

Ernst-Otto Reher, Gerhard Banse

## **Schlusswort und Ausblick**

Das Symposium verdeutlichte, wie sich die Technologie-Evolution in der Wissensgesellschaft vollzieht, die vor allem durch folgende Merkmale gekennzeichnet ist: Miniaturisierung, steigende Komplexität der Systeme, zunehmende Durchdringung von technischen Systemen mit Informations- und Kommunikationstechnologie, „Verschränkung“ von Biotischem mit Technischem sowie rasche Entwicklung und umfassende Nutzung der Kommunikationstechnologien in allen gesellschaftlichen Sphären (vgl. näher Öhlmann 2014; Steinmüller/Steinmüller 2006).

Alle Prozesse in der menschlichen Gesellschaft werden durch diese Entwicklung einerseits „gläserner“ und andererseits offener für Veränderungen. Die Gestaltung dieses Transformationsprozesses stellt neue und höhere Anforderungen an die Gesellschaft, in der Wirtschaft, an Bildung, Politik und Kultur.

Aus technologischer Sicht lassen sich folgende technologischen Gesetze (Regeln) formulieren, die diesen Transformationsprozess begleiten:

- (1) Je tiefer die technologischen Prozesse wissenschaftlich aufgelöst und erkannt werden (Makro → Mikro → Nano), d.h. „gläserner“ werden, desto größer wird die Vielzahl an Artefakten zu ihrer optimalen Realisierung.
- (2) Aufgedeckte Prozessmechanismen bestimmen die Artefaktgestaltung und Artefaktfolge in einer technologischen Linie.
- (3) Das System ist mehr als die Summe seiner Elemente:

$$S > \sum_{i=2}^{\infty} E_i.$$

- (4) Nach wie vor gilt: Nicht so genau wie möglich, sondern so genau wie nötig.

Alle vier technologischen Gesetze erfüllen die oben genannten Merkmale der technologischen Evolution und erhalten ihre volle Entfaltung in der Wissensgesellschaft, die die Herausbildung von konvergenten Technologien ermöglicht und fördert. Charakteristisch dafür sind die folgenden Überlegungen:

### 1. Zur Nanotechnologie:

„Hier verbindet sich ein naturwissenschaftlich-reduktionistisches mit einem mechanisch-technischem Weltbild, dem zu Folge die Natur auch nur ein Ingenieur ist [...] Da wir uns nun angeblich ihre Konstruktionsprinzipien zu Eigen machen können, sehen wir überall nur noch Maschinen – in den menschlichen Zellen einerseits, in den Produkten der Nanotechnologie andererseits“ (Nordmann 2007, S. 221).

### 2. Zur synthetischen Biologie:

„Synthetische Biologie ist die Anwendung von Prinzipien der Ingenieurwissenschaften auf die Biologie. Dies kann den Umbau eines lebenden Systems beinhalten, das dann etwas leistet – z.B. die Herstellung einer spezifischen Substanz –, das es normalerweise nicht leisten würde. Noch ambitionierter sind Versuche, nicht nur lebende Systeme zu verändern, sondern gänzlich neue herzustellen, also Leben ‚an sich‘ aus nichtlebenden Material hervorzubringen“ (EASAC/ Leopoldina 2011, S. 3).

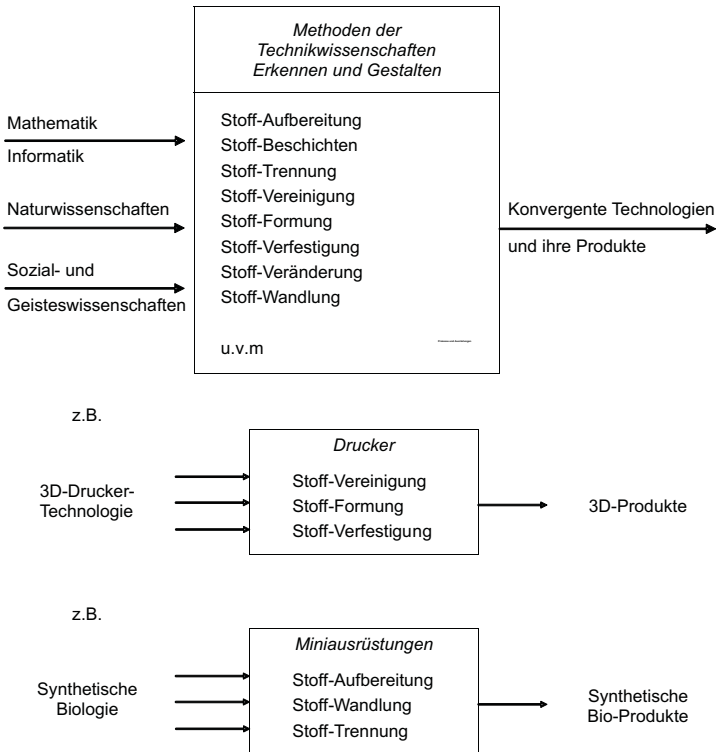
Beide konvergente Technologien stellen hohe Erwartungen an die Technikwissenschaften, als zentrales Element der Herausbildung der konvergenten Technologien (siehe Abbildung 1). Die Wissenschaft, die Bildung und die Wirtschaft müssen sich als erste auf diese Entwicklung einstellen. Die Allgemeine Technologie kann hierbei eine fördernde Rolle spielen.

Die Miniaturisierung äußert sich bei Verfahren, bei Ausrüstungen und bei Produkten:

- bottom-up-Verfahren (naturwissenschaftlich dominierende Methoden);
- top-down-Verfahren (technikwissenschaftlich dominierende Methoden);
- Mikroausrüstungen;
- Nanostrukturierungen (Handhabungsprozesse);
- Nanoprodukte (< 100 nm), Teilchen, Strukturen;
- Mikroprodukte (> 100 nm), Teilchen, Strukturen.

Auf allen Ebenen der Technologie-Kette (siehe Abbildung 2 und das Fallbeispiel) wird heutzutage diese Miniaturisierung deutlich sichtbar. Das Angebot von kommerziellen Ausrüstungen zur Technologiegestaltung mit Mikroausrüstungen ist sehr vielfältig und betrifft die Herstellung der Produkte bis zu ihrer Wiederverwertung. Besonders verbreitet ist die Anwendung in der Biotechnologie, in der chemischen und pharmazeutischen Technologie, in der Pyrotechnik, in der medizinischen Diagnostik u.a. Darüber hinaus spielen die Verfahren und Ausrüstungen in der Ausbildung eine bedeutende Rolle.

Abbildung 1: Die Technikwissenschaften mit ihren Methoden als zentrales Element der konvergenten Technologien



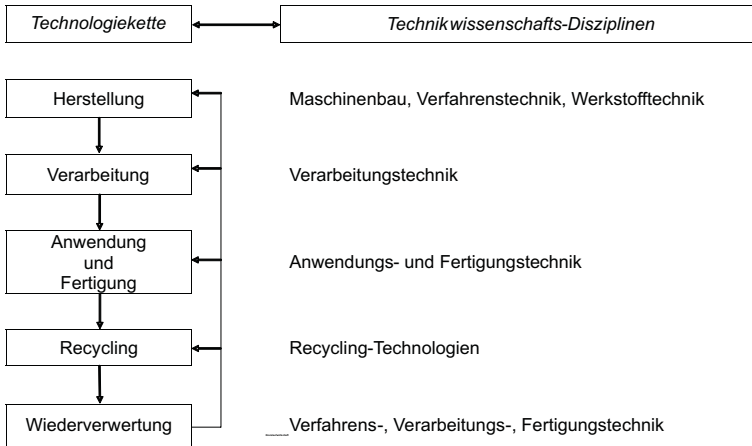
Anmerkung: Das hier Dargestellte gilt analog für Energie und Information.  
Eigene Darstellung

Die steigende Komplexität der Systeme äußert sich bei der Herstellung multifunktionaler, komplexer Produkte, z.B. Computer, Handys, Prothesen, Funktionswerkstoffe, Diagnosegeräte der Technik und Medizin. In diesen Produktionsverfahren laufen verfahrenstechnische und fertigungstechnische Prozessabläufe in den Linien (Ausrüstungen) gleichzeitig ab. Neben fluidmechanischen Vorgängen überlagern sich Stückgutprozesse, die den Einsatz der Robotertechnik ermöglichen (erfordern). Diese „heterogenen“ Technologien sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- abschnittsweise kontinuierliche und diskontinuierliche Prozessabläufe;

- Fließ- und Handhabungsprozessabschnitte (entsprechende Mess- und Steuerungstechnik, TUL-Prozesse für fluid und fest);
- Prozesse für Reinstraumbedingungen, Einkapselung von Teil- und/oder ganzen Ausrüstungen.

Abbildung 2: Technologische Prozesskette und Technikwissenschafts-Disziplinen



Eigene Darstellung

Material- und Energietechnologien haben schon immer die Informationstechnologie benötigt. Durch die Entwicklung der IKT in den letzten Jahrzehnten ist es möglich geworden, neue, umfangreichere, qualitativ höhere Problem- und Aufgabenstellungen in Angriff zu nehmen.

So können heute sowohl in der Mikro- wie in der Makrowelt der Technologien (Prozesse und Systeme) Quantifizierungen vorgenommen werden, die früher nicht möglich waren (vgl. Hartmann/Reher 2009). Darüber hinaus können virtuell und im Echtzeitbetrieb alle technologischen Schritte, Ausrüstungen, Fabriken usw. visuell am Bildschirm verfolgt werden (vgl. Balzer/Thierse 2014). Die IKT kann heute mit ihren Produkten (Soft- und Hardware) die Material- und Energietechnologien im gesamten Reproduktionsprozess, d.h. von der Forschung und Entwicklung bis zum Rückbau, begleiten sowie Einfluss nehmen auf diese Technologien und ihre Produkte, z.B. auf Computer und Sensoren in Autos, Flugzeugen und Haushaltsgeräten, auf Chemierprodukte und Lebensmittelverpackungen, auf lebende Organismen u.a.m.

Um die zunehmende Durchdringung von technologischen Systemen mit IKT weiter voranzubringen, sind interdisziplinäre/transdisziplinäre Anstrengungen erforderlich, die zu neuen Wissenschaftsdisziplinen führen können, z.B. Bioinformatik oder NBIC.

Während Physik und Chemie schon eine längere Tradition in der Verschränkung mit dem Technischen nachweisen können (es gab sogar eine Zeit, die nicht lange her ist, als die Technikwissenschaften als angewandte Naturwissenschaften deklariert worden sind), beginnt nun die Biologie, sich ebenfalls in dieser Richtung zu entfalten (siehe Abbildung 1). Dass äußert sich in den folgenden Fachgebieten wie

- Bionik;
- Gentechnik;
- Biotechnologie;
- Synthetische Biologie;
- Bio-Medizin-Technik;
- Nano-Bio-Informations- und Kognitionstechnologie (NBIC).

Die Kommunikationstechnologie erfährt eine Entwicklung im Range der jetzigen Material- und Energietechnologien und wird sie wie auch alle anderen Bereiche des gesellschaftlichen und persönlichen Lebens durchdringen. Sie gestaltet die „gläserne Gesellschaft“, erfasst jedes Individuum und erfordert neue Rahmenbedingungen aus der Sicht der naturalen, sozialen und humanen Dimensionen. Studiengänge an Universitäten und Hochschulen entstanden und entstehen weiter, die die IKT entwickeln, anwenden und Serviceleistungen in allen Lebensbereichen der Gesellschaft anbieten. Studienabgänger der IKT haben derzeit große Chancen in der Wirtschaft oder im Dienstleistungsbereich, eine Anstellung zu finden. Auch werden die Studiengänge der Material- und Energietechnologien sowie der Sozial- und Geisteswissenschaften immer stärker durch die IKT durchdrungen.

### **Fallbeispiel: Evolution der Technologie am Beispiel der Kunststoff-Linie**

#### *Herstellung*

Polymere werden nach Wunsch im Makromaßstab und Mikromaßstab produziert. Durch selektive Polymerisationsprozesse und ihre Steuerung werden Polymere in Anlagen hergestellt, die den Kundenwünschen entsprechen.

Anwendungsgerechte Herstellung, z.B.

- keine Fädenziehen (3D-Drucker-Technologie);
- hohe Klebekraft (Tesa-Bänder);
- biologisch abbaubar (Verpackungen);
- hohe Wärme- und Chemikalienbeständigkeit;
- Vielzahl physikalisch-chemischer Eigenschaften u.a.

*Verarbeitung*

Polymerisations-Verarbeitungs-Prozess-Einheit als Mikro- und Makroausführungen, z.B.:

- Extruderschneckendurchmesser von 1–70 cm für Einschneckenextruder;
- Spritzgießeinheiten von Gramm bis Kilogramm;
- Mischer und Walzwerke von Gramm bis Kilogramm.

*Anwendung und Fertigung*

Wiederverwendungsgerechte Fertigung, Montage- und demontagefreundliche Produkte, Robotereinsatztechnik, Produkte für alle Lebensbereiche anwendbar, z.B.:

- Wickelroboter bei verstärkten Kunststoffen;
- Handhabungsprozesse;
- Hochleistungs-Verbund-Werkstoffe.

*Recycling*

Industrielle Trennverfahren zur stofflichen Verwertung der Polymere.

*Wiederverwertung*

Wiederverwertungstechnologien entwickeln; z.B. werden aus Autoreifen biotechnologisch umgewandelte neue Gummiprodukte.

**Ausblick**

- (1) In Fortführung der Auseinandersetzung mit der Wissensgesellschaft sollte angeregt werden, in unserer Klasse oder/und im Plenum die Diskussionen zu dem Thema zu vertiefen.

- (2) Für das Jahr 2016 könnte das Thema des VII. Symposiums lauten: „Ressourcenschonende technologische Prozesse und Ausrüstungen – ein Beitrag zur Nachhaltigkeit“.
- (3) Wünschenswert ist, eine zweite, erweiterte (bzw. veränderte) Auflage der „Beiträge zur Allgemeinen Technologie“ in den Abhandlungen der Leibniz-Sozietät zu erarbeiten.
- (4) Wünschenswert ist, auf der Homepage der Leibniz-Sozietät Beiträge im Rahmen der Enzyklopädie „Allgemeine Technologie“ zu veröffentlichen.

## Literatur

- Balzer, D.; Thierse, P. (2014): Überwachung und Steuerung technologischer Prozesse und Systeme. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Beiträge zur Allgemeinen Technologie. Berlin, S. 205–262 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 36)
- EASAC – European Academies Science Advisory Council; Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften (2011): Synthetische Biologie. Eine Einführung. – URL: [http://www.leopoldina.org/uploads/tx\\_leopublication/201106\\_EASAC\\_Synthetische\\_Biologie\\_Eine\\_Einfuehrung\\_DT1.pdf](http://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/201106_EASAC_Synthetische_Biologie_Eine_Einfuehrung_DT1.pdf) [09.09.2014]
- Hartmann, K.; Reher, E.-O. (2009): Mathematische Modelle – Grundlage für moderne Technologien. In: Banse, G.; Küttler, W.; März, R. (Hg.): Die Mathematik im System der Wissenschaften. Berlin, S. 131–145 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 24)
- Nordmann, A. (2007): Entflechtung – Ansätze zum ethisch-gesellschaftlichen Umgang mit der Nanotechnologie. In: Gazsó, A.; Greßler, S.; Schiemer, F. (Hg.): Nano – Chancen und Risiken. Wien, S. 215–229
- Öhlmann, G. (2014): Technologien im 21. Jahrhundert. In: Banse, G.; Reher, E.-O. (Hg.): Beiträge zur Allgemeinen Technologie. Berlin, S. 379–444 (Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 36)
- Steinmüller, K. H.; Steinmüller, A. (2006): Die Zukunft der Technologien. Hamburg