftlichen Ansätzen; andererseits – und vielleicht immer noch weniger offensichtlich im deutschsprachigen

Raum – mit den technischen Disziplinen selbst. Denn nur die genaue Kenntnis des Umgangs mit Technik im Alltag ermöglicht eine Technikentwicklung, die nicht nur das abstrakte gesellschaftliche Gute als Ziel hat, sondern die in konkreten Situationen und Praxiskontexten Freiheitsgrade vermehrt.

Literatur

Barry, A. (2013): Material Politics. Disputes Along the Pipeline. John Wiley & Sons.

Beck, S. (1997): Umgang mit Technik. Kulturelle Praxen und Kulturwissenschaftliche Forschungskonzepte. Berlin: Akademie Verlag.

Beck, S. (2008): Natur – Kultur. Überlegungen zu einer relationalen Anthropologie, in: *Zeitschrift Für Volkskunde* 104:2, S. 161-199.

Çalışkan, K./Callon, M. (2010): Economization, part 2. A research programme for the study of markets, in: *Economy and Society* 39:1, S. 1-32.

Callon, M. (1999): Some Elements of a Sociology of Translation. Domestication of the Scallops and the Fishermen of St. Brieuc Bay, in Biogioli, M. (Hrsg.): The Science Studies Reader, S. 67-83). New York/London: Routledge.

Dupré, J. (2014): A process ontology for biology, in: *The Philosophers´ Magazine 67* S.81-88.

Fabian, J. (1983): Time and the other. How anthropology makes its object. NY: Columbia University Press.

Hacking, I. (2000): The Social Construction of What? 1st Harvard University Press pbk. ed.). Cambridge: Harvard University Press.

Heibges, M. (im Druck): Durchsicht. Transparenz als Ethnographischer Forschungsgegenstand, in Heibges, M. (Hrsg.): Transparenz - Schlüsselbegriff einer (Politik-)Anthropologie der Gegenwart (Berliner Blätter). Berlin: Panama.

Klausner, M./Golla, S. (in review): Reasonable Expectations of Data Protection in Telerehabilitation – A Legal and Anthropological Perspective on Intelligent Orthoses. CPDP Conference Proceedings.

Niewöhner, J. (2016): Co-laborative anthropology. Crafting reflexivities experimentally. Etnologinen tulkinta ja analyysi. Kohti avoimempaa tutkimusprosessia. Jouhki, J./Steel, T. Helsinki, Ethnos: S. 81-124. (finnisch; englische post-print Version verfügbar auf research gate).

Nissenbaum, H. (2009): Privacy in Context. Technology, Policy, and the Integrity of Social Life. Stanford University Press.

Rabinow, P. (2005): Midst Anthropology's Problems, in Ong, A./Collier, S. J. (Hrsg.) Global Assemblages. Technology, Politics, and Ethics as Anthropological Problems. Malden: Blackwell Pub., S. 40-53.

Rabinow, P. (1996): Making Pcr: A Story of Biotechnology: University of Chicago Press.

Rzepka, V. (2013): Die Ordnung der Transparenz. Jeremy Bentham und die Genealogie einer Demokratischen Norm. Münster und Berlin: LIT.

Rzepka, V. (im Druck): Transparenz - Eine Zwischenbilanz, in: Heibges, M. (Hrsg.): Transparenz - Schlüsselbegriff einer (Politik-)Anthropologie der Gegenwart (Berliner Blätter). Berlin: Panama.

Sejersen, F. (2015): Rethinking Greenland and the Arctic in the Era of Climate Change. New Northern Horizons. Routledge: Taylor & Francis Group.

Zum Umgang mit Unsicherheit durch Design – User Experience Design von Maschinen und Anlagen

Sebastian Lorenz, Sandra Siwek, Christian Wölfel, Jens Krzywinski

Einleitung

Die Juniorprofessur für Technisches Design an der Technischen Universität Dresden beschäftigt sich uns sowohl wissenschaftlich als auch anwendungsbezogen mit der ganzheitlichen Gestaltung professionell genutzter Produkte (Industriegüter). Das umfasst sowohl die technischen Aspekte für innovative Lösungen als auch die menschzentrierte Gestaltung von Produkten und insbesondere des Produkterlebens. Dabei verfolgen wir die technischen Entwicklungen und anwendungsbezogenen Anforderungen ganz genau. Wir analysieren die Veränderungen in professionellen Anwendungen, vorangetrieben beispielsweise durch die digitale Transformation der Systeme, die Automatisierung von Prozessen, parallelisierte und interdisziplinäre Arbeitsaufgaben, sowie ökologische, soziale und demografische Herausforderungen. Deren Einflüsse auf die Maschinen und Bedienumgebungen von morgen führen teilweise zu tiefgreifenden Veränderungen im Bereich der professionellen Anwendungen.

Einen Schlüssel zur Begegnung dieser Unsicherheiten sehen wir in der ganzheitlich durchdachten Gestaltung der Systeme und User-Experience-integrierender Entwicklungsprozesse und Evaluationsmethoden entlang des gesamten Entwicklungsprozesses.

Die Digitalisierung und Automatisierung der Branchen

Die Digitalisierung von Maschinen und Anlagen

Die Ausstattung der Maschinen und Anlagen mit einer Vielzahl von Sensoren und computergestützten Steuersystemen ermöglicht das Erfassen, Verarbeiten und Bereitstellen einer ungeheuren Menge von Prozess- und Umgebungsparametern. Diese so genannte Digitalisierung der produktions- und

prozesstechnischen Systeme ermöglicht einen hohen Automatisierungsgrad und eine stetige Effizienzsteigerung, Flexibilisierung und Individualisierung der Prozesse. Cloud-Lösungen, die Vernetzung ganzer Maschinenflotten und mobile Bedienumgebungen verändern die Arbeitsaufgaben in vielen industriellen Anwendungen teilweise grundsätzlich. Wo bisher einzelne Maschinen aktiv gesteuert werden, befinden sich die Branchen auf halbem Weg in eine Arbeitswelt, in der der Mensch eine Vielzahl von Systemen überwachen und nur noch im Fehlerfall gezielt eingreifen soll. Diese Entwicklung wird durch intelligente Steuersoftware möglich und durch selbstlernende Systeme an Geschwindigkeit und Komplexität noch gewinnen. Computer übernehmen dabei einen Großteil der Arbeit, interpretieren Daten und intervenieren im System. Automatisierte Teilprozesse oder Assistenzsysteme unterstützen Maschinenbediener, Flottenmanager und die Prozessüberwachung. Doch trotz der zunehmenden Automatisierung der Produktionssysteme wird der Mensch auch in der Industrie 4.0 eine zentrale Rolle spielen. Dabei steht die Fähigkeit des Menschen, komplexe Zusammenhänge zu durchdringen und innovative Lösungen zu erarbeiten, im Vordergrund. Er wird als Entscheider und Manager der Produktionssysteme agieren (vgl. Dombrowski et al. 2013). Betrachtet man die Arbeitsaufgaben, wird es sowohl auf operativer als auch planerischer Ebene eine Verschiebung von physischer zu überwiegend kognitiver Arbeit geben.

Neue Interaktionstechnologien

Assistenzsysteme und nutzeradaptive Steuerungen können Menschen helfen, zuverlässiger, leistungsfähiger, aber auch nachhaltiger und gesünder zu arbeiten. Die vielen funktionsbezogenen physischen Bedienelemente sind durch neue Bedienelemente und -funktionen zur Navigation durch Mehr-Ebenen-Bedieninterfaces neuer Automatikfunktionen ersetzt worden. Neue Bedienelemente wie drucksensitive Displays und neue Bedienfunktionen wie Feature-Stores oder elektronische Steuerungen unterscheiden sich von den bisher genutzten überwiegend analogen Bedienkonzepten. Sie haben

mittlerweile dazu geführt, dass sich die Bediener technischer Systeme komplexen Bedienumgebungen gegenübersehen. Besonders Touchscreens, also berührungsempfindliche Displays auf denen verschachtelte Bedieninterfaces gezeigt werden, haben sich hier etabliert.

Inkonsistente Lösungen und die Verwendung unterschiedlicher Bedienkonzepte der verschiedenen Hersteller und Generationen erschweren das Arbeiten an vielen Systemen. Die technische Entwicklung im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion hält dafür ganz neue Bedienlösungen bereit. Abb. 1 zeigt eine Auswahl neuer Interaktionstechnologien. Diese umfasst Kamera- und Displaylösungen, Gesten- und Eye-Tracking und Tangible Interfaces. Mit diesen ließe sich im Sinne einer multimodalen, also mehrere Wahrnehmungskanäle einbeziehende, und intuitiven Bedienung die Arbeitsumgebung völlig neu gestalten. Wie und an welchen Stellen können wir also intelligente Systeme nutzen, um die Bedienung beispielsweise von Baufahrzeugen effizienter und sicherer zu gestalten? Wie lassen sich neue Interaktionstechnologien nutzen, um komplexe Informationsumgebungen und Aufgaben leichter und zuverlässiger zu bedienen?

Der Mensch und die Maschine in der Digitalisierung

Durch die Digitalisierung werden Bediener und Maschine zu gleichwertigen, kognitiven Partnern eines Gesamtsystems, deren Zusammenarbeit durch eine flexible und situationsadäquate Aufgabenverteilung gekennzeichnet ist (vgl. Grote et al. 2000). Die Beziehung zwischen dem Bediener und dem Produktionssystem wird zu einer Kooperation. Der vorangegangene Abschnitt hat angedeutet, dass der Mensch zum limitierenden Faktor der Wertschöpfungskette in der Industrie 4.0 werden könnte. Solange keine Vollautomatisierung erreicht und der Mensch noch Teil des Produktionssystems ist, übernimmt er hauptsächlich Managementaufgaben: Er entscheidet zwischen Lösungsalternativen, um das Gesamtziel zu erreichen. Das technische Teilsystem übernimmt verstärkt Aufgaben der Überwachung, Generierung und Implementierung. Neben der steigenden Informationsdichte führt die– mit der Digitalisierung einhergehende – Automatisierung zu Veränderungen in

Abb. 1: Abgeschätzte Marktreife verschiedener Interaktionstechnologien

der Arbeitswelt. Anders als beispielsweise im Smart-Home-Bereich haben vor allem die Bediener der Maschinen wenig Einfluss auf die Art der Systeme, mit denen sie arbeiten müssen. Die durch die Digitalisierung induzierte teils immense Komplexitätssteigerung der Systeme manifestiert sich hauptsächlich in umfangreichen Informations- und Funktionsstrukturen. Vor allem in mobilen Produktionssystemen werden diese neuen Funktionen meist additiv zu den bestehenden Systemen implementiert. Die meisten professionellen Bedienumgebungen verfügen mittlerweile über (Touch-)Displays als primäre Schnittstelle zur Informationsvermittlung und Interaktion mit diesen. Eine intelligente und intuitive Komprimierung von hohen Informationsdichten ist damit nicht möglich. Dies birgt die Gefahr, dass der eigentliche Umfang des Systems nicht mehr transparent erschlossen werden kann und führt in vielen Bereichen dazu, dass von den Bedienern Verständnis und Fähigkeiten im Umgang mit digitalen Systemen gefordert werden.

Das rückt die Frage in den Vordergrund, wie der Mensch leistungsfähig mit diesen Systemen interagieren und arbeiten kann. Einerseits gilt es, die hohe Informationsdichte fehlerfrei vermitteln zu können, ohne den Menschen zu überlasten. Andererseits soll eine Unterforderung durch die Automatisierung der Systeme vermieden werden. Das betrifft die Fachkräfte ebenso wie Maschinenhersteller, -betreiber und Käufer. Eine erhebliche Leistungssteigerung von cyber-physischen Systemen wird von Experten nicht durch die Technik, sondern durch die Verbesserung der Mensch-Maschine-Kooperation erwartet (Geisberger & Broy 2012). Dabei gewinnen mit zunehmender Automatisierung vor allem psychologische Aspekte der Mensch-Maschine-Kooperation an Bedeutung (Sachs et al. 1994).

Zusammengefasst sehen sich industrielle Anwendungen folgenden Veränderungen gegenüber:

- Der direkte Mensch-Maschine-Bezug wir aufgelöst.
- Die Digitalisierung von Technologie produziert autonome, vernetzte Systeme.

- Neuartige Interaktionstechnologien erlauben intuitivere und natürliche Interaktion, stellen aber unter Umständen bestehende Bedienparadigmen infrage.
- Intelligente Systeme führen zu einer gleichwertigen, kognitiven Zusammenarbeit von Mensch und Maschine – unter der Informationshoheit der Maschine und der Verantwortungsführerschaft des Menschen.

Unsicherheiten in industriellen Produktionssystemen

Unsicherheit lässt sich auf einer kognitiven Ebene besonders als Nichtwissen definieren, das immer auch unternehmerische wie individuelle Risiken provoziert (Wehling 2003). Ausgehend von der Annahme, dass eine flüssige Interaktion mit der Kommunikation reduzierter und priorisierter Informationen möglich ist, ist ein situationsbezogenes Nichtwissen (durch Ausblenden wenig relevanter Informationen) gewollt. In diesem Fall kann es Unsicherheit sogar reduzieren, da es den Bedienenden Aufgaben der Fokussierung, Priorisierung und Entscheidung abnimmt. Nicht gewollt ist dabei ein vordergründiges Bewusstsein dafür, dass (vorhandene oder nicht vorhandene) Informationen vorenthalten werden – das würde die Unsicherheit eher steigern. Die zeitliche Dauerhaftigkeit des Nichtwissens ist nicht einheitlich zu bewerten. Während das Nichtwissen über Interaktionsformen und Verfahrensprozesse mit dem Lernfortschritt sinken und die damit verbundene Unsicherheit abnehmen werden, bleibt phasenweise ein Nichtwissen über einzelne, niedrig priorisierte Prozessparameter bestehen und ist, wie oben beschrieben, gewollt. Unsicherheit soll also situationsbezogen reduziert werden. Im Fokus unserer Betrachtungen liegen sowohl die Benutzenden als auch die Entwickler.

Unsicherheiten seitens der Nutzer

Für die Anwender entstehen Unsicherheiten vor allem aus der steigenden Informationsdichte, der Zusammenarbeit mit intelligenten Systemen und im Umgang mit neuen Technologien und Bedienumgebungen. Damit lassen sich Maschinen und Prozesse einerseits besser verstehen und präziser auf Gegebenheiten einstellen. Den komplexen Prozessen und Steuerfunktionen

dahinter stehen zunehmend vereinfachte und damit auch intransparente Bedienumgebungen gegenüber, die dem Bediener helfen, sollen den Überblick zu behalten.

Auf der einen Seite besteht das Problem, wie der Mensch seine Rolle als Entscheider und Bediener der komplexen Maschinen und Anlagen gerecht werden soll. Diese fordern im Fehlerfall ein hohes Verständnis für die abgebildeten Prozesse. Das birgt die Gefahr, im Regelbetrieb den Bediener zu unterfordern und in kritischen Ausnahmesituationen zu überfordern. Dass Bediener in vielen Bereichen zukünftig sogar mehrere Maschinen und Maschinensysteme gleichzeitig zu überwachen haben, verschärft dieses Problem und die Unsicherheit mit dem Umgang weiter.

Der im Rahmen der Industrie 4.0 stattfindende Wandel von elektronischen zu digitalen Bedienumgebungen stellt die erfahrenen Bediener vor die Herausforderung, diese Neuerungen in ihre gewohnten Arbeitsprozesse zu implementieren. Bei der Entwicklung neuer Bedienlösungen wird große Rücksicht auf die Bedienerfahrungen und Wünsche der Nutzer genommen. Das führt erstens dazu, dass folgende Produktgenerationen möglichst viele Bedienparadigmen und -logiken übernehmen, um die Gewohnheiten und Anforderungen der Bediener bestmöglich zu erfüllen. Den noch wesentlich einflussreicheren Umstieg stellt jedoch die Implementierung von automatisierten Funktionen und Assistenzfunktionen dar. Besonders in den Bereichen der Agrartechnik und Logistik findet diese aktuell große Beachtung. Zweitens aber, und dies ist weitaus bedeutender, führen diese Funktionen zu einer steigenden Intransparenz des Systems. Assistenzsysteme setzen, solange sie fehlerlos funktionieren, weniger Prozessverständnis vom Bediener voraus. Dies gilt für Automatikfunktionen umso mehr. Der kritische Faktor dieser Entwicklung ist die Übertragung der Verantwortlichkeit bewusster Bedienung hin zu einem Vertrauen auf die korrekte Funktionsweise der Automatikfunktionen. Die Unsicherheit möglicher Fehlfunktionen muss durch die Bereitstellung der richtigen Parameter für den Bediener ausgeglichen werden. Das bedeutet, dass bei der Interaktion mit modernen Maschinen eine

Fülle an Informationen entsprechend wahrgenommen und verarbeitet werden muss. Damit ist die Gestaltung der Bedienumgebungen und -interfaces eine der zentralen Herausforderungen bei der Überführung traditioneller Bediensysteme in informationstechnische Bedienleitstände. Auch bei der Gestaltung der Bedienumgebungen führen die stetigen Weiterentwicklungen zu Bedienunsicherheiten.

Unsicherheit seitens der Produktentwickler

Unsicherheit ist ein grundlegendes Charakteristikum von Entwurfsprozessen (Cross 2001, Hacker 2005). Diese Unsicherheit resultiert wie innerhalb der Produktnutzung durch Nichtwissen. In der Produktentwicklung ist es jedoch ein Noch-Nicht-Wissen, das zwischen dem Start und dem noch unbekanntem Entwurfsergebnis nach und nach reduziert wird (vgl. Wölfel 2012). Die Produktentwickler besitzen am Start des Entwurfsprozesses generelle Kenntnisse über Entwurfsprozess und Kontext, jedoch kaum Wissen über das zu entwickelnde Produkt (Wölfel 2012, Lawson 2006). Der Entwurfsprozess ist wesentlich dadurch charakterisiert, Wissen über Geometrie, Herstellungsverfahren oder das Erleben des Entwurfes zu sammeln.

Neben dieser, den Entwurfsprozess als solchen charakterisierenden Unsicherheit, erzeugen die vielfältigen technischen Neuerungen ein unternehmerisches Risiko. Auf der einen Seite existieren die technischen Neuerungen und deren Möglichkeiten zur Überwindung von Problemen, auf der anderen Seite stehen die Nutzerwünsche, keine tiefgreifenden Änderungen vorzunehmen. Dieser Wunsch scheint durch den hohen Produktivitätsdruck industrieller Produktionssysteme begründet: Eine Phase des Umlernens der Bedienenden kann mit hohem zeitlichen Aufwand und prozesstechnischen Einbußen einhergehen. Die neuen Funktionen und Bedienparameter müssen entsprechend so gestaltet sein, dass die Bediener schnell lernen, effizient und zuverlässig mit der Maschine zu arbeiten. Das unternehmerische Risiko, das für die Maschinenbetreiber entsteht, veranlasst diese zu einer skeptischen Haltung bezüglich radikaler Marktneuerungen. Dieses zögerliche Verhalten

des Marktes schlägt sich wiederum in einem unternehmerischen Risiko für die Produktentwickler nieder.

Als eine weitere Unsicherheit seitens der Produktentwickler ist die Bewertung und die Auswahl neuer Technologien für die einzelnen Entwicklungs-Roadmaps zu nennen. Die voranschreitenden technischen Entwicklungen bieten kontinuierlich neue Funktionen und Möglichkeiten, und das in einer Geschwindigkeit, die die Nutzungsdauer industrieller Maschinen und Anlagen übersteigt. Produktentwickler sehen sich mit der Herausforderung konfrontiert, Technologien bis zu 15 Jahre im Voraus auszuwählen. Die Auswahl der richtigen und zukünftig tragfähigen Technologie stellt eine Unsicherheit aus dem Blickwinkel der Entwicklung neuer Systeme dar. Eine richtige Entscheidung kann den Markt erheblich verändern.

Zusammenfassung der Unsicherheiten

Im Bereich der Produktentwicklung lassen sich also folgende Unsicherheiten, in besondere im Kontext der Digitalisierung, diagnostizieren: In Teilen intransparente Bedienumgebungen, durch fehlende oder missverständliche Informationen, erschweren ein tiefes Prozessverständnis, welches für eine sachgemäße Reaktion bei Fehlfunktionen nötig ist, was als Interventionsunsicherheit bezeichnet werden kann. Die Vielzahl an Interaktionstechnologien, auch gefördert durch die steigende Anzahl an neuen nicht ausreichend in diesem Kontext untersuchten Paralleltechnologien im Bereich Software und Bedienlösungen, erschwert eine zukunftssichere Auswahl. Zudem erfordern grundlegende Veränderungen der Branchen, wie beispielsweise die angesprochene Digitalisierung der Systeme, eine langfristige Entwicklungsstrategie. Diese setzt sich aus mehreren Innovationsschritten zusammen; mit dem Ziel, eine nachhaltige Veränderung der Bedienlösungen zu erreichen, ohne den Nutzer mit seinen Gewohnheiten und Erfahrungen zu überfordern. Es gibt also eine Unsicherheit bei der Wahl der Innovationsschrittgröße. Außerdem gibt es Unsicherheiten Außenstehender bei Kontakt mit neuen Technologien. Besonders deutlich lässt sich dies am Beispiel automatisierter Maschinen zeigen, bei denen der sichtbare Mensch als Maschinenbediener und

Vertrauensgröße zukünftig fehlen wird. Wir werden auch in diesen Bereichen lernen müssen, vermeintlich intelligenten Maschinen zu vertrauen.

Nutzerzentrierte Produktentwicklung und Design als Chance zum produktiven Umgang mit Unsicherheiten

Den angeführten Unsicherheiten kann durch nutzerorientierte und User-Experience-integrierende Entwicklungs- und Evaluationsmethoden begegnet werden, die den Menschen, dessen Wahrnehmung und Erleben in den Mittelpunkt rücken. Diese erlauben die Identifikation relevanter Bedürfnisse und Erlebensaspekte und eine Produkt- und Interaktionsgestaltung, die diese bewusst adressiert. Eine nutzerzentrierte Produktentwicklung bezieht den Nutzer, seine besonderen Fähigkeiten (z. B. Prognosen, Umgang mit Unsicherheit und Soft Facts, Heuristiken oder Verhandlungen), aber auch seine Bedürfnisse, Ängste und Erfahrungen in die Konzeption von Beginn an mit ein. Die entstehenden Unsicherheiten bei der Produktbenutzung und beim Produkterwerb können innerhalb der Produktentwicklung damit berücksichtigt werden. Daniel Kahnemann legt durch seine Forschungsarbeiten die Bedeutung des assoziativ, schnell, aber auch ungenau arbeitenden System dar: Unter Informationsmangel wird für Entscheidungen dieses System verwendet. Aufgrund der inhärenten Unsicherheiten in den verschiedenen Abschnitten eines industriellen Produktionssystems ist ein anderer Umgang mit denselben als bislang gefordert. Die Unsicherheiten sind, als dem System innewohnend zu akzeptieren.

Betrachtet man das Produktionssystem aus Nutzerperspektive, wird dieses zum Arbeitssystem. Dombrowski et al. (2016) fordern ein kompetenzförderndes Arbeitssystem. Dieses sollte die Informationsverarbeitung und psychologischen Einflussgrößen beim Entscheiden berücksichtigen. Doch hier stoßen die etablierten Konzepte der Ergonomie und Usability an ihre Grenzen: Die menschliche Informationsverarbeitung beruht nur zu einem Teil auf rationalen und logischen Prozessen. Der andere, weitaus schnellere und vor allem in unsicheren Situationen dominierende Teil wird durch assoziatives

Denken gesteuert (Kahnemann 2016). Diese Informationsverarbeitung basiert auf emotionalen, affektiven und motivationalen Facetten. Diese in der bisherigen Produktentwicklung nicht systematisch berücksichtigten Facetten werden unter dem Entwicklungsparadigma des User-Experience-Designs zusammengefasst.

User Experience (UX, dt. Nutzererleben) ist ein vielschichtiges, aber in Forschung und Industrie virulentes Thema (Kujala et al. 2011: 1). Vor allem im Bereich von Software- und Konsumprodukten ist User Experience ein zentraler Wettbewerbsfaktor geworden. Das Konzept betont lange unbeachtete Aspekte der menschzentrierten Gestaltung wie Ästhetik, Freude, Spaß und persönliche Zufriedenheit. Obwohl erlebensorientierte Aspekte bereits seit den 1980er Jahren (Whiteside und Wixon 1987, Caroll und Thomas 1988, aus Hassenzahl & Tractinsky 2006: 91) artikuliert wurden, beginnt die Berücksichtigung in der Produktentwicklung erst um die Jahrtausendwende vor allem durch das Zusammenwirken der Disziplinen Design und Psychologie. Es existiert eine Vielzahl verschiedener User-Experience-Konzepte, die durch ihren Ursprung in spezifischen Designdisziplinen, aber auch durch Paradigmen verschiedener Bezugswissenschaften geprägt sind. In Anlehnung an Mahlke (2007) kann man die Konzepte der User-Experience in die folgenden einteilen: phänomenologische Ansätze, design-orientierte Ansätze, emotions-orientierte Konzept und Qualitäten-orientierte Konzepte. Hier sind Jordan (2000), McCarthy und Wright (2004), Hassenzahl (2003), Desmet und Hekkert (2007) sowie Thüring und Mahlke (2007) als die wichtigsten Autoren zu nennen.

Subjektives Erleben ist ein tätigkeitsteuernder Informationsverarbeitungsprozess, der als eine Art innerer Einschätzung unablässig, unmittelbar und meist unbewusst alles den Menschen umgebende kommentiert (Hassenzahl 2008, Norman 2004). Im Unterschied zu einer rein kognitiven Verarbeitung bewertet dieser Prozess die Informationsgrundlage schnell und resultiert in einer affektiven Reaktion (Scherer 2001, Desmet & Hekkert 2007). Diese ist

Teil des menschlichen Handelns. Unter User Experience wird in Abgrenzung zum allgemeinen subjektiven Erleben das spezifische Erleben von Produkten und Gegenständen verstanden. Das Konzept der User Experience umfasst somit die vom Nutzer subjektiv wahrgenommenen Produktqualitäten sowie deren emotionales Erleben (vgl. Hassenzahl 2003, Thüring & Mahlke 2007, Roto et al. 2011). Als Grundlage für die Beschreibung der User Experience wurden theoretische Frameworks u.a. von Hassenzahl (2003), Desmet und Hekkert (2007), Thüring und Mahlke (2007) erarbeitet. Thüring und Mahlke (2007) fassen die in der Literatur diskutierten Parameter des Nutzererlebens im CUE-Modell zusammen. Es umfasst somit neben psychologischen Bedürfnissen auch Einflussgrößen wie Motivation, Erwartung, körperliche sowie geistige Disposition und andere Nutzercharakteristika als Einflussgrößen auf das subjektive Nutzererleben. Das Nutzererleben unterteilt er konzeptionell in die Facetten instrumentelle Qualitäten, nichtinstrumentelle Wahrnehmungsqualitäten sowie der emotionalen Nutzerreaktion. Das Nutzererleben besitzt Konsequenzen für das Verhalten und somit Einfluss auf die Interaktion und entsprechend auf die Leistung der bedienten technischen Systeme.

Projekt Smart Cab

Um die theoretischen Ausführungen zu den spezifischen Designansätze und -methoden sowie dere n Einsatz zum Finden von Antworten auf die skizzierten technologischen Entwicklungen praxisnah zu illustrieren, soll im Folgenden das Beispiel der „Smart Cab“ herangezogen werden. Die „Smart Cab“ ist eine technologiebasierte Konzeptstudie für eine Selbstfahrer-Kabine im Agrarbereich. Diese adressiert in besonderem Maße die Arbeit mit vollautomatisierten Teilprozessen, wie das Fahren auf dem Feld, und einen komplexen Verarbeitungsprozess, den es zu überwachen gilt. Der Maschinenführer hat dabei die Verantwortung und die Aufgabe, die Bewegung auf dem Feld zu überwachen und diverse Prozessparameter mit dem Ziel eines maximalen Ertrags einzustellen. An dieser Stelle benötigt er die richtigen Informationen

Abb. 2: Interieur-Darstellung der „Smart Cab“ mit dem Fokus Bedienkonzept

zum Prozess und die Einflussgrößen. Auch hier werden zunehmend automatische Funktionen eingeführt, die mithilfe von Sensoren die Einflussgrößen erfassen und die Prozessparameter automatisch einstellen. Der Bediener muss an dieser Stelle die Funktionen überwachen. Ein Bewusstsein für das richtige Funktionieren der Assistenz- und Automatikfunktionen ist hier entscheidend. Das Bedienkonzept der „Smart Cab“ nutzt dafür Statusanzeigen im Kabinendach, die im peripheren Sichtbereich beim Blick durch die Frontscheibe dem Fahrer signalisieren, ob die Automatikfunktionen fehlerfrei arbeiten. Abb. 2 zeigt eine Interieur-Darstellung der Konzeptkabine. Neben dem Status-Panel stehen dem Fahrer außerdem zwei Touch-Displays und insgesamt drei Spiegelersatzdisplays zur Verfügung, um die notwendigen Informationen an der richtigen Stelle zur richtigen Zeit zur Verfügung zu stellen.

Mobile Fernbedienung für Bagger

Ein anderes Beispiel zur Begegnung der eingangs erwähnten Unsicherheiten zeigt das Bedienkonzept für die Fernsteuerung eines Mobilbaggers. Das erarbeitete Konzept nutzt für die Steuerung des Auslegers und der Werkzeuge

anstelle des herkömmlichen Bediensystems, bestehend aus zwei Joysticks, eine gestenbasierte Bedienung. Dieser Ansatz basiert auf der strukturellen Analogie zwischen Hand und Ausleger und verspricht eine deutlich intuitivere Bedienung und Verkürzung der Anlernzeit. Auf der anderen Seite bricht diese Art der Bedienung mit den Gewohnheiten und Erwartungen erfahrener Bediener. Die Akzeptanz des neuen Systems ist trotz der Möglichkeit einer besseren Bedienung, also nicht in jedem Fall zu erwarten. Die Einführung einer solchen Technologie wäre verhältnismäßig risikobehaftet. An dieser Stelle helfen interaktive Prototypen, die auch in frühen Phasen der Produktentwicklung bereits ausgewählte Funktionen erlebbar machen. In diesem Fall konnten mit den 3D-gedruckten Fernbedienungen die Interaktion mit einem digitalen Baggermodell durch einfache Bewegungssensoren und einer einfach zu programmierenden Mikroprozessorplattform, dem Arduino, realisiert werden. Eine erste Studie mit diesem Beispiel hat gezeigt, dass sich

Abb. 3: Interaktive Prototypen der mobilen Fernbedienung zur Baggersteuerung

die Anzahl der Probanden, die sich die Steuerung eines Baggers im Feld vorstellen kann, durch ein Ausprobieren des interaktiven Evaluationsszenarios deutlich erhöht hat (vorher: 0/6, nachher 3/6).

Herausforderungen eines User-Experience-Design-Entwicklungsprozesses für industrielle Produktionssysteme

Eine nutzerzentrierte Entwicklung spielt also nicht trotz des hohen Technisierungsgrades, sondern gerade deswegen eine bedeutende Rolle bei der Entwicklung der Produktionssysteme von morgen. User Experience Design ist ein interdisziplinäres Tätigkeitsfeld, das sich noch in den Anfängen befindet. Obwohl User Experience Design für Konsumgüter etabliert und zum zentralen Wettbewerbsfaktor geworden ist, bedarf es einer Weiterentwicklung für die Anwendung technisch determinierter Produktionssysteme. Dazu sind insbesondere eine Erhebung, Berücksichtigung und Einarbeitung der Nutzerbedürfnisse und Erwartungen in die Entwicklung erforderlich, also auch eine risikobewusste Einordnung der technologischen Trends und deren Einfluss auf die Bedienumgebung von morgen. Neben der Sensibilisierung der Produktentwickler für dieses Thema, verspricht die Integration nutzerorientierter Bewertungsmethoden eine entscheidende Rolle zu sein, um die beschriebenen Unsicherheiten bewusst zu adressieren und mithilfe langfristiger Entwicklungsstrategien abzubauen. Auch die Einarbeitung und bewusste Gestaltung der User Experience spielt bei diesem Aspekt eine zentrale Rolle.

Literatur

Desmet, Pieter/Hekkert, P. (2007): Framework of Product Experience, in: *International Journal of Design* 1:1, S. 57-66.

Dorst, K.,/Cross, N. (2001). Creativity in the design process. Co-evolution of problem-solution, in: *Design studies* 22:5, S. 425-437.

Dombrowski, U/Riechel, C./Evers, M. (2014): Industrie 4.0 – Die Rolle des Menschen in der vierten industriellen Revolution. *Industrie* 4, S. 129-153.

Geisberger, E./Broy, M. (Hrsg.) (2012): agendaCPS. Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Springer-Verlag.

Grote, G/Ryser, C./Wäler, T./Windischer, A./Weik, S. (2000): KOMPASS. A method for complementary function allocation in automated work systems, in: *International Journal of Human-Computer Studies* 52:2, S. 267-287.

Hacker, W. (2005): Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Wissens-, Denk-und körperlicher Arbeit. Huber.

Hassenzahl, M. (2003): The Thing and I. Understanding the Relationship between User and Product, in: Blythe, Mark A. (Hrsg.): Funology. From usability to enjoyment. Dordrecht/Boston: Kluwer Academic Publishers (Human-computer interaction series, v. 3), S. 31-42.

Hassenzahl, M. (2003): The Thing and I. Understanding the Relationship between User and Product. In: Mark A. Blythe (Hrsg.): Funology. From usability to enjoyment. Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers (Human-computer interaction series, v. 3), S. 31-42.

Jordan, Patrick W. (2000): Designing pleasurable products. An introduction to the new human factors. London/New York: Taylor & Francis

Kahneman, D. (2012): Schnelles Denken, langsames Denken. Siedler Verlag.

Kujala, Sari et al. (2011): UX Curve: A method for evaluating long-term user experience.

Lawson, B. (2006): How Designers think. The design process demystified. Oxford: Elsevier Architectural Press.

Mahlke, Sascha (2007): User Experience of Interaction with Technical Systems. Theories, methods, empirical results and their application to the design and evaluation if interactive systems. Dissertation an der TU Berlin: Berlin. Fakultät Verkehrs- und Maschinensysteme.

Sachs, S./Teichert, H. J./Rentzsch, M. (1994): Ergonomische Gestaltung mobiler Maschinen, 1. Auflage. Landsberg: Ecomed.

Scherer, K. R. (2001): Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking, in*: Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research* 92:120, S 57.

Thüring, M./Mahlke, S. (2007): Usability, aesthetics and emotions in human-technology interaction, in: *International Journal of Psychology* 42:4, S. 253-264.

Wehling, P. (2003): Die Schattenseite der Verwissenschaftlichung. Wissenschaftliches Nichtwissen in der Wissensgesellschaft, in: Böschen S./Schulz-Schaeffer I. (Hrsg.): Wissenschaft in der Wissensgesellschaft. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag. S. 119-142.

Hassenzahl, Marc/Tractinsky, N. (2006): User experience – a research agenda, in: *Behaviour & Information Technology* 25:2, S. 91-97.

Wölfel, C. (2012): Designwissen. Spezifik und Unterstützung der Akquise durch reflexive und narrative Methoden (Doktorarbeit an der Technischen Universität Dresden).

Wölfel, C./Siwek, S./Krzywinski, J.. (angek.) (2016): The concept of product experience in industrial goods development, in: Blessing, L./Qureshi, A. J./ Gericke, K. (Hrsg.): The Future of Transdisciplinary Design. London: Springer.

„Da behüte uns Gott vor“

Michael Greder

Technik als Symbol

„Ich lebe allerdings der festen Überzeugung, daß dem Reiche Christi die Erfindung der Dampfwagen und der Schienenbahnen eine weit bedeutendere positive Förderung geleistet hat, als die Ausklügelung der Dogmen von Nicäa und von Chalcedon“[1] (Rothe 1888).

Technikdeutung ist Weltdeutung. Der protestantischen Theologie obliegt es nicht, die Welt naturwissenschaftlich zu beschreiben, sondern sie zu deuten. Die Theologie leistet zur Technikentwicklung keinen eigenen Beitrag. Sie reflektiert die vorgefundene Technik in ihren „sozio-historischen Kontexten unter besonderer Berücksichtigung ihrer Wurzeln in der christlichen Kultur“ (Schwarke 2005). Dabei verweisen die theologischen Auseinandersetzungen mit einer konkreten Technik häufig auf eine generalisierte Deutung der Technik. Der Theologe und Vorsitzende des Deutschen Ethikrats, Peter Dabrock, spricht im Zusammenhang einer evangelischen Bioethik von „Ersatz-, Symbol- und Erprobungsdebatten gesellschaftlichen Selbstverständnisses“ (Dabrock 2015). Diese Beschreibung trifft sicherlich auch auf Technikdebatten außerhalb der Bioethik zu. Ist in der Theologie von „der Technik“ die Rede, geht es folglich nicht nur um eine neue Erfindung, die von ihrem Entstehungskontext losgelöst betrachtet wird. Technik erhebt sich, ob in Ablehnung oder Zustimmung, häufig zum Symbol für das Zeitalter der Moderne. Diese Sichtweise hat ihre historische Ursache unter anderem in der Verortung der Technik in einem geschichtstheologischen Weltbild.

---

[1] Auf den Konzilen von Nicäa (325 n.Chr.) und Chalcedon (451 n.Chr.) wurden nach Streitigkeiten über das Verhältnis von Gott und Christus, bzw. der göttlichen zur menschlichen Natur der Person Jesu, Glaubensbekenntnisse beschlossen, um diese Fragen verbindlich zu klären.

Technik als Ort der Verständigung

Vielen Theologen des 19. Jahrhunderts war, wie ihren Zeitgenossen, offensichtlich, dass der Mensch mithilfe der Technik in ein neues Zeitalter trat. In dieser Zeit interessierten sie sich weniger für bestimmte Erfindungen als vielmehr für das „große Ganze“ (Schleissing 2014). Der Fortschritt der Technik trennt in diesem Geschichtsbild die Epochen. Der romantisch beschworene Genius des Idealismus wurde dem Ingenieur in die Hände gelegt. Die Hoffnung griff um sich, dass der Mensch vom Sklaven zum Herren seiner Geschichte werden würde. Dieses Denken bildete sich keineswegs in Opposition zum Protestantismus aus, wie das Eingangszitat des evangelischen Theologen Richard Rothe anschaulich belegt. Vielmehr beförderten auch Theologen eine Vorstellung vom Fortschritt als sittliche Verwirklichung des christlichen Heilsversprechens, dessen Erfüllung bisher ins Jenseits verschoben worden war (Koselleck 2003). Die religiösen Heilsversprechen wurden von einer Endzeit in die unmittelbare Zukunft verlagert. Der technische Fortschritt fungierte dabei als Vehikel der Verwirklichung. So heißt es z.B. im Brockhaus Konversationslexikon von 1838 über die Eisenbahn: „Nach diesem wahrhaft göttlichen Ziel [Weltfrieden und die Emanzipation der Menschheit] hat die Geschichte zwar von jeher ihren Lauf gerichtet, doch auf den stürmend vorwärtsrollenden Rädern der Eisenbahnen wird sie es um Jahrhunderte früher erreichen“ (zitiert nach Koselleck 2003). Während der Zeitstrahl der Heilsgeschichte des Menschen von der Selbstoffenbarung Gottes bis zum jüngsten Gericht vormals abgesteckt war, öffnete in der Neuzeit die Identifikation des Fortschritts mit der Technik das bisher abgeschlossene Geschichtsbild. Mit der Technik wurde die vorhergesagte Zukunft der Welt zu einer offenen Zukunft des Menschen (Schleissing 2008). Der Mensch konnte nun in bisher unbekanntem Ausmaß die Natur beherrschen.

Die Offenheit der Zukunft ist im Zusammenhang vom Umgang mit Unsicherheiten in der Technikentwicklung von Bedeutung, weil sie den Zeit-

punkt markiert, ab dem sich der Mensch überhaupt erst technischen Unsicherheiten ausgesetzt sieht. Die Technik konnte unter den Bedingungen eines geschichtstheologischen und geschichtsphilosophischen Weltbilds positiv in eine Vorstellung vom Fortschritt eingewoben werden. Das klingt bis in die Gegenwart nach und kann eine konstruktive Verständigung über Technikentwicklungen erschweren, weil sich der Fortschritt in der Moderne als nichtlinear erwiesen hat.

Dennoch sollte diese Deutung der Technik als erster Verständigungsprozess über die technische Zukunft der Menschheit gewürdigt werden. Die theologische Auseinandersetzung mit einer Technik in ihrem sozio-historischen Kontext kann als konkreter Raum der Verständigung über Wertvorstellungen angesehen werden. In traditioneller Sprache lässt sich sagen, dass es bis zu diesem Zeitpunkt in der Technikdebatte um die Suche und Verwirklichung eines gemeinsam geteilten Guten im Sinne eines Gemeinwohls ging.

Geistes- und sozialgeschichtliche Faktoren der Unsicherheit

Das technologische Fortschreiten des Menschen ging einher mit Veränderungen der Gesellschaftsstrukturen. Das im Brockhaus erwähnte „wahrhaft göttliche Ziel“ zielte auch auf eine Selbstbestimmtheit des Menschen (Kosseleck 2003), die sich sozial im Aufkommen des bürgerlichen Individuums widerspiegelt. Letztlich verwirklichte sich dieser Anspruch – unter anderen Prämissen – in der modernen Gesellschaft.

Mit Ulrich Beck (1986) lassen sich diese anderen Prämissen wie folgt beschreiben: Während die bürgerliche Individualisierung des 18. und 19. Jahrhunderts. in bewusster Abgrenzung zum feudalen Herrschaftssystem ein optimistisches Bild des Fortschritts bietet, handelt es sich in der Moderne um eine „Arbeitsmarkt-Individualisierung“, die sich v.a. als Nebenprodukt des rasanten wirtschaftlichen Aufschwungs ausbildete. Die wirtschaftlich angeschobene Flexibilisierung des Arbeitsmarkts erhöht den Grad an individueller Freiheit aufgrund neuer Handlungs- und Entscheidungsspielräume des Einzelnen. Wirtschaftliche Entwicklungen, wie beispielsweise die begrenzte

Verfügbarkeit von Arbeitsplätzen, konterkarieren allerdings den Zugewinn an individueller Freiheit. Im paradoxen Verhältnis von theoretischem individuellen Freiheitszugewinn und tatsächlicher Nicht-Einlösbarkeit droht das Individualisierungsparadigma umzukippen. Der Einzelne sieht sich einem Anpassungsdruck an die neuen Lebensbedingungen ausgesetzt, wobei gleichzeitig die Orientierungshilfen der traditionellen Gesellschaft wegbrechen. Die individuelle Freiheit angesichts der Handlungsoptionen in einer modernen Gesellschaft bürdet dem Einzelnen dann einen ständigen Rechtfertigungsdruck auf, der auch überfordern kann. Sie zeigt sich in der modernen Gesellschaft folglich in ambivalenter Gestalt. Einerseits wird der Zugewinn an Individualität gefördert und erwünscht, andererseits sollen Sicherungssysteme eingeführt werden, um den dadurch entstehenden Unsicherheiten entgegenzuwirken. Diese laufen wiederum Gefahr, den gewonnenen Grad an Individualität zu kassieren.[2] Gesteigert werden diese „immanente(n) Widersprüche im Individualisierungsprozeß“ angesichts von „Konflikt-, Risiko- und Problemlagen, die sich ihrem Ursprung und Zuschnitt nach gegen jede individuelle Bearbeitung sperren“ (Beck 1986). Beck hat dabei „so ziemlich alles“ vor Augen, „was gesellschaftlich und politisch diskutiert wird und umstritten ist“.

Nach Beck geht es in der modernen Gesellschaft nun wesentlich um den Umgang mit diesen sozialen und technischen Unsicherheiten, die angesichts der Individualisierung verteilt werden müssen, da sie nicht mehr ausgelagert werden können. Die Unsicherheiten stehen dabei im Kontrast zum Paradigma ihrer technischen Beherrschbarkeit. Die Ambivalenz der Moderne ist der Technik inhärent. Technische Lösungsversuche haben im Lauf der Geschichte immer wieder an völlig unerwarteter Stelle neue Unsicherheiten hervorgebracht. Bei der Bewältigung dieser unabwendbaren Unsicherheiten

[2] Beck (1986) verweist z.B. auf die Selbstabschaffungstendenz der Arbeiterbewegung aufgrund ihres eigenen Erfolgs, die sozialen Standards angehoben zu haben.

handelt es sich Beck zu Folge deshalb um eine „zivilisatorische Schlüsselqualifikation“. Aus diesem Grund bezeichnet er die moderne Gesellschaft als „Risikogesellschaft“.

Im Zusammenhang dieser Darstellung lassen sich aus dem bisher Dargestellten drei Konsequenzen für den Umgang mit Unsicherheiten festhalten:

Erstens ist die Individualisierung mit all ihren Folgen unumkehrbar. Der und die Einzelne müssen mit Unsicherheiten leben lernen, die sie selbst nicht in der Hand haben. Dafür braucht es einen adäquaten Umgang, der die negativen sozialen und ökologischen Folgen von technischen Entwicklungen (Vereinsamung, Orientierungslosigkeit, Umweltkatastrophen etc.) eindämmt, ohne die Errungenschaften einer an der individuellen Freiheit orientierten und pluralistischen Gesellschaft aufzugeben (EKD 2008).

Zweitens lassen die Unsicherheiten in der persönlichen Biographie, die Unsicherheiten der technischen Entwicklung umso größer erscheinen, da sie in den persönlichen Verantwortungsbereich rücken. Es ist nicht mehr möglich, „Gefahrenlagen“ zu externalisieren (Beck 1987). Das Individuum hat faktisch aber keinen Einfluss auf die technische Entwicklung. Die ihm zugetragene Verantwortung für das eigene Leben kann in den meisten Fällen erst im Nachhinein, d.h. vor vollendeten Tatsachen, wahrgenommen werden. Obgleich die technische Moderne dem Menschen, zumindest in der westlichen Welt, ein objektiv sichereres Leben ermöglichte, wächst dadurch das Gefühl der Unsicherheit – gesteigert durch die medial begleiteten Untergangsszenarien der Menschheit. Beim Umgang mit Unsicherheiten der Technik hat man demzufolge, eher mit „geistes- und sozialgeschichtlichen Faktoren“ zu rechnen, als mit dem direkten Einfluss der technischen Entwicklung im engeren Sinne (Anselm 1992). Ein durch Technik verursachtes Problem wird somit seiner rein technisch zweckrationalen Bearbeitung entzogen, sobald es in einen sozio-historischen Kontext gestellt wird. Entstehungs- und Anwendungskontext einer Technik lassen sich nicht länger ohne weiteres voneinander trennen.

Drittens folgt im Anschluss an die Arbeiten des evangelischen Ethikers Reiner Anselm und den ersten Ergebnissen der DFG-Forschergruppe 1765 „der Protestantismus in den ethischen Debatten der Bundesrepublik Deutschland 1949-1989“, dass sich auch der Umgang mit Unsicherheiten in der Technikentwicklung als „Reaktion auf die Individualisierungsprozesse der Nachkriegszeit“ verstehen lässt (Anselm 2015).

Wenn es auch nicht mehr um das große Ganze der Technikentwicklung geht (s.o.), verweisen materialethische Debatten im Protestantismus häufig doch noch implizit auf diesen größeren Zusammenhang, weswegen sie von Dabrock als „Symboldebatten“ bezeichnet werden (s.o.). In ihnen kommt gleichermaßen ein bestimmtes Verständnis der Moderne zum Ausdruck, in dem die konkrete Technik unterschiedlich konnotiert wird[3], sowie das protestantische Selbstverständnis, sich *öffentlich* in die Debatten einzubringen. Gerade in ethischen Debatten offenbart sich aus protestantischer Perspektive die Schwierigkeit des Unterfangens, ein spezifisches Verständnis des Gemeinwohls, wie es sich im bundesrepublikanischen Protestantismus herausgebildet hat (Albrecht/Anselm 2017), mit dem Primat der individuellen Freiheit im Pluralismus ins Verhältnis zu setzen. Zunächst folgt deswegen noch ein Abschnitt über grundlegende Eigentümlichkeiten der ethischen Urteilsbildung im Protestantismus.

Zur Eigentümlichkeit des Protestantismus

In Fragen des Glaubens erscheint es notwendig, wenigstens einen Minimalkonsens zu erzielen und diesen festzuschreiben, da dieser das einheitsstiftende Fundament bildet, welches die institutionelle Kirche überhaupt erst konstituiert.

[3] Christian Schwarke (2005) typisiert z.B. drei Dimensionen die in theologischen Auseinandersetzungen mit Technik zum Tragen kommen können: „Technik als Zerstörung des Subjekts“, „Technik als Säkularisierung“ und „Technik als (zweite) Schöpfung“.

Etwas anders verhält es sich mit ethischen Fragen. Gegenwärtige vielschichtige Problemkonstellationen neuer technischer Entwicklungen, wie der Gentechnologie oder der Digitalisierung der Gesellschaft, lassen sich nur mittelbar durch die Befragung der eigenen Tradition bearbeiten. Letztlich – und darum ist kaum eine kirchliche Stellungnahme verlegen – obliegt es dem Einzelnen, sich ein Urteil zu bilden und die Konsequenzen der jeweiligen Situation für sein eigenes Leben zu beurteilen (EKD 2008). Angesichts des Relevanzverlusts ordnender Strukturen durch den technischen Fortschritt, wie der theologischen Ständelehre oder der Schöpfungsordnung, die dem Menschen seine Rolle in der Welt und der Gesellschaft zuschrieben, steigert sich in der Moderne der Verantwortungsbereich des protestantischen Individuums. Damit bildet sich im Protestantismus ab, was eben mit Beck beschrieben wurde. Der Protestantismus in seinen ineinander verschränkten Dimensionen von Gesellschaft, Kirche und Individuum muss vom Einzelnen selbst ausgelotet werden (Albrecht/Anselm 2017). Das betrifft eine Bischöfin und den Theologen im Ethikrat genauso wie die evangelische Christin ohne Amt, wobei die prinzipiell öffentliche Ausrichtung des Protestantismus alle drei Dimensionen in der Verständigung über das Gemeinwohl zusammenbindet (Anselm/Albrecht 2017). Diese Frage tritt besonders dann zu Tage, wenn eine politische Entscheidung in Form von Gesetzen gefordert ist.

Eine bischöfliche Verlautbarung oder eine Denkschrift der Evangelischen Kirche in Deutschland (EKD) zu ethischen Fragen haben aus den genannten Gründen für Protestanten keine unmittelbar bindende Wirkung (EKD 2008: 28). Sie müssen als Versuch gewertet werden, eine Verständigung in der protestantischen Öffentlichkeit und darüber hinaus unter Berücksichtigung der eigenen Tradition und der individuellen Freiheit zu erreichen. Dazu zählen auch Beiträge von evangelischen Akademien, Stellungnahmen von theologischen Fakultäten, kirchlichen Parlamenten oder herausragenden Einzelpersonen etc. Durch diese im Fundament angelegte Vielstimmigkeit erklärt sich auch, warum z.B. Urteile von Mitgliedern einer Ethikkommission von den Stellungnahmen der EKD abweichen können. Der Protestantismus musste schon immer mit einer inneren Pluralität in irgendeiner Weise umgehen. Wer

einen protestantischen Theologen, eine Theologin oder kirchliche Vertreter und Institutionen befragt, greift damit auf ein weit verzweigtes, historisch gewachsenes Geflecht von individuellen und überindividuellen Akteuren der Zivilgesellschaft zurück.

Natürlich stehen offizielle Vertreter aufgrund der ihnen zur Verfügung stehenden Einflussmöglichkeiten in besonderer Verantwortung, die drei Dimensionen von Individualität, Gesellschaft und Kirche in ein angemessenes Verhältnis zu rücken. Ihnen ist dabei grundsätzlich zu unterstellen, dass sie ihre Überlegungen und Entscheidungen aus individueller und freier Überzeugung am Gemeinwohl orientieren. Auch wenn es oft gut gemeint ist, wirkt das mit Blick auf Unsicherheiten in der Technikentwicklung häufig problematisch. Das gilt aber nur, wenn manch eine protestantische Technikdeutung wegen ihres konstitutiv (welt-)geschichtlichen, symbolbeladenen Horizonts zu weltanschaulicher „Überdeutung“ tendiert (s.o.), die in ihren Lösungsvorschlägen dem Phänomen der Technik in der modernen Gesellschaft nicht mehr gerecht wird.

Oberflächliche und tieferliegende Unsicherheit

Wer hätte bei der Entwicklung des Internets daran gedacht, dass sich Probleme im sozialen Umgang miteinander einmal potenzieren könnten? Wer hätte bei der frühen Entwicklung von Methoden zur Genomanalyse daran gedacht, dass sich Fragen nach Familie, Identität und Individualität neu stellen? Die Überwindung von weiten Strecken in immer kürzerer Zeit in der Kommunikation, sowie die Erforschung von schweren Krankheiten zu ihrer Heilung, sind nur wenige Beispiele in der Geschichte, die immer wieder neue Probleme hervorriefen, ohne zunächst mit ihrem unmittelbaren Entstehungskontext in Verbindung zu stehen.

Kurzum: Gut gemeinte technische Entwicklungen können an völlig unerwarteter Stelle Fragen nach dem gesellschaftlichen Selbstverständnis aufwerfen. Die Erfahrungen von negativen Folgen haben sich in den letzten hundert Jahren gemehrt und für große Unsicherheiten in der Entwicklung von Technik

gesorgt. Nach dem hier Dargestellten sollten dabei aus theologischer Sicht zwei Arten von Unsicherheiten nicht getrennt, aber unterschieden werden.

Einmal eine *oberflächliche Unsicherheit* über Folgen von technologischen Entwicklungen. Diese kann die Gefährdung von Leben und der Umwelt betreffen, oder Auswirkungen auf die Gesellschaft und ähnliches zum Thema haben. Wesentlich ist, dass es sich hierbei prinzipiell – d.h. bei der Bereitstellung von möglichst allem verfügbaren Wissen – um absehbare Folgen handelt. Auch wenn die Beurteilung dieser Art der Unsicherheit unterschiedlich ausfallen mag, lässt sie sich mit einer technischen Machbarkeit beantworten. Die Herausforderung besteht darin, einen adäquaten Umgang mit der Konstante von unsicheren Fakten zu entwickeln.[4]

Wenn Technik im Protestantismus aber auch als Ort der Verständigung über Wertvorstellungen und das Gemeinwohl angesehen wird, dann liegt in der individualisierten Gesellschaft mit offener Zukunft neben der oberflächlichen eine *tieferliegende Unsicherheit* vor. In diesem Punkt haben sich Theologie und Technik m.E. viel zu sagen, wenn sie eine gemeinsame Sprache finden. Die tieferliegende Unsicherheit liegt im Verlust einer gemeinsamen Zielvorstellung – einer Orientierungslosigkeit, der sich das moderne Individuum, wie beschrieben, ausgesetzt sieht.

Im Gegeneinander von Theologie und Technik geht es dann häufig um die Deutungshoheit über das Gemeinwohl. Wer darf bestimmen, wohin es gehen soll? Wer kann der Unsicherheit am besten begegnen?

Interessanterweise sind es in dieser Situation nicht nur Religionsvertreter, die sich in Heilsversprechen oder Untergangsszenarien üben, sondern auch „Technikgläubige“. Mal wird vom „achten Tag der Schöpfung“ gesprochen (dazu z.B. Rendtorff 1987). Ein anderes Mal heißt es, mit dem arabischen Frühling werde die Welt, dank Social Media, nun wirklich zu einem besseren

[4] Einen Ansatz dafür zeigt Grunwald im vorliegenden Band auf (Anm. d. Hrsg.).

Ort. Für einen Theologen wirkt es dann umso erstaunlicher, wenn sich kirchliche Vertreter auf diese Logik einlassen. Dann ist die Rede von der „Gefährdung der Schöpfung“, dem „Wahn des Machbaren“ und „Designerbabys“. An der Auseinandersetzung mit Unsicherheiten der Technikentwicklung offenbart sich in dieser Logik die Distanz von Technik und Theologie, die nicht überwunden, sondern bewusst vergrößert wird. Wie anfangs geschildert, fungiert die Technik dabei dann als Symbol für die Moderne. Aber nicht mehr in Affirmation zur Verwirklichung eines „wahrhaft göttlichen Ziels“, sondern als Symbol der Gefährdung für den Platz der Religion in einer technischen Gesellschaft. Man lebt in der Angst, „dass die Technik die Welt als Ganze aus Gottes Verfügung herausnehme“ (Schwarke 2005).

Wohin eine auf diese Weise geführte Debatte führen kann, hat Joachim Radkau am Beispiel der Konferenz von Asilomar gezeigt. 1975 fand in dem Konferenzzentrum in Kaliforniern ein internationales Treffen von 140 Wissenschaftlern aus dem Gebiet der Genforschung statt. Vorangegangen war eine Debatte um die Gefahren der Neukombination von Nukleinsäuren, die Veränderungen an Mikroorganismen ermöglichen sollte. Die Rede war von einem „Biohazard“, der bei einem unverantwortlichen Umgang mit den neuen biotechnischen Methoden bevorstand (Radkau 1988). Schon früh wurden diese Fortschritte im Bereich der Biotechnik vor dem Erfahrungshorizont von Hiroshima als rote Linie des menschlich Machbaren gedeutet (Radkau 1988). Befürworter wie Gegner griffen diese Linie auf und verstiegen sich in „Horrorszenarien“. In Asilomar beschlossen die Wissenschaftler daraufhin ein Moratorium, in dem sie sich selbst Regeln auferlegten, welche die Gefahr einer Seuche verhindern sollten. Aus dem Blick gerieten dabei näherliegende Unsicherheiten im Bereich der Eugenik, der Selektion von Menschen, oder einer militärischen Nutzung. Die Teilnehmer von Asilomar behielten aber zunächst die Deutungshoheit, indem sie die Befürchtungen der Gegner steigerten, um daraufhin eine Lösung zu liefern (Radkau 1988).

Eine konstruierte Unsicherheit wurde mit einer falschen Sicherheit beantwortet. Augenscheinlich wird in der Debatte auch, „daß niemand sich stärker

in Visionen von der Omnipotenz der neuen Biotechnik ergeht als ausgerechnet manche ihrer schärfsten Gegner“ (Radkau 1988). Dies gilt m.E. bis heute auch für andere Technikdebatten.

Die Konstruktion von oberflächlichen Unsicherheiten und ihrer Lösung dient als Argument im Ringen um die Deutungshoheit über das Gemeinwohl. Es geht nicht um die eigentliche Sache, sondern um mediale Aufmerksamkeit und die Relevanzsicherung der eigenen Position. Man kann sagen, die tieferliegende Unsicherheit wird instrumentalisiert. Technik wird symbolhaft aufgeladen und damit einer konstruktiven Debatte entzogen. Sowohl die negative, als auch die positive Überhöhung „der“ Technik erreicht im Umgang mit Unsicherheiten das Gegenteil vom vordergründig formulierten Ziel eines Sicherheitsgewinns. Unerfüllbare Versprechen und Hoffnungen aller Seiten steigern das Gefühl der Unsicherheit. Frei nach Beck lässt sich sagen, dass dadurch die „zivilisatorische Schlüsselqualifikation“ (s.o.) umgekehrt wird.

Die häufigste Position kirchlicher Vertreter, sowie der Theologie einer solchen Sichtweise, besteht dann in dem heilvollen Appell, bestimmte Dinge nicht zu tun, die man ohnehin (noch) nicht tun kann – auf Kosten einer ernsthaften Auseinandersetzung. Dennoch greifen diese Appelle nicht ins Leere. Sie finden in ihrer Prägnanz Gehör in der Öffentlichkeit und müssen deshalb ernstgenommen werden.

Aber nicht so, dass die offene Zukunft in anachronistischer Weise normativ abgeriegelt wird. Ist das „Designerbaby“ kein Geschöpf Gottes? Soll das Kind als sichtbare „Gefährdung der Schöpfung“ aus den Stimmen der Vergangenheit mit einem Kainsmal versehen werden, weil es unter einem generalisierten Technikverständnis zum Symbol der technisch-säkularisierten Moderne wurde? Dabei handelt es sich jedoch gegenwärtig um Spiegelfechtereien. Sie lenken, wie in Asilomar, nicht nur von drängenderen Problemen ab, sondern schaffen falsche Sicherheit und verhindern die konstruktive Debatte. Der Appell sollte in der Weise ernstgenommen werden, dass er in einer unübersichtlichen Moderne auf die tieferliegende Unsicherheit verweist, die

sich einer rein technischen Machbarkeit entzieht, weil sie stärker mit kulturellen, geistes- und sozialgeschichtlichen Faktoren zusammenhängt.

In einer Technikdebatte sollte neben den oberflächlichen Unsicherheiten auch die Behandlung der tieferliegenden Unsicherheit berücksichtig werden. Ansonsten läuft sie Gefahr, in der Öffentlichkeit nicht oder zu spät ernstgenommen zu werden, weil eine fachliche Verengung im theoretischen Entwicklungskontext praktische, soziale oder ökologische Unsicherheiten, die über den Anwendungskontext im engeren Sinne hinausgehen, allzu leicht übersehen kann.[5]

Im *konstruktiven Miteinander von Theologie und Technik* geht es dann darum, die unsichere Zukunft mit den je eigenen Mitteln so umgänglich wie möglich zu gestalten. Aus theologischer Sicht können technische Lösungsansätze durchaus als gemeinwohlorientiert angesehen werden, sofern das Faktische als „Denkrahmen“, einer gemeinsam geteilten Tradition gewürdigt wird (Schwarke 2008). Ein generalisiertes Verständnis von Technik, sollte in konkreten Technikdebatten ausgeklammert werden, um eine dysfunktionale Überhöhung von positiven und negativen Aspekten zu vermeiden. Somit können Fakten und Zukunftsaussicht sachgemäß getrennt werden. Wechselseitige Unterstellungen wie Böswilligkeit und Versündigung an der Schöpfung von der einen Seite oder Fortschrittsfeindlichkeit und Rückständigkeit von der anderen Seite arbeiten hingegen mit einem geschlossenen, vormodernen Geschichtsbild, in dem die tieferliegende Unsicherheit instrumentalisiert und gesteigert wird.

Die protestantische Theologie bringt eine Expertise im Umgang mit Vielstimmigkeit und unterschiedlichen Sichtweisen aus der eigenen Geschichte und gegenwärtigen Praxis ein. Das tägliche Geschäft der Theologie besteht

[5] Dazu zählt z.B. die Sichtweise einer teilweise dogmatisierten technisch-ökonomischen Zweckrationalität, die über Werturteile erhaben sei (Kevenhörster 2013).

schließlich auch darin, die eigene Tradition angesichts ständig neuaufkommender Herausforderungen des Individuums, der Kirche und der Gesellschaft zu reflektieren.

Die Zukunft des Menschen wird eine technische sein und sie wird eine unsichere sein. Gerade eine protestantische Perspektive kann dabei daran erinnern, dass es absolute Sicherheit nie geben wird – weder in technischen noch in ethischen Fragen. Martin Luther meinte dazu: „In Sicherheit eihergehen ist, wenn man (…) in Sünden lebt. Da behüte uns Gott vor!“ (zitiert nach Anselm 1992). Ein zeitgemäßer Protestantismus sollte einen Freiraum für die konstruktive Verständigung über das Gemeinwohl bieten.

Literatur

Albrecht, C./Anselm, R. (2017): Öffentlicher Protestantismus. Zur aktuellen Debatte um gesellschaftliche Präsenz und politische Aufgaben des evangelischen Christentums, in Theologische Studien: Neue Folge 4. Zürich: Theologischer Verlag.

Anselm, R. (1992): Freude aus Verunsicherung ziehn – wer hat uns das denn beigebracht. Protestantische Identität in der Risikogesellschaft, in: Graf, Wilhelm/Tanner, K. (Hrsg.): Protestantische Identität heute. Gütersloh: Gerd Mohn, S. 122-133.

Anselm, R. (2015): Individualisierungsprozesse als Referenzpunkt theologisch-ethischer Theoriebildung, in: Anselm, R./Albrecht, C. (Hrsg.): Teilnehmende Zeitgenossenschaft. Studien zum Protestantismus in den ethischen Debatten der Bundesrepublik Deutschland 1949-1989 (Religion in der Bundesrepublik Deutschland 1). Tübingen: Mohr Siebeck, S. 95-104.

Beck, U. (1986): Risikogesellschaft: Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Dabrock, P. (2015): Bioethik des Menschen, in: Huber, W./Mareis, T./Reuter, H.-R.: Handbuch der Evangelischen Ethik. München: C. H. Beck, S. 517-583.

Kevenhörster, P. (2013): Politikberatung, in: Andersen, U./Woyke, W. (Hrsg.): Handwörterbuch des politischen Systems der Bundesrepublik Deutschland (7. Aufl.). Heidelberg: Springer VS, S. 461-465.

Koselleck, R. (2003): Zeitverkürzung und Beschleunigung: Eine Studie zur Säkularisation, in: Koselleck, R.: Zeitschichten: Studien zur Historik. Frankfurt am Main: Suhrkamp, S. 177-202.

Radkau, J. (1988): Hiroshima und Asilomar: Die Inszenierung des Diskurses über die Gentechnik vor dem Hintergrund der Kernenergie Kontroverse, in: *Geschichte und Gesellschaft* 14, S. 329-336.

Rat der Evangelischen Kirche in Deutschland (EKD) (2008): Das rechte Wort zur rechten Zeiten: Eine Denkschrift des Rates der Evangelischen Kirche in Deutschland zum Öffentlichkeitsauftrag der Kirche. Gütersloh: Gütersloher Verlagshaus.

Rendtorff, T. (1987): Der Achte Tag der Schöpfung, in: *Zeitschrift für Evangelische Ethik* 31:3, S. 245-249.

Rothe, R. (1888): Stille Stunden. Aphorismen aus Richard Rothes handschriftlichem Nachlass (2. Aufl.). Bremen: Heinsius.

Schleissing, S. (2008): Das Maß des Fortschritts: Zum Verhältnis von Ethik und Geschichtsphilosophie in theologischer Perspektive (Edition Ethik 1). Göttingen: Edition Ruprecht.

Schleissing, S. (2014): Laien, Experten, Propheten: Zur Rolle von Theologen in Technikdiskursen, in: Richter, A.-M./Schwarke, C. (Hrsg.): Technik und Lebenswirklichkeit: Philosophische und theologische Deutungen der Technik im Zeitalter der Moderne. Stuttgart: Kohlhammer, S. 203-216.

Schwarke, C. (2005): Technik und Theologie. Was ist der Gegenstand einer theologischen Technikethik, in: *Zeitschrift für Evangelische Ethik* 49:1, S. 88-104.

Schwarke, C. (2008): Protestantismus und Wissenschaftskultur. Über Funktionen des Gesprächs zwischen der Theologie und den Naturwissenschaften, in: Tanner, K. (Hrsg.) Christentumstheorie. Geschichtsschreibung und Kulturdeutung (Theologie – Kultur – Hermeneutik 9). Leipzig: Evangelische Verlagsanstalt, S. 117-129.

Das Junge Forum: Technikwissenschaften (JF:TEC) – Entstehung, Ziele und Arbeitsweise

Gründung und Aufbau des JF:TEC

Am 20. und 21. April 2016 fand nach einiger Zeit der Vorbereitung an der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg mit der Konferenz „Mensch, Technik und Gesellschaft“ die Gründungsveranstaltung des Jungen Forums: Technikwissenschaften (JF:TEC) statt. Damit traten Nachwuchswissenschaftler zahlreicher Fachbereiche in einen institutionalisierten interdisziplinären Dialog über den zukünftigen Umgang mit gegenwärtig wirksamen und zukünftig zu entwickelnden Technologien. Die Gründungsmitglieder vertreten die Fachbereiche Maschinenbau, Informatik, Soziologie, Philosophie und Informationswissenschaft. Zudem hatte sich bereits vorher ein Beirat, vertreten durch namhafte Wissenschaftler, zur Unterstützung der Aktivitäten des JF:TEC gefunden.

Der Gründung des JF:TEC vorausgegangen war die transdisziplinäre Konferenz „Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen“, die am 15. und 16. Dezember 2014 an der Helmut-Schmidt-Universität (HSU) in Hamburg stattfand. Ausrichter war das Laboratorium Fertigungstechnik (LaFT) an der HSU in Kooperation mit der Akademie der Wissenschaften in Hamburg. Das LaFT verfolgt einen Ansatz, der die Fertigung und Wertschöpfung im Interesse von Mensch und Gesellschaft in den Fokus rückt: „Technik, die die Menschen wirklich wollen“. Im Rahmen der Konferenz wurden zahlreiche Themen im Zusammenhang mit technischen Entwicklungen der Gegenwart und Zukunft in wichtigen gesellschaftlichen Bereichen wie z.B. der Medizin, Pflege oder Bildung, der zukünftigen Arbeitswelt in Produktion, Logistik oder Büroumgebung, aber auch technikphilosophische, -soziologische und politische Überlegungen vorgestellt und diskutiert.

Die Kernidee war, dass der Mensch auch in Zukunft in vielen Bereichen durch Technik weder ersetzt werden kann noch sich ersetzt zu werden wünscht. So stellte das Thema gesellschaftlicher Akzeptanz technischer Unterstützungssysteme den Ausgangspunkt der Konferenz dar. Weitere Themen waren die bevorstehenden radikalen Veränderungen im Alltag durch

Assistenzroboter mit zunehmend humanoider Erscheinung, Spracherkennung, 3D-Kameras und anderer Sensorik. alltagstaugliche Roboter mit adaptiven Verhaltensweisen, Chancen durch 3D-Druck oder innovative Open-Source-Projekte in Entwicklungsländern.

Im Juni 2015 riefen die beiden am LaFT tätigen Nachwuchswissenschaftler, Dr.-Ing. Tobias Redlich (Fachbereich Wertschöpfungssystematik) und Dr.-Ing. Robert Weidner (Fachbereich Robotik), die am LaFT beschäftigt sind und mit ihren interdisziplinären Arbeitsgruppen ganzheitliche Forschungsansätze verfolgen, die Technik in den gesellschaftlichen Kontext rückt und die realen menschlichen Bedürfnisse zu berücksichtigen anstreben, die Initiative zur Gründung des JF:TEC ins Leben. Für die Koordination des Gründungsprozesses und die wissenschaftliche Geschäftsleitung stellte die Helmut-Schmidt-Universität eine Anschubfinanzierung bereit.

Vor der Gründungskonferenz im April 2016 wurde als Ziel des JF:TEC formuliert, interdisziplinäre, langfristig gedachte und wertegeleitete Forschung junger Wissenschaftler zu institutionalisieren, um die Herausforderungen gegenwärtiger und zukünftiger Technikentwicklung zu diskutieren und durch interdisziplinäre Projekte Lösungsansätze zu entwickeln. Als grundlegenden Gedanken lässt sich formulieren: „Neue Technologien entsprechen häufig nicht realen menschlichen und gesellschaftlichen Bedürfnissen sowie Nachhaltigkeitskriterien. Darüber hinaus entstehen Unsicherheiten über die komplexen Wechselwirkungen und Folgen, die Technik verursacht. Deshalb ist es aus Sicht der Mitglieder des JF:TEC dringend erforderlich, Impulse zu generieren, damit Technik zukünftig im Sinne einer gesellschaftlich verankerten, kontrollierbaren und verantwortlichen Technikgestaltung entwickelt wird. Für diese Zielsetzung wird das JF:TEC Lösungsansätze und Stellungnahmen zu verschiedenen Themen in mehreren Arbeitsgruppen und Projekten erarbeiten.“

Am 31. Oktober und 1. November 2016 fand die zweite Konferenz des JF:TEC statt, wieder an der Helmut-Schmidt-Universität. Die Mitglieder diskutierten unter dem Motto „Unsicherheiten der Technikentwicklung“ über

Handlungsfelder und -optionen in Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Gesucht wurden Lösungsansätze angesichts entgleitender gesellschaftlicher Kontrolle und wissenschaftlich verlässlicher Folgenabschätzung bei der Entwicklung und Anwendung bestehender und neuer Technik. Der öffentliche Teil fand am Abend des 31. Oktober statt, als der Autor, Dozent und Blogger Michael Seemann einen Vortrag über den digitalen Kontrollverlust und das damit zusammenhängende und begonnene „Neue Spiel“ hielt. Der Referent veranschaulichte die unumkehrbar verlorene Kontrolle über unsere Daten im Internet durch den Gebrauch digitaler Endgeräte und allumfassende Sensorik anhand prominenter Beispiele. Als Konsequenz postulierte er zehn Regeln für das nun begonnene „Neue Spiel“, in dem sich durch evolutionäre Prozesse teils vollkommen neue Interpretationen von Begriffen wie Freiheit oder Privatsphäre sowie Lösungen für bestehende Probleme herauskristallisieren werden.

Ein Jahr nach der Gründung des Jungen Forums: Technikwissenschaften fand die dritte Konferenz statt. Mit der Unterstützung der Körber-Stiftung diskutierten unter der Moderation des Journalisten Adrian Lobe Prof. Dr. Armin Grunwald, Leiter des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag und des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Prof. Dr. Volker Lüdemann, Rechtswissenschaftler der Universität Osnabrück und Prof. Dr. Karsten Lemmer, Leiter des Instituts für Verkehrssystemtechnik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), über ethische Fragen und die Zukunft des autonomen Fahrens.

Ziele und Arbeitsweise

Das Junge Forum: Technikwissenschaften (JF:TEC) ist ein interdisziplinäres Netzwerk von Nachwuchswissenschaftlern, die Lösungsansätze für die Herausforderungen gegenwärtiger und zukünftiger Technikentwicklung und -gestaltung erarbeiten. Unter anderem werden soziale, politische, rechtliche philosophische Aspekte der Technikentwicklung auf Basis langfristiger Projektarbeit analysiert, um zu gesellschaftlicher Partizipation anzuregen und

beizutragen. Dabei bestehen in der Wissenschaftslandschaft einige Defizite, derer sich das JF:TEC annimmt.

- *Nachwuchswissenschaftler*: Nachwuchswissenschaftler haben in einer „altersfreundlichen“ akademischen Landschaft nicht immer alle Entfaltungsmöglichkeiten, die eine unabhängige Forschung gewährleisten. Deshalb bietet das JF:TEC jungen Wissenschaftlerlern Handlungsfreiräume für eigene Fragestellungen und Arbeitsformen an.

- *Interdisziplinarität*: Interdisziplinäre Forschung wird oft gefordert und selten gefördert. Das JF:TEC basiert auf inter- und transdisziplinären Arbeitsweisen n um das Potential für den Austausch und die Horizonterweiterung der Mitglieder sowie die Entwicklung und Kombination innovativer Methoden zu nutzen.

- *Themen*: Das JF:TEC nimmt sich den dringenden, aber unbeantworteten Fragen hinsichtlich der Kontrolle, Transparenz und Unsicherheiten der Technikentwicklung in Verbindung mit gesellschaftlicher Partizipation und technikbezogener Präferenzbildung an und entwickelt Lösungsansätze im Sinne einer gesellschaftlich verankerten Technikgestaltung, die verantwortungsvoll und innovativ ist.

Technik, die die Menschen wirklich wollen

Eine der großen Herausforderungen der Gegenwart und Zukunft ist die Gestaltung der Interaktion zwischen Technik, Mensch, Gesellschaft und Umwelt. Die Unsicherheiten und Veränderungen in unseren Lebenswelten durch diese komplexen Wechselwirkungen sind für große Teile der Gesellschaftimmer weniger nachvollziehbar. Für die zukünftige Innovationskraft der Technikentwicklung ist es unausweichlich, sie an den realen menschlichen Bedürfnissen und auf der Basis transparenter gesellschaftlicher Präferenzbildung auszurichten.

Das Anliegen des JF:TEC ist es, Impulse für eine Entwicklung von *Technik, die die Menschen wirklich wollen*, zu setzen. Dafür werden jungen Technikwissenschaftlern finanzielle und intellektuelle Handlungsfreiräume angeboten, um sich unabhängig und transdisziplinär Fragestellungen über kurzfristige ökonomische Ziele der Technikentwicklung hinweg zuwenden zu können. Aus Sicht der Mitglieder des JF:TEC ist es dringend erforderlich,

auf Basis interdisziplinärer Arbeit Anreize und Ideen für eine partizipative Technikgestaltung zu generieren. JF:TEC erarbeitet Lösungsansätze und Stellungnahmen zu Problemen der Technikentwicklung, um die Kontrolle über Technik und ihre Entwicklungsprozesse bei einer aktiven Gesellschaft zu verankern.

Ziele

Das JF:TEC sieht seine Aufgabe in der Institutionalisierung einer inter- und transdisziplinären, langfristig gedachten und wertegeleiteten Forschung exzellenter Nachwuchswissenschaftler. Als Grundlage zukünftiger Technikentwicklung betrachten seine Vertreter ihre ethischen, sozialen und rechtlichen Aspekte, damit Innovationen der nachhaltigen Verbesserung der menschlichen Lebenswirklichkeit dienen. Dafür muss der Austausch zwischen Technikwissenschaft, Gesellschaft, Politik und Wirtschaft gefördert werden. Das JF:TEC sieht als seine wichtigsten Aufgaben an:

- Impulse für einen gesellschaftlichen Dialog über die Interaktion zwischen Technik, Mensch, Gesellschaft und Umwelt zu generieren,
- Entwicklung langfristig gedachter und transdisziplinärer Forschungsprojekte zum Thema „Technik, die die Menschen wirklich wollen“ zu ermöglichen,
- Engagement bei Debatten über Wissenschaftspolitik, Wissensmanagement und Lehre im Bereich der Technikwissenschaften zu fördern.

Arbeitsweise

Das JF:TEC wendet sich den gesellschaftlich relevanten Themen der Technikentwicklung zu und bringt sich durch Stellungnahmen und Veranstaltungen wie Konferenzen, Symposien und Foren in Debatten ein. Zur Umsetzung dieser Aktivitäten mit der Funktion der Politikberatung dienen verschiedene Arbeitskreise, in denen junge Technikwissenschaftler ihre Projekte umsetzen.

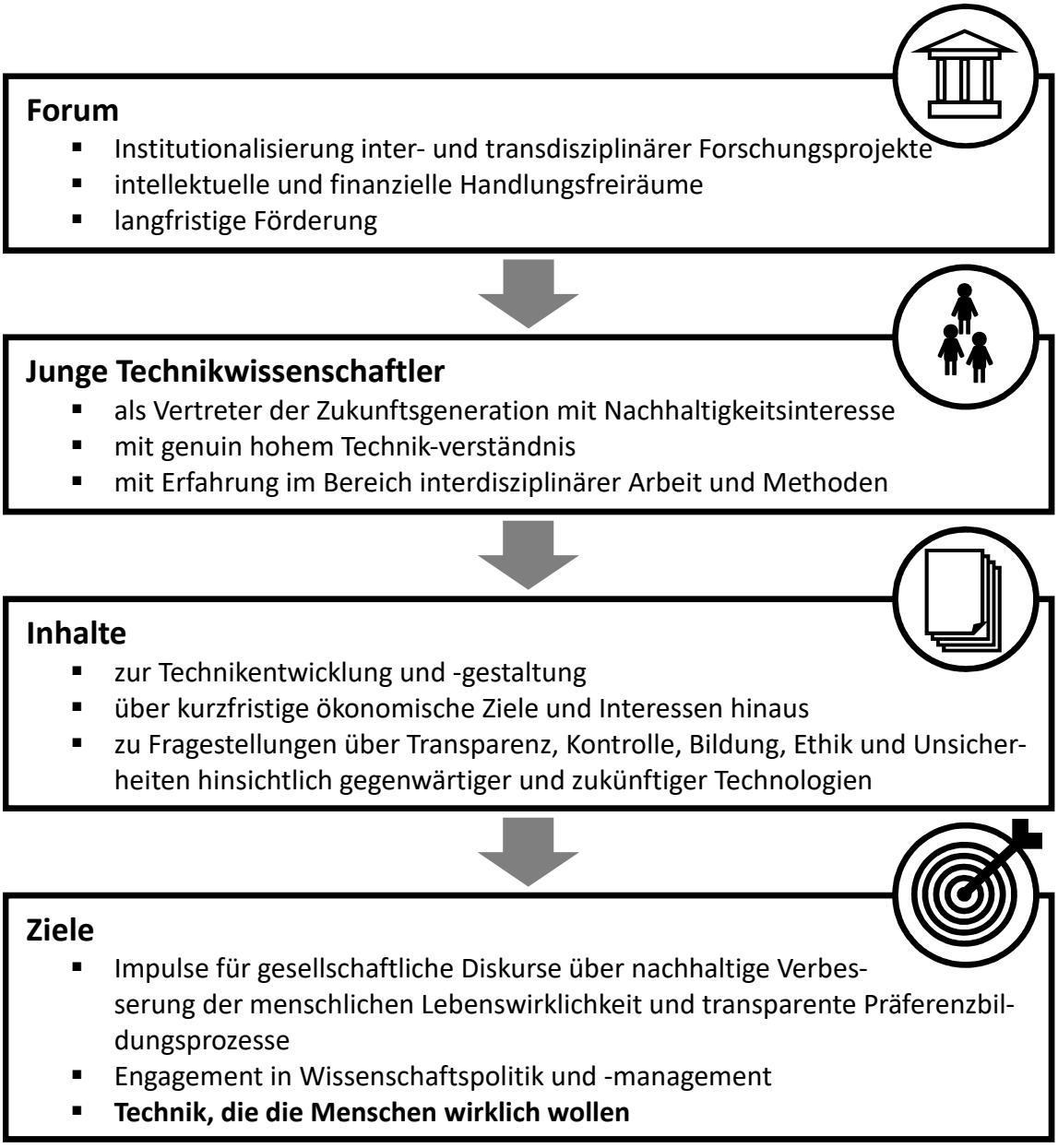


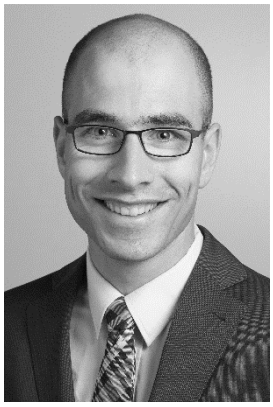
Abb. 1: Organisation, Idee und Ziele des JF:TEC

Das JF:TEC vereint derzeit vierzehn Mitglieder verschiedener Fachbereiche, deren Promotion beim Beitritt nicht länger als zehn Jahre zurückliegt. Neben der Arbeit an den Forschungsprojekten treffen sie sich auf zwei Konferenzen im Jahr, um sich über die Arbeit des Forums und ihre Projekte auszutauschen sowie Neumitglieder aufzunehmen und Ergebnisse zu präsentieren.

Mitglieder des JF:TEC

Dr.-Ing. Tobias Redlich

Tobias Redlich leitet die interdisziplinäre Forschergruppe „Wertschöpfungssystematik“ am Laboratorium Fertigungstechnik der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg. Der studierte Wirtschaftsingenieur wurde mit dem Thema „Wertschöpfung in der Bottom-up-Ökonomie“ promoviert und erforscht u.a. den Einsatz neuer Fertigungstechnologien wie den 3D-Druck und neue Wertschöpfungsmuster, wozu Konzepte wie Open Innovation, Crowdsourcing und Fablabs zählen. Er leitet das OpenLab Hamburg, ist Mitglied der Arab-German Young Academy of Sciences and Humanities (AGYA) sowie Initiator und Gründungsmitglied des Jungen Forums: Technikwissenschaften (JF:TEC).



Dr.-Ing. Robert Weidner

Robert Weidner leitet die durch das BMBF geförderte interdisziplinäre Forschernachwuchsgruppe „smartASSIST“ sowie die Arbeitsgruppe „Robotik“ am Laboratorium Fertigungstechnik der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg. Der studierte Maschinenbauer erforscht aktuell im Schwerpunkt u.a. Konzepte für die Mensch-Maschine-Interaktion, Methoden zur Entwicklung technischer Systeme sowie Ansätze für die physische Unterstützung am Arbeitsplatz und im Alltag. Weidner wurde als academics-Nachwuchswissenschaftler des Jahres 2017 ausgezeichnet, engagiert sich u.a. im TeenLab für die Nachwuchsförderung und ist Initiator und Gründungsmitglied des Jungen Forums: Technikwissenschaften (JF:TEC).

Dr. Dipl.-Ing. Sabine Ammon

Sabine Ammon ist Sprecherin der interdisziplinären Forschungsgruppe „Wissensdynamik in den Technikwissenschaften“ und leitet das DFG-geförderte Teilprojekt „Von Artefakten zu Wissenfakten“. Sie studierte Architektur und Philosophie an der TU Berlin, Studien- und Forschungsaufenthalte führten sie an die University of London, Harvard University, ETH Zürich, Universität Basel sowie das Forschungsinstitut für Philosophie Hannover. Ihre Dissertation, die sie 2008 an der TU Berlin abschloss, entwickelte die erkenntnistheoretische Grundlage für einen prozessualen und pluralen Wissensbegriff. Von 2011 bis 2013 war sie Co-Leiterin der Forschungsgruppe „Bild und Entwurf“ am Nationalen Forschungsschwerpunkt „eikones/Bildkritik“ an der Universität Basel, von 2013 bis 2014 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der BTU Cottbus-Senftenberg und von 2014 bis 2017 an der TU Darmstadt. Sie leitete von 2014 bis 2016 als Marie Skłodowska-Curie Fellow (IPODI-Programm) an der TU Berlin das Forschungsprojekt „Epistemology of Designing“. Gegenwärtig arbeitet sie zu epistemischen, ethischen und ästhetischen Aspekten des Entwerfens und Modellierens in Architektur und Ingenieurwesen.

Dr. Diego Compagna

Diego Compagna ist seit 2015 Postdoktorand am Fachgebiet Regelungssysteme der TU Berlin im Projekt „Sozio-technische Interaktion von Mensch und Roboter im demografischen Wandel (MTI-engAge)“. Nach dem Studium der Soziologie, Philosophie und Psychologie an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn und der Freien Universität Berlin wurde er Studienleiter der „forsa – Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH“ (Berlin). 2003-2012

war er Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Institut für Soziologie der Universität Duisburg-Essen. Die Promotion schloss er mit Auszeichnung (summa cum laude) ab. 2013-2015 war er Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Berater im Bereich „Demografischer Wandel und Zukunftsforschung“ der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (Berlin).

Dr.-Ing. Aysegül Dogangün

Aysegül Dogangün, geboren 1982 in Berlin, hat an der Humboldt-Universität zu Berlin Informatik mit Nebenfach Psychologie studiert. Ab November 2008 arbeitete sie am Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme in Duisburg als wissenschaftliche Mitarbeiterin und Projektleiterin. 2012 promovierte sie zum Dr.-Ing. Seit 2015 leitet sie die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte interdisziplinäre Nachwuchsforschergruppe „Personal Analytics“ an der Universität Duisburg-Essen.

Jun.-Prof. Dr. Kalman Graffi

Kalman Graffi ist Juniorprofessor für die „Technologie sozialer Netzwerke“ am Institut für Informatik der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Im Juli 2010 promovierte er an der Technischen Universität Darmstadt an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik und erlangte an der gleichen Universität im Jahr 2006 Diplome in Informatik und Mathematik. Mit seinen neun Doktoranden kon-

zentriert er sich auf Netzwerkprotokolle und Mechanismen zur Unterstützung der Redefreiheit und der Privatsphäre auf der ganzen Welt. Im Speziellen erforscht er ein sicheres Peer-to-Peer-Framework für soziale Online-Netzwerke, Android-basierte drahtlose Mesh-Netzwerke sowie Mechanismen für hochskalierende demokratische Argumentation und Wahlen im Internet. Für seine Arbeit zu sicheren und dezentralen Kommunikationsplattformen und deren Auswirkungen auf die Gesellschaft wurde er mehrfach ausgezeichnet.

Prof. Dr. Elke Greifeneder

Elke Greifeneder studierte Bibliotheks- und Informationswissenschaft sowie Französisch an der Humboldt-Universität zu Berlin. Nach einem Auslandsaufenthalt an der Université Paris VIII promovierte sie ebenfalls in Berlin zu den Einflussfaktoren von Ablenkungen auf das Informationsverhalten in Testsituationen. Anschließend war sie von 2012-2014 Assistant Professor for Information Science an der University of Copenhagen, bevor sie wieder nach Berlin zurückkehrte und dort seit 2014 die Juniorprofessur mit dem Schwerpunkt „Information Behavior“ inne hat. In ihrer aktuellen Forschung untersucht sie welchen Einfluss die Digitalisierung auf das Informationsverhalten hat. Für ihre Dissertation erhielt Elke Greifeneder den VFI-Preis für die beste informationswissenschaftliche Dissertation im deutschsprachigen Raum und 2017 wurde sie als Mitglied im ProFIL-Programm, welches hochqualifizierte Frauen fördert, aufgenommen. Für zehn Jahre war sie Herausgeberin der Fachzeitschrift „Library Hi Tech“.

Dr. Andreas Kaminski

Andreas Kaminski ist Leiter der Abteilung für Wissenschafts- und Technikphilosophie der Simulation am High Performance Computing Center (HLRS) der Universität Stuttgart, Sprecher des DFG-Netzwerks „Zur Geschichte der Prüfungstechniken 1900-2000“ und Mitherausgeber des „Jahrbuch Technikphilosophie“. Zu seinen Forschungsschwerpunkten zählen in der Technikphilosophie Maschinelles Lernen und Computersimulation, in der Sozialphilosophie und Wissenschaftsphilosophie psychologische Messverfahren und in der praktischen Philosophie eine dialektische Theorie von Vertrauen und Zeugenschaft.

Dr. Athanasios Karafillidis

Athanasios Karafillidis lehrt und forscht in den Bereichen soziologische Theorie sowie Technik- und Organisationssoziologie. Nach seiner von der Universität Wuppertal prämierten Diplomarbeit ist er in an der Universität Witten/Herdecke mit einer Arbeit zur Theorie und Modellierung von Kommunikationsprozessen promoviert worden. Anschließend hat an der RWTH Aachen zu Organisationsdesign und einer Soziologie der Künstlichen Intelligenz gearbeitet. Seit Juni 2015 forscht er im Laboratorium Fertigungstechnik (LaFT) an der Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg als Postdoc im Rahmen der vom BMBF geförderten interdisziplinären Nachwuchsforscher-Gruppe „smartASSIST“. Dort entwickelt er soziologische Grundlagen und gemeinsam mit Biomechnikern und Ingenieuren auch konkrete Anwendungen für körpergetragene technische Systeme (Mensch-Maschine-Hybride, u.a. Exoskelette) sowie eine Theorie der Unterstützung.

Dr. Matthias Kettemann, LL.M.

Nach Studien der Rechtswissenschaften an der Karl-Franzens-Universität Graz (Mag. iur, Dr. iur.), Genf und als Boas und Fulbright-Stipendiat an der Harvard Law School (LL.M.) habilitiert sich Matthias Kettemann an der Rechtswissenschaftlichen Fakultät der Goethe-Universität Frankfurt am Main zur normativen Ordnung des Internets. Als Post-Doc-Fellow am Exzellenzcluster „Die Herausbildung normativer Ordnungen“ leitet er den von ihm gegründeten Forschungsschwerpunkt Internet und Gesellschaft und das Frankfurt Kolloquium für Internetforschung. Dr. Kettemann hat für den Europarat und das Europäische Parlament sowie die Europäische Grundrechteagentur geforscht. Er war als Gutachter zu Themen der Cybersicherheit und des Copyrights für zwei große DAX-Unternehmen tätig und war zuletzt Rapporteur des Expertenkomitees des Europarats zu Internet-Intermediären.

Prof. Dr. Walid Maalej

Walid Maalej ist seit 2012 Informatikprofessor an der Universität Hamburg. Er ist zudem Mitglied von HITeC, das Hamburger Informatik-Technologie-Center, Junior-Fellow der deutschen Gesellschaft für Informatik und Beirat von Schotstek, die Hamburger Initiative für integrative Talentförderung. Der Schwerpunkt seiner Arbeit liegt auf angewandte Softwaretechnik, welche die Gesellschaft und damit einzelne Nutzer betrifft. Sie umfasst Themen wie Innovative Apps, Requirements Engineering und Design, E-Partizipation, Analytics, Data Mining und Empfehlungssysteme. Seine Arbeiten wurden zahlreich zitiert und u.a. von ACM SIGSOFT, IEEE, Google und Microsoft ausgezeichnet. 2014 wurde Maalej als academics-

Nachwuchswissenschaftler des Jahres ausgezeichnet. Er verfügt über umfangreiche Erfahrung in der Zusammenarbeit mit Unternehmen wie beispielsweise Siemens, GfK oder TATA.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Niendorf

Thomas Niendorf studierte Maschinenbau an der Universität Paderborn. Nach seiner Promotion im Bereich der Werkstofftechnik wurde er Leiter der Arbeitsgruppe Materialermüdung am Lehrstuhl für Werkstoffkunde der Universität Paderborn und übernahm für ca. ein Jahr die dortige Lehrstuhlleitung. 2014 konnte Thomas Niendorf erfolgreich eine Emmy Noether-Nachwuchsgruppe einwerben und wechselte somit an die TU Bergakademie Freiberg. 2015 nahm er dann einen Ruf der Universität Kassel an, wo er das Fachgebiet „Metallische Werkstoffe“ am Institut für Werkstofftechnik leitet. Die Forschungsschwerpunkte von Prof. Niendorf sind vorrangig auf die Zusammenhänge von „Fertigung-Mikrostruktur-Eigenschaft-Schädigung“ in metallischen Werkstoffen ausgerichtet. Neben traditionellen Stahlwerkstoffen und Aluminiumlegierungen zählen Formgedächtniswerkstoffe und additiv gefertigte Strukturen, d.h. „3D-gedruckte Metalle“, zu den Systemen im Fokus. Hierzu forscht er in vielen interdisziplinären Projekten. Prof. Niendorf ist für seine Forschungen mit diversen Preisen ausgezeichnet worden, so u.a. dem Georg-Sachs-Preis der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde sowie dem Heinz Maier-Leibnitz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

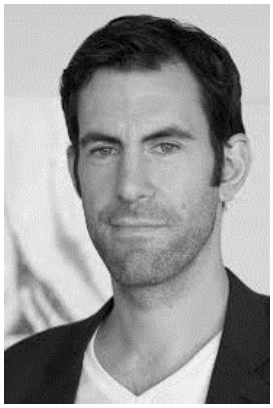
Prof. Dr. Isabella Peters

Nach ihrer Promotion in Informationswissenschaft an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf ist Isabella Peters seit 2013 Professorin für Web Science an ZBW Leibniz Informationszentrum Wirtschaft und Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. In ihrer Forschung beschäftigt sie sich mit nutzergenerierten Inhalten, Social Media, und wissenschaftlicher Kommunikation, Altmetrics, Science 2.0 und Open Science.

Prof. Dr.-Ing. Christoph Sorge

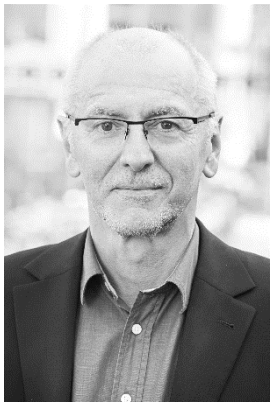
Nach seiner Promotion in Informatik im Rahmen des Graduiertenkollegs „Informationswirtschaft und Market Engineering“ am KIT arbeitete Christoph Sorge als Research Scientist bei den NEC Laboratories Europe, bis er 2010 wurde auf die Juniorprofessur für Sicherheit in Netzwerken an der Universität Paderborn berufen wurde. Seit 2014 ist er Inhaber der juris-Stiftungsprofessur für Rechtsinformatik an der Universität des Saarlandes und gehört dort den Fakultäten für Rechtswissenschaft sowie für Mathematik und Informatik an. Er forscht und lehrt an der Schnittstelle von Recht und Informatik, insbesondere im Bereich von IT-Sicherheit und Datenschutz. Christoph Sorge ist Mitglied des IT-Sicherheits-Zentrums CISPA, Senior Fellow des Deutschen Forschungsinstituts für Öffentliche Verwaltung Speyer und Vorstandsmitglied des Deutschen EDV-Gerichtstags.

Beirat des JF:TEC



Prof. Dr. Marc Alexa

Marc Alexa ist Professor in der Fakultät Elektrotechnik und Informatik an der Technischen Universität Berlin und leitet das Fachgebiet Computer Graphik. Sein besonderes Interesse gilt der Verarbeitung von geometrischen Daten, insbesondere Schnittstellen zur intuitiven Eingabe sowie Ausgabe in automatisierten Fertigungsverfahren. Er war maßgeblich beteiligt an der Gründung der Hybrid-Plattform, einer gemeinsamen Initiative mit der Universität der Künste Berlin zur Unterstützung von Projekten über die klassischen Disziplingrenzen hinweg. Seine Arbeiten sind vielfach ausgezeichnet, und anderem mit einem ERC Starting Grant, dem Heinz Maier-Leibnitz Preis der DFG und dem Technikwissenschaftlichen Preis der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.



Prof. Dr. Armin Grunwald

Armin Grunwald hat Physik, Mathematik und Philosophie studiert und promovierte 1987 in der theoretischen Physik an der Universität zu Köln. 1998 folgte seine in der Philosophie an der Universität Marburg. Seit 1999 ist er Leiter des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), seit 2002 auch Leiter des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB).

In der Industrie war Prof. Dr. Armin Grunwald von 1987-1991 in der Softwareentwicklung, bevor er 1991-1995 im Deutschen Zentrum für Luft- und

Raumfahrt und 1996-1999 als stellvertretender Direktor der Europäischen Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen arbeitete.

Prof. Dr. Armin Grunwald ist seit 2009 Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech), seit 2014 Mitglied im Präsidium. Außerdem war er 2013-2016 Mitglied des Science Committee des Future Earth International Programms der Nachhaltigkeitsforschung, 2014-2016 Mitglied der Endlagerkommission des Deutschen Bundestages 2014-2016 und 2016/2017Mitglied der Ethik-Kommission für autonomes und vernetztes Fahren des Bundesverkehrsministeriums.

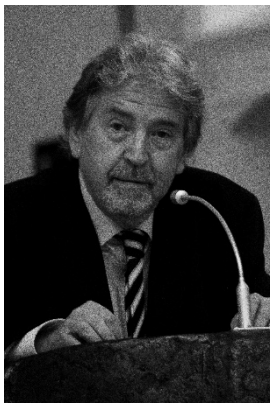
Prof. Dr. Dr. Friedrich W. Hesse

Friedrich Hesse ist Gründungsdirektor des Leibniz-Instituts für Wissensmedien (IWM) und derzeit Leiter der Arbeitsgruppe Wissensaustauch am IWM, Vizepräsident der Leibniz-Gemeinschaft und Inhaber des Lehrstuhls für Angewandte Kognitions- und Medienpsychologie an der Universität Tübingen.

Friedrich Hesse studierte an den Universitäten in Marburg und Düsseldorf Psychologie, promovierte an der RWTH Aachen und habilitierte sich an der Universität in Göttingen. Außerdem war Friedrich Hesse zwei Jahre Direktor des CNRS-geförderten Laboratoire Européen de Recherche sur les Apprentissages et les Nouvelles Technologies (LERANT) in Frankreich. Friedrich Hesse war Initiator und Sprecher des ersten deutschlandweiten Leibniz-WissenschaftsCampus, eines DFG-Graduiertenkollegs, eines DFG-Schwerpunktprogrammes und einer DFG-Forschergruppe.

Prof. Dr. Nicole C. Karafyllis

Nicole C. Karafyllis ist Professorin für Philosophie mit den Schwerpunkten Wissenschafts- und Technikphilosophie an der Technischen Universität Braunschweig. Sie forscht u.a. zum „Geist des Handwerks“, zum Technikbegriff der Bio- und Informationstechniken, zur Technik- und Umweltethik und zur Technikfolgenabschätzung. Zuletzt erschien das von ihr mit herausgegebene Lehrbuch „Naturphilosophie“ (Kirchhoff et al., UTB 2017).



Prof. Dr. Klaus Kornwachs

Klaus Kornwachs studierte Physik, Mathematik und Philosophie in Tübingen, Freiburg und Kaiserslautern. 1992-2011 leitete er den Lehrstuhl für Technikphilosophie an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus, und war Gastprofessor an den Technischen Universitäten in Wien, Budapest und Dalian in China. Seit 1990 ist er Honorarprofessor der Universität Ulm, seit 2013 Honorary Professor am Intelligent Urbanization Co-Creation Center at Tongji University, Shanghai.

1979-1992 war Prof. Dr. Kornwachs am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation in Stuttgart tätig, zuletzt als Leiter der Abteilung für Qualifikationsforschung und Technikfolgenabschätzung. 1991 erhielt er Forschungspreis der Alcatel SEL-Stiftung für Technische Kommunikation. Er ist Mitglied der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften acatech und Herausgeber der über 20-bändigen Buchreihe „Technikphilosophie“.

Prof. Dr.-Ing Alexander Verl

Alexander Wilhelm Verl ist seit 2005 Leiter des Instituts für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen an der Universität Stuttgart und war 2006 bis 2014 Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung. 2014 bis 2016 war er im Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft in München.

Prof. Dr.-Ing Alexander Verl studierte Elektrotechnik an der Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nürnberg, und wurde 1997 am Institut für Robotik und Mechatronik in Oberpfaffenhofen zum Dr.-Ing. promoviert. Zuvor war er von 1992 bis 1994 bei der Siemens AG am Research Center Erlangen AUT 941 tätig. Von 1997 bis 2005 war er Gründer und Geschäftsführer der AMATEC Robotics GmbH, die seit 2005 zur KUKA Roboter GmbH gehört.

2009 wurde Alexander Verl der mit der Ehrendoktorwürde der Politehnica-Universität University von Timisoara in Rumänien, 2012 an der Universität von Cluj-Napoca, ebenfalls in Rumänien, ausgezeichnet. Seit 2012 ist er zudem Ehrenprofessor der University of Auckland am Department of Mechanical Engineering in Neuseeland. Er war u.a. Präsident der Deutschen Gesellschaft für Robotik (DGR) und Mitglied des Prüfungssauschusses für Produktionstechnik bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Zurzeit ist Professor Verl u.a. Vorstandsvorsitzender der Fraunhofer Zukunftsstiftung.

Anhang

Autoren

Sabine Ammon	Verbundprojekt „Wissensdynamik in den Technikwissenschaften“ Technische Universität Berlin
Diego Compagna	Projekt „Soziotechnische Interaktion von Mensch und Roboter im demographischen Wandel“ Technische Universität Berlin
Ayşegül Doğangün	Kompetenzzentrum „Personal Analytics“ Universität Duisburg Essen
Kalman Graffi	Lehrstuhl für Technik sozialer Netzwerke Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Michael Greder	Evangelisch-Theologische Fakultät Ludwigs-Maximilians-Universität München
Elke Greifeneder	Lehrstuhl für Information Behavior Humboldt-Universität Berlin
Armin Grunwald	Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Maren Heibges	Labor: Sozialanthropologische Wissenschafts- und Technikforschung Humboldt-Universität zu Berlin
Andreas Kaminski	High-Performance Computing Center Universität Stuttgart
Athanasios Karafillidis	Laboratorium Fertigungstechnik Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg
Matthias Kettemann	Cluster „Normative Ordnungen“ Goethe-Universität Frankfurt am Main
Jens Krzywinski	Juniorprofessur für Technisches Design Technische Universität Dresden
Martina Klausner	Labor: Sozialanthropologische Wissenschafts- und Technikforschung Humboldt-Universität zu Berlin

Markus Langenfeld	Laboratorium Fertigungstechnik (assoziiert) Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg
Sebastian Lorenz	Juniorprofessur für Technisches Design Technische Universität Dresden
Walid Maalej	Arbeitsbereich „Angewandte Softwaretechnik“ Universität Hamburg
Thomas Niendorf	Institut für Werkstofftechnik, Fachgebiet für Metallische Werkstoffe Universität Kassel
Jörg Niewöhner	Labor: Sozialanthropologische Wissenschafts- und Technikforschung Humboldt-Universität zu Berlin
Isabella Peters	Arbeitsgruppe „Web Science“ Christian-Albrechts-Universität Kiel
Tobias Redlich	Laboratorium Fertigungstechnik Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg
Sandra Siwek	Juniorprofessur für Technisches Design Technische Universität Dresden
Christoph Sorge	juris-Stiftungsprofessur für Rechtsinformatik Universität des Saarlandes
Robert Weidner	Laboratorium Fertigungstechnik Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr, Hamburg
Christian Wölfel	Juniorprofessur für Technisches Design Technische Universität Dresden
Jens Peter Wulfsberg	Laboratorium Fertigungstechnik Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg