

Gerhard Banse, Claudia Lorenz

## **Technikfolgenabschätzung und „Ubiquitous Computing“ – Sensorsysteme im Spannungsfeld zwischen technischem Fortschritt und gesellschaftlicher Entwicklung<sup>1</sup>**

### **1. Problemstellung**

Die Allgegenwart von Sensor- und Computer-Netzwerken in unserer „Umgebung“ bedeutet auch die Allgegenwart von Abhängigkeiten im positiven wie im negativen Sinne, d. h. hinsichtlich Chancen und Gefahren. Einige aktuelle Beispiele belegen das:

1. positive Effekte von Lösungen, die auf RFID (Radio Frequency Identification) beruhen, z.B. in der Logistik bei der Rückverfolgbarkeit von Objekten in der Automobilindustrie (vgl. z.B. Meinberg 2006) und im Gesundheitsbereich (Echtheitsnachweis für Medikamente);
2. der Start der US-amerikanischen Raumfähre „Atlantis“ wurde Anfang September 2006 mehrfach verschoben. Unklar scheint zu sein, ob das infolge (a) eines defekten Sensors oder (b) eines durch den Sensor signalisierten Defekts verursacht war;
3. die Diskussionen um die elektronische Fußfessel (vgl. z.B. Elektronische Fußfessel 2006).

Deutlich wird auch an diesen Beispielen die Ambivalenz (fast) jeglicher technischer Entwicklung, sowohl Chancen zu eröffnen, als auch Gefahren zu beinhalten. Dabei gilt allerdings eine Relativität von Chancen und Gefahren (Risiken), denn diese sind immer auf ein vorgängiges Wertesystem bezogen, wie man an Diskussionen um beliebige technische Lösungen sehr schnell erkennen kann. Mit Neil Postmann gilt: „Jede Technik ist beides, eine Bürde und ein Segen; es gibt hier kein Entweder-Oder, sondern nur ein Sowohl-Als auch“ (Postmann 1992, S. 12).

---

1 Der Beitrag basiert auf dem Vortrag der Verfasser zur 3. Leibniz-Konferenz „Sensorsysteme 2006“, Lichtenwalde, 11.-13. Oktober 2006: „Sensorsysteme im Spannungsfeld zwischen technischem Fortschritt und gesellschaftlicher Entwicklung“.

„Bürde“ und „Segen“ sind indes keine technischen Kriterien, sondern soziale. Technik „ragt“ in die Gesellschaft hinein,

- *Ökonomisch*, da sie in Wertschöpfungs- und Verwertungsprozesse eingebunden ist;
- *Politisch*, da es z. B. einen rechtlichen „Rahmen“ gibt, in dem Herstellung und Nutzung erfolgen;
- *Sozial*, da sie Arbeitsprozesse, Kooperationsbeziehungen sowie Arbeit und Freizeit beeinflusst;
- *Kulturell*, da sie Handlungsmuster und -praxen verändern kann;
- *Individuell-mental*, da menschliche Vorstellungen (Erwartungen, Hoffnungen, Ängste, Befürchtungen) auch einen technischen Bezug haben.

Genau das ist mit der Unterüberschrift deutlich gemacht: Auf der einen Seite technischer Fortschritt, der zunächst an innertechnischen Kriterien wie Effizienz, Neuheit, Zuverlässigkeit usw. gemessen wird. Auf der anderen Seite gesellschaftliche Entwicklung, die durch solche Kriterien wie Selbsterhaltung, Selbstbestimmung und Selbstverwirklichung oder – in einer anderen Terminologie – durch Sozialverträglichkeit und Umweltverträglichkeit gekennzeichnet ist. Zwischen beiden besteht – zumal in unserer stark technisierten, d.h. technikgestützten bzw. technikbasierten und funktional ausdifferenzierten Zivilisation – eine Abhängigkeit, die jedoch nicht direkt bzw. linear-deterministisch, sondern nur über zahlreiche Zwischenstufen vermittelt ist.

Bezogen auf die Allgegenwart von Computer- und Sensor-Systemen soll dieses Spannungsfeld an wenigen Beispielen aufgezeigt werden (Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Integrität, „Verletzlichkeit der Informationsgesellschaft“, Recht auf informationelle Selbstbestimmung). Es gilt, „Bürde“ und „Segen“ bzw. technikinduzierte Gefahren und Chancen zu verdeutlichen, um diese Chancen zu befördern, diese Gefahren hingegen zu vermeiden, minimieren, kompensieren zu können.

Damit ergibt sich die Notwendigkeit, technische Entwicklungen systematisch(er) sowohl hinsichtlich technischer als auch hinsichtlich nicht-technischer (d.h. ökonomischer, politischer, rechtlicher, militärischer, sozialer, humaner/ethischer) Parameter bzw. Kriterien zu bewerten (vgl. auch BSI 2004; Hilty et al. 2003). Darauf wird im Folgenden auf einer mehr konzeptionellen Ebene eingegangen.<sup>2</sup>

---

2 Das Folgende basiert teilweise auf Banse 2001, insbesondere S. 64ff., und Banse 2004b, insbesondere S. 19f.

## 2. Das Konzept Technikfolgenabschätzung – ein Überblick

Die Gegenwart ist durch eine hohe Dynamik des technischen Wandels nicht nur mit zahlreichen Interdependenzen zu Individuum und Gesellschaft, Politik und Recht, Wissenschaft und Ökonomie, Natur und Kultur, sondern auch durch vielfältige, global wirksame, höchst widersprüchliche und unterschiedlich eingeschätzte Effekte gekennzeichnet. Vorausschauend-planerische Aktivitäten und begründete Entscheidungen für eine „vernünftige“ Technikgestaltung sind ein zeitgemäßes Gebot, auch zur eventuellen Vermeidung oder raschen Überwindung von Technikkonflikten. Das ist mit ein Grund dafür, dass sich der Bedarf an Aussagen über „die“ Zukunft aus einer ex ante-Perspektive erhöht hat. Für das erforderliche systematische Abschätzen und Bewerten hat sich seit den achtziger Jahren eine Methode etabliert, die als Technikfolgenabschätzung bzw. Technikbewertung (im Folgenden mit TA abgekürzt) bezeichnet wird (vgl. näher Grunwald 1999, 2002b; Jischa 2004). Unterstellt ist dabei, dass Technikfolgen stets Folgen des technikgestützten Handelns unterschiedlicher Handlungssubjekte, Akteure sind, und dass es angesichts der quantitativen wie qualitativen Dimension dieser Technikfolgen gerechtfertigt ist, sie – möglicherweise im Unterschied zu anderen Effekten sozialen Handelns – einer spezifischen systematischen Denkbemühung in Form von TA zu unterziehen.

Zu bedenken ist dabei auch folgende Einsicht: Erfolgreiche Handlungen im Sinne ziel- und zweckgerichteter Tätigkeiten sind (auch im Umgang mit Technik) dadurch charakterisiert, dass

- das angestrebte Ziel erreicht, der angestrebte Zweck realisiert wird (erwünschte, intendierte Folgen, Folgen 1. Ordnung);
- zugleich weitere, nicht angestrebte (vorhersehbare wie nicht-vorhersehbare) Folgen, Effekte, Wirkungen eintreten (können) (nicht-erwünschte, nicht-intendierte Folgen);
- im Zeitverlauf sich die Folgen 1. Ordnung wandeln und damit unvorhergesehene (auch unvorhersehbare), zumeist unerwünschte Folgen, Effekte, Wirkungen eintreten (können), etwa additiver, kumulativer oder synergetischer Art (Folgen 2., 3., ... Ordnung).

### 2.1 Sichtweisen auf TA

#### 2.1.1 Was bedeutet TA?

Es existieren unterschiedliche Auffassungen über Aufgaben, Ziele, methodische Vorgehensweisen, Möglichkeiten usw. von TA. Das zeigt sich aktuell

u.a. in differierenden Begriffsbildungen: Technikbewertung, -begleitforschung oder -wirkungsforschung, Technikfolgen-Abschätzung, -forschung oder -beurteilung u.a. werden (häufig unreflektiert) verwendet, um unterschiedlichste Aktivitäten im Zusammenhang mit Voraussetzungen und Wirkungen technischer Hervorbringungen und technisch instrumentierten Handelns zu konzeptualisieren.

Ausgangspunkt war die angelsächsische Begriffsbildung „technology assessment“, die zu Beginn der siebziger Jahre in den USA zur Kennzeichnung eines Konzepts der wissenschaftsgestützten Politikberatung im Bereich der technischen Entwicklung eingeführt wurde. Die Übersetzung mit „Technikfolgen-Abschätzung“ ist insofern nicht glücklich, da „technology“ auch Technik ohne eine scharfe Abgrenzung zu den Naturwissenschaften bedeutet, und „assessment“ auch rationale Beurteilungsprozeduren nahe legt. Im deutschen Sprachgebrauch hat sich (wohl nicht sehr glücklich) „Technikfolgen-Abschätzung“ weitgehend durchgesetzt; diese Benennung ist gegenwärtig u.a. auch deshalb in der Diskussion, weil (m.E. kurzschlüssig) aus der Begriffsbildung und -verwendung auf konzeptionelle Grundlegungen (vor allem Einengungen) geschlossen wird. Das verwendete Kürzel „TA“ umgeht diese Schwierigkeiten, denn es steht sowohl für „technology assessment“ als auch für „Technikfolgen-Abschätzung“.

Aus historischer Perspektive ist darauf zu verweisen, dass auch die Vorstellungen über diese Aktivitäten selbstverständlich einem Wandel unterliegen. Das wird z.B. an den folgenden Ausschnitten aus zwei Dokumenten sichtbar, der „Geburtsurkunde“ für das us-amerikanische Office of Technology Assessment (OTA) aus dem Jahre 1972 und der Richtlinie 3780 des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) „Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen“ vom März 1991:

„Technology assessment is a term used to identify a process of generating accurate, comprehensive, and objective information about technology to facilitate its effective social management by political decisionmakers. Specifically, technology assessment is the thorough and balanced analysis of all significant primary, secondary, indirect and delayed consequences or impacts, present or foreseen, of a technology innovation on society, the environment or the economy ... it is essential that, to the fullest extent possible, the consequences of technological applications will be anticipated, understood, and considered in determination of public policy on existing and emerging national problems“ (USS 1972).

„Technikbewertung bedeutet das planmäßige, systematische, organisierte Vorgehen, das den Stand der Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert, unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik und möglicher Alternativen abschätzt, aufgrund definierter Ziele und Werte diese Folgen beurteilt oder auch weitere wünschenswerten Entwicklungen fordert, Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten daraus herleitet und ausarbeitet, so daß begründete Entscheidungen ermöglicht und gegebenenfalls durch geeignete Institutionen getroffen und verwirklicht werden können“ (VDI 1991).

Im Folgenden wird – als Verständigungsbasis – davon ausgegangen, dass TA das mehr oder weniger systematische und weitgehend umfassende Erfassen (Beschreiben) und Beurteilen (Bewerten) der Einführungsbedingungen (Voraussetzungen) sowie der Nutzungs- und Folgedimensionen (Wirkungen) technischen Handelns unter gesellschaftlichen, politischen, ökonomischen, ökologischen, technischen, wissenschaftlichen, militärischen und humanen (einschließlich ethischen) Aspekten in praktischer Absicht und nachvollziehbarer Weise bedeutet. Dadurch versucht TA – wie unten weiter ausgeführt wird – zwei miteinander verbundenen (weil aufeinander bezogenen) Anliegen gerecht zu werden (vgl. Gethmann/Grunwald 1996, S. 12ff.): *erstens* die entscheidungsbezogene Erstellung einer Zusammenschau sowohl des aktuellen technischen Entwicklungsstandes, der vorhandenen Handlungsoptionen und ihrer mutmaßlichen Effekte sowie deren Bilanzierung als auch möglicher (gesellschafts-)politischer Aus- und Rückwirkungen (politisches Rahmenkonzept), der nur entsprochen werden kann, wenn *zweitens* sowohl die Komplexität moderner Technik (einschließlich ihrer Folgen) und deren Umgebung als auch beider Wechselbeziehungen und abseh- bzw. abschätzbarer zukünftiger Veränderung in einer Problem angemessenen Weise Rechnung getragen wird (systemanalytischer Anspruch).

### 2.1.2 Unterschiedliche Verständnisse von TA

Von diesen mehr oder weniger begründeten definitorischen Unterscheidungen sind stärker konzeptionell verursachte Differenzierungen abzusetzen, die z.B. aus unterschiedlichen Sichtweisen auf TA resultieren und damit sowohl unterschiedliche Problembereiche im Umfeld technischer Entwicklungen thematisieren als auch eigene Rationalitäten (die nicht immer kongruent oder komplementär sind) verdeutlichen. Mit „Rationalität“ wird hier das Treffen

vernünftiger Entscheidungen sowie die Wahl effektiver Mittel und Wege, um Ziele und Zwecke zu verwirklichen, verstanden.

Zu nennen sind vor allem folgende Blickwinkel:

- *Wissenschaftlich*: Rolle von Experten und Spezialisten; Ursache-Wirkung- und Zweck-Mittel-Zusammenhänge; Erklärung, Vorhersage, Abschätzung u.a.;
- *Politisch*: Rolle von gesellschaftlichen Akteuren; Durchsetzbarkeit, Legitimation, Rechtfertigung; Akzeptanz, Akzeptabilität u.a.;
- *Ökonomisch*: Rolle von Wirtschaftssubjekten; Machbarkeit, Kosten-Nutzen-Verhältnis; betriebswirtschaftliche versus volkswirtschaftliche Dimension u.a.;
- *Institutionell*: Selbstverständnis von Institutionen; prozedurale, d.h. verfahrensmäßige Aspekte; symbolische und ritualisierte Handlungsmuster u.a..

### 2.1.3 Die Rolle des Philosophen innerhalb von TA

Fragt man nach den Aufgaben, die der Philosophie bzw. dem Philosophen innerhalb des TA-Prozesses zukommen könnte (bzw. sollte), dann ist zunächst das philosophische Selbstverständnis, d.h. der unterstellte Philosophiesanspruch zu explizieren. Nach Immanuel Kant ist Philosophie „nicht etwa eine Wissenschaft der Vorstellungen, Begriffe und Ideen, oder eine Wissenschaft aller Wissenschaften, oder sonst etwas Ähnliches [...], sondern eine Wissenschaft des Menschen, seines Vorstellens, Denkens und *Handelns*“ (Kant 1984, S. 71 – H.d.V.; G.B., C.L.). Indem Philosophie (auch) auf menschliches Handeln gerichtet ist und Technik sowohl (ein) Mittel wie (ein) Resultat menschlichen Handelns darstellt, geht es im hier interessierenden Zusammenhang um die Klärung wie die Einforderung der Bedingungen der Möglichkeit von TA, um die Geltungsansprüche wie um die Rechtfertigung von Begründungen. Der spezifische Anspruch ist mit solchen Stichworten wie Welterklärung, Lebens- und Entscheidungshilfe sowie Orientierungswissen verbunden; das damit korrespondierende methodische Instrumentarium lässt sich vor allem durch die Stichworte Analyse und Kritik, Normendiskussion und -konstruktion, Generalisierung statt Spezialisierung, Gesamtschau statt Detailsicht sowie möglichst weitgehende Komplexitätserfassung anstelle von Komplexitätsreduktion charakterisieren. Auf diese Weise gilt es, kognitive und normative Grundlagen für das Erfassen und Bewerten von Bedingungen und Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen bereitzustellen und zu rechtfertigen. Das schließt auch die Explizierung (notwendiger) konzeptioneller

Grundlegungen für das Verständnis des Prozesses der Technikentwicklung (Technikgenese) ein, auf die hier jedoch aus Platzmangel nicht weiter eingegangen werden kann. Stichworte wären etwa: Technik – ein soziotechnisches System, Technikgenese – ein mehrstufiger Selektionsprozess, Akteursvielfalt mit je eigener Rationalität (vgl. dazu Banse 2002a, 2004a).

## 2.2 TA als strategisches Rahmenkonzept mit systemanalytischem Anspruch

### 2.2.1 Die Notwendigkeit von TA

Nach den Möglichkeiten und den Grenzen von TA zu fragen, setzt voraus (bzw. schließt ein), über deren Entstehungsbedingungen und aktuelle Wirkungszusammenhänge zu reflektieren.

Ein Nutzen aus TA wurde und wird erwartet infolge

- erkennbarer zunehmender Bedrohung vieler Bereiche der Gesellschaft und der natürlichen Umwelt durch unvorhergesehene Neben- und Spätwirkungen von Techniken mit beachtlichen Primäreffekten;
- wachsender Komplexität und Größenordnung neuer Technologien mit immer schwerer durchschaubaren und möglicherweise irreversiblen Auswirkungsketten;
- unabweisbarer Notwendigkeit der Schonung knapper werdender natürlicher und finanzieller Ressourcen (Prioritätensetzung);
- steigender Geschwindigkeit des technischen Wandels (vor allem in globaler Dimension und in den so genannten high tech-Bereichen) sowie
- der Infragestellung der Legitimität des wissenschaftlich-technischen Fortschritts angesichts zunehmender offenkundiger negativer Effekte.

Erforderlich ist deshalb in inhaltlicher Hinsicht<sup>3</sup>

- eine in die Zukunft gerichtete Analyse, die über die *systematische* Identifikation und Bewertung von möglichen Auswirkungen technischer Entwicklungen *rechtzeitig entscheidungsrelevante* Informationen liefert;
- die Identifikation und Bewertung alternativer Handlungswege (Optionen) zur Erreichung *definierter* Ziele;
- die Bereitstellung von Informationen für die Öffentlichkeit über *wahrscheinliche* Konsequenzen *möglicher* zukünftiger technologiepolitischer Entscheidungen.

In methodischer Hinsicht ist zusätzlich erforderlich

---

3 Im Folgenden werden die entscheidenden bzw. weiter zu problematisierenden Anforderungen *kursiv* hervorgehoben.

- die *transparente, nachvollziehbare* und *nachprüfbar*e Gestaltung aller Schritte von TA infolge der Vielzahl zu treffender *Annahmen* und zu fällender *Werturteile*;
- die Sicherstellung der *aktiven* Teilnahme (Partizipation) der durch die Technikanwendung betroffenen Gruppen, da das Fehlen *echter* Beteiligungsmöglichkeiten für diese Gruppen das Risiko der Manipulation und der Bevorzugung bestimmter Interessen erhöht.

Auf dieser Grundlage lassen sich jetzt als Prämissen einer idealen TA folgende Anforderungen formulieren:<sup>4</sup>

- Das *verfügbare* Wissen über Realisierungsbedingungen und potentielle Folgewirkungen technischer Entwicklungen ist (unter Nachweis der Wissenslücken) zu *antizipieren* (mit Blick auf Früherkennung/Frühwarnung vor bzw. Vermeidung/Einschränkung von negativen Folgen sich noch in der Planung, Entwicklung oder Erprobung befindlicher technischer Lösungen).
- Das Spektrum möglicher (positiv wie negativ bewerteter) Auswirkungen ist *umfassend* zu identifizieren, abzuschätzen und zu bewerten (mit Blick vor allem auf nicht-beabsichtigte Nebeneffekte, indirekte, kumulative und synergistische Effekte, institutionelle Voraussetzungen und soziale Folgen, Rückwirkungen und Interdependenzen).
- Die Analysen sind *entscheidungsorientiert* anzulegen (mit Blick z.B. auf die Erhöhung des Reflexions- und Rationalitätsniveaus von Entscheidungsträgern; Aufzeigen von Handlungsoptionen, z. B. hinsichtlich Monitoring, Evaluation, gesetzlicher Regelungen, steuerlicher Anreize, institutioneller Strukturen).
- Die Ergebnisse kommen *partizipatorisch*, nicht elitistisch zustande (d.h. eine breite Beteiligung der von den technischen Entwicklungen sowie ihren Voraussetzungen und Wirkungen Betroffenen ist trotz des damit verbundenen hohen Organisations- und Kommunikationsaufwandes anzustreben).
- Die einzelnen TA-Schritte sind *nachvollziehbar* und die Annahmen und Werturteile sowie deren Begründungen werden *offen gelegt* (mit Blick auf die Einschränkung bzw. Sichtbarmachung der – nichteliminierbaren – subjektiver Einschätzungen und Beurteilungsbasen der Projektbearbeiter bzw. ihrer Auftraggeber).

---

4 Dabei wird weitgehend Überlegungen von Herbert Paschen und Thomas Petermann gefolgt; vgl. Paschen/Petermann 1992.



- TA-Prozesse werden *rechtzeitig* in Gang gesetzt und abgeschlossen (d.h. der Zeithorizont von TA-Prozessen ist sowohl hinsichtlich Zeitemfang als auch hinsichtlich des Start- und Endtermins angemessen zu berücksichtigen).

TA basiert vor allem auf folgenden Methoden:

- Trendextrapolation;
- Historischer Analogiebildung;
- Brainstorming;
- Delphi-Expertenumfrage;
- Morphologischer Klassifikation;
- Relevanzbaum-Analyse;
- Risiko-Analyse;
- Verflechtungsmatrix-Analyse;
- Modell-Simulation;
- Szenario-Analyse und -Gestaltung;
- Kosten-Nutzen-Analyse;
- Nutzwert-Analyse;
- Öko-Bilanzierung;
- Umweltverträglichkeitsprüfung.

### 2.2.2 Zwischen Ideal und Wirklichkeit

Die Umsetzung dieser Prämissen, die eine ideale TA charakterisieren, führt in der Realität in vielfältige Schwierigkeiten, die hier zusammenfassend „Dilemmata“ genannt werden sollen (vgl. Banse/Friedrich 1996):

- *Prognose-Dilemma*: Inwieweit sind Aussagen über mögliche Folgen technischer Hervorbringungen angesichts der Komplexität des Gegenstandes, der Offenheit der Zukunft und der Veränderung der Bedingungen rechtfertigbar?
- *Kontroll-Dilemma*: Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Informationsstand (d.h. Wissen über Technikfolgen) und den Beeinflussungsmöglichkeiten (als Verhältnis von Aufwand und Ergebnis – siehe Abbildung 1)?
- *Pluralismus-Dilemma*: Wie können die Vielfalt von handlungsleitenden Wertvorstellungen, Präferenzen, Interessen, Technikbildern und Zielen sowie der Minderheitenschutz praktikabel berücksichtigt werden?
- *Diskurs-Dilemma*: Wie kann ein für Partizipation unumgänglicher Diskurs zwischen den unterschiedlichen Beteiligungsgruppen in hinreichender Zeit entscheidungsrelevant und verbindlich organisiert werden?

- *Interdisziplinaritäts-Dilemma*: Wie lässt sich das für Technikfolgenabschätzung notwendige interdisziplinäre Zusammenwirken methodologisch und organisatorisch angesichts vielfältiger Probleme und Hemmnisse bewerkstelligen?
- *Werte-Dilemma*: Gibt es allgemeinverbindliche – wenn auch zustimmungspflichtige – humane und soziale Werte als Zielorientierung und Anforderungsstrategie für technisches Handeln?

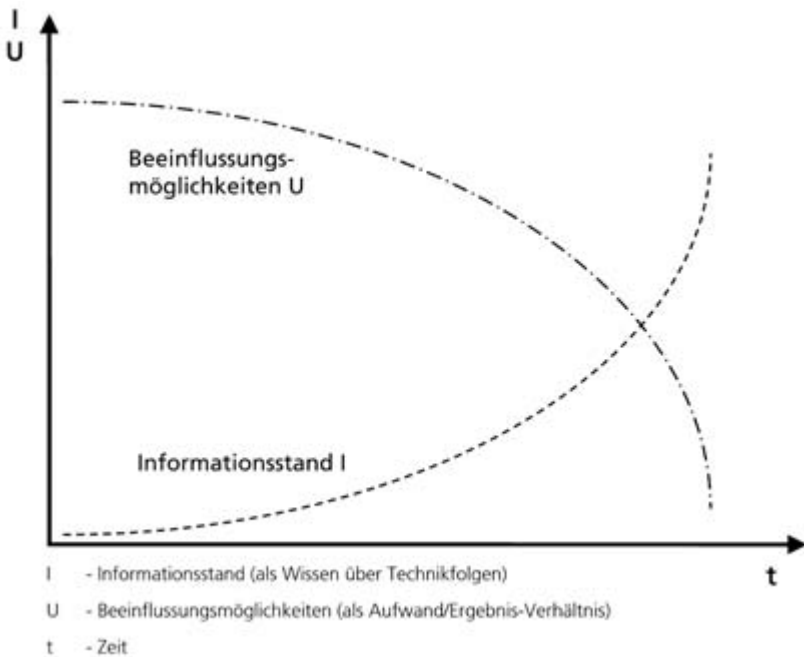


Abb. 1: Schematische Darstellung des Kontroll-Dilemmas<sup>5</sup>

5 Gemeint ist damit Folgendes: Zu dem Zeitpunkt, an dem die Beeinflussbarkeit der technischen Lösung (etwa hinsichtlich flankierender wissenschaftlicher Untersuchungen oder technischer Entwicklungen, rechtlicher Regelungen, Qualifikationsanforderungen) am größten ist, ist das Wissen über die möglichen Folgen dieser Lösung am geringsten; zu dem Zeitpunkt, an dem umfassende(re)s Wissen über die (tatsächlichen) ökonomischen, ökologischen, sozialen, human-ethischen, mentalen, ... Effekte und Wirkungen verfügbar ist, sind die Beeinflussungsmöglichkeiten nicht mehr so umfangreich, da etwa schon investiert wurde, eine gewisse Diffusion der Lösung in der Gesellschaft vorhanden ist, Infrastrukturen entwickelt wurden usw..

Einschränkend ist darauf zu verweisen, dass diese Problemkonstellationen bei konkreten TA in je themen- und situationsabhängiger Weise relevant werden (beispielsweise werden die einzelnen Dilemmata für die TA neuartiger Weltraumtechnologien jeweils einen anderen Stellenwert haben als bei der Beurteilung der Effekte einer konkreten Müllverbrennungsanlage). Diese Dilemmata verweisen weniger auf die Unmöglichkeit von TA, sondern vielmehr darauf, dass man sich einerseits dieser Schwierigkeiten stets bewusst sein und andererseits nach Wegen zum Umgang mit diesen Dilemmata suchen muss.

### 2.3 Der „technologische Trichter“

In der oben genannten VDI-Richtlinie 370 werden folgende Werte als Bewertungskriterium und Anforderungsstrategie für technisches Handeln als entscheidend ausgewiesen:

- Funktionsfähigkeit;
- Sicherheit;
- Gesundheit;
- Umweltqualität;
- Wirtschaftlichkeit (einzelwirtschaftlich);
- Wohlstand (gesamtwirtschaftlich);
- Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität.<sup>6</sup>

Diese Kriterien sind mit Blick auf den jeweils zur Diskussion stehenden Technikbereich zu konkretisieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es zwischen ihnen neben „Folgebeziehungen“ und „Gleichgerichtetheit“ vielfältige Konkurrenzbeziehungen gibt, die darauf verweisen, dass jeweils Abwägungen vorzunehmen sind, die subjektiv unterschiedlich gewertet werden (können).

Im Arbeitskreis Allgemeine Technologie der Leibniz-Sozietät wurde vor diesem Hintergrund der „technologische Trichter“ eingeführt (siehe Abbildung 2), mit dem visualisiert wird, dass jede technische Entwicklung einen Bewertungs- und Selektionsprozess durchläuft, in dem sukzessive die kom-

---

6 *Werte* sind mehrstellige Relationen, die die Bedeutung von Sachverhalten für den Menschen bestimmen. Sie kommen in Wertungen zum Ausdruck und sind bestimmend dafür, dass etwas anerkannt, geschätzt, verehrt oder erstrebt (bzw. abgelehnt, verachtet oder nicht erstrebt) wird; sie dienen somit zur Orientierung, Beurteilung oder Begründung bei der Auszeichnung von Handlungs- und Sachverhaltsarten, die es anzustreben, zu befürworten oder vorzuziehen (bzw. auszuschließen) gilt. Der Inhalt eines Wertes kann aus Bedürfnissen hervorgehen. Er konkretisiert sich insbesondere in Zielen, Kriterien und Normen. – Jeder dieser acht Werte kann weiter differenziert werden.

plexe Frage zu beantworten ist, ob das, was naturwissenschaftlich möglich, technisch-technologisch realisierbar und ökonomisch machbar ist, sich auch als gesellschaftlich wünschenswert und durchsetzbar, ökologisch sinnvoll sowie human vertretbar erweist (vgl. Banse/Reher 2004, S. 6ff.).

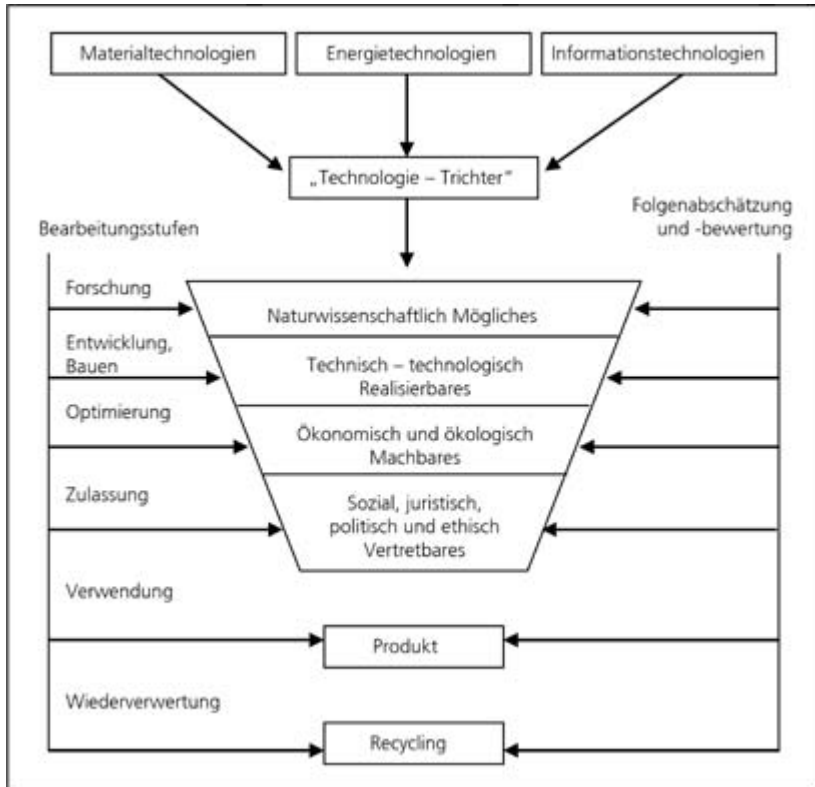


Abb. 2: Der technologische Trichter

Der technologische Trichter kann in zweifacher Weise interpretiert werden: *Erstens* im Sinne einer sukzessiven Einschränkung/Verkleinerung einer anfänglichen Schar von Lösungsmöglichkeiten durch die Berücksichtigung der unterschiedlichen Kriterien als Begrenzungen des technisch Realisierbaren. *Zweitens* im Sinne einer allmählichen Konkretisierung einer anfangs „unscharfen“, zunächst nur denkbaren Lösung durch die Beachtung der unterschiedlichen Kriterien als Anforderungen an ein tatsächliches Produkt.

Mit dem Schema in Abbildung 3 wird schließlich verdeutlicht, dass die allgemeinen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen (vor allem politische Zielvorgaben, rechtliche Regelungen und ökonomische Mechanismen) ebenso wie die individuellen Dispositionen (Konsumverhalten, Erwartungen, Nutzungsmuster, Wertvorstellungen usw.) den technischen Entwicklungs- und damit auch Selektionsprozess maßgeblich beeinflussen.

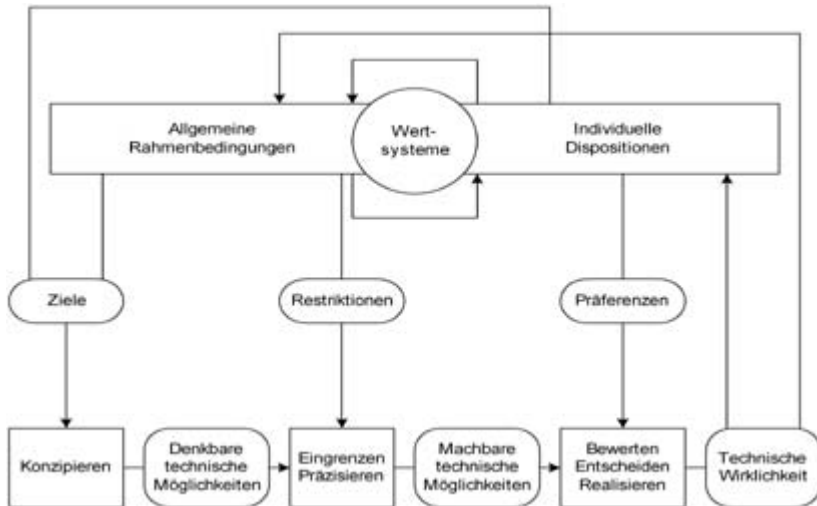


Abb. 3: Der Einfluss allgemeiner Rahmenbedingungen und individueller Dispositionen auf Entwicklung und Auswahl technischer Möglichkeiten (nach VDI 1991)

### 3. Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Integrität

#### 3.1 Definitorisches

Die eingangs bereits genannte Allgegenwärtigkeit von Computern bedingt auch eine Allgegenwärtigkeit von Sensorsystemen. Im Spannungsfeld zwischen technischem Fortschritt und gesellschaftlicher Entwicklung gewinnen auf diese Weise neben (technischer) Zuverlässigkeit solche Bewertungskriterien wie Verfügbarkeit und Integrität an Bedeutung.

*Zuverlässigkeit* wird technisch als Maß der Funktionserfüllung eines Sensorsystems und seiner Elemente in Abhängigkeit von Alter, Belastung und Umgebungsbedingungen gefasst. Das schließt auch den Ausschluss von Übertragungsfehler ein. Darauf sei hier nur verwiesen, etwa im Zusammenhang mit sensiblen Anwendungen (Medizin, Sicherheitstechnik, Umwelt-

oder Bauwerk-Monitoring), denn es gibt zahlreiche technische Standard-Lösungen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit.

*Verfügbarkeit* bedeutet hier die Abwesenheit der Beeinträchtigung der Funktionalität des Sensorsystems. Verfügbarkeit hat eine technische Seite (etwa im Zusammenhang mit der Zuverlässigkeit). Bedeutsam sind in diesem Zusammenhang indes so genannte außertechnische Einflüsse. Verfügbarkeit bedeutet dann etwa die Verhinderung einer unbefugten Beeinträchtigung der Funktionalität. Man denke nur daran, dass es derzeit (noch) in Flugzeugen untersagt ist, Mobiltelefone zu benutzen. Oder man stelle sich vor, dass GPS gestört oder abgeschaltet wird....

*Integrität* schließlich bedeutet, dass die Messgrößen, Daten usw., die von Sensorsystemen registriert und evtl. weitergeleitet werden, weder systemintern noch systemextern (unbefugt) modifiziert oder gelöscht werden können. Man denke in diesem Zusammenhang etwa nur an die Insulingabe, die bei bestimmten Systemen automatisch auf der Grundlage der Messung des Blutzucker-Gehalts erfolgt, oder auch an eine polizeiliche Blutalkohol- oder Geschwindigkeits-Kontrolle. Integrität der (technischen) Systeme im oben genannten Sinne ist dafür eine notwendige Bedingung.

Schließlich sei noch auf das Kriterium der *Vertraulichkeit* verwiesen, mit dem ausgedrückt wird, dass nur Berechtigte Zugriff auf die Messgrößen, Daten usw. eines Sensorsystems haben dürfen. Das ist bei Raumtemperaturangaben sehr wahrscheinlich weniger bedeutsam als etwa bei unternehmensinternen Daten.

Eine in den gesellschaftlichen Entwicklungsbereich ragende Problematik ist die der rechtlichen Regelungen im Umfeld der Nutzung von Sensorsystemen. Wie sind etwa die Haftpflicht- oder Schadenersatz-Regelungen bei Ausfällen von Sensoren bzw. Sensor-Netzen, etwa bei Fahr-Assistenz-Systemen, zu gestalten, wie bei Verlust von Verfügbarkeit, Integrität und Vertraulichkeit? Generell kann man immer auf die „letztendliche Zuständigkeit“ der nutzenden Person, ihre Verantwortung verweisen. Ist das aber zukünftig ausreichend?

Die Allgegenwart von Computern und Sensorsystemen verweist nämlich erneut auf die so genannten Ironien der Automatisierung, darauf, dass sie – wenn manchmal auch sehr vermittelt – in Mensch-Technik-Systeme und -Interaktionen eingebunden sind. Mit den Ironien der Automatisierung hat Lisanne Bainbridge bereits 1987 darauf verwiesen, dass in der hochautomatisierten Industrie für menschliche Tätigkeiten die Voraussetzungen für

eine zuverlässige (d.h. fehler- und irrtumsfreie!) Tätigkeitsregulation oft nicht erfüllt sind (vgl. Bainbridge 1987):

1. Indem Automatisierung dem Menschen den leichten Teil seiner Aufgabe wegnimmt, kann sie den schwierigen Teil der Aufgabe eines menschlichen Operators noch schwerer machen.
2. Auch ein hoch automatisiertes System braucht Menschen zur Überwachung des Systems und um auf Störfälle zu reagieren.
3. Systemdesigner versuchen den menschlichen Faktor als Fehlerquelle zu beseitigen. Doch (a) die Designer von Systemen sind auch Menschen und (b) lässt sich nicht alles automatisieren.
4. Die Teile eines Prozesses, von denen die Systemdesigner nicht wissen, wie sie automatisiert werden können, müssen weiterhin durch den Operator gesteuert werden.

### 3.2 Die „Verletzlichkeit der Informationsgesellschaft“ – Kritische Infrastrukturen

Wendet man die gerade gemachten Überlegungen nicht nur auf einzelne Individuen oder soziale Gruppen, sondern auf die gesamte Gesellschaft vor allem im Zusammenhang mit der breiten Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnik (IuK-Technik) an, dann führt das zu Überlegungen, die bereits im Jahre 1989 zur Rede von der „Verletzlichkeit der Informationsgesellschaft“ geführt hatten (vgl. Roßnagel et al. 1989). Gemeint ist damit „die Möglichkeit großer Schäden für die Gesellschaft. Sie kann durch die IuK-Technik beeinflusst werden, indem sie das *Schadenspotential oder die Fehler- und Mißbrauchsmöglichkeiten technischer Systeme verändert*“ (Roßnagel et al. 1989, S. 9).

Diese „Verletzlichkeit“ von Gesellschaft und auch von Wirtschaft im Zusammenhang mit IuK-Technik, diese Herausbildung von so genannten kritischen Infrastrukturen – um einen anderen Terminus zu verwenden – wird in Fällen von Computerpannen und -ausfällen, in technischen Störfällen und Havarien, in Sabotage-Akten und man-made-Katastrophen schlagartig sichtbar. Man denke etwa an Viren, Hacker, DoS-Attacken, Spam, InfoWar. In diesem Zusammenhang hatten die Verfasser des genannten Buches u.a. folgende Thesen aufgestellt:

- Die Verletzlichkeit der Gesellschaft wird künftig ansteigen und zu einem zentralen Problem der so genannten Informationsgesellschaft werden.
- Die Struktur der Verletzlichkeit wird sich im Tatsächlichen wie im Wissen gegenüber heute verändern.

- Das Sicherheitsniveau könnte sehr hoch sein, wird in der Praxis aber deutlich unter den theoretischen Möglichkeiten liegen.
- Die Sicherungssysteme werden sich sehr unterschiedlich entwickeln und immer wieder Lücken aufweisen.
- Zahl und Intensität der Missbrauchsmotive nehmen überproportional zu.
- Das Schadenspotential von Systemen im IKT-Bereich wird deutlich zunehmen. Die Gesellschaft wird in nahezu allen Bereichen vom richtigen Funktionieren dieser Techniksysteme abhängig sein.
- Gesamtgesellschaftliche Katastrophen durch den Ausfall wichtiger sozialer Funktionen, die Techniksystemen übertragen wurden, sind nicht auszuschließen (vgl. Roßnagel et al. 1989, S. 208ff.).

Diese Überlegungen wurden in den zurückliegenden Jahren wenig oder kaum berücksichtigt. Vielleicht liegt bzw. lag das daran, dass es DIE Katastrophe bislang nicht bzw. noch nicht gegeben hat.

Erst seit Beginn des 21. Jh.s und der Vision des „Ubiquitous Computing“, die auf Gedanken von Mark Weiser aus dem Jahre 1991 zurückgeht, wird über den Zusammenhang von Technisierung und Verletzlichkeit verstärkt reflektiert. Als Beispiel sei zum einen auf die am Anfang bereits genannte Publikation von Lorenz Hilty et al., zum anderen auf eine von Friedemann Mattern herausgegebene verwiesen (vgl. Hilty et al. 2003; Mattern 2003a). Im einführenden Beitrag von Friedemann Mattern etwa werden etwa im Abschnitt „Sensornetze“ Gedanken geäußert, die sehr an das oben Dargestellte, auf Roßnagel et al. Zurückgehende erinnern (vgl. Mattern 2003b, S. 18ff.).

### **3.3 Das Recht auf informationelle Selbstbestimmung – Schutz der Privatsphäre**

Der zuletzt zitierte Gedanke von Mattern verweist zugleich auf den letzten Problembereich, auf den hier kurz verwiesen werden soll, auf „privacy“, zu deutsch „informationelle Selbstbestimmung“. Informationelle Selbstbestimmung bedeutet, dass jede Person wissen können muss, wer was wann und bei welcher Gelegenheit über sie weiß, in Erfahrung bringen oder speichern kann (vgl. auch Banse 2003, insbesondere S. 140ff.; EPTA 2006).

Die Gegenwart zeigt, dass dieses Recht auf Privatheit („privacy“) durch neue technische Lösungen wie Mobil-Telefonie und Internet einerseits zunehmend unterlaufen wird, ohne dass die Betroffenen oftmals ausreichendes Wissen darüber haben (vgl. Tichy/Peissl 2001). So können Personen über Handy-Netze geortet und Bewegungsprofile registriert werden; Gespräche



können leicht inhaltlich analysiert werden. Jede Internetnutzung (z.B. Email oder WWW) hinterlässt so genannte Daten-Spuren. Diese Spuren können – in der Regel vom Verursacher unbemerkt – für Zwecke verwendet werden, an die der Verursacher nicht im geringsten denkt (vgl. z. B. Heinzmann 2000). Stichworte sind hier der „Gläserne Mensch“ und das „Persönlichkeitsprofil“. Es ist einsichtig, dass damit die Schwelle vom Tolerierbaren zum Nicht-Tolerierbaren überschritten wird.

Andererseits wird von vielen Nutzern dieses Recht auf informationelle Selbstbestimmung nicht mehr so eng gesehen, wenn wissentlich private Informationen (z.B. persönliche Daten, Kreditkartennummern, Rufnummernanzeigen) freiwillig preisgegeben werden. Das zwanglose Führen von Gesprächen mit privaten oder dienstlichen Inhalten per Mobil-Telefonie in der Öffentlichkeit deutet in die gleiche Richtung.

#### 4. Fazit

Mit diesen wenigen Überlegungen wurde deutlich, dass Technikentwicklung durch die vielfältigen Interdependenzen ihrer (Aus-)Wirkungen mit Individuum, Gesellschaft, Politik, Kultur, Recht, Arbeits- und Lebensweise sowie Weltsicht über das rein Artifizielle ein sozio-technisches Gebilde darstellt, ein menschliches Konstrukt, das in und mit dem Konstruktcharakter (dem „Entworfen-“ und dem „Gemachtsein“) seine anthropologische, seine soziale und vor allem seine kulturelle Dimension offenbart, Dimensionen, die in Überlegungen zu TA von Anfang an einzubeziehen sind.

Max Horkheimer prägte 1947 den Begriff „instrumentelle Vernunft“ und charakterisierte damit den Zustand, dass Vernunft – dieses Mittel der Aufklärung – von der Möglichkeit, Wahrheit zu finden und die Natur zum Nutzen und Wohle des Menschen zu gestalten, zu einem Instrument der Machtausübung über die Natur – einschließlich der Natur des Menschen<sup>7</sup> – geworden sei. Das Programm der Aufklärung war die so genannte Entzauberung der Welt; Mythen sollten aufgelöst, Einbildung durch Wissen ersetzt, Glaubensbekenntnisse durch rationale Erklärungen verdrängt werden. Das tatsächliche Ergebnis – so Horkheimer – sei jedoch ein „eingeschrumpftes Ich“, das den Gebrauch seiner intellektuellen Fähigkeiten vergisst, durch die es einst in der Lage war, seine Stellung in der Wirklichkeit zu verändern (vgl. Horkheimer

---

7 Zum unterstellten Rationalitätsverständnis sei auf Banse 2002b und Grunwald 2002a, generell auf Schnädelbach 1984 verwiesen.

1947. Herbert Marcuse nennt dieses Resultat den „eindimensionalen“ Menschen; vgl. Marcuse 1964).

Mit Begriffen wie instrumentelle oder eindimensionale Vernunft wird das gegenwärtig vorherrschende Vorgehen kritisiert, allein (oder vorrangig) bei der Erzeugung und Anwendung von (technischen) Mitteln zweckmäßig und zielorientiert, mithin vernünftig vorzugehen, die Ziele und Zwecke selbst jedoch aus der rationalen Begründung auszublenden. TA macht deutlich, dass technische Instrumentalität stets an Zwecke (und Werte) rückgebunden ist und dass somit auch (oder vor allem?) diese Zwecke (und Werte) zu thematisieren, zu begründen und zu rechtfertigen sind. Bemühungen zur rationalen Beurteilung von Voraussetzung und Wirkungen technischer Entwicklungen mittels TA verweisen zum einen auf die Grenzen traditioneller separierender, disziplinentorientierter methodischer Vorgehensweisen, deuten zum anderen jedoch Wege an, diese Grenzen (sowie die damit verbundenen Defizite) zu überwinden, indem auf echte trans- bzw. interdisziplinäre Kooperation gedrängt wird.

Geschlossen werden soll mit einem Bezug zum Zitat von Neil Postman am Anfang der Darlegungen: Die entscheidenden Fragen sind

- *erstens* die nach dem zugrunde liegenden Werte-Set: das darf nicht allein auf Werte technischer (etwa Effizienz) oder ökonomischer (etwa Effektivität) Art reduziert werden;
- *zweitens* die nach dem Maß zwischen dem „sowohl“ und dem „als auch“, d.h., welche Nachteile (bzw. Nebenwirkungen) werden um welcher Vorteile wegen bewusst in Kauf genommen bzw. müssen in Kauf genommen werden.

Die Antworten können/dürfen nur in einer sachkundigen öffentlichen Debatte in Form eines Aushandlungs-Prozesses auf der Grundlage interdisziplinärer Expertise gefunden bzw. gegeben werden.

## Literatur

- Bainbridge, L. (1987): Ironies of Automation. In: Rasmussen, J.; Duncan, K.; Leplat, J. (Eds.): *New Technology and Human Error*. Chichester a. o., pp. 271-283
- Banse, G. (2001): Risiko – Technikfolgenabschätzung – Entscheidung. In: Caysa, V.; Seidel, H.; Wittich, D. (Hg.): *Naturwissenschaftliches Weltbild und Gesellschaftstheorie – Entscheidungen im Spannungsfeld von Naturprozessen und humaner Lebensgestaltung*. Leipzig, S. 53-74
- Banse, G. (2002a): Johann Beckmann und die Folgen. *Allgemeine Technologie in Vergangenheit und Gegenwart*. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): *Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft*. Berlin, S. 17-46

- Banse, G. (2002b): Über den Umgang mit Unbestimmtheit. In: Banse, G.; Kiepas, A. (Hg.): Rationalität heute. Vorstellungen, Wandlungen, Herausforderungen. Münster u. a., S. 211-234
- Banse, G. (2003): Was hat Technik mit Toleranz zu tun? In: Wollgast, S. (Hg.): Toleranz – Ihre historische Genese, ihre Chancen und Grenzen im 21. Jahrhundert. Berlin, S. 129-148
- Banse, G. (2004a): Der Beitrag der interdisziplinären Technikforschung zur Weiterentwicklung der Allgemeinen Technologie. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie. Berlin, S. 35-48
- Banse, G. (2004b): Solarzeitalter – Nachhaltigkeit – Technikfolgenabschätzung. In: Blumenthal, G.; Öhlmann, G. (Hg.): Solarzeitalter – Vision und Realität. Berlin, S. 13-23
- Banse, G.; Friedrich, K. (1996): Sozialorientierte Technikgestaltung – Realität oder Illusion? – Dilemmata eines Ansatzes. In: Banse, G.; Friedrich, K. (Hg.): Technik zwischen Erkenntnis und Gestaltung. Philosophische Sichten auf Technikwissenschaften und technisches Handeln. Berlin, S. 141-164
- Banse, G.; Reher, E.-O. (2004): Einleitung. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Fortschritte bei der Herausbildung der Allgemeinen Technologie. Berlin, S. 5-16
- BSI (Hg.) (2004): Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen. Trends und Entwicklungen in Technologien, Anwendungen und Sicherheit. Ingelheim
- Elektronische Fußfessel (2006). – URL: <http://www.google.de/search?hl=de&q=elektronische+Fu%C3%9Ffessel&meta=> [14.09.2006]
- EPTA – European Parliamentary Technology Assessment (2006): ICT an Privacy in Europe. Experiences from Technology Assessment of ICT and Privacy in Seven Different European Countries. Final Report October 16. – URL: <http://epub.oew.ac.at/ita/ita-projektberichte/e2-2a44.pdf> [22.01.2007]
- Gethmann, C. F.; Grunwald, A. (1996): Technikfolgenabschätzung: Konzeptionen im Überblick. Bad Neuenahr-Ahrweiler (Europäische Akademie)
- Grunwald, A. (Hg.) (1999): Rationale Technikfolgenbeurteilung. Konzepte und methodische Grundlagen. Berlin u. a.
- Grunwald, A. (2002a): Rationalität in der gesellschaftlichen Gestaltung der Technik oder blinde Evolution? In: Banse, G.; Kiepas, A. (Hg.): Rationalität heute. Vorstellungen, Wandlungen, Herausforderungen. Münster u. a., S. 191-209
- Grunwald, A. (2002b): Technikfolgenabschätzung. Eine Einführung. Berlin
- Heinzmann, P. (2000): Datenspuren im Internet. In: Fakten. Die Zeitschrift für Datenschutz des Kantons Zürich, Sondernummer 2, S. 14-17
- Hilty, L.; Behrendt, S.; Binswanger, M.; Bruinink, A.; Erdmann, L.; Fröhlich, J.; Köhler, A.; Kuster, N.; Som, C.; Würtenberger, F. (2003): Das Vorsorgeprinzip in der Informationsgesellschaft. Auswirkungen des Pervasive Computing auf Gesundheit und Umwelt. Bern (TA-SWISS)
- Horkheimer, M. (1947): Eclipse of Reason. New York (dt.: Zur Kritik der instrumentellen Vernunft)

- Jischa, M. F. (2004): Ingenieurwissenschaften. Berlin
- Kant, I. (1984): Der Streit der Fakultäten [1798]. Leipzig
- Marcuse, H. (1964): One dimensional Man. Studies in the Ideology of Advanced Industrial Society. Boston (dt.: Der eindimensionale Mensch)
- Mattern, F. (Hg.) (2003a): Total vernetzt. Szenarien einer informatisierten Welt. Berlin u. a.
- Mattern, F. (2003b): Vom Verschwinden des Computers – Die Vision des Ubiquitous Computing. In: Mattern, F. (Hg.): Total vernetzt. Szenarien einer informatisierten Welt. Berlin u. a., S. 1-41
- Meinberg, U. (2006): RFID-Technologie erhöht die Effizienz von Prozessen. In: automotive trends, S. 64-65
- Paschen, H.; Petermann, Th. (1992): Technikfolgen-Abschätzung: Ein strategisches Rahmenkonzept für die Analyse und Bewertung von Techniken. In: Petermann, Th. (Hg.): Technikfolgen-Abschätzung als Technikforschung und Politikberatung. Frankfurt am Main/New York, S. 19-41
- Postman, N. (1992): Das Technopol. Die Macht der Technologien und die Entmündigung der Gesellschaft. Frankfurt am Main
- Roßnagel, A.; Wedde, P.; Hammer, V.; Pordesch, U. (1989): Die Verletzlichkeit der „Informationsgesellschaft“. Opladen
- Schnädelbach, H. (Hg.) (1984): Rationalität. Philosophische Beiträge. Frankfurt am Main
- Tichy, G.; Peissl, W. (2001): Beeinträchtigung der Privatsphäre in der Informationsgesellschaft. Wien (Österreichische Akademie der Wissenschaften, Institut für Technikfolgen-Abschätzung) Dezember. –  
URL: [http://www.oeaw.ac.at/ita/pdfita\\_01\\_01.pdf](http://www.oeaw.ac.at/ita/pdfita_01_01.pdf) [30.01.2002]
- USS – United States Senate (1972): Technology Assessment Act of 1972. Report of the Committee on Rules and Administration. Washington, D.C., 13. Sept.
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (1991): VDI-Richtlinie 3780 „Technikbewertung. Begriffe und Grundlagen“. Düsseldorf, März