

Gerhard Banse

„Nicht so exakt wie möglich, sondern so genau wie nötig!“ Das Einfachheitsprinzip in den Technikwissenschaften

„Nicht so exakt wie möglich, sondern so genau wie nötig!“ ist eine Maxime, die jeder Ingenieur und Technikwissenschaftler nicht nur kennt, sondern in seinem technikbezogenen Handeln zu berücksichtigen bemüht bzw. aufgefördert ist. Diese Maxime bringt in spezifischer Weise ein Einfachheits-, genauer: ein Vereinfachungsprinzip zum Ausdruck, fordert sie doch auf, das „Mögliche“ auf das „Nötige“ zu begrenzen. Das Mögliche ist im gegebenen „Stand von Wissenschaft und Technik“ erfasst.¹ Das Nötige hingegen ergibt sich nur durch Beziehungen auf Zwecke, Ziele oder Bedingungen, die jeweils vorgängig sind – kann also – im Ergebnis vielfältiger Denkbemühungen – so oder auch anders sein.

Diese Maxime wird nun als Ausgangspunkt genommen, um exemplarisch einige Überlegungen zum „Prinzip Einfachheit“ in den Technikwissenschaften anzustellen.²

(1) *Einfachheit* ist keine technischen Sachsystemen oder Prozessen „gegebene“ (d.h. *ontische*) Eigenschaft, sondern eine „*Zuschreibung*“ im Rahmen der *Erkenntnis-* und *Gestaltungsaufgaben* der Technikwissenschaften, d.h. sie ist eine *kognitive* Eigenschaft, mit Bezug zu *Erkenntnis-* und *Gestaltungsprozessen* sowie *-Zielen*.

Das soll nun nicht bedeuten, dass man nicht „einfache“ und „weniger einfache“ technische Sachsysteme oder Abläufe unterscheiden bzw. gestalten kann (z.B. eine Schraube als konstruktives Element³ im Unterschied zu einer Ölraffinerie als Anlage), aber das ist schon eine subjektbezogene bzw. -gebundene Bewertung (wobei „Subjekt“ nicht stets „Individuum“ bedeuten

- 1 Einschränkend ist darauf zu verweisen, dass dieses „Gegebensein“ zunächst nur ein theoretisches ist, ob bzw. inwieweit es tatsächlich verfügbar ist, ist demgegenüber vor allem eine praktische Angelegenheit.
- 2 Viele dieser Beispiele resultieren aus der Tätigkeit des Arbeitskreises „Allgemeine Technologie“ der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin bzw. aus dem Bereich der Allgemeinen Technologie generell.

muss), d.h. Einfachheit besitzt auch eine *normative* Eigenschaft, sie hat Bezug zu *Werten* und *Präferenzen*.⁴

Im Bereich des Technischen gibt es eine Hierarchie von Bezugsebenen, z.B. Werkstoff – Einzelteil – Baugruppe – Maschine/Gerät – Aggregat – Anlage – Anlagenverbund (regional) – Anlagenverbund (global) (vgl. Ropohl 2009, S. 122) oder Mikro-, Nano- und molekulare Prozesse – Teilprozess – Wirkpaarung – fertigungs-, verfahrens-, verarbeitungstechnische Grundeinheit (Grundoperation) – Anlage – Fabrik – ... (vgl. Reher/Banse 2008, S. 72ff.; vgl. auch Hartmann 2008, S. 106).

(2) Daraus ergibt sich, dass „Einfachheit“ stets in eine Zweck-/Ziel-Mittel-Relation eingebunden ist, was zu (mindestens) folgenden zwei Überlegungen führt:

- a. Zunächst sind folgende zwei Fragen zu beantworten: Wie viel „Einfachheit“ (d.h. welche „Reduktion“ der vorhandenen „Vielfalt“ bzw. Komplexität) ist erforderlich oder zulässig, um die gegebene Aufgabe erfüllen zu können? Wie viel an vorhandener Vielfalt bzw. Komplexität muss erhalten bleiben, um die gegebene Aufgabe erfüllen zu können?
- b. Damit ist zugleich auf eine aufgabenbezogene „Grenze“ der Vereinfachung bzw. der Reduktion verwiesen, die (entsprechend dem angestrebten Ziel bzw. dem unterstellten Zweck) nicht unterschritten werden darf.

Die Überlegung (b) sei am Technikverständnis, genauer: am Übergang vom sogenannten *szientifischen* zum sogenannten *technologischen* Paradigma verdeutlicht.⁵ Im szientifischen Paradigma wird Technik als angewandte Natur-

3 Wobei auf der Ebene des Werkstoffs und seiner Struktur(en) eine Schraube durchaus nicht-einfach ist (vgl. näher http://de.wikipedia.org/wiki/Schraube_%28Verbindungselement%29 [24.06.2010]).

4 Das lässt sich am Vergleich eines Autos vom Typ Trabant mit einem Auto eines Stuttgarter Automobilherstellers gut zeigen: Betrachtet man die Fahrzeuge als Repräsentanten der Ebene „Maschine/Gerät“, so ist ein „Trabant 601“ eindeutig einfacher als etwa ein „Mercedes A 180“, wenn die Zahl der Baugruppen und deren Einzelteile und/oder deren Kopplungen das *tertium comparationis* ist (vgl. z.B. http://www.andyhoppe.com/privat/trabant_teile_ersatzteile.htm [24.06.2010]). Zu einem anderen Ergebnis kommt man indes, wenn man das Fahren als Mensch-Fahrzeug-Interaktion betrachtet, das mit Servolenkung und Automatikgetriebe („A 180“) einfacher ist als mit Lenkradschaltung und Benzintrieb auf der Beifahrerseite („Trabant“). Nimmt man schließlich den Karosserie-Werkstoff als Vergleichsobjekt – Eisenbleche bzw. Duroplast aus Baumwollvlies und Kunstharz –, so ist etwa bei der Werkstoffstruktur die „einfachere“ Variante nicht so einfach bestimmbar. – Wenn man nicht unberücksichtigt lässt, dass die Eigenschaft „Einfachheit“ eine Zuschreibung durch Prozesse der (zweckbezogenen) Vereinfachung ist, dann ist es einsichtig, dass man derartige Vereinfachungen sowohl bezüglich der „Sachebene“ (die zu „ontischer Einfachheit“ führen) als auch bezüglich der „Denkebene“ (die zu „epistemischer Einfachheit“ führen) vornehmen kann.

wissenschaft unterstellt. Hervorgehoben wird dadurch der Bezug vor allem zu den Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie) sowie zur Mathematik. Mensch-Technik-Interaktionen oder Prozesse der Technisierung (als gesellschaftliches Phänomen) sind damit nicht oder zumindest nicht ausreichend darstell- und erklärbar. Dafür ist ein erweitertes Technikverständnis erforderlich, das mit dem technologischen Paradigma gegeben ist: Technik wird als sozio-technisches bzw. sozio-kulturelles System unterstellt (vgl. näher Banse 2010; Banse/Hauser 2010). Die Erweiterung des Verständnisses gegenüber dem szientifischen Paradigma ist mehrfach: *Erstens* werden weitere Dimensionen und Erkenntnisperspektiven der Technik erfasst (siehe Abbildungen 1 und 2; vgl. dazu auch Banse 2004, S. 36ff.). *Zweitens* ist unterstellt, dass Technik sowohl technische Sachsysteme („Artefakte“) als auch deren Entstehungszusammenhänge (das „Gemacht-Sein“) und deren Verwendungszusammenhänge (das „Verwendet-Werden“) umfasst. *Drittens* bedeutet das, dass etwa die „Nützlichkeit“ von Technik nicht unmittelbar gegeben (ihr quasi „eingeschrieben“), sondern immer auch etwas kulturell Interpretiertes ist. *Viertens* schließlich wird damit der theoretische Horizont der Technikwissenschaften in mehreren Dimensionen ausgeweitet: Ausweitung des *Systemhorizonts*, des *Zeithorizonts*, des *Qualifikationshorizonts*, des *Methodenhorizonts* und des *Werthorizonts* (vgl. Ropohl 1998, S. 45ff.).

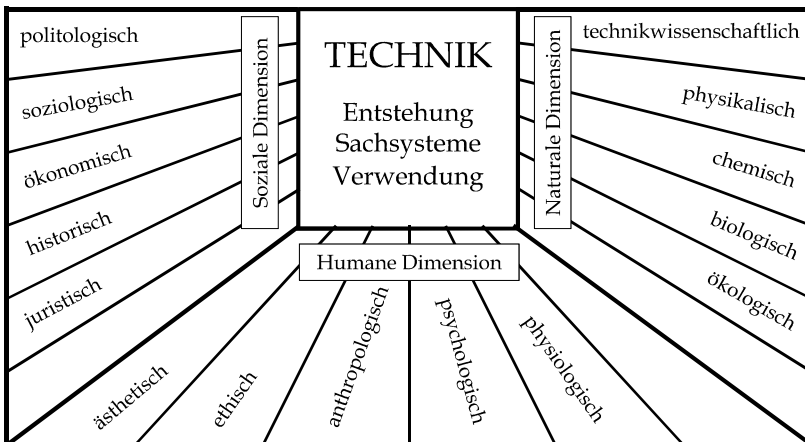


Abbildung 1: Dimensionen und Erkenntnisperspektiven der Technik (1)
Quelle: aus Ropohl 2001, S. 18

5 Unterscheidung wie Begrifflichkeit gehen auf Günter Ropohl zurück (vgl. Ropohl 1992).

Dimensionen der Technik	Erkenntnisperspektiven	Typische Probleme
<i>Natural</i>	Naturwissenschaftlich	Naturgesetzliche Grundlagen technischer Artefakte
	Ingenieurwissenschaftlich	Verhalten und Aufbau technischer Artefakte
	Ökologisch	Verhältnis zwischen Artefakt und natürlicher Umwelt
<i>Human</i>	Anthropologisch	Artefakte als Mittel und Ergebnisse der Arbeit bzw. des Handelns
	Physiologisch	Zusammenwirken mit dem körperlichen Geschehen des menschlichen Organismus
	Psychologisch	Zusammenwirken mit dem psychischen Geschehen des Individuums
	Ästhetisch	„Schönheit“ der Artefakte
<i>Sozial</i>	Ökonomisch	Technik als Produktivkraft und als Mittel der Bedürfnisbefriedigung
	Soziologisch	Gesellschaftliche Zusammenhänge der Technikherstellung und -verwendung
	Politologisch	„Verstaatlichung“ der Technik und „Technisierung“ des Staates
	Historisch	Technik im Wandel der Zeit

Abbildung 2: Dimensionen und Erkenntnisperspektiven der Technik (II)

Quelle: verändert nach Ropohl 1979, S. 32

(3) Es ist nicht nur das *Maß* an Vereinfachung relevant, sondern auch deren *Richtung*. Abbildung 3 zeigt z.B. für die Ermittlung von Bauteilbeanspruchungen (etwa im Zusammenhang mit Zuverlässigkeit oder Lebensdauer) zwei Vereinfachungsrichtungen, zum einen als Idealisierung des Bauteils, zum anderen als Idealisierung der Beanspruchung.

Genauer zu untersuchen wäre in diesem Zusammenhang, ob es eine Analogie von *Vereinfachungs-Grad* und *Vereinfachungs-Richtung* zu Verallgemeinerungs-Grad und Verallgemeinerungs-Richtung von Wissen über lebensweltliche Zusammenhänge gibt (siehe auch Abbildung 4).

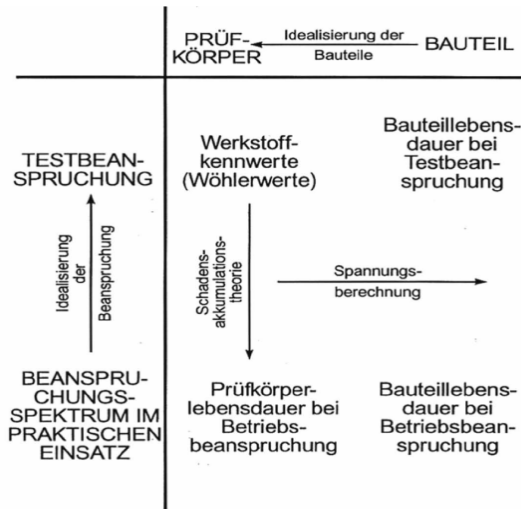
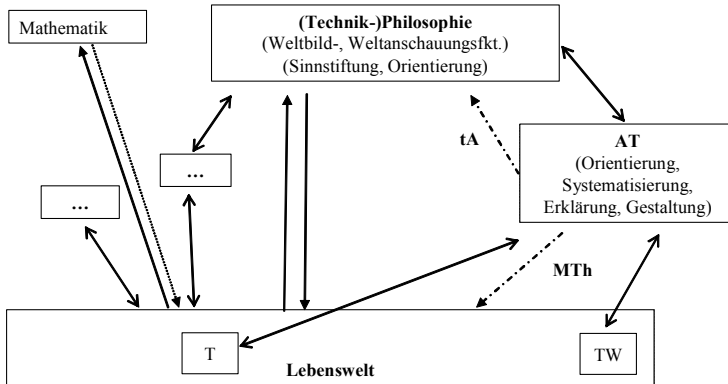


Abbildung 3: Ermittlung von Bauteilbeanspruchungen; Quelle: Eigene Darstellung



- VG – Verallgemeinerungsgrad
- VR – Verallgemeinerungsrichtung
- KG – Konkretisierungsgrad
- MTh – technikwiss. Metatheorie (für Technologieschöpfer)
- tA – technologische Aufklärung (für Technologiebegleiter)

Legende:

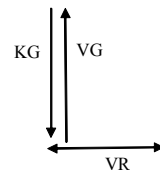


Abbildung 4: Zusammenhang von Verallgemeinerungsgrad und Verallgemeinerungsrichtung von Wissen über lebensweltliche Zusammenhänge; Quelle: Banse/Reher 2008, S. 36

(4) Technik- oder Ingenieurwissenschaften sind sehr vielgestaltig; sie reichen von Maschinenbau über Energietechnik bis Informationssystemtechnik, von nanotechnologischen Systemen bis zu globalen Netzwerken. Bei all ihrer Vielgestaltigkeit können unter dieser Sammelbezeichnung diejenigen Wissenschaftsdisziplinen zusammengefasst werden, deren Objektbereich die Technik hauptsächlich in Form von technischen Sachsystemen („Artefakte“), Materialien (Werkstoffe) sowie Arbeitsverfahren und technologischen Prozessen ist. Diese Wissenschaftsdisziplinen verfolgen die folgende zweifache Zielstellung:

1. „*Systemanalyse*“ (vom System bzw. der Struktur zu deren Eigenschaften); verbunden vor allem mit Beschreibung, Erklärung und mathematisch-naturwissenschaftlicher Fundierung. Wissenschaftstheoretisch – also auch in Bezug auf das Einfachheitsprinzip – ist das analog zu den „klassischen“ Naturwissenschaften, vor allem der Physik. Eine wesentliche Differenz besteht indes darin, dass sich die Naturwissenschaften (theoretisch, aber auch praktisch) ideale Bedingungen „schaffen“ („idealer Körper“, „ideale Temperatur“, „idealer Kreisprozess“), während die Technikwissenschaften von realen Situationen und Gegebenheiten ausgehen müssen.
2. „*Systemsynthese*“ (von der Funktion bzw. den Eigenschaften zur funktionserfüllenden Struktur); verbunden mit Entwurf, Konstruktion, Projektierung, mit Gestaltung, Bemessung, Optimierung usw. („Entwurfshandeln“). Wissenschaftstheoretisch ist das ein (reduktiver) Schluss von der Folge auf den Grund (vgl. näher dazu Banse 1997; Banse et al. 2006).

(5) Aus dieser Differenziertheit der Technikwissenschaften und der Spezifik ihres Gegenstandes resultiert eine *Vielgestaltigkeit der in den Technikwissenschaften zu realisierenden Zwecke und Aufgaben*, die ihre Entsprechung in einer methodischen Vielfalt hat. Exemplarisch sei dazu lediglich auf *inhaltliche Funktionen* und *methodische Schwerpunkte* verwiesen:

Inhaltliche Funktionen:

- Beherrschung technologischer Prozesse;
- Variation von Parametern;
- Optimierung bekannter Strukturen, Prinzipien u. ä.;
- Unterstützung von Entscheidungsprozeduren;
- Erklärung beobachteter Erscheinungen (z. B. Schadensanalyse);
- Objektivierung von Wegen, Bedingungen und Zielen technischen Handelns;
- Überführung theoretischer Erkenntnisse in die technische Praxis;

- Überprüfung von Hypothesen, Theorien, Strategien („Pläne“, „technologische Regeln“, „Handlungsvorschriften“);
- Bildung und Interpretation von Gesetzesaussagen und Theorien.

Methodische Schwerpunkte:

- Suchen sinnvoller Aufgabenstellungen;
- Auswahl erfolgversprechender Aufgabenstellungen;
- wohlverstandene Präzisierung von Aufgabenstellungen;
- Planen der strategischen Vorgehensweise;
- Auswahl spezifischer Methoden für neue Situationen sowie für schwierige und wichtige Wegstrecken;
- Suchen und Einordnen von (Teil-)Lösungen;
- Bewerten;
- Bestimmen des Informationsbedarfs;
- Abrufen, Auswählen und Aufbereiten vorliegender Informationen;
- Auswerten, Fixieren und Überführen sachlicher Ergebnisse;
- Auswerten und Speichern der methodischen Erfahrungen.

(6) Das damit verbundene erkennende wie gestaltende Handeln ist vor allem aus Gründen der Übersichtlichkeit, Darstellbarkeit, Berechenbarkeit, (technischen) Durchführ- und Machbarkeit, Beherrsch- und Nutzbarkeit an „Einfachheit“ in unterschiedlicher Form (Komplexitätsreduktion, Vereinfachung, Idealisierung, Isolierung, ...) gebunden. Ein gutes Beispiel dafür ist die sogenannte „Neun-Felder-Matrix“ der Allgemeinen Technologie, die die Vielfalt bzw. Vielzahl technischer Sachsysteme und Abläufe auf eine „Mindestzahl“ reduziert hat. Die Abbildungen 5 und 6 stellen das in je unterschiedlicher Weise dar.

Art des Arbeitsgegenstandes	Art der Veränderung		
	<i>Formänderung</i>	<i>Strukturänderung</i>	<i>Ortsänderung</i>
<i>Stoff</i>	Stoffformung	Stoffwandlung	Stofftransport
<i>Energie</i>	Energieumformung	Energiewandlung	Energietransport
<i>Information</i>	Informationsumformung	Informationswandlung	Informationstransport
	Verfahren	Prozesse	Operationen

Abbildung 5: Neun-Felder-Matrix I – System der technologischen Vorgänge

Quelle: nach Wolffgramm 1978, S. 35

Funktion Output	<i>Wandlung</i> (Produktions- technik)	<i>Transport</i> (Transport- technik)	<i>Speicherung</i> (Speicherungs- technik)
<i>Masse</i> (Materialtechnik)	Verfahrenstechnik Fertigungstechnik	Fördertechnik Verkehrstechnik Tiefbautechnik	Behältertechnik Lagertechnik Hochbautechnik
<i>Energie</i> (Energietechnik)	Energie- wandlungstechnik	Energie- übertragungstechnik	Energie- speicherungstechnik
<i>Information</i> (Informations- technik)	Informationsverar- beitungstechnik Mess-, Steuer- und Regelungstechnik	Informations- übertragungstechnik	Informations- speicherungstechnik

Abbildung 6: Neun-Felder-Matrix II – Klassifikation technischer Sachsysteme nach Funktionsklasse und vorherrschendem Output

Quelle: nach Ropohl 1979, S. 178

Die dabei angewandten Verfahren sind in hohem Maße „nichttrivial“. Nicht-trivialität bedeutet hier, dass es sich dabei in den seltensten Fällen um schematisch vollziehbare oder routinemäßig abarbeitbare, sondern in hohem Maße um kreative, auch auf Intuition, Phantasie, Erfahrung und Kompetenz gegründete Vorgehensweisen handelt, die somit auch stark individuell geprägt sind.

Relevant wird dabei etwa auch der Zusammenhang zwischen Grad der Vereinfachung und dem Gültigkeitsbereich von Modellen. Das ist in Abbildung 7 erkennbar.

(6) Bedeutsam ist vor allem für *Entwurfshandeln* zweierlei:

Erstens erfolgt es in der Regel (oder häufig) unter Informationsmangel bzw. bei unvollständiger bzw. „unscharfer“ Information, d.h., dass z.B. zu Beginn des (als Planungsvorgang verstandenen!) Entwurfs- bzw. Konstruktionsprozesses nicht alle relevanten Informationen verfügbar sind („gleitende Planung/Projektierung“), auf sich verändernde einschließlich neuer Zielvorgaben oder „Rand“bedingungen vor allem wissenschaftlicher, technischer, politischer, ökonomischer oder juristischer Art reagiert werden muss usw. („Dynamisierung der Begleitumstände“).

Zweitens muss selbst die Vielzahl der zu Beginn etwa des Entwurfs-Prozesses verfügbaren Informationen (fast stets) reduziert werden, um sie „opera-

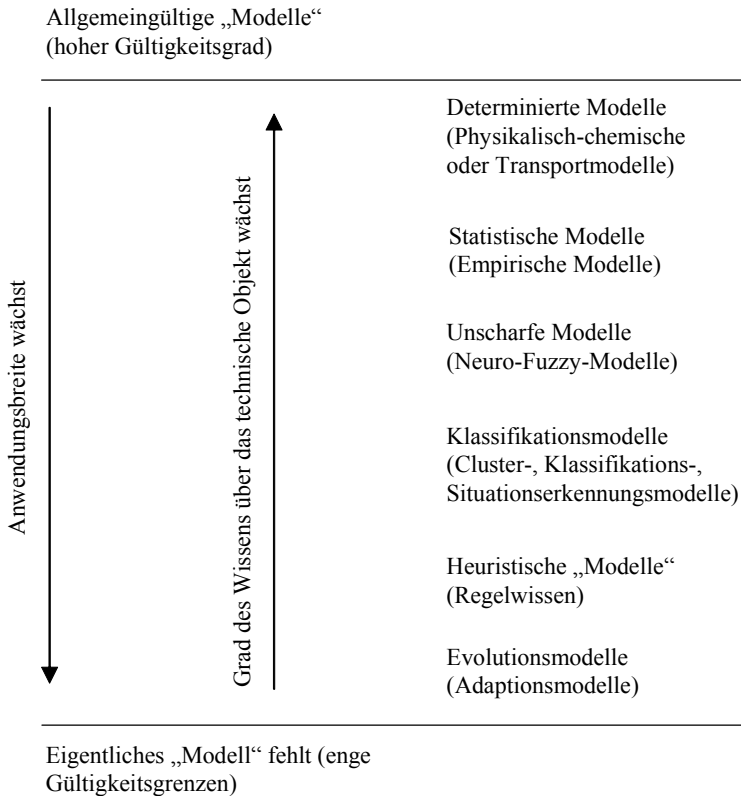


Abbildung 7: Formen des „Wissens“ über Technologien (bezogen auf den Wissensumfang über das Objekt)

Quelle: nach Hartmann 2002, S. 107

tionalisierbar“ zu machen: „Die Nennung von Bedingungen, die [...] zu berücksichtigen und zu kontrollieren sind, muß in ihrem Umfang handhabbar bleiben“ (Poser et al. 1997, S. 92). Diese „Reduktion“ enthält *einerseits* eine wissenschaftliche Komponente, denn es ist die Frage zu beantworten: „Welche Reduktion ist vom gegenwärtigen wissenschaftlichen und technischen Entwicklungsstand her gerechtfertigt und legitim, d.h. führt – absehbar – zu keiner ‚Verzerrung‘ des technischen Erscheinungsbildes bzw. relevanter Zusammenhänge?“. *Andererseits* basiert sie auch auf einem individuellen „Zugriff“, vor allem auf dem Auswahl-, Bewertungs- und Entscheidungsverhalten

des Bearbeiters, d.h. auf dem bewussten oder spontanen, reflektierten oder unreflektierten „Ausfüllen“ oder „Ausschreiten“ vorhandener (auch normativer) Räume innerhalb des Entwurfs- und Gestaltungsprozesses.

Dieser Gedanke wird im folgender Aussage aus dem Bereich der Mikroskopie deutlich (wobei das aus den Biowissenschaften stammende Beispiel in den Technikwissenschaften durchaus vielfältige Analogie hat): „Die frühen Mikroskope erzeugten durch Lichtbeugung farbige Ringe um die Objekte. Man mußte diese als Artefakte erkennen und dann technische Lösungen suchen, um die Artefakte zu beseitigen. Weniger trivial sind die Artefakte der Elektronenmikroskopie. Sie sind aber als solche erkennbar, und wenn sie bekannt sind, können sie ‚weggerechnet‘ werden, um die *tatsächlichen* biologischen Strukturen zu erkennen. [...] Das ‚Wegrechnen‘ dessen, was wir verändern, wenn wir Zellen (lebende oder ‚fixierte‘) für die Mikroskopie präparieren, bleibt aber ein anspruchsvolles Problem. Mit dieser *Voraussetzung*, daß das ‚Wegrechnen‘ *gelingt*, ist aber klar, daß die verbesserten Methoden eine verbesserte Erkenntnis biologischer Phänomene gebracht haben“ (Breitenbach 2007, S. 178; H.d.V. – G.B.).

(7) Die *Bindung des methodischen Vorgehens der Technikwissenschaften an die Funktion der Technik* bringt von vornherein eine Bindung an Politik, Ökonomie (!!), Soziales und Kulturelles mit sich, verweist auf eine spezifische Einheit von Erkennen, Schaffen und Bewerten. Beispiele sind der „Wertekatalog“ der Technikbewertung, u.a. mit der Problematik der „Poly“optimierung in Konkurrenzsituationen (vgl. dazu z.B. VDI 1991, S. 78), die sicherheitstechnische Frage „Wie sicher ist sicher genug?“ (vgl. näher dazu Banse 1996) oder die Anwendung (technischer) Toleranzen (vgl. näher dazu Banse 2002, 2006).

(8) *Fazit*: Deutlich wird, dass es im Bereich des Erkennens und Gestaltens im Bereich der Technikwissenschaften nicht vorrangig um maximale Exaktheit („Nicht so exakt wie möglich, ...“), sondern um eine der Aufgabe oder dem Ziel angemessene (adäquate) Genauigkeit („..., sondern so genau wie nötig!“) geht. Das ist eine spezifische Form des „Prinzips Einfachheit“.

Literatur

- Banse, G. (Hg.) (1996): Risikoforschung zwischen Disziplinarität und Interdisziplinarität. Von der Illusion der Sicherheit zum Umgang mit Unsicherheit. Berlin
- Banse, G. (Hg.) (1997): Auf dem Wege zur Konstruktionswissenschaft. Recherchen im Bereich der Konstruktionstheorie und -methodologie aus der Sicht der Tech-

- nikphilosophie. Cottbus (BTUC) (Fakultät für Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik, Berichte Nr. PT – 03/97)
- Banse, G. (2002): 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 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 56, H. 5)
- Banse, G. (2004): 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 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 75)
- Banse, G. (2006): Was Technik mit Toleranz zu tun hat. In: Wollgast, S. (Hg.): Geschichtliche Erfahrungen aus dem Wechselspiel der Religionen – Chancen für die Entfaltung von Toleranz? Berlin, S. 109-121 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 84)
- Banse, G. (2010): Technisches und Kulturelles. Anmerkungen zu Interdependenzen. In: LIFIS ONLINE [08.03.2010]. – URL: http://www.leibniz-institut.de/archiv/banse_08_03_10.pdf
- Banse, G.; Grunwald, A.; König, W.; Ropohl, G. (Hg.): Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. Berlin
- Banse, G.; Hauser, R. (2010): Technik und Kultur – ein Überblick. In: Banse, G.; Grunwald, A. (Hg.): Technik und Kultur. Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse. Karlsruhe, S. 17-40
- Breitenbach, M. (2007): Historische Irrtümer in den Biowissenschaften am Beispiel der Mikroskopie biologischer Objekte und unserer Anschauung über Zeugung und Vererbung. In: Neumaier, O. (Hg.): Fehler und Irrtümer in den Wissenschaften. Wien/Berlin, S. 171-179
- Hartmann, K. (2002): Systemtechnische Aspekte der modernen Technologie am Beispiel der Stoffwirtschaft. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. Berlin, S. 103-120 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 50, H. 7)
- Hartmann, K. (2008): Verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen – Grundlagen für die Analyse und Synthese modularer technologischer Systemmodelle. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie. Berlin, S. 105-125 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 99)
- Poser, H.; Hubig, Ch.; Jelden, E.; Debatin, B. (1997): Algorithmus und Unsicherheit. In: Mackensen, R. (Hg.): Konstruktionshandeln. Nicht-technische Determinanten des Konstruierens bei zunehmendem CAD-Einsatz. München/Wien, S. 83-152
- Reher, E.-O.; Banse, G. (2008): Der Einfluss der naturalen, sozialen und humanen Dimensionen der Technologie auf den Prozess-Stufenmodul der Materialtechnik mit dem Ziel der Herausbildung einer allgemeinen Prozesstechnik. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Allgemeine Technologie – verallgemeinertes Fachwissen und

- konkretisiertes Orientierungswissen zur Technologie. Berlin, S. 71-103 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 99)
- Ropohl, G. (1979): Eine Systemtheorie der Technik. Zur Grundlegung der Allgemeinen Technologie. München/Wien
- Ropohl, G. (1992): Die Grundlagenkrise der Technikwissenschaften oder: Die neue Aktualität des Johann Beckmann. In: Troitzsch, U.; Müller, H.-P. (Hg.): Technologie zwischen Fortschritt und Tradition. Frankfurt am Main u.a.O., S. 41-52
- Ropohl, G. (1998): System und Methode. In: Ropohl, G.: Wie die Technik zur Vernunft kommt. Beiträge zum Paradigmenwechsel in den Technikwissenschaften. Amsterdam, S. 41-48
- Ropohl, G. (2001): Das neue Technikverständnis. In: Ropohl, G. (Hg.): Erträge der Interdisziplinären Technikforschung. Eine Bilanz nach 20 Jahren. Berlin, S. 11-30
- Ropohl, G. (2009): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. 3. überarb. Aufl. Karlsruhe
- VDI – Verein Deutscher Ingenieure (Hg.): Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen. Erläuterungen und Hinweise zur VDI-Richtlinie 3780. Düsseldorf (VDI)
- Wolffgramm, H. (1978): Allgemeine Technologie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme. Leipzig