

# Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse als Partner von Technik und Innovation

A. Grunwald, ITAS

## Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse – ein Überblick

Technikfolgenabschätzung (TA) und Systemanalyse sind seit Jahrzehnten Bestandteil der Forschung im Forschungszentrum Karlsruhe. Das vorliegende Heft gibt einen Überblick über aktuelle Projekte mit dem Schwerpunkt auf Themen, die engen Bezug zu naturwissenschaftlich-technischen FuE-Arbeiten im Forschungszentrum Karlsruhe haben.

### Ziele

Technikfolgenabschätzung (TA) und Systemanalyse erarbeiten und vermitteln Wissen über die Folgen menschlichen Handelns und über ihre Bewertung in Bezug auf die Entwicklung und den Einsatz von neuen Technologien. Sie unterstützen dadurch Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und die Öffentlichkeit, Zukunftsentscheidungen auf der Basis des besten verfügbaren Wissens und rationaler und transparenter Bewertungen zu treffen. Sie stellen Methoden und wissenschaftliche Infrastruktur innerhalb und außerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft bereit und entwickeln Modelle zur aktiven Mitgestaltung der Schnittstelle zwischen naturwissenschaftlich-technischer Helmholtz-Forschung und öffentlichen Debatten. Das durch Systemanalyse und TA erarbeitete Wissen ist charakterisiert durch:

*Praxisbezug:* Systemanalyse und TA erarbeiten Wissen vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Debatten und Entscheidungsnot-

wendigkeiten über Wissenschaft, Technik und Technikfolgen.

*Zukunftsbezug:* Forschungsarbeiten in Systemanalyse und TA haben grundsätzlich einen *prospektiven* Anteil: sie dienen der Gestaltung zukünftiger Technik und ihrer Rahmenbedingungen.

*Systembezug:* Untersuchungsgegenstände sind übergreifende systemische Zusammenhänge zwischen Wissenschaft bzw. Technik, Umwelt und gesellschaftlichen Wandlungsprozessen.

*Orientierungsleistung:* Orientierungswissen als Entscheidungsunterstützung enthält auch Bewertungen. Das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung spielt dabei eine hervorgehobene Rolle.

### Zur Geschichte

Systemtechnische und systemanalytische Verfahren wurden zunächst in den fünfziger und sechziger Jahren im großtechnischen Bereich entwickelt, u.a. in Kraftwerksbau, Luft- und Raumfahrt sowie im Militär. Ingenieurtechnische Verfahren der Risikoabschätzung im Kernenergiebereich reichen in diese Zeit zurück. Gesellschaftliche Belange, Akzeptanzfragen und Konfliktpotentiale, Nebenfolgen von Technik sowie die zunehmende Komplexität von Entscheidungen über Technik führten ab Ende der sechziger Jahre zur Entstehung der TA [1]. Ihr Grundgedanke ist, im Vorfeld von Entscheidungen über Technik nicht nur auf die verfolgten Ziele und die eingesetzten Mittel, sondern auch auf mögliche Nebenfolgen für Gesellschaft, Individuen und Umwelt zu

schauen, um auf diese Weise die Chancen von Technik bestmöglich nutzen und Risiken minimieren zu können.

### Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse im Zentrum

Systemanalyse und TA in Deutschland hatten früh einen Platz in der Helmholtz-Forschung (vor allem in den Zentren Jülich, Karlsruhe und im DLR). Das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS, [www.itas.fzk.de](http://www.itas.fzk.de); Leitung Prof. Dr. Armin Grunwald) ging 1995 aus der Abteilung für Angewandte Systemanalyse (AFAS) hervor, die selbst 1975 gegründet worden war. ITAS betreibt seit 1990 das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB; Grunwald/Petermann in diesem Heft; als Beispiel einer TAB-Studie Grunwald et al. zur Kernfusion). Die Zentralabteilung Technikbedingte Stoffströme des Instituts für Technische Chemie (ITC-ZTS, [www.itc-zts.de](http://www.itc-zts.de); Leitung Prof. Dr. Liselotte Schebek) wurde 1999 gegründet. Forschungsschwerpunkte sind Analyse und Bewertung anthropogener Stoffströme im Kontext ihres Technikbezugs. ITC-ZTS betreibt die Geschäftsstelle des Netzwerks Lebenszyklusdaten (Bauer/Schebek in diesem Heft).

Die Arbeiten von ITAS und ITC-ZTS sind im Helmholtz-Programm „Nachhaltige Entwicklung und Technik“ des Forschungsbereichs „Erde und Umwelt“ konzentriert [2], S. 407 ff. Sie bilden dort – neben den technisch orientierten Themen Wasserregenerierung, Kohlenstoffmanagement,

Abfallbehandlung und Baustoffe – ein eigenes Programmthema, gemeinsam mit entsprechenden Aktivitäten des Forschungszentrums Jülich. Im Forschungszentrum Karlsruhe sind TA und Systemanalyse im Programm UMWELT, sowie, in einem kleinen Anteil, im Programm NANO integriert.

## Forschungsfelder

### *Stoffströme und Ressourcenmanagement*

Nachhaltige Entwicklung stellt für Helmholtz-Forschung eine wesentliche Herausforderung dar [2]. Wesentliches Ergebnis des vom ITAS koordinierten HGF-Verbundprojektes „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“ [3] war die Entwicklung des integrativen Konzeptes nachhaltiger Entwicklung und seine Anwendung auf Deutschland (Kopfmüller in diesem Heft; Jörissen/Stelzer zur Nachhaltigkeit im Aktivitätsfeld Wohnen/Bauen). Dies Konzept wird zurzeit auch in einer Reihe von Nachhaltigkeitsprojekten außerhalb der HGF angewendet [4].

Der Grad der Nachhaltigkeit einer Gesellschaft wird wesentlich durch den Umgang mit ihren stofflichen Grundlagen beeinflusst: anthropogene Stoffströme haben auf unterschiedlichen Ebenen und Zeitskalen wirtschaftliche, umweltrelevante und soziale Auswirkungen. Eine nachhaltigkeitsorientierte Stoffpolitik bedingt eine ganzheitliche Sichtweise von Stoffströmen unter Berücksichtigung der Zusammenhänge zwi-

schen Inputseite (Ressourceneinsatz) und Outputseite (Emissionen, Abfälle usw.) und verlangt integrierte Bewertungsmethoden. Die Forschungsziele sind

- Verbesserung des Verständnisses anthropogener Stoffströme, ihrer Ursachen und ihrer Folgewirkungen
- Entwicklung und Weiterentwicklung von Methoden der Analyse, Bewertung und Steuerung von Stoffströmen
- Erarbeitung von Vorschlägen und Strategien für eine nachhaltige Ressourcennutzung

Themenfelder sind vergleichende Untersuchungen zu der Frage, wie durch Entwicklung und Einsatz alternativer Rohstoffe, Werkstoffe, Produkte und Energieträger, durch neuartige Produktions- und Fertigungsprozesse oder durch effizientere Kreislaufführung eine nachhaltiges Wirtschaften der Industriegesellschaft zu erreichen ist. Dabei spielen sowohl der Anschluss stoffstromanalytischer Methoden und Bewertungsverfahren an Innovationsprozesse als auch Betrachtungen zu rechtlichen, wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen ein. In diesem Heft werden systemanalytische Arbeiten zur Gaserzeugung aus Biomasse (Leible et al.), zur Mitverbrennung von Abfällen bei der Zementherstellung (Achterbosch et al.), zu Stoffstromproblemen der Nutzung von Beton (Jeske) und zur Optimierung umweltrelevanter Prozesse (Ackermann) vorgestellt.

### *Innovation, Schlüsseltechnologien und Technikfolgen*

Bei vielen Schlüssel- und Querschnittstechnologien werden Technikfolgen häufig erst bei der verbreiteten Nutzung dieser Technik und bei den durch ihre Verwendung ausgelösten technischen, ökonomischen, ökologischen oder sozialen Veränderungen relevant. Sie sind in frühen Stadien der Technikentwicklung kaum oder nur mit großen Unsicherheiten prospektiv einzuschätzen (für die Nanotechnologie vgl. Fiedeler et al. in diesem Heft). Für eine prospektive TA hat deshalb das Verstehen von Innovationsprozessen sowie der fördernden oder hemmenden Faktoren eine große Bedeutung. Entsprechende Arbeiten haben für viele Adressaten als Basis von Entscheidungsfindung und Strategieentwicklung (Technikgestaltung, „nachhaltige Technikentwicklung“, politisches Innovationsmanagement) einen hohen wissenschaftlichen und informatorischen Wert. Die Forschungsziele sind

- Verständnis der gesellschaftlichen Mechanismen der Technikgenese und Technikgestaltung in frühen Phasen der Entwicklung.
- Erforschung des Zusammenhangs zwischen technischen Inventionen und ökonomischen Innovationen, insbesondere in Bezug auf außerökonomische (z.B. kulturelle und soziale) Faktoren.
- Abschätzung der Technikfolgen sowie Bewertungen unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit.

- Nutzung dieser Erkenntnisse zur Entscheidungsvorbereitung und -unterstützung.

### Wissenschaft, Technik und gesellschaftlicher Wandel

Die gegenwärtig wohl wichtigste gesellschaftliche Entwicklung besteht in der radikalen Änderung der Wissensstruktur. Davon sind betroffen die Produktionsformen, der Zugang, die Verteilung und die Nutzungsweisen des Wissens, wie sie durch das Stichwort der Wissensgesellschaft beschrieben wird. Angetrieben durch die Verbreitung der Informations- und Kommunikationstechnologien wächst die Bedeutung des Wissens in ökonomischer, sozialer und politischer Hinsicht. Wissenspolitik und Wissensmanagement werden zu neuen gesellschaftlichen Handlungsfeldern. Dies hat erhebliche Folgen, z.B. für die Wissenschaft selbst (hierzu Orwat/Holtmann im vorliegenden Heft zum Grid-Computing) oder für außerwissenschaftliche Bereiche wie die Arbeitswelt (vgl. Krings in diesem Heft). Die Forschungsziele sind

- Beobachtung von und Reflexion auf Veränderungen der Wissensordnung, der Wissensproduktion und -distribution mit ihren Folgen für gesellschaftliche Entscheidungsprozesse, für den Bedarf an wissenschaftlicher Beratung und für Anforderungen an problemorientierte Forschung.
- Analyse und Bewertung von Form und Funktion wissenschaftlicher Expertise in unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen.

- Weiterentwicklung der Konzepte, Ansätze und Methoden der Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse als Forschung und Beratung.

### Methoden

Wissenschaftlichkeit, Transparenz und Zuverlässigkeit der Ergebnisse von TA und Systemanalyse hängen – wie in anderen Forschungsbereichen auch – von einem sorgfältigen und reflektierten Methodeneinsatz ab. Folgende erhebliche methodische Schwierigkeiten zeigen sich:

- die Datenerhebung und -erfassung zu anthropogenen Stoffströmen steht vor der Situation, dass Datenbestände verstreut vorliegen, nicht kompatibel sind oder nicht publik gemacht werden;
- *prospektives* Wissen ist nur unter Bedingungen der Unsicherheit und Unvollständigkeit des Wissens zu erhalten; dies führt auf Probleme der Einschätzung der Zuverlässigkeit von Zukunftswissen;
- Problemorientierung und Entscheidungsbezug erfordern interdisziplinäre Herangehensweisen, die zum großen Teil eine sehr weite Spanne zwischen Natur-, Technik- und den Gesellschaftswissenschaften abdecken müssen;
- in der Bewertung von Technikfolgen oder Stoffströmen haben die Bewertungskriterien häufig eine ethische oder politische Dimension und sind selbst umstritten;

- dies betrifft auch die Erarbeitung von politisch-gesellschaftlichen Handlungsstrategien (z.B. für Nachhaltigkeit) und dabei erforderliche Prioritätensetzungen und Bewertungsschritte [3];

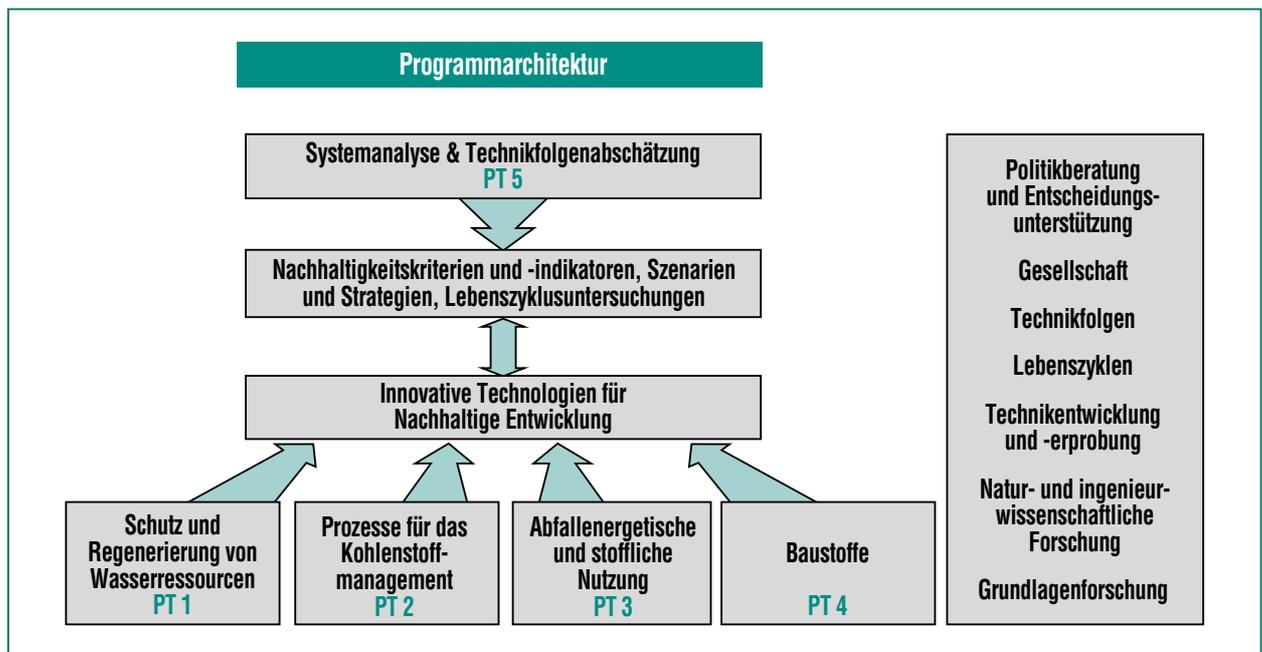
- die Notwendigkeit, gesellschaftliche Gruppen oder Stakeholder einzubeziehen, wirft die Frage auf, wie sich deren eingebrachtes Wissen zu dem wissenschaftlich erhobenen Wissen verhält;

- auch bei sorgfältigster Methoden-anwendung besteht kein Automatismus, dass sich Technikkonflikte dadurch „objektiv“ entscheiden lassen.

Methodenentwicklung und -weiterentwicklung haben von daher zentrale Bedeutung für TA und Systemanalyse. Dies gilt sowohl in Bezug auf die Adressaten, um den Status, das Zustandekommen und die Qualität der Ergebnisse transparent darstellen zu können. Es gilt aber auch in Bezug auf die Wissenschaften, da Methodenentwicklung selbst eine genuin wissenschaftliche Aufgabe darstellt.

### Perspektiven

Im Rahmen der Helmholtz-Evaluierung 2003 wurde bescheinigt, dass die Forschungsthemen relevant gewählt seien, gemessen an dem gesellschaftlichen Bedarf, die wissenschaftliche Qualität sei hoch, teils exzellent, Systemanalyse und TA seien von großer Signifikanz und Bedeutung für die gesamte HGF, und diese Bedeutung werde zukünftig weiter wachsen. Dies bedeutet einer-



**Abb. 1: Programmarchitektur.**

seits eine Aufwertung des *wissenschaftlichen* Ansehens der Systemanalyse und TA und die Verpflichtung, dieses weiter auszubauen; andererseits geraten Systemanalyse und TA stärker ins Rampenlicht der HGF, wenn sie, wie die Gutachter und dann auch der Senat empfehlen, sich stärker an der Identifikation von Zukunftsthemen beteiligen und das gesellschaftliche Umfeld für die Helmholtz-Forschung (Wirtschaftlichkeitsfragen, Akzeptanz, Hemmnisse der Implementation und Maßnahmen zu ihrer Überwindung) sowie ihre Nachhaltigkeitsrelevanz untersuchen.

Systemanalyse und TA einerseits und die naturwissenschaftlich-technischen Einrichtungen verstehen sich im Zuge der POF verstärkt als Partner, die in gemeinsame Vorhaben je verschiedene Wissensbestände einbringen, durch deren Integration ein erkennbarer Mehrwert entsteht. Etabliert ist dies bereits seit geraumer Zeit im Bereich der Biomasse, wo systemanalytische Arbeiten die technische Entwicklung begleiten und orientieren helfen (Leible et al. in diesem Heft). Andere Beispiele sind Baustoffe (Jeske in diesem Heft), die Nanotechnologie (Fiedeler et al.

in diesem Heft) oder die gerade entstehende Kooperation im Grid-Computing (Orwat/Holtmann in diesem Heft). Auf diese Weise wird der integrierte Ansatz einer Kooperation von Systemanalyse/TA und den technischen FuE-Vorhaben Realität (Abb. 1). Für die Realisierung dieses ambitionierten Ansatzes existieren im Forschungszentrum Karlsruhe gute Voraussetzungen, die es zu nutzen und weiter auszubauen gilt.

## Literatur

- [1] A. Grunwald, *Technikfolgenabschätzung – eine Einführung*, Berlin (2002)
- [2] A. Grunwald (Hg.), *Technikgestaltung für nachhaltige Entwicklung, Von der Konzeption zur Umsetzung*. Berlin (2002)
- [3] R. Coenen, A. Grunwald, *Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland, Analyse und Lösungsstrategien*, Berlin (2003)
- [4] *Schwerpunktthema „Das integrative Nachhaltigkeitskonzept der HGF im Spiegel der Praxis“*, *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 12 (2003), Heft 3/4.