

## Technologischer Fortschritt und der Umgang mit Komplexität

# Wie wollen wir in Zukunft leben?

Die Konvergenz von Wissenschafts- und Technikbereichen führt zu einer zunehmenden Komplexität von Problemlagen. Die darauf angepassten Lösungsansätze haben auch Auswirkungen auf die politische Regelung von technologischen Entwicklungen.

Von Ulrich Petschow und Eugen Pissarskoi

Auf den ersten Blick scheint die Debatte um konvergierende Technologien eine Fortsetzung der aus dem Diskurs um Nanotechnologien bekannten Auseinandersetzungen zu sein. Zum einen liegt der Diskussionsfokus bei konvergierenden Technologien auf den sich eröffnenden technologischen Möglichkeiten. Zum anderen wird die Debatte über ethische Fragestellungen geführt, die mit den neuen Möglichkeiten verbunden sind. Diese Fragen drängen sich auf, sobald es um die Möglichkeiten des „enhancement“ des Menschen geht. Schließlich wird in der aktuellen Diskussion angemahnt, dass eine allgemeine Auseinandersetzung um konvergierende Technologien nicht zielführend sei, vielmehr die Bearbeitung der potenziellen Probleme letztlich nach der Realisierung der Anwendungen erfolgen müsse, da erst dann mögliche konkrete Wirkungsebenen identifizierbar sind.

Im Prinzip sind solche Debatten aus dem Kontext der Nanotechnologien bekannt. Dies ist auch nicht verwunderlich, da die Nanotechnologien einen zentralen Bestandteil der konvergierenden Technologien darstellen.

### Wie wollen wir leben?

Die Debatten über die Nanotechnologien und die konvergierenden Technologien ähneln sich sogar hinsichtlich der Unklarheit ihres Gegenstandes. Auf einer Ebene scheint es eher um generelle Fragen der Zukunft der Menschheit zu gehen, auf der anderen Ebene geht es im Wesentlichen um konkrete Probleme der Technologieentwicklung. Am Beispiel des Diskurses um Nanotechnologien ging es zunächst um die Frage „green vision“ vs. „grey goo“ um in der Folge recht pragmatisch die Frage der Toxizität von Nanopartikeln zu behandeln und dabei letztlich den chemiepolitischen Diskurs zu erweitern. Diese Erweiterung bezieht sich dabei vor allem auch auf die Frage eines vorsorgeorientierten Umgangs mit den Nanotechnologien respektive Na-

nopartikeln. Neben diesem pragmatischen Ansatz ist im Nanodiskurs vielfach auch ein Diskurs identifizierbar, der letztlich vereinfacht auf die Frage hinausläuft „wie wollen wir leben?“. Diese Fragestellung hat die zentrale Stellung im Diskurs um konvergierende Technologien und ist damit sehr viel stärker ethischen Fragestellungen verhaftet, da insbesondere Fragen des Human Enhancements frühzeitig im Vordergrund standen.

Doch die Debatte um konvergierende Technologien macht einen weiteren inhaltlichen Punkt deutlich, der jenseits des Enhancementdiskurses und den ganz konkreten Anwendungsfeldern liegt. Das Aufkommen der konvergierenden Technologien erfordert bedeutsame Veränderungen des technologischen Entwicklungspfades. Diese ergeben sich aus dem Erfordernis, mit der zunehmenden Komplexität umzugehen.

Die konvergierenden Technologien verfolgen zunächst ein reduktionistisches Ziel, nämlich die Befähigung zur Analyse und zur Gestaltung auf der molekularen Ebene und der Nanoskala. Doch neben dem reduktionistischen Ansatz, also der Zerlegung von komplexen Systemen in ihre Einzelteile, geraten zunehmend das Verhalten der Systeme und das Zusammenspiel der Elemente in den Blick. Dies verleiht der Frage nach dem Umgang mit Komplexität eine immer wichtigere Rolle.

So verweist Priami darauf, dass es zunehmend einer systemischen Betrachtung bedarf: „The basic idea is to view the systems as something that has its own behaviour not obtained simply by gluing the behaviour of the systems' components of which we already have all the information“ (Priami 2005). Diese beiden Elemente erweisen sich als konstituierend für die konvergierenden Technologien, wobei der letzte Ansatz, Umgang mit Komplexität, durchaus auch Vorläufer hat.

### Von der natürlichen Komplexität ...

Die zunehmende Komplexität ergibt sich zum einen aus den Grenzen der bisherigen technologischen Pfade und zum anderen aus dem Zusammenwachsen unterschiedlicher Technologielinien. Dabei ist festzustellen, dass die bisher verfolgten Ansätze nicht hinreichend sind und es neuer Ansätze bedarf.

In beiden Fällen wird deutlich, dass die Vorbilder teilweise der Natur entstammen und die natürliche Komplexität zum Vorbild haben. Dies gilt zum Beispiel für Software-Entwicklungen. Die herkömmlichen Softwareentwicklungspfade, letztlich top-down, stehen vor großen Schwierigkeiten, der Komplexität der Softwareanforderungen Rechnung zu tragen. Neue Ansätze orientieren sich unter anderem an natürlichen Vorbildern wie dem zentralen Nervensystem und versuchen bottom-up Stra- →

tegien der Softwareentwicklung umzusetzen, in denen die Software selbständig lernt. Die Orientierung in diesem Bereich fokussiert dabei auf so genannte Self-X Eigenschaften, auch self-organising oder self-aware genannt (IÖW et al. 2010). Ganz traditionelle Technologien werden damit letztlich lebensähnlicher, indem die Steuerungstools lernen und sich Kontexten anpassen können. Ähnliche Entwicklungen sind auch bei den Materialwissenschaften festzustellen (v. Gleich et al. 2010).

Hier verschmelzen die biologischen Wissenschaften mit angewandten Disziplinen wie Informatik oder Materialwissenschaften, doch dies auf eine ganz andere Weise als es beispielsweise bei der Biotechnologie der Fall war.

### ... zu selbst lernenden Systemen

Diese Konvergenzansätze erfordern, dass die Konstruktionsprinzipien sich verändern. Statt top-down Lösungsansätze mit ihren eigenen Komplexitätsproblemen zu verfolgen, geht die Orientierung in Richtung bottom-up und Self-X Eigenschaften. In diesem Sinne werden traditionelle Technologien lebendig, wie beispielsweise in der synthetischen Biologie. So orientiert sich das neue Paradigma am „let it grow“ oder den „living technologies“ mit ihren spezifischen Problemen und Zugängen (Bedau 2010).

Diese Entwicklungen der konvergierenden Technologien bringen auch Implikationen für die Regulierung mit sich. Die Innovationspolitik muss berücksichtigen, dass es sich bei diesen Technologien um „enabling“ und „general purpose technologies“ handelt. Diese generieren in der Regel keine neuen Produkte, sondern verbessern die Performanz der bestehenden oder verändern die Produktionsprozesse. Von daher ergeben sich erhebliche Herausforderungen an die wirtschaftspolitischen Ansätze (Bresnahan/Trajtenberg 1995).

Was die politische Steuerung betrifft, können Einpunktlösungen zur Bewältigung von Problemlagen technologischer Entwicklungen den Erfordernissen nicht mehr ansatzweise gerecht

werden. Die Converging Technologies, so wie sie in der aktuellen Diskussion gefasst werden, erweisen sich selbst wiederum als hochgradig komplex, indem unterschiedliche Wissenschaftszweige und Technologien perspektivisch miteinander verschmelzen. Dem Zusammenwachsen und der Verschmelzung der Technologien wird eine erhebliche gesellschaftliche Dynamik zugesprochen. Aus der Sicht der Bundesregierung erfordert dieses Feld eine intensive, alle Anspruchsgruppen einbeziehende Debatte um die „Steuerungsfähigkeit der Konvergierenden Technologien durch eine engagierte Innovations- und Forschungspolitik“ (BMBF 2006).

### Literatur

- Bedau, M. A. / McCaskill, J.S. / Packard, N.H. / Rasmussen, St.: Living Technology: Exploiting Life's Principle in Technology. In: Artificial Life 16/2010, S. 89-97.
- BMBF: Nano-Initiative – Aktionsplan 2010. Berlin/Bonn 2006.
- Bresnahan, T.F. / Trajtenberg, M.: General purpose technologies 'Engines of Growth'? In: Journal of Econometrics 65/1995, S. 83-108.
- von Gleich, A. / Pade, Chr. / Petschow, U. / Pissarskoi, E.: Potentials and Trends in Biomimetics. Heidelberg 2010.
- IÖW / Uni Hannover / FU Berlin: Selbstorganisierende adaptive Systeme – Analyse der Chancen und Risiken sowie der Gestaltungsansätze neuer IKT Ansätze. Unveröff. Studie für das BMBF. Berlin, Bonn 2010.
- Priami, C.: Complexity and Systemics. Expert Report for the Expert Group "Key Technologies for Europe". Brüssel 2005.

### AUTOREN + KONTAKT

**Ulrich Petschow** ist Leiter des Forschungsfeldes Umweltökonomie und -politik am Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW),  
**Eugen Pissarskoi** ist Research Fellow am IÖW.

IÖW, Potsdamer Str. 105, 10785 Berlin.  
Tel.: +49 30 884594-0,

E-Mail: Ulrich.Petschow@ioew.de,  
Eugen.Pissarskoi@ioew.de,  
Internet: <http://www.ioew.de>



## Vom Ende eines Mythos

Marode Atomlager, störungsanfällige Kernkraftwerke, AKW-Laufzeitverlängerungen durch die neue Bundesregierung, Lobpreisungen der Atomlobbyisten: Die Debatte um die Nutzung der Atomkraft ist aktueller denn je. Der Band »Mythen der Atomkraft« liefert das überfällige, atomkritische Know-how zur Debatte, zeigt Alternativen und entlarvt die Kernkraft als das, was sie ist: eine unverantwortliche und teure Risikotechnologie.

G. Rosenkranz

### Mythen der Atomkraft

Wie uns die Energielobby hinters Licht führt

quergedacht Band 1, 109 Seiten, 8,95 EUR, ISBN 978-3-86581-198-1  
Erhältlich bei [www.oekom.de](http://www.oekom.de), [kontakt@oekom.de](mailto:kontakt@oekom.de)

Die guten Seiten der Zukunft



(c) 2010 Authors; licensee IÖW and oekom verlag. This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivates License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.