

Juni 1998



**TAB**

---

<b>TAB-Intern</b>	<b>3</b>	<i>TAB-Berichte und ihre parlamentarische Beratung</i>
<b>Schwerpunkt</b>	<b>4</b>	<i>Monotonie im Züchtungsgarten: Bedrohung der biologischen Vielfalt?</i>
<b>TA-Projekte</b>	<b>9</b>	<i>Die Niederlande als Vorreiter einer nachhaltigen FuT-Politik?</i>
	<b>12</b>	<i>Strategien zur Bewältigung des wachsenden Verkehrsaufkommens</i>
	<b>16</b>	<i>Photovoltaik, Supraleitung, Gasturbinen – Fortschritte durch neue Materialien?</i>
	<b>18</b>	<i>Brennstoffzellen – Themenschwerpunkte und leitende Fragestellungen</i>
	<b>20</b>	<i>TAB-Workshop zum Klonen von Tieren</i>
<b>Monitoring</b>	<b>23</b>	<i>Xenotransplantation: Tiere als Lebensretter?</i>
<b>TA-Aktivitäten im In- und Ausland</b>	<b>24</b>	<i>Das Institut für Technologische Zukunftsforschung der Europäischen Kommission</i>
<b>Verfügbare Publikationen</b>	<b>26</b>	

## ARBEITSBEREICHE UND PROJEKTE DES TAB

Leiter  
Stellvertreter

*Prof. Dr. Herbert Paschen  
Dr. Thomas Petermann*

Sekretariat

*Kirsten Lippert  
Gabriele Brunschede*

### TA-Projekte

Entwicklung und Analyse von Optionen zur Entlastung des Verkehrsnetzes und zur Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger

*Prof. Dr. Herbert Paschen  
Torsten Fleischer  
Dr. Günter Halbritter*

Neue Materialien zur Energieeinsparung und zur Energieumwandlung

*Torsten Fleischer  
Dr. Dagmar Oertel*

Umwelt und Gesundheit

*Dr. Rolf Meyer  
Dr. Christoph Revermann  
Dr. Arnold Sauter*

Entwicklung und Folgen des Tourismus

*Dr. Thomas Petermann*

Gentechnik, Züchtung und Biodiversität

*Dr. Arnold Sauter  
Dr. Rolf Meyer  
Dr. Christoph Revermann*

Forschungs- und Technologiepolitik für eine nachhaltige Entwicklung

*Dr. Leonhard Hennen*

Klonen von Tieren

*Dr. Christoph Revermann  
Dr. Leonhard Hennen  
Dr. Rolf Meyer  
Dr. Arnold Sauter*

Brennstoffzellen-Technologie

*Dr. Dagmar Oertel  
Torsten Fleischer*

### Monitoring-Vorhaben

Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik

*Dr. Leonhard Hennen*

Gendiagnostik/Gentherapie

*Dr. Thomas Petermann  
Dr. Christoph Revermann  
Dr. Arnold Sauter*

Nachwachsende Rohstoffe

*Dr. Rolf Meyer*

Xeno-Transplantation (TA-Monitoring)

*Dr. Thomas Petermann  
Dr. Arnold Sauter*

### Konzepte und Methoden

Diskurse und TA

*Dr. Leonhard Hennen*

# TAB-Berichte und ihre parlamentarische Beratung

In der letzten Ausgabe des TAB-Briefes (Nr. 13, Dezember 1997) wurde über die Rezeption und Nutzung der TAB-Arbeit im Deutschen Bundestag ausführlich berichtet. An zahlreichen Beispielen wurden die Beratungsprozesse, die durch TAB-Berichte angestoßen worden sind, nachgezeichnet. Für ein Verständnis der Wirkung der Arbeit des TAB ist es wichtig, sich klar zu machen, daß Umsetzungsprozesse von der Wissenschaft in die politische Praxis langwierig und komplex sind. Dieses Thema soll im Blick auf zwei z.Z. im Parlament diskutierte TAB-Berichte nochmals aufgegriffen werden.

## TAB-Bericht "Auswirkungen moderner Biotechnologien auf Entwicklungsländer und Folgen für die zukünftige Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Entwicklungsländern"

Dieser Bericht wurde am 16.01.1997 an die Ausschüsse zur Beratung überwiesen; der Ausschuß für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung im Bundestag (AWZ) wurde als federführend, die Ausschüsse für Wirtschaft, für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie für Bildung, Wissenschaft, Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung als mitberatend bestimmt. Gemäß dem üblichen Verfahren begann der AWZ seine Beratungen, nachdem die Voten der anderen Ausschüsse eingegangen waren. Ein sichtbares Resultat lag dann am 11.02.1998 vor: Nach einem intensiven Abstimmungsprozeß im Ausschuß einigten sich die Fraktionen von CDU/CSU, SPD und F.D.P. auf einen sehr ausführlichen Entschließungsantrag zum TAB-Bericht. Bündnis 90/DIE GRÜNEN wollten sich diesem – aufgrund einer einzigen Passage im Antrag – nicht anschließen; ein Antrag der Gruppe der PDS wurde abgelehnt.

In 29 Spiegelstrichen wurden auf der Basis des TAB-Berichtes (Bundestags-Drucksache 13/4933) Empfehlungen zu folgenden sieben Themenfeldern gegeben: zu den Bemühungen zum Erhalt der biologischen Vielfalt, bezüglich der zunehmenden weltweiten wirtschaftlichen Konkurrenz im Bereich der modernen Biotechnologien, zur Förderung einer nachhaltigen und umweltverträglichen Landwirtschaft, in bezug

auf biotechnologische Forschung im Nutzpflanzenbereich sowie im human- und tiermedizinischen Bereich, hinsichtlich der Einführung neuer Techniken als solche und der Gleichberechtigung in der Entwicklungszusammenarbeit sowie im Bereich der Eigentumsrechte.

Als übergeordnete und leitende Ziele nennt der Antrag die Schaffung fairer, international gültiger Rahmenbedingungen, eine kontinuierliche kritische Begleitung der Einführung und Nutzung moderner Biotechnologien in Entwicklungsländern, eine besondere Beachtung soziokultureller Zusammenhänge und möglicher ökologischer Folgen, die Notwendigkeit der Angepaßtheit und Anpassung biotechnologischer Verfahren an die jeweiligen Bedingungen und Bedürfnisse und das Prinzip eines gerechten Ausgleichs der Vorteile aus der industriellen Nutzung genetischer Ressourcen ("benefit sharing").

Erfreulich ist, daß der Bericht des TAB auch nach seinem dritten Geburtstag (er stammt aus dem Mai 1995) noch als nützliche und weiterführende Beratungsgrundlage behandelt wurde, obwohl der modernen Biotechnologie der Ruf einer sehr dynamischen Entwicklung vorauseilt. Dies bestätigt zum einen die Einschätzung des Berichts, daß kurzfristig wohl kaum Produkte und Verfahren speziell für Entwicklungsländer entstehen werden, zum andern, daß das Hauptaugenmerk vor allem auf den mittel- und langfristigen Umgang mit der Biotechnologie und ihren Nutzen für wirkliche Problemlösungen gelegt werden sollte.

## TAB-Bericht "Entwicklung und Folgen des Tourismus"

Dieser Bericht des TAB wurde am 05.02.1998 – nach einer Debatte im Plenum – als Bundestags-Drucksache (13/9446) an die Ausschüsse überwiesen – zusammen mit einem Antrag der Fraktion Bündnis 90/DIE GRÜNEN. Federführend ist der Ausschuß für Fremdenverkehr und Tourismus, als mitberatend sind der Umwelt-, Wirtschafts- und Forschungsausschuß benannt.

Im Zuge der Beratungen im Forschungsausschuß einigten sich alle Fraktionen auf einen gemeinsamen Antrag. Darin wird dem federführen-

den Ausschuß empfohlen, die Bundesregierung aufzufordern, ein interministeriell abgestimmtes, praxisorientiertes Forschungsprogramm zum Tourismus als Bedürfnis- und Handlungsfeld zu erarbeiten. Im Umweltausschuß wurde der TAB-Bericht "einvernehmlich" zur Kenntnis genommen. Ein Antrag der SPD-Fraktion und der Antrag von Bündnis 90/DIE GRÜNEN wurden mit den Stimmen der Mehrheit der Regierungsfractionen abgelehnt.

Im federführenden Ausschuß standen der Bericht und alle hierzu vorgelegten Anträge als Beratungsgrundlage bislang zweimal auf der Tagesordnung. Die Fraktionen der CDU/CSU legten dort bislang keinen Antrag vor. Eine abschließende Bewertung ist für eine Sitzung am 23.6. vorgesehen, dann will man versuchen, eine gemeinsame Empfehlung zu verabschieden.

## Beratung als Prozeß

Beide Beratungen zeigen einige typische Charakteristika der parlamentarischen Rezeption:

- Zum einen benötigt eine ernsthafte Beratung eines komplexen Themas mit dem Ziel einer (gemeinsamen) Empfehlung Zeit.
- Zum zweiten findet nicht nur ein Austausch von Argumenten statt. Damit nämlich der Bundestag politische Impulse geben kann, z.B. indem er die Bundesregierung zum Handeln auffordert und Empfehlungen ausspricht, muß in den Ausschüssen eine Mehrheit für eine entsprechende Initiative gefunden werden. Dazu sind auch politische Abstimmungsprozesse und die Suche nach Kompromissen notwendig.
- Drittens ist es bei der Würdigung der Wirkung eines TAB-Berichtes notwendig, nicht nur das sichtbare Resultat, sondern auch die "unsichtbaren" Folgen ausführlicher Beratungen in den Fraktionen und den Ausschüssen mit einzubeziehen: Die Fraktionen müssen intern ihre Position suchen, sich mit den Informationen und Argumenten des Berichtes und insbesondere den darin entwickelten Handlungsoptionen auseinandersetzen und Gründe für ihre eigenen Wertungen und Handlungsperspektiven formulieren.

Schwerpunkt: Gentechnik, Züchtung und Biodiversität

# Monotonie im Züchtungsgarten: Bedrohung der biologischen Vielfalt?

Endlose Reihen gleichartiger Superpflanzen – überaus ertragreich und pflegeleicht, resistent gegen Schädlinge wie gegen Trockenheit, maschinell zu ernten und besonders gut verwertbar: Dieses Bild wird oft heraufbeschworen, wenn es um die Zukunft der Gentechnik in der Nutzpflanzenzüchtung geht. Dabei assoziieren die Befürworter der Biotechnologie die Befriedigung des Nahrungsmittelbedarfes einer ständig wachsenden Weltbevölkerung sowie Umsatzzahlen und Aktienkurse, wohingegen Kritiker und Gegner vor der Zerstörung von in jahrtausendelanger Arbeit entstandener landwirtschaftlicher Vielfalt warnen. Solch extrem gegensätzliche Erwartungen kennzeichnen das Thema "Gentechnik, Züchtung und Biodiversität", mit dem sich das TAB im Rahmen eines TA-Projektes befaßte. Der Endbericht (TAB-Arbeitsbericht Nr. 55) wurde im April den parlamentarischen Berichterstattern vorgelegt.

Die Untersuchung des Themenfeldes "Gentechnik und Züchtung unter dem Aspekt der 'biologischen Vielfalt' im Agrarbereich" geht auf einen Vorschlag des Ausschusses für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten zurück und wurde im Herbst 1996 vom Ausschuß für Bildung, Wissenschaft, Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages beschlossen. Die Fragestellung wurde auf den Bereich der Pflanzenzüchtung eingegrenzt und sollte – so weit wie möglich – auf den deutschen Agrarbereich, unter Berücksichtigung der europäischen Rahmenbedingungen, beschränkt werden.

Zielsetzung des TA-Projektes war es zu untersuchen, welche negativen Einflüsse vom Einsatz der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung auf die Biodiversität ausgehen können, welche Beiträge Züchtung und Gentechnik zum Erhalt der Biodiversität leisten können und schließlich welche politischen Gestaltungsmöglichkeiten ableitbar sind. Es zeigte sich, daß eine Beschränkung auf eine technikzentrierte Perspektive bei diesem Thema unbefriedigend gewesen wäre. Insbesondere zur Frage der Erhaltungsmöglichkeiten pflanzengenetischer Ressourcen und biologischer Vielfalt allgemein erschien eine thematische Erweiterung notwendig, um die Bedeutung von Gentechnik und Züchtung im Rahmen der Gesamtproblematik darstellen zu können. Andererseits machten die umfangreichen inhaltlichen Zusammenhänge eine Beschränkung des bearbeiteten Themenspektrums notwendig. Eine grundlegende Ent-

scheidung war die Eingrenzung des TA-Projektes auf den Bereich der Pflanzenzüchtung.

Die Schwerpunkte des Berichtes bilden die Beschreibung von Wirkungsketten, die vom Einsatz neuer Pflanzensorten in der Landwirtschaft auf die Biodiversität ausgehen können, sowie eine Darstellung und Diskussion der Erhaltungsmöglichkeiten für biologische Vielfalt, insbesondere pflanzengenetische Ressourcen. Folgende vier Gutachten wurden vom TAB zur Darstellung des wissenschaftlichen Diskussionsstandes in Auftrag gegeben und ausgewertet:

- Zuchtziele konventioneller und gentechnischer Pflanzenzüchtung und die Bedeutung pflanzengenetischer Ressourcen (Prof. Dr. Wolfgang Friedt und Mitarbeiter, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Giessen)
- Direkte und indirekte Auswirkungen konventioneller und gentechnischer

nisch unterstützter Pflanzenzüchtung auf die Biodiversität (Dr. Stephan Albrecht, Prof. Dr. Volker Beusmann und Mitarbeiter, Forschungsschwerpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt [BIO-GUM], FG Landwirtschaft und Pflanzenzüchtung, Universität Hamburg)

- Evaluation von Ex-situ- und In-situ-Maßnahmen zur Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen sowie Ableitung von Handlungsbedarf und -ansätzen (parallel an Prof. Dr. Karl Hammer, Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung [IPK], Gatersleben, sowie Dr. Thomas Plän, Institut für Biodiversität und Naturschutz e.V. [IBN], Regensburg)

Der Umfang des Themas hat den Endbericht auf ein Volumen von über 300 Seiten anwachsen lassen. In diesem Artikel können daher lediglich einige Facetten der Themenvielfalt und ihrer Untersuchung im TA-Projekt dargestellt werden.

## Biodiversität und pflanzengenetische Ressourcen

Die biologische Vielfalt (Biodiversität) umfaßt die drei Ebenen der genetischen Vielfalt, der Artenvielfalt und der Ökosystemvielfalt. Von den geschätzten 10 bis 20 Mio. Arten auf der Erde sind erst etwa 1,75 Mio. wissenschaftlich erfaßt. Noch geringer sind die Kenntnisse über

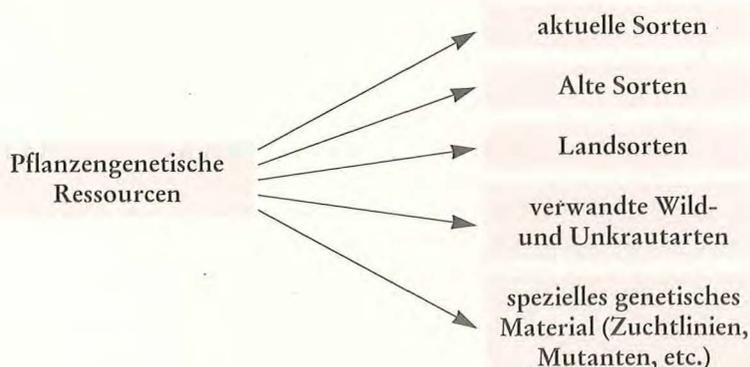


Abb.: Bestandteile der pflanzengenetischen Ressourcen

genetische Vielfalt innerhalb von Arten bzw. Populationen. Ebenso sind die Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Ökosystemvielfalt einerseits und genetischer und Artenvielfalt andererseits sowie über die Auswirkungen von Fragmentierung, Verkleinerung, Vereinfachung und Zerstörung von Ökosystemen auf die biologische Vielfalt sehr unvollständig.

Die pflanzengenetischen Ressourcen (PGR) umfassen das gesamte generative und vegetative Reproduktionsmaterial von Pflanzen mit aktuellem oder potentiell Wert für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Als Folge der Intensivierung der Agrarproduktion ist – nach einem Höhepunkt agrarischer Vielfalt um die Mitte des 19. Jahrhunderts – ein erheblicher Teil der PGR verloren gegangen bzw. bedroht. Die noch vorhandenen PGR sind unzureichend erfaßt, charakterisiert und evaluiert. Insbesondere fehlen Kenntnisse über die genetische Variation von PGR an den natürlichen Standorten sowie über die für die Erhaltung der genetischen Vielfalt nötige Mindestgröße von Populationen.

### Pflanzenzucht und Biotechnologie

Als Pflanzenzucht wird die gezielte Entwicklung von neuen Pflanzensorten mit neuen, gewünschten Eigenschaften bezeichnet. Die Pflanzenzucht ist auf die Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen angewiesen, denn neue Pflanzensorten werden durch Neukombination von Eigenschaften aus bereits vorhandenem Material gewonnen.

Die Zuchtziele – d.h. die neuen, gewünschten Eigenschaften – ergeben sich aus den Ansprüchen der Landwirtschaft, der nachgelagerten Industrien und der Verbraucher sowie den saattrechtlichen Voraussetzungen für die Sortenzulassung. Die Zuchtziele lassen sich einteilen in die Bereiche Ertragssteigerung, Ertragssicherung und Qualitäts- bzw. Verwertungseigenschaften.

Die kommerzielle Pflanzenzucht konzentriert sich aus ökonomischen Gründen auf wenige Hauptfruchtarten.

Seit den 50er Jahren hat ein Konzentrationsprozeß bei den angebauten Kulturarten und Sorten stattgefunden, wobei seit Mitte der 80er Jahre ein schnellerer Sortenwechsel zu beobachten ist. Allerdings ist die genetische Diversität zwischen den Sorten vermutlich oftmals gering. Während in vielen Industrieländern Großunternehmen den Saatgutmarkt dominieren, wird die Situation in Deutschland durch eine Vielzahl kleiner und mittlerer Züchtungsunternehmen geprägt. Die moderne biotechnologische, insbesondere die gentechnisch unterstützte Züchtung stellt für die mittelständisch strukturierte deutsche Pflanzenzucht eine Herausforderung dar, weil sie mit hohen Kosten verbunden und der Zugang zu Genkonstrukten infolge der Patentierung unter Umständen nicht gesichert ist.

Pflanzenzucht und landwirtschaftlicher Anbau sind im weitesten Sinne zur "Biotechnologie" zu zählen, stellen sie doch eine gezielte Nutzung und Beeinflussung biologischer Prozesse für menschliche Zwecke dar. Mit den allgemeinen Fortschritten von Molekularbiologie und Genetik hat sich die moderne Biotechnologie entwickelt und zunehmende Bedeutung sowohl für die Pflanzenzucht als auch für den Erhalt pflanzengenetischer Ressourcen erlangt. Zur modernen Biotechnologie zählen die Zell- und Gewebekulturtechniken, die molekularbiologischen Techniken und die Gentechnik.

### Rechtliche Regulierung

Das *Sortenschutzrecht* stellt als privates Ausschließlichkeitsrecht die rechtliche Voraussetzung für die Refinanzierung der Züchtungsinvestitionen dar, während das Saatgutverkehrsgesetz den Handel von Saat- und Pflanzgut zum Schutz der Verbraucher regelt. Sorten, die über keine Zulassung verfügen, dürfen auch nicht gehandelt werden. Die derzeit geltenden Zulassungskriterien für neue Sorten verhindern die Handelbarkeit vieler Alter Sorten sowie von Land- und Hofsorten und wirken sich dadurch ungünstig auf die pflanzenge-

netische Vielfalt im Anbau aus. Nicht nur die Zulassungskriterien Homogenität und Beständigkeit, sondern auch die bisherige Praxis der Auslegung des Kriteriums "landeskultureller Wert" in Richtung Ertrags-, Resistenz- und Qualitätseigenschaften können die Diversifizierung der Zuchtziele und damit der Pflanzensorten einschränken.

Im Hinblick auf das Verhältnis zwischen Sortenschutz und *Patentrecht* wird die Befürchtung geäußert, daß die konventionelle bzw. traditionelle Züchtung in Zukunft durch die neuen Schutzelemente, die aufgrund der spezifischen Anforderungen bio- und insbesondere gentechnologischer Methoden nötig wurden, behindert werden könnte. Der Saatgutmarkt drohe dadurch eine unerwünschte Entwicklung in Richtung einer zunehmenden Konzentration, bei bestimmten Pflanzenarten gar Monopolisierung zu nehmen.

### Auswirkungen neuer Sorten auf die biologische Vielfalt

Direkte Auswirkungen neuer Sorten können auf innerartlicher Ebene die (genetische) Vielfalt der zugelassenen und angebauten Sorten, auf Speziesebene die Zahl der angebauten Kulturarten und auf Ökosystemebene die Mengenanteile der Kulturarten sowie die Fruchtfolgen betreffen. Die Wahl einer neuen, vorzüglichen Sorte kann im Einzelbetrieb oder auch in einer Region – je nach Rahmenbedingungen – entweder eine Ausweitung oder (z.B. im Falle einer Abnahmebegrenzung) eine Einschränkung der Anbauflächen nach sich ziehen. Dadurch kann wiederum die Anbauvielfalt verringert oder erhöht bzw. als Folge von Extensivierungen oder gar Flächenstillegungen das Agrarökosystem grundlegender beeinflusst werden. Es ist – auf der Grundlage der vorliegenden Informationen – nicht plausibel, von der modernen (konventionellen oder gentechnisch unterstützten) Pflanzenzucht derart überlegene neue Sorten zu erwarten, die (in Deutschland und/oder Europa) großflächig und in einem Umfang angebaut werden, daß daraus ge-

genüber der bestehenden Situation eine spürbare Einengung der Arten- und Sortenvielfalt resultieren würde. Vielmehr werden kurz- und mittelfristig – und aller Voraussicht nach auch langfristig – andere Faktoren, wie die agrarpolitischen Rahmenbedingungen, die weltweite Nachfrage nach Agrarprodukten oder auch geographische Restriktionen, die entscheidenden Einflüsse auf Art und Umfang der angebauten Kulturarten und Sorten ausüben.

Indirekte Auswirkungen des Einsatzes neuer Pflanzensorten können sowohl die inter- und intraspezifische Vielfalt der Agrarökosysteme (abgesehen von den angebauten Kulturpflanzen selbst) als auch die der umgebenden oder über Wirkungsketten verbundenen Ökosysteme betreffen. Zwei po-

Tab. 2: Systematik der Auswirkungen neuer Sorten auf die biologische Vielfalt

<i>Ebene</i>	<i>direkte Auswirkungen</i>	<i>indirekte Auswirkungen</i>
<b>genetische Vielfalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ genetische Diversität der Sorten</li> <li>■ Sortenvielfalt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ genetische Diversität der verbundenen Fauna und Flora</li> </ul>
<b>Artenvielfalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kulturarten im Anbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ackerbegleitflora (Bei- und Unkräuter)</li> <li>■ Pflanzenkrankheiten</li> <li>■ Schädlinge und Nützlinge</li> <li>■ Bodenlebewesen</li> </ul>
<b>Ökosystemvielfalt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fruchtfolgen</li> <li>■ landwirtschaftliche Flächennutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Agrarökosysteme</li> <li>■ angrenzende Ökosysteme</li> </ul>

tentielle Einwirkungspfade wurden im TA-Projekt analysiert: einerseits die Folgen einer veränderten Anbaupraxis,

die aus den Eigenschaften neuer Sorten resultieren können, andererseits mögliche Auswirkungen der Einbringung neuer Merkmale durch Verwilderung und Auskreuzung oder horizontalen Gentransfer. Einflüsse werden insbesondere auf Bodenlebewesen, Ackerbegleitflora, Pflanzenkrankheiten, Schädlinge und Nützlinge erwartet. Die Beeinflussung der Anbaupraxis durch die derzeit absehbaren gentechnisch veränderten Pflanzensorten sowie die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Biodiversität sind nur sehr eingeschränkt zu prognostizieren, zum einen wegen der Vielfalt der geographischen Regionen in Mitteleuropa, zum anderen wegen der Vielzahl interagierender Faktoren. Aus der – meist gentechnisch erfolgten – Übertragung monogener Resistenzen gegenüber Krankheiten und Schädlingen lassen sich vor allem Wirkungsketten hinsichtlich der Resistenzentwicklung ableiten, die u.U. von großer praktischer Relevanz sein werden. Eine schnelle Resistenzüberwindung durch Krankheitserreger oder Schädlinge stellt primär einen Nachteil der Sorte und ihres Anbaus selbst dar. Bei einem großflächigen Anbau von transgenen Sorten mit *Bacillus thuringiensis*-(B.t.)-Genen ist allerdings auch die bisherige Anwendung von B.t.-Präparaten im konventionellen und vor allem im ökologischen Landbau bedroht. Der großflächige Anbau von B.t.-Mais und B.t.-Baumwolle in den USA wird erste konkrete Hinweise lie-

Tab. 1: Sorteneigenschaften (für die in den nächsten 10 Jahren signifikante Veränderungen erwartet werden) mit potentiell indirekten Auswirkungen auf die biologische Vielfalt der Agrarökosysteme

<i>konventionelle Züchtung</i>	<i>gentechnisch unterstützte Züchtung</i>
<b>Ertragssteigerung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ertragssteigerung (Hybridsorten) (Winterroggen, Winterraps)</li> <li>■ Winterhärte (Winterhafer)</li> </ul>	
<b>Ertragsicherung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Virusresistenz (Gerste, Kartoffel)</li> <li>■ Toleranz gegen Wurzelbärtigkeit (<i>Rhizomania</i>) (Zuckerrübe)</li> <li>■ Resistenz gegen <i>Phytophthora</i> (Kartoffel)</li> <li>■ Toleranz gegen Rübenzystemnematoden (Zuckerrübe, Ölrettich, Senf)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Herbizidresistenz (Mais, Zuckerrübe, Winterraps)</li> <li>■ Virusresistenz (Kartoffel)</li> <li>■ Resistenz gegen Wurzelbärtigkeit (<i>Rhizomania</i>) (Zuckerrübe)</li> <li>■ Resistenz gegen <i>Phytophthora</i> (Kartoffel)</li> <li>■ Resistenz gegen Rübenzystemnematoden (Zuckerrübe, Raps)</li> <li>■ Resistenz gegen Maiszünsler (Mais)</li> <li>■ Resistenz gegen Kartoffelkäfer (Kartoffel)</li> </ul>
<b>Qualitätseigenschaften</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fettsäurezusammensetzung (Raps, Sonnenblume)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Stärkegehalt und –zusammensetzung (Kartoffel, Getreide, Mais)</li> <li>■ Fettsäurezusammensetzung (Winterraps)</li> </ul>

Quelle: nach Albrecht et al. 1997, S. 139

fern, ob die bislang entwickelten Resistenzmanagement-Strategien adäquat und wirkungsvoll sind.

In der Diskussion um die biologische Sicherheit der Gentechnik in der Pflanzenzüchtung werden als mögliche Auswirkungen die Verwilderung von Nutzpflanzen sowie der vertikale und horizontale Transfer von Genen aus der Nutzpflanze auf andere Arten diskutiert.

Das *Auswilderungspotential* von Nutzpflanzen ist im Prinzip beschreibbar. Trotz der entwicklungsgeschichtlichen, verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen Nutzpflanzen und Unkräutern ist bis heute kein Fall bekannt, in dem eine hoch domestizierte Nutzpflanze sich außerhalb von Agrarökosystemen hätte etablieren können. Denn grundsätzlich sinkt das Auswilderungspotential mit dem Grad an züchterischer Bearbeitung und der damit einhergehenden Distanz zur Wildpflanze. Die bisherigen Freisetzungsexperimente mit transgenen Pflanzen haben keine erhöhte Fitness gegenüber vergleichbaren konventionellen Sorten erkennen lassen. Das Wissen um die Parameter, die die ökologische Fitness bestimmen, ist allerdings noch rudimentär. Da die konventionelle und gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung auf die Anbaueignung für landwirtschaftliche Produktionssysteme hin selektiert, ist aber die Verwilderung von neuen Sorten prinzipiell unwahrscheinlich.

Über das *Auskreuzen* mit verwandten Wildpflanzen können einzelne Merkmale oder Merkmalsgruppen auf Dauer in Wildpopulationen eingebracht werden (sog. *vertikaler Gentransfer* zwischen fortpflanzungsfähigen Kreuzungspartnern). Ein spezifisches gentechnisch vermitteltes Risiko (immer verglichen mit entsprechenden konventionellen Hochleistungssorten) kann allgemein nicht benannt werden. Manche der längerfristig anvisierten, gentechnisch zu erreichenden Züchtungsziele, wie Resistenz- bzw. Toleranzeigenschaften gegenüber abiotischen Stressfaktoren oder ein erhöhtes Stickstoffaneignungsvermögen, könnten allerdings möglichen Empfängerpflanzen nach einem vertikalen Gen-

transfer einen ökologisch relevanten Vorteil bieten. Außer von den Merkmalseigenschaften sind eventuelle Auswirkungen von einer Vielzahl von Ökosystemfaktoren abhängig. Ob über den vertikalen Gentransfer tatsächlich einmal relevante Auswirkungen auf die biologische Vielfalt resultieren können, ist beim derzeitigen Erkenntnisstand nicht abzuschätzen.

Ein ähnlich geringer Erkenntnisstand muß in der Frage des *horizontalen Gentransfers* konstatiert werden, also dem nicht-sexuellen Austausch genetischer Information zwischen Populationen. Im Gegensatz zum vertikalen ist der horizontale Gentransfer (Übertragung Pflanze-Pilz und Pflanze-Virus sind experimentell nachgewiesen) ein statistisch sehr seltenes Ereignis. Im Zusammenhang dieses TA-Projektes interessiert letztendlich nur die Frage, ob von einem Gentransfer ernsthafte Gefahren für die biologische Vielfalt ausgehen könnten. Bei den meisten bislang übertragenen Genen, ob für Antibiotika-, Herbizid- oder Insektenresistenzen, kann eine solche Gefährdung nicht plausibel beschrieben werden. Konkrete Probleme können jedoch möglicherweise aus der Verwendung viraler Sequenzen zur sog. Prämunisierung von Pflanzen erwachsen. Durch die Anwesenheit viraler Gene in großflächig angebauten Pflanzen könnte die Entstehung neuer Virustypen, z.B. mit geänderten Wirtsspektrum, gefördert werden.

Ein konkretes Problem mit indirekter Bedeutung für die Biodiversität wird als Folge von vertikaalem oder horizontalem Gentransfer entstehen: Auf Dauer wird der ökologische Landbau nicht garantieren können, daß seine Produkte absolut frei von transgenen Merkmalen sind. Dies könnte zumindest einen Vertrauensverlust und einen verlangsamten Ausbau dieser als besonders biodiversitätsfördernd angesehenen Bewirtschaftungsweise hervorrufen.

#### **Erhaltungsmaßnahmen für Biodiversität: Ex situ, in situ und on farm**

*Ex-situ-Sammlungen* (Genbanken) enthalten im Durchschnitt etwa 60 % der

vorhandenen Variationsbreite der wichtigsten Kulturpflanzen. Bei den heimischen Kulturpflanzen, wie Ährengetreide und Zuckerrüben, befindet sich schon mehr als 90 % des genetischen Materials in deutscher Ex-situ-Erhaltung. Ex-situ-Maßnahmen sind für die reich gegliederten Kulturpflanzen und die Unkräuter unverzichtbar. Die Reproduktion des eingelagerten Materials stellt die Hauptschwierigkeit bei der Ex-situ-Erhaltung dar.

Deutschland verfügt über eine hohe Vielfalt an heimischen genetischen Ressourcen im Bereich der Zierpflanzen, der Arznei- und Gewürzpflanzen, der Futterpflanzen sowie der Gehölze einschließlich der Obstpflanzen. Die *In-situ-Erhaltung* ist die einzige Möglichkeit zur Erhaltung der großen Mehrzahl der Wildpflanzen und zur Bewahrung eines großen Artenreichtums bei gleichzeitiger Garantie einer weiteren evolutionären Entwicklung. Die Verankerung der Erhaltung der biologischen Vielfalt und des Schutzes der PGR im deutschen Naturschutz ist unzureichend. Da reine Schutzgebiete in Deutschland kaum 2 % der Gesamtfläche ausmachen, land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen dagegen rund 85 %, kommt der engen Kooperation von Naturschutz und Landwirtschaft eine hohe Bedeutung zu.

Die *On-farm-Erhaltung* ist eine Sonderform der In-situ-Erhaltung für domestizierte Pflanzen, die durch traditionelle bäuerliche und gärtnerische Bewirtschaftungsweisen geprägt ist. Die On-farm-Erhaltung erfolgt durch Anbau und Nutzung der betreffenden Arten und Sorten (z.B. Alte Sorten) in landwirtschaftlichen Betrieben. Hierbei handelt es sich im Gegensatz zur konservierenden Erhaltung (z.B. in Genbanken) um eine dynamische Erhaltung, die fortgesetzte evolutionäre Prozesse ermöglicht. Während in Deutschland die Vielfalt der Ackerpflanzen on-farm stark eingeschränkt ist, bestehen bei Gräsern und Futterpflanzen, Obstgehölzen sowie im Gartenbau gute Ausgangsbedingungen für die On-farm-Erhaltung. Die On-farm-Erhaltung ist ein relativ neues Konzept,

Langzeiterfahrungen liegen daher noch nicht vor.

Die Ex-situ-, On-farm- und In-situ-Erhaltung haben jeweils spezifische Vor- und Nachteile. Eine alleinige Konzentration auf einen Erhaltungsansatz kann den Anforderungen an die Erhaltung und nachhaltige Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen nicht gerecht werden. Eine stärkere Gewichtung von On-farm- und In-situ-Erhaltung bei PGR ist noch zu vollziehen. Für die Erhaltung der biologischen Vielfalt insgesamt ist die In-situ-Erhaltung von ganz zentraler Bedeutung. Eine Abstimmung und Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Erhaltungsansätzen gibt es in die Deutschland nur in Einzelfällen, eine systematische Kombination der Erhaltungsmöglichkeiten erfolgt nicht.

### Umsetzung internationaler Verpflichtungen

Mit der Konvention über biologische Vielfalt (CBD, Rio 1992) und dem globalen Aktionsplan zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung der pflanzengenetischen Ressourcen (GPA, Leipzig 1996) ist die Bundesrepublik Deutschland wichtige internationale Verpflichtungen eingegangen. Der Erhalt der biologischen Vielfalt, insbesondere der PGR, in den Zentren der genetischen Vielfalt ist für Deutschland und die deutsche Landwirtschaft von großer Bedeutung. Außerdem bedürfen die internationalen Vereinbarungen zur biologischen Vielfalt und zu PGR einer Harmonisierung.

Das Thema Biodiversität hat einen starken Querschnittscharakter. Auf Bundesebene ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zuständig für die Konvention über biologische Vielfalt, das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die pflanzengenetischen Ressourcen. Die Aufgabe der Erhaltung von biologischer Vielfalt und pflanzengenetischen Ressourcen betrifft darüber hinaus verschiedene Ressorts auf der Ebene von EU, Bund und Ländern, wobei Ver-

ständnis und Akzeptanz dieser neuen Aufgabe in vielen dieser Institutionen noch gering sind. Der im Rahmen der Verpflichtungen aus der Biodiversitätskonvention vorgelegte "Nationalbericht Biologische Vielfalt" der Bundesregierung unter Federführung des BMU formuliert ein strategisches Rahmenkonzept zur Erfüllung der Handlungsziele im Bereich biologische Vielfalt. Aufgabe der kommenden Jahre wird es sein, bestehende Aktivitäten und Ansätze auf den verschiedensten gesellschaftlichen und politischen Ebenen zusammenzuführen und zu einer nationalen Strategie weiterzuentwickeln und umzusetzen.

### Handlungsbedarf und Handlungsmöglichkeiten

Die moderne Landwirtschaft hat durch Intensivierung, Rationalisierung, Spezialisierung und Konzentration der Produktion maßgeblich zur Verringerung der biologischen Vielfalt bei Kultur- wie bei Wildpflanzen in Deutschland beigetragen. Wirkungen auf die biologische Vielfalt sind dabei insbesondere von den Veränderungen bei Düngung, Pflanzenschutz, Fruchtfolgen und Flurbereinigung ausgegangen. Pflanzenzüchtung und moderne Pflanzensorten sind Bestandteil der veränderten landwirtschaftlichen Produktionssysteme und wirken eher indirekt auf die biologische Vielfalt.

Die Ergebnisse des TA-Projektes führen zu dem Schluß, daß die Nutzung gentechnischer Verfahren in der Pflanzenzucht im Vergleich zu den konventionellen Züchtungsmethoden kurz- bis mittelfristig in Deutschland bzw. dem mitteleuropäischen Raum *keinen spezifischen, signifikant negativen Einfluß auf die biologische Vielfalt* haben wird. Andererseits wird die gentechnisch unterstützte Pflanzenzüchtung auch *keinen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung und Ausweitung der pflanzengenetischen Ressourcen* leisten. Die Wirkungsketten, die mit der Einführung neuer Sorten verbunden sind und die zum Verlust von biologischer Vielfalt und pflanzengenetischen Res-

sourcen führen können, sind wissenschaftlich bislang jedoch nur sehr unvollständig verstanden und sollten daher verstärkt untersucht werden.

Wenn die Zielsetzung "Erhaltung der biologischen Vielfalt" mit hoher Priorität verfolgt wird, ergibt sich daraus, daß der *Handlungsbedarf* insbesondere *direkt bei den Erhaltungsmaßnahmen* liegt. Dazu müßten die Ex-situ-, In-situ- und On-farm-Erhaltungsmaßnahmen verbessert und ausgebaut werden. Da es in Deutschland noch kein abgestimmtes Verfahren zur Erhaltung von pflanzengenetischen Ressourcen unter Einbeziehung aller Erhaltungsmaßnahmen gibt, sollte eine *kombinierte Erhaltungsstrategie* entwickelt werden. Dies wäre gleichzeitig ein wesentlicher Beitrag zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in Deutschland.

Zur nationalen Umsetzung der internationalen Vereinbarungen und zur Entwicklung und Umsetzung einer nationalen Strategie zum Erhalt der biologischen Vielfalt ist eine enge Abstimmung und Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen betroffenen Politikfeldern und -ebenen notwendig. In den nationalen Strategieentwicklungs- und -umsetzungsprozeß sollten interessierte und betroffene gesellschaftliche Gruppen einbezogen werden. Von zentraler Bedeutung für eine dauerhafte Erhaltung der Biodiversität wäre ein flächendeckender *Wandel zu einer nachhaltigen Landbewirtschaftung*, die die Förderung landwirtschaftlicher Vielfalt und den Schutz wildlebender Pflanzen und Tiere als wesentliche Elemente begreift. Prinzipien des ökologischen Landbaus, die im Vergleich zur vorherrschenden konventionellen Landwirtschaft eine stärkere Extensivierung und Diversifizierung einschließen, könnten dabei wichtige Leitlinien liefern. Die Veränderung grundlegender agrar- und umweltpolitischer Rahmenbedingungen würde spezifische Erhaltungsmaßnahmen nicht überflüssig machen, aber ihren Umfang und ihre Dringlichkeit relativieren.

TA-Projekt: Forschungs- und Technologiepolitik für eine nachhaltige Entwicklung

# Die Niederlande als Vorreiter einer nachhaltigen FuT-Politik?

Die Frage nach der Konkretisierung und Umsetzung des Leitbildes der "nachhaltigen Entwicklung" bestimmt zunehmend die nationale und internationale Diskussion um die Perspektiven sozial- und umweltverträglicher Produktion und Konsumtion. Dabei wird Wissenschaft und Technik vielfach eine Schlüsselrolle zuerkannt. Mit den Herausforderungen, die sich aus dem Leitbild für die Forschungs- und Technologiepolitik ergeben, beschäftigte sich das TAB seit Ende 1995 in einem Monitoring-Vorhaben (TAB-Arbeitsbericht Nr. 50). Seit 1997 wird das Thema in einem TA-Projekt weitergeführt. Im Mai schloß das TAB die erste Phase des Projektes mit der Vorlage eines Zwischenberichtes ab. Über eine mögliche Fortführung des Projektes wird in der nächsten Legislaturperiode entschieden.

Ein am Konzept der Nachhaltigkeit ausgerichtete FuT-Politik kann nur dann ihren Ansprüchen gerecht werden, wenn sie mit innovativen methodisch-konzeptionellen Forschungsansätzen – etwa einer verstärkten Förderung interdisziplinärer und problemorientierter Untersuchungen oder einer systematischen Untersuchung und Einbeziehung der Handlungsmöglichkeiten sozialer Akteure – verknüpft ist. Ausgehend von dieser Einschätzung hat das TAB folgende allgemeine Kriterien für eine an nachhaltiger Entwicklung ausgerichtete FuT-Politik formuliert (vgl. TAB-Arbeitsbericht Nr. 50):

- Problemorientierte Interdisziplinarität
- Verbindung von grundlagen- und theoriebezogener Forschung mit Anwendungs- und Gestaltungsorientierung
- Langfrist- und Folgenorientierung
- Verbindung von regionalen und globalen Analyseebenen
- Orientierung an gesellschaftlichen Bedürfnisfeldern
- Akteursorientierung

Diese Kriterien bieten einen allgemeinen Orientierungsrahmen für die Gestaltung von Methoden, Konzepten und Institutionen einer "nachhaltigen Forschungspolitik" und können so die Umsetzung von inhaltlichen Zielen im Rahmen einer "nachhaltigen" Forschung und Technikentwicklung befördern. Gleichzeitig ermöglichen sie eine Bewertung, ob und wie weit sich die gegenwärtige FuT-Politik thematisch und methodisch-konzeptionell an nachhaltiger Entwicklung orientiert.

Der im Rahmen des Monitoring erarbeitete international vergleichende Überblick über Ansätze einer Integration des Leitbildes nachhaltige Entwicklung in die FuT-Politik hat ergeben, daß insbesondere das niederländische Programm "*Duurzame Technologische Ontwikkeling*" (DTO, "*nachhaltige Technikentwicklung*") einen Ansatz darstellt, der den vom TAB erarbeiteten Kriterien Rechnung trägt. Den Schwerpunkt der Arbeiten zur ersten Phase des TA-Projektes bildete deshalb eine Analyse des niederländischen Ansatzes und die Frage seiner Übertragbarkeit auf die deutsche FuT-Politik. Daneben wurden weitere Recherchen zur praktischen Bedeutung des Leitbildes in der Forschungs- und Technologiepolitik europäischer Länder angestellt.

## Das Leitbild in der FuT-Politik europäischer Länder

Dem Leitbild nachhaltige Entwicklung kommt eine wachsende Bedeutung in der internationalen Diskussion um die politische Gestaltung des technischen Wandels zu. Auch findet es in einzelnen europäischen Ländern seinen praktischen Niederschlag in der FuT-Politik in Form neu aufgelegter, an Nachhaltigkeit orientierter Forschungsprogramme. Neben spezifischen Programmen zu Themen der Umweltforschung und Umwelttechnik werden technologiefeldübergreifende Programme aufgelegt, die sich der Erforschung von nachhaltigen Problemlösungen für bestimmte Regionen, wirtschaftliche Sektoren oder Bedürfnisfelder widmen. Dabei zeigt sich:

- Es gibt vielfältige Bemühungen um eine integrierte Erfassung von ökonomischen, sozialen und technischen Zusammenhängen bei der Entstehung ökologischer Probleme sowie um integrierte Problemlösungen.
- Die Einbeziehung gesellschaftlicher Akteure bei den problemorientierten (vor allem den regional ansetzenden) Programmen spielt eine wichtige Rolle.
- Stark repräsentiert sind Programme, die sich der wissenschaftlichen Entwicklung von Modellen nachhaltigen Wirtschaftens sowie nachhaltiger Konsummuster- und Lebensstile widmen; überhaupt wird die wissenschaftliche Konkretisierung des Leitbildes (z.B. die Entwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren) als Aufgabe einer auf Nachhaltigkeit abstellenden Forschung und Entwicklung angesehen.
- Aspekte wie Interdisziplinarität, Problemorientierung und die Einbeziehung von gesellschaftlichen Akteuren scheinen, zumindest auf der Ebene der Programmatik, wichtige Eckpfeiler einer nachhaltigen FuT-Politik zu bilden. Daneben werden aber vielfach eher disziplinär ausgerichtete, in der Tradition der klassischen Umweltforschung stehende Programme aufgelegt.

Insgesamt läßt sich eine spezifische Kontur "*nachhaltiger FuT-Politik*" – über die genannten im einzelnen auffindbaren Aspekte hinaus – *bisher nicht erkennen*.

Nachhaltigkeit spielt zwar als Zielvorgabe in FuT-Programmen vieler Industrieländer eine Rolle. Zu einer Neuorientierung etwa hinsichtlich der Verfahren zur Generierung von Forschungsfragen und aussichtsreichen Entwicklungsprojekten und der Instrumente der Forschungsförderung hat dies bisher nicht geführt. Es werden vor allem kleinere Einzelprogramme zur Erforschung spezieller mit Nachhaltigkeit verbundener Fragen aufgelegt – wie z.B. zu nachhaltigen Konsum- und Lebensstilen.

Das niederländische Programm zur nachhaltigen Technologieentwicklung *Duurzame Technologische Ontwikkeling* kann als ein hinsichtlich der Zielsetzung und Methode herausragender Ansatz zur Transformation der Technologiepolitik unter der Perspektive der nachhaltigen Entwicklung angesehen werden. In keinem anderen Land findet sich ein vergleichbarer Ansatz, der sich explizit der Entwicklung nachhaltiger Innovationen widmet und dabei auch vom Verfahren der Programmabwicklung her versucht, neue, der Durchsetzung nachhaltiger Innovationen zuträgliche Wege zu beschreiten. Das Programm kann so nicht nur von seiner Zielsetzung her, sondern auch hinsichtlich der Art und Weise der FuT-Förderung als innovativ angesehen werden.

### Das niederländische DTO-Programm

Das DTO-Programm versteht sich nicht als FuT-Programm im eigentlichen Sinne. Eher kann es als eine Art Meta-Forschungsprogramm gesehen werden, das darauf abzielt, die Methoden zu untersuchen, mit denen sich die beabsichtigten und für eine nachhaltige Entwicklung notwendigen "großen Sprünge" in der Technikentwicklung erzielen lassen. Auch versteht sich das Programm als "Stimulations- und Demonstrationsprogramm", mittels dessen Ziele und Möglichkeit nachhaltiger Technikentwicklung aufgezeigt werden sollen, um so selbstorganisierte nachhaltige Innovationsprozesse in Gang zu setzen. Hierbei soll das Programm als "Katalysator" wirken. Da die Entwicklung nachhaltiger Technik als langfristiger Prozeß angesehen wird, dient das Programm in erster Linie dazu,

- Wirtschaft, Großforschungseinrichtungen und Hochschulen erste Erfahrungen einer Integration des Leitbildes in ihre Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu ermöglichen und dabei auch neue Netzwerke zwischen den relevanten Akteuren anzuregen,
- Untersuchungsrichtungen, die zu einer nachhaltigen Technikentwick-

lung führen könnten, mit Hilfe von "Illustrationsprozessen" zu erkunden.

Insgesamt sollen die Praktikabilität und der Nutzen von "Nachhaltigkeit" als neues Paradigma der Technikentwicklung demonstriert werden.

Das Erfolgskriterium des von fünf Ministerien getragenen Programmes besteht – bei einer befristeten Laufzeit von 5 Jahren (1993-1998) und einem begrenzten Budget von 25 Mio. Gulden – nicht in der anwendungsreifen Entwicklung nachhaltiger Technik, sondern in der Übernahme und Weiterentwicklung von Untersuchungsergebnissen des Programmes durch Unternehmen, gesellschaftliche Gruppen und Forschungseinrichtungen.

### Der Ansatz des DTO-Programmes

Das DTO-Programm basiert nicht auf einer neuen, nicht schon auch in anderen Kontexten erprobten Methode. Es stellt aber in der Kombination verschiedener Verfahren im Hinblick auf das Ziel, neue, nicht unmittelbar aus der Weiterentwicklung vorhandener Technologielinien ableitbare, Entwicklungsprozesse in Gang zu setzen, einen innovativen Weg in der Forschungs- und Technologiepolitik dar.

Das methodische Vorgehen des Programmes umfaßt im wesentlichen die folgenden Schritte:

- Auf der Basis von Analysen, die Aufschluß darüber geben sollen, welche Bedürfnisse im Jahr 2040 in verschiedenen Bedürfnisfeldern bestehen, werden in einem sogenannten *Back-casting*-Verfahren geeignete Beispiele für Technologien ausgewählt, die eine nachhaltige Befriedigung dieser Bedürfnisse gewährleisten könnten.
- Diese werden in Illustrationsprozessen hinsichtlich der technologischen und ökonomischen Realisierbarkeit untersucht.
- Für einen Teil dieser illustrierten Technologielinien werden dann konkrete FuE-Programme erarbeitet und ihre Implementierung vorbereitet.

In vielerlei Hinsicht werden im DTO-Programm die vom TAB entwickelten Kriterien für eine nachhaltige Forschungspolitik umgesetzt. So orientiert sich die Definition von Aufgaben der Forschung und der Technikentwicklung nicht an bestehenden Techniklinien. Vielmehr werden, ausgehend von den im niederländischen nationalen Umweltplan definierten Umweltzielen, im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung zu lösende Probleme in unterschiedlichen Bedürfnisfeldern bestimmt. Hieran orientiert werden dann geeignete Techniklinien und Forschungsaufgaben definiert. Es scheint im Rahmen des Programmes auch gelungen zu sein, grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung durch den Aufbau oder Anstoß neuer Forschungs- und Entwicklungsnetzwerke zu verbinden. Ebenso wurde durch das *Back-casting*-Verfahren eine langfristige Orientierung der verfolgten Forschungs- und Entwicklungsprojekte gewährleistet, und diese konnten in einzelnen Fällen auch mit mittelfristigen Interessen der Industrie verbunden werden.

Insgesamt scheint dem DTO-Programm für einzelne Projekte der Aufbau von Akteursnetzwerken aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft zur Verfolgung langfristiger an nachhaltiger Entwicklung orientierter Forschungs- und Entwicklungsprozesse gelungen zu sein. Das Programm eröffnet über die im einzelnen geförderten Projekte hinaus einen erfolgversprechenden Weg zur Stimulierung von Innovationsprozessen für eine nachhaltige Entwicklung, die trotz der notwendig langfristigen und unsicheren Entwicklungsperspektive für die Akteure des Innovationssystems interessant sind. So werden einige durch das Programm angestoßene Ideen derzeit in anderen niederländischen Forschungsprogrammen aufgegriffen und weitergeführt.

### Ein Modell für die deutsche FuT-Politik?

Das TAB hat, ausgehend von den in Deutschland gegebenen Voraussetzungen (vorliegende Ansätze zur Operatio-

nalisierung des Leitbildes, Bedeutung des Leitbildes in der gesellschaftlichen und politischen Diskussion und in der FuT-Politik), Überlegungen zur Übertragbarkeit des DTO-Ansatzes auf die deutsche FuT-Politik und zu den möglichen Konturen eines deutschen FuT-Programmes zur Förderung nachhaltiger Innovationen angestellt.

Ein Aufgreifen des niederländischen Ansatzes, mit den im Hinblick auf einige (auch in der niederländischen Diskussion thematisierten) Defiziten und auf die deutsche Situation nötigen Modifikationen, erscheint für die deutsche FuT-Politik geeignet, die Möglichkeiten der Implementation von Nachhaltigkeit als neues Paradigma von Forschung und Entwicklung auszuloten. Auch in der deutschen Diskussion wird die Initiierung von Suchprozessen nach Inhalten und Aufgaben einer nachhaltigen Forschung und Technikentwicklung gefordert (Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt", SRU, UBA, Wissenschaftsrat). Eine Weiterentwicklung von Konzepten und Instrumenten einer nachhaltigen Forschungspolitik und ein Test der Praktikabilität, d.h. der Grenzen und Möglichkeiten, Forschung und Entwicklung an Kriterien wie Interdisziplinarität, Akteursbezug u.a. auszurichten, läßt sich letztlich nur von praktischen Versuchen der Implementation des Leitbildes in FuT-Programme erwarten.

Bei einer möglichen Adaption des Ansatzes für die deutsche FuT-Politik wäre einigen Schwächen des DTO-Programmes – wie beispielsweise die Orientierung an einem rein technischen – auf Effizienzsteigerung zielenden Innovationsbegriff und eine mangelnde Integration von Umwelt- und Verbrauchergruppen in die Phase der Definition von Entwicklungslinien – Rechnung zu tragen. Zu berücksichtigen wären auch die unterschiedlichen institutionellen Voraussetzungen einer an Nachhaltigkeit orientierten FuT-Politik in den Niederlanden und in Deutschland. Für das Zustandekommen und den Erfolg des Programmes in den Niederlanden kann seine Anbindung an die im nie-

derländischen nationalen Umweltplan vorgegebenen Ziele als entscheidend gelten. Auch ist in den Niederlanden eine ressortübergreifende, interministeriell koordinierte Organisation der FuT-Politik seit langem gängige Praxis. Insgesamt aber bieten die differenzierte und rege deutsche Diskussion um nachhaltige Entwicklung, die eine Reihe ambitionierter Versuche der Operationalisierung von Nachhaltigkeit hervorgebracht hat, wie auch die Tatsache, daß das Leitbild zumindest in der Umweltpolitik und auch in einer Reihe von Einzelprogrammen des BMBF politisch verankert ist, gute Voraussetzungen für die Initiierung eines langfristig angelegten an definierten Zielen nachhaltiger Entwicklung ausgerichteten FuT-Programmes.

Der fertiggestellte Zwischenbericht wird z.Z. bundestagsintern diskutiert. Über seine Veröffentlichung ist noch zu entscheiden.

TA-Projekt: Entwicklung und Analyse von Optionen zur Entlastung des Verkehrsnetzes und zur Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger

# Strategien zur Bewältigung des wachsenden Verkehrsaufkommens

Der Ausschuß für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des 12. Deutschen Bundestages beauftragte das TAB im März 1993 mit der Durchführung eines TA-Projekts zur Wirksamkeit, zu den Realisierungsbedingungen und den Folgen von Maßnahmen und Techniken zur Entlastung des Verkehrsnetzes sowie zur Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger. Auf der Grundlage einer ausführlichen Problemanalyse entwickelte das TAB ein Konzept für diese Thematik, das im Herbst 1994 vom Ausschuß gebilligt wurde. Nach der Konstituierung des 13. Deutschen Bundestages wurde das Untersuchungskonzept auf Wunsch einiger Abgeordneter erneut zur Diskussion gestellt und in mehreren Punkten modifiziert (s.a. TAB-Brief Nr. 10). Im Mai dieses Jahres wurde das Projekt mit der Vorlage des Endberichtes abgeschlossen.

Es ist unstrittig, daß ein funktionierendes Verkehrssystem eine entscheidende Voraussetzung für die Funktions- und Leistungsfähigkeit hochentwickelter Gesellschaften ist. Andererseits kann aber auch nicht bestritten werden, daß die negativen Folgen des Verkehrs – etwa in Form von Luftverschmutzung, Lärmbelästigung, Unfällen und Effizienzverlusten durch Staus und Engpässe – begrenzende Faktoren der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung darstellen. Angesichts der anhaltenden Dynamik des Wachstums von Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung – insbesondere im Bereich des Straßenverkehrs – gewinnen die im TA-Projekt im Vordergrund stehenden Ziele der Entlastung des Verkehrsnetzes und der Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger zunehmend an Bedeutung und an Akzeptanz. Diese Ziele sind auch wesentliche Bestandteile des verkehrspolitischen Konzepts der Bundesregierung. Während auf der Zielebene konkrete Vorstellungen für die zukünftige Gestaltung der Verkehrspolitik vorliegen, besteht auf der Strategie- und Maßnahmenebene weit weniger Klarheit.

## Der Ansatz des TA-Projektes

Der Schwerpunkt des TAB-Projekts lag auf der Analyse der Durchführbarkeit, der Wirksamkeit und der Folgen ausgewählter Maßnahmen zur Erreichung bestimmter verkehrspolitischer Ziele. In diesem Sinne verstehen sich die Arbeiten des TAB als Fortführung und

Konkretisierung vorliegender Untersuchungen.

Zu den zentralen Ausgangsannahmen des Projekts gehörte, daß die angestrebten Entlastungen des Verkehrsnetzes und Verlagerungen von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger weder mit Einschränkungen der Mobilität noch mit nennenswerten Abstrichen bei den heute üblichen Qualitätsstandards der Reise bzw. des Transports verbunden sein sollen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, *andere Formen der Mobilität* als die heute vorwiegend ausgeübte "Automobilität" weiterzuentwickeln. Auch benötigen die mehr als zwanzig Millionen Haushalte ohne eigenen Pkw möglichst attraktive Alternativen zum individuellen Automobilverkehr.

Sowohl theoretische Analysen als auch Erfahrungen aus der verkehrspolitischen Praxis zeigen, daß Versuche, die Verkehrsnachfrage durch Einzelmaßnahmen wirksam zu beeinflussen, wenig erfolgversprechend sind. Die Untersuchungen des TAB gingen daher davon aus, daß die angestrebten Ziele der Entlastung des Verkehrsnetzes und der Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger nur durch – möglichst abgestimmte – Maßnahmenbündel erreicht werden können. Auf der Basis von umfangreichen Studien zur zukünftigen Entwicklung des Verkehrs und den damit verbundenen Umweltproblemen, zu den zur Verfügung stehenden Instrumenten der Verkehrspolitik sowie zu den sich durch neue IuK-Techniken ergebenden verkehrspolitischen Gestaltungsmög-

lichkeiten wurden drei Optionen auf ihre Wirksamkeit, Realisierungsbedingungen und möglichen Folgen untersucht:

- Einsatz von IuK-Techniken zur Verbesserung der Verkehrsinformation und zur Verkehrslenkung (Verbesserung der Verkehrsinformation)
- Einsatz von IuK-Techniken zum Verkehrsmanagement im Personen- und Güterstraßenverkehr *zusammen* mit dem Einsatz verschiedener preislicher Maßnahmen (Preisliche Maßnahmen im Straßenverkehr)
- Attraktivitätssteigerung im ÖPNV

## Option "Verbesserung der Verkehrsinformation"

Im Mittelpunkt der ersten Option stehen bereits konzipierte Einsatzmöglichkeiten der neuen Informations- und Kommunikationstechniken im Verkehrsbereich, denen – nicht zuletzt auch in den grundsätzlichen verkehrspolitischen Äußerungen der Bundesregierung, etwa im Strategiepapier "Telematik im Verkehr" – die Rolle eines zukunftsweisenden Problemlösers zugewiesen wird. Im Rahmen des TAB-Projektes wurden die Möglichkeiten untersucht, vorliegende Konzepte des Einsatzes von IuK-Techniken im Verkehrsbereich so zu gestalten, daß sie nicht allein zu einer Verflüssigung des Straßenverkehrs, sondern auch zu einer Verringerung des Verkehrsaufkommens und zu einer Verlagerung auf umweltfreundlichere Verkehrsträger beitragen können. Hierzu wird auf die bereits gewonnenen Erfahrungen ausgewählter Pilotprojekte deutscher Städte Bezug genommen.

Trotz erheblicher Einschränkungen bezüglich der Repräsentativität der gewonnenen Daten gestatten die dort gesammelten Erfahrungen mit dem Einsatz von IuK-Techniken erste Aussagen zur technischen Einsatzbereitschaft dieser Systeme, zu ihrer Wirksamkeit im Hinblick auf die Entlastung des Verkehrsnetzes und die Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger sowie zu geeigneten Organisationsformen des Einsatzes der neuen Techniken.

Eine Abschätzung der *Verlagerung* von Fahrten des motorisierten Individualverkehrs auf den öffentlichen Verkehr *aufgrund des Einsatzes von Telematikdiensten*, die im Rahmen von Szenarienuntersuchungen eines Pilotprojektes der Stadt Stuttgart durchgeführt wurde, ergab sehr geringe Verlagerungswerte von unter 2%. Vergleichbare Analysen, die im Rahmen anderer Forschungsprojekte durchgeführt wurden, kommen zu Werten in ähnlicher Höhe. Es ist zu vermuten, daß auch bei Berücksichtigung von Synergieeffekten infolge der Umsetzung weiterer Maßnahmen eine ausschließlich auf verbesserte Informationsbereitstellung gegründete Strategie keinen Verlagerungswert erreichen kann, der angesichts der anhaltend hohen Zuwachsraten des motorisierten Individualverkehrs für einen umweltverträglicheren Verkehr ausreichend ist.

Bedeutender als die Verlagerung von Straßenverkehr auf öffentliche Verkehrsträger ist der Beitrag von Telematikdiensten zur *Verflüssigung* des Verkehrs und damit zur Entlastung des Straßennetzes. Dies drückt sich z.B. in den im Rahmen der Pilotprojekte empirisch erhobenen oder durch Simulationsrechnungen ermittelten deutlichen Reisezeitgewinnen aus. Die Nutzung von individuellen Zielführungssystemen führt zu einer Durchsatzsteigerung im Straßennetz. Der Telematik-Einsatz bewirkt hier primär eine Kappung von Spitzenbelastungen, vor allem durch zeitliche und räumliche Verlagerung von Fahrten.

Einen Schwerpunkt des Entwicklungsinteresses der Industrie bildet der Einsatz individueller Zielführungssysteme für den motorisierten Straßenverkehr. Mit der Einführung solcher Systeme ist aber eine Reihe von Problemen verbunden. Die politisch angestrebte möglichst weitgehende Dienstleistungsfreiheit privatwirtschaftlicher Telematikdienste kann die verkehrspolitischen Konzeptionen der Gebietskörperschaften erheblich tangieren. Der erwartete Einsatz derartiger Systeme auch in Ballungsräumen läßt befürchten, daß durch die Leitempfehlungen der Ver-

kehr nicht nur auf dem Vorrangstraßennetz geführt, sondern auch durch verkehrsberuhigte Wohngebiete geleitet wird. Dies würde die verkehrspolitischen Ziele vieler Kommunen in erheblichem Umfang berühren bzw. konterkarieren. Auch die kommunalen Spitzenverbände weisen auf den zunehmenden *Zielkonflikt zwischen kommunalen Verkehrsplanungskonzepten* und den erwarteten Auswirkungen der *breiten Nutzung individueller dynamischer Zielführungssysteme* hin. Vertragliche Vereinbarungen zum öffentlich-privaten Interessenausgleich werden daher als notwendig angesehen.

Der alleinige Einsatz von Telematikdiensten im System Straßenverkehr führt zu einer wachsenden Attraktivität des Individualverkehrs bzw. des Straßengüterverkehrs. Damit im Wettbewerb stehende Systeme des öffentlichen Verkehrs werden weiter ins Hintertreffen geraten, wenn für sie nicht im gleichen oder stärkeren Maße Telematikanwendungen zur Attraktivitätssteigerung und Effizienzverbesserung entwickelt und eingeführt werden. Hier werden Bund, Länder und Gemeinden in Zukunft verstärkt gefordert sein, nicht zuletzt, um die Attraktivität der in der Hauptsache in ihrem Eigentum befindlichen Verkehrsunternehmen zu sichern und damit einen Beitrag zu ihrer Wirtschaftlichkeit und zu den Leistungsangeboten umweltfreundlicherer Verkehrsträger zu leisten.

Innerhalb der Diskussion um die Anwendung von IuK-Techniken im Verkehr findet sich immer wieder die Vorstellung, daß diese alle Verkehrsträger integrieren und intelligent miteinander verknüpfen sollen. IuK-Techniken können den Systemnachteil sogenannter gebrochener Verkehre durch verbesserte Informationsbereitstellung relativieren oder sogar beseitigen. Da Organisationsstrukturen für intermodale Verkehre oder ein integriertes Gesamtverkehrssystem erst in ihren Anfängen existieren, besteht jedoch die Gefahr, daß die Entwicklung und Anwendung der neuen Techniken nicht im notwendigen Umfang verkehrsträgerübergreifend gestaltet wird. Um

dies zu verhindern, ist als erster Schritt die Organisation eines verkehrsträgerübergreifenden Datenmanagements zu realisieren.

### Option "Preisliche Maßnahmen im Straßenverkehr"

Moderne IuK-Techniken bieten neue Möglichkeiten, preisliche Maßnahmen gezielt zur Verkehrslenkung einzusetzen. Dagegen werden jedoch erhebliche Einwände erhoben. Ein Haupteinwand betrifft die Effizienz der Lenkungswirkung, insbesondere angesichts der mit dem Einsatz dieser Maßnahmen verbundenen Kosten. Ein weiterer Einwand bezieht sich auf die soziale Ungewogenheit dieser Maßnahmen. Um die Wirksamkeit dieser Maßnahmen und ihre Folgen für Privathaushalte sowie Unternehmen und Selbständige besser beurteilen zu können, würden durch das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung im Auftrag des TAB Modellrechnungen für den Straßengüterverkehr und den Straßenpersonenverkehr durchgeführt.

Die Modellrechnungen zu den Wirkungen preislicher Maßnahmen im *Güterstraßenverkehr* ergaben, daß auch bei recht drastischen Kostenerhöhung um etwa 50% im Straßengüterfernverkehr und bis zu 30% im Nahverkehr die Lkw-Fahrleistung insgesamt nur um etwa 10% verringert wird. Hauptursache für die relativ geringe Wirksamkeit selbst drastischer Preiserhöhungen im Straßengüterverkehr ist die *geringe Sensitivität der Produktpreise bezüglich der Veränderung von Transportpreisen*. Die Anteile der Lkw-Transportkosten am Produktionswert der einzelnen Wirtschaftsbereiche liegen auch bei Berücksichtigung der indirekt enthaltenen Transporte durchweg unter 5%. Durch die Einführung von Straßenbenutzungsgebühren, flankiert durch eine stetige Anhebung der Mineralölsteuer, ließen sich im Bereich des Güterfernverkehrs wirksame Anreize zur Entlastung des Verkehrsnetzes und zur Verlagerung von Güterstraßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger geben, ohne daß damit eine we-

sentliche Erhöhung der Güterpreise verbunden wäre.

Die Modellrechnungen zum *Privatverkehr* weisen im Vergleich zum Güterverkehr erhebliche Auswirkungen preislicher Maßnahmen auf das Verkehrsaufkommen aus. In den "Preisszenarien" wurden vor allem die Instrumente der Straßenbenutzungsgebühren und der Mineralölsteuer berücksichtigt. Ein wesentliches Merkmal der Preisszenarien ist der Ankündigungseffekt, der langfristige Verhaltensanpassungen an die veränderten Gegebenheiten ermöglichen soll. Die Szenarienmaßnahmen sind in einem Zeitraum von fünfzehn Jahren umzusetzen, um genügend zeitlichen Spielraum für diese Anpassungen zur Verfügung zu haben.

Die Untersuchungen des TAB zeigen, daß preisliche Maßnahmen verkehrliche Effizienz-, Verlagerungs- und Vermeidungsreaktionen der privaten Haushalte erwarten lassen.

- So sind je nach Szenario *Fahrleistungsreduktionen des motorisierten Individualverkehrs* zwischen 8,8% und 25,6% zu erwarten. Durch die bessere Auslastung der Fahrzeuge liegen die Verminderungen der Verkehrsleistung jedoch nur zwischen 5,7% und 17,1%.
- Besonders bemerkenswert ist die zu erwartende erhebliche *Verminderung des Kraftstoffverbrauchs* um 36,5% bis 59,3% und die damit verbundene *Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen* aus dem Verkehr in gleicher Größenordnung. Die ausgeprägtesten Verminderungen werden dabei bei einer drastischen Mineralölsteuererhöhung erwartet.
- Bei Unternehmen und Selbständigen sind die Auswirkungen der zusätzlichen Kostenbelastungen erheblich geringer als bei privaten Haushalten, da insbesondere bei Unternehmen Pkw-Fahrten in der Regel Vorleistungen im Rahmen der betrieblichen Leistungserstellung sind, deren Kosten nur geringe Bedeutung innerhalb des Produktionsprozesses haben.
- Ein gravierendes Problem ergibt sich bei starken Mineralölsteueranhebun-

gen durch die Umgehungsmöglichkeiten (Tanken im Ausland) im Falle eines nationalen Alleingangs.

Die errechneten Fahrleistungsreduktionen müssen nicht mit Mobilitätseinbußen verbunden sein, da die privaten Haushalte sich langfristig an die veränderten Gegebenheiten anpassen können. Die Anpassungsreaktionen der privaten Haushalte bestehen dabei einmal in fahrzeugbezogenen Reaktionen, wie dem Kauf kleinerer Fahrzeuge und von Fahrzeugen mit neuen, sparsameren Motoren, sowie in verkehrsbezogenen Reaktionen, wie der Verlagerung von Pkw-Fahrten auf andere Verkehrsmittel, Vermeidung von Fahrten, veränderte Zielwahl und bessere Fahrzeugauslastung.

Diese Anpassungsreaktionen führen dazu, daß die zu erwartenden Belastungen der Privathaushalte geringer ausfallen, als es einfache Hochrechnungen zunächst vermuten lassen. Die angenommenen preislichen Maßnahmen führen zu einer *mittleren monatlichen Mehrbelastung von etwa 50,- DM pro Haushalt*. Die Kosten je Pkw-Kilometer steigen dabei, bezogen auf den Wert von 1994, um Werte zwischen etwa 20% und 48%; die gesamten Verkehrsausgaben steigen um 8 bis 12%. Die zusätzliche Kostenbelastung des Pkw-Verkehrs durch die angenommenen preislichen Maßnahmen würde zu Mehreinnahmen von über 30 Mrd. DM jährlich führen.

Eine Analyse zu den Folgen preislicher Maßnahmen im motorisierten Individualverkehr in Abhängigkeit von der Einkommenshöhe zeigt, daß diese Maßnahmen sehr unterschiedliche Auswirkungen auf die finanzielle Situation der Haushalte mit Pkw haben würden. Etwa 10% der Haushalte mit Pkw (2 Mio. Haushalte mit rund 5 Mio. Haushaltsangehörigen) würden durch die preislichen Maßnahmen in ihrer Automobilität erheblich eingeschränkt. Etwa 25% der Haushalte mit Pkw könnten die zusätzlichen Belastungen grundsätzlich mit eigenen Mitteln ausgleichen, ihre Reaktionen auf die Verteuerungen würden allerdings relativ stark

ausfallen. Für etwa 65% der Haushalte mit Pkw würden die preislichen Maßnahmen zu nur geringen Auswirkungen auf die finanzielle Haushaltssituation führen.

Angesichts dieser Ergebnisse könnte ein Mindeststandard an notwendigen Verkehrsleistungen für die besonders betroffenen Einkommensgruppen durch entsprechende *Kompensationsmaßnahmen* sichergestellt werden. Die erforderlichen Mittel dürften aus den zusätzlichen Einnahmen zur Verfügung stehen.

#### Option "Attraktivitätssteigerung im Öffentlichen Personennahverkehr"

Die Untersuchungen des TAB machen deutlich, daß ein gut organisierter und attraktiver ÖPNV viel zur Verbesserung der Verkehrssituation in Ballungsräumen beitragen kann. Einige Erfolgsmodelle, etwa das Verkehrskonzept der Stadt Zürich, sind das Ergebnis einer *konsequenten Anwendung ordnungsrechtlicher Maßnahmen*. Besondere Attraktivität erhalten die ÖPNV-Modelle, wenn sie, wie in Zürich, mit neuen Organisationskonzepten zur Nutzung individueller Verkehrsmittel, z.B. Carsharing, verknüpft werden.

Daß auch eine überzeugende *Angebotspolitik im Bereich des ÖPNV* erfolgreich sein kann, zeigt die Fallstudie des "Karlsruher Modells". Dessen Erfolg war das *Ergebnis einer Vielzahl abgestimmter Maßnahmen*, wie der Verbund aller öffentlichen Verkehrsmittel im Einzugsbereich von Karlsruhe, die Abstimmung der Fahrpläne der einzelnen Verkehrsträger im Rahmen eines koordinierten Taktverkehrs, eine einheitliche, übersichtliche und attraktive Tarifstruktur, der Einsatz moderner Fahrzeuge und die umfassende Information der Bevölkerung über den Verkehrsverbund. Auch führt die Beteiligung der Gebietskörperschaften an dem Betriebskostendefizit zu der positiven Reaktion, daß das öffentliche Verkehrssystem in die örtlichen Planungs- und Finanzierungsüberlegungen einbezogen wird. Die unabhängig von der Einführung des "Karlsruher Modells", je-

doch in etwa gleichzeitig damit ergriffenen ordnungsrechtlichen und preislichen Maßnahmen, wie z.B. die Beschränkung und Verteuerung des Parkraums, haben sicherlich flankierend zum erzielten Effekt beigetragen.

Die Anzahl der mit dem ÖPNV im untersuchten Nahverkehrskorridor von Karlsruhe nach Bretten zurückgelegten Wege stieg signifikant um 50 %, bei einer Zunahme der Gesamtzahl der Wege um ca. 2,5 %, während die Zahl der Pkw-Fahrten leicht abgenommen hat. Besonders überraschend war die große Nachfrage an Wochenenden, die nachträglich zusätzliche Verbindungen notwendig machte. Dies ist ein Hinweis darauf, daß der ÖPNV auch eine Rolle als attraktives Transportmittel für den immer bedeutender werdenden Freizeitbereich spielen kann. Eine Verlagerung von motorisiertem Individualverkehr zum ÖPNV hat jedoch nur in begrenztem Umfang stattgefunden. Abschätzungen ergaben, daß mit etwa 2000 verlagerten Pkw-Fahrten pro Werktag im Korridor eine Verlagerung des Pkw-Verkehrs von etwa 5 % erreicht wurde. Deutlicher als bei der Anzahl der verlagerten Fahrten wird die verkehrliche Wirkung – und damit auch die Auswirkung auf die Umwelt – bei Betrachtung der auf den ÖPNV verlagerten Fahr- bzw. Verkehrsleistung. Insgesamt wurden knapp 10 % der im Korridor erbrachten Gesamtfahrleistung von etwa 460.000 Pkw-km pro Tag vom motorisierten Individualverkehr auf den ÖPNV verlagert. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, daß relativ lange Wege auf die Stadtbahn verlagert wurden. Die Verkehrsleistung im motorisierten Individualverkehr nahm von etwa 570.000 auf etwa 510.000 Personen-km pro Tag ab. Es hat sich auch bestätigt, daß ein Teil der Verlagerung zum ÖPNV auf Kosten des Fußgänger- und des Fahrradverkehrs geht.

Attraktive Nahverkehrskonzepte induzieren jedoch auch *Neuverkehr*. Die Erhebungen auf der hier betrachteten Referenzstrecke ergaben Werte von etwa 11 %, wobei über die Hälfte der Fahrtzwecke des Neuverkehrs zur

Sparte "Arbeit und Ausbildung" gehört; der Rest ist im wesentlichen Freizeit- und Einkaufsverkehr.

Die auf der betrachteten Referenzstrecke Karlsruhe – Bretten durch die Stadtbahn erreichte Verlagerung von Straßenverkehr auf den ÖPNV hat zu beträchtlichen *Emissionsminderungen* geführt. Noch erheblicher ist die Verbesserung der Immissionsituation, da die entstehenden Emissionen bei der Stromerzeugung für den Stadtbahnbetrieb aus hohen Kraftwerkschornsteinen erfolgen. Insbesondere die zum immissionsbedingten kanzerogenen Risiko beitragenden Stoffe Dieselruß, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Benzol werden bei der Stromerzeugung nicht oder nur in vergleichsweise geringen Mengen freigesetzt.

Ein weiterer bedeutender Umweltvorteil besteht darin, daß die Stadtbahn eine achsenorientierte Siedlungsentwicklung unterstützt, die mit *geringerem Landverbrauch* und erheblich *geringeren Zerschneidungseffekten* von Landschaften verbunden ist als die durch den motorisierten Individualverkehr begünstigte disperse Siedlungsentwicklung.

Auch bezüglich seiner *Kostendeckung* ist das "Karlsruher Modell" als Erfolg anzusehen, da mit über 80 % ein für den ÖPNV überdurchschnittlicher Kostendeckungsgrad für die Betriebskosten erreicht wurde.

Die Fallstudie gibt eine Reihe von Hinweisen zur Verbesserung der politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen, um attraktive ÖPNV-Modelle langfristig zu sichern:

- Berücksichtigung der Anforderungen einer ÖPNV-gerechten Erschließung in der verbindlichen Bauleitplanung durch entsprechende Novellierung des Baugesetzbuches (BauGB);
- Verpflichtung zur Beachtung der geltenden Nahverkehrspläne in der verbindlichen Bauleitplanung durch entsprechende Novellierung des BauGB;
- stärkere Berücksichtigung des motorisierten Individualverkehrs in den Nahverkehrsplänen bzw. Schaffung

eines Gesamtverkehrsplans als institutionalisiertes Instrument;

- Erhöhung der Bindungswirkung des Nahverkehrsplans in Richtung auf die Gesamtplanung;
- einheitliche Regelungen für die Erstellung von Nahverkehrsplänen für Regionen mit Verkehrsverbänden, die über die Grenzen eines Bundeslandes hinausgehen;
- Verbesserung der Kontrolle der verschiedenen Planungen auf den höheren Planungsebenen hinsichtlich Konsistenz und Zielkonfliktfreiheit.

Die vom TAB entwickelten Optionen orientieren sich primär an (jeweils unterschiedlichen) "initiiierenden" Maßnahmen, von denen eine unmittelbare verkehrliche Wirksamkeit sowie direkter Einfluß auf verkehrsbezogene Entscheidungen von Unternehmen und Personen im Hinblick auf die angestrebten Ziele erwartet werden. Da den Ausgangsannahmen der Studie entsprechend die zu untersuchenden Maßnahmen weder mit Einschränkungen der Mobilität noch mit nennenswerten Abstrichen bei den heute üblichen Qualitätsstandards verbunden sein sollen, sind über die initiierenden Maßnahmen hinaus jeweils auch "*flankierende*" Maßnahmen zu berücksichtigen. Dies bedeutet z.B., daß der Einsatz preislicher Maßnahmen zur Beeinflussung individueller Entscheidungen im Hinblick auf die Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltverträglichere Verkehrsträger immer von Maßnahmen zur Sicherung der Mobilität, wie dem Ausbau und der Attraktivitätssteigerung des ÖPNV, begleitet sein muß.

Zur Zeit wird durch die zuständigen Bundestagsausschüsse geprüft, ob der vorgelegte Bericht noch in dieser Legislaturperiode veröffentlicht werden soll.

TA-Projekt: Neue Materialien zur Energieeinsparung und zur Energieumwandlung

# Photovoltaik, Supraleitung, Gasturbinen – Fortschritte durch neue Materialien?

Vom Einsatz neuer Materialien bei verschiedenen Energietechniken erhofft man sich eine effizientere, kostengünstigere und umweltschonendere Erzeugung, Verteilung und Anwendung elektrischer Energie. In einzelnen Technikfeldern, etwa in der klassischen Photovoltaik oder in der Energieumwandlung mit Gasturbinen, haben neue Materialien bereits Einzug gehalten. Viele vorgeschlagene Systeme, in denen neue Materialien eingesetzt werden, befinden sich jedoch noch im Stadium der Forschung. Auf Anregung des Ausschusses für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat das TAB Stand, Chancen und Risiken der Entwicklung und des Einsatzes neuer Materialien für die Energieeinsparung und umwandlung in einer Vorstudie untersucht. Schwerpunkte der Betrachtung sind Materialien für Solarzellen, supraleitende Materialien und Hochtemperaturwerkstoffe für Gasturbinen. Im folgenden werden einige der bisher vorliegenden Ergebnisse der Vorstudie vorgestellt.

## Neue Materialien für Solarzellen

Die Nutzung der Solarenergie durch Photovoltaik (PV) oder Solarthermie hat mittlerweile einen hohen technischen Entwicklungsstand erreicht. Der energiewirtschaftliche Durchbruch der Photovoltaik wird jedoch bislang durch hohe Systemkosten gehemmt. Diese sind u.a. durch verhältnismäßig *hohe Herstellungskosten der Solarzellen* und deren geringe Wirkungsgrade sowie durch aufwendige Maßnahmen zur Systemeinsparung bedingt. Lediglich der PV-Einsatz bei Inselösungen hat sich unter heutigen Bedingungen bereits als wirtschaftlich erwiesen. Um Photovoltaik auch außerhalb von "Nischenanwendungen" wirtschaftlich einsetzen zu können, wird darum weltweit nach neuen Materialien für photovoltaische Zellen gesucht. Diese Materialien sollen einen hohen Wirkungsgrad der Solarzellen ermöglichen, kostengünstig herstellbar und langlebig sein sowie zur Verminderung von Umweltbelastungen bei Herstellung, Nutzung und Entsorgung/Rezyklierung führen.

Die am umfangreichsten untersuchten neuen Materialien (etwa Galliumarsenid, Cadmiumtellurid oder Kupferindiumdiselenid) für Solarzellen konnten sich bislang nicht gegen photovoltaische Zellen auf Siliciumbasis durchsetzen. Auch in der näheren Zukunft *wird kristallines Silicium wohl das wichtigste Material* für die Solarzellenherstellung bleiben, da es viele Vorteile aufweist und vom hohen Technologiestand der Mikroelektronik profitiert. Nachteilig

bei der Verwendung kristallinen Siliciums sind der hohe Materialverbrauch und die aufwendige Fertigungstechnologie für Siliziumzellen. Auch waren in der letzten Zeit erhebliche Kostensteigerungen beim Ausgangsmaterial zu verzeichnen. Darum werden große Hoffnungen in Verfahren gesetzt, bei denen dünne Schichten von Silizium aufgetragen werden. Bis diese Dünnschichtzellen die kristallinen Siliciumzellen in bezug auf Wirtschaftlichkeit übertreffen werden, ist aber noch ein erheblicher Entwicklungsaufwand notwendig.

Derzeit ist es nicht möglich, einem Materialsystem oder einer Technologie einen eindeutigen technisch-ökonomischen Vorteil zuzusprechen. Forschung und Entwicklung werden deshalb auf absehbare Zeit weiter "breitbandig" durchgeführt werden müssen. Dabei wird *FuE-Bedarf* zum einen bei der Weiterentwicklung der "etablierten" kristallinen Silicium-Solarzellen im Hinblick auf einen höheren Wirkungsgrad, geringeren Materialverbrauch und kostengünstigere Fertigungsverfahren gesehen. Zum anderen ist für die innovativen Dünnschichtzelltechnologien zunächst der Nachweis zu erbringen, daß sie unter Serienbedingungen großflächig und homogen hergestellt werden können.

## Supraleitende Materialien

Supraleitung – die quasi verlustfreie Leitung elektrischer Energie bei niedrigen Temperaturen – ist für die elektri-

sche Energietechnik bereits seit geraumer Zeit von Interesse. Insbesondere mit der Entdeckung der *Hochtemperatursupraleiter (HTSL)*, die eine weitgehend verlustfreie Stromleitung bei bereits deutlich höheren Temperaturen als bei den bis dahin bekannten klassischen Supraleitern ermöglichen, wurden die Forschungsanstrengungen in diesem Bereich wieder verstärkt.

Supraleiter können – im Unterschied zur Photovoltaik und zu Gasturbinen – theoretisch auf allen Produktionsstufen der Elektrizitätsversorgung (Umwandlung, Transport und Verteilung) eingesetzt werden. Neben Verbesserungen von bekannten technischen Systemen (supraleitende Generatoren, Transformatoren, Kabel), bei denen sich aufgrund der geringen elektrischen Verluste der Supraleiter höhere Wirkungsgrade erzielen lassen und die hohe Leistungsdichte, reduzierte Volumina und Gewichte ermöglicht, werden auch neue Konzepte (bspw. Fehlerstrombegrenzer auf der Basis supraleitender Materialien und der Einsatz supraleitender magnetischer Energiespeicher) diskutiert.

Ein wesentlicher Nachteil für viele Supraleiteranwendungen ist aber die Tatsache, daß zu deren Kühlung aufwendige Techniken notwendig sind. Diese machen nicht nur erhebliche Anstrengungen zum Erreichen einer mit konventionellen Systemen vergleichbaren Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit notwendig und erhöhen die Systemkosten. Durch ihren Eigenverbrauch reduzieren sie auch die energetischen Vorteile der verlustarmen Leitung und bringen z.T. einen Energie-mehrverbrauch mit sich.

Die Nutzung von HTSL in der Energietechnik würde zwar eine deutliche Reduktion des kühltechnischen Aufwandes gestatten. Ihre breite Anwendung scheidet jedoch bislang an der nicht hinreichend gut beherrschten Herstellung von langen Drähten, Bändern oder Kabeln sowie an den hohen Kosten für die Einsatzmaterialien. Nicht zuletzt deshalb konnte die technische und wirtschaftliche Einsatzreife bei vielen Systemen bis heute nicht

nachgewiesen werden. Bei einem Großteil der vorgeschlagenen Techniken wird zudem seitens der potentiellen Anwender in der europäischen Elektrizitätswirtschaft *derzeit kein Bedarf* bzw. nur ein *geringes Einsatzpotential* gesehen. Lediglich dem supraleitenden "Fehlerstrombegrenzer" (einer "Sicherung", die im Störfall verhindert, daß zu hohe Ströme über das Stromnetz gehen) werden in absehbarer Zeit Einsatzchancen eingeräumt.

### Hochtemperaturwerkstoffe für Gasturbinen

Gasturbinen stellen heute in allen Leistungsklassen eine Standardtechnik in der Erzeugung elektrischer Energie dar. Bedingt durch wirtschaftliche und technische Vorteile gegenüber anderen fossil befeuerten Kraftwerkstypen ist auch in Zukunft – vor allem auch im Zuge der Liberalisierung der Elektrizitätsmärkte weltweit – ein verstärkter Trend zum Einsatz der Gasturbinen-Technologie zu erwarten. Daneben spielen Gasturbinen eine wichtige Rolle in der Antriebstechnik, vor allem im Luftverkehrsbereich.

Weiterentwicklungen in der Gasturbinen-Technologie zielen wesentlich auf eine *Verbesserung der Wirkungsgrade* ab. Dabei verspricht insbesondere eine Erhöhung der Heißgastemperaturen – denen die Turbinenschaufeln zuverlässig standhalten müssen – signifikante Effekte. Eine Verbesserung der Wirkungsgrade von Gasturbinen kann – bei konstantem Stromverbrauch – erheblich zur Reduktion des Brennstoffverbrauchs und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen.

Der Wirkungsgrad steigt mit erhöhter sog. ISO-Turbineneintrittstemperatur der Heißgase. Eine Erhöhung der Einsatztemperaturen verwendeter Werkstoffe kann einerseits zur Steigerung der absoluten Heißgastemperaturen bei gleichbleibender Kühlung und andererseits zur Verringerung des Kühlaufwandes bei konstanten Verbrennungstemperaturen genutzt werden. Im Vordergrund steht heute die Verringerung des Kühlaufwandes, da bei Zunah-

me der absoluten Heißgastemperatur eine verstärkte Bildung etwa von Stickoxiden zu verzeichnen ist. Damit müssen entsprechende Bauteile bei gleicher Beanspruchung höheren Materialtemperaturen standhalten. Hier kommt der Einsatz neuer Materialien zum Tragen, wobei diese u.a. beträchtlichen Temperaturdifferenzen und mechanischen Belastungen standhalten und hohe Oxidations- und Korrosionsfestigkeiten aufweisen müssen.

Der Stand der Technik beim Bau anspruchsvoller stationärer Gasturbinen ist durch den Einsatz "gerichtet bzw. einkristallin erstarrter" Superlegierungen für die Ausrüstung der Turbinenlaufschauflern gegeben. Relativ kurzfristige und mit hoher Erfolgswahrscheinlichkeit realisierbare Verbesserungen werden von der Weiterentwicklung heute standardmäßig eingesetzter *Superlegierungen auf Nickelbasis* erwartet. Hier wird wesentlich an Veränderungen der Legierungsbestandteile und an neuen Prozeßtechnologien gearbeitet. Da mit dem Einsatz vollkeramischer Schaufeln aufgrund mangelnder Schadenstoleranz in absehbarer Zeit kaum zu rechnen ist, erlangt die Nutzbarmachung von geeigneten *keramischen Wärmedämmschichten* eine zunehmende Bedeutung. Weitere entscheidende Steigerungen von Eintrittstemperatur und Wirkungsgrad durch Verwendung massiver Bauteile aus neuen Werkstoffen wie intermetallischen Phasen, Strukturkeramiken oder kohlenstofferverstärktem Kohlenstoff sind frühestens mittelfristig zu erwarten. Inwieweit diese Werkstoffe in der Summe ihrer Eigenschaften wesentliche Vorteile gegenüber ihren ebenfalls laufend weiterentwickelten klassischen Konkurrenten werden bieten können, kann derzeit nicht abschließend beurteilt werden.

Es ist beabsichtigt, die z.Z. in der Fertigstellung befindliche Vorstudie dem Deutschen Bundestag nach seiner Konstituierung voraussichtlich im Oktober vorzulegen.

## TA-Projekt: Brennstoffzellen-Technologie

# Brennstoffzellen – geplante Themenschwerpunkte und leitende Fragestellungen

Die Monitoring-Phase des TAB zur Brennstoffzellen-Technologie ist abgeschlossen. Dabei zeigte sich, daß parlamentarisches Interesse an strategischen Optionen, die ein potentieller Einsatz dieser Technik in der Zukunft bietet, besteht. Das TAB wurde mit der Bearbeitung eines entsprechenden TA-Projektes beauftragt. Ziel der Weiterführung des Themas ist die Untersuchung potentieller Entwicklungsmöglichkeiten von Brennstoffzellen für deren Einsatz in zukünftigen, ökonomisch attraktiven und ökologisch tragfähigen Energie- bzw. Verkehrssystemen.

Trotz erheblicher wissenschaftlicher Fortschritte und veränderter energiepolitischer Rahmenbedingungen ist bisher keine Umsetzung der Brennstoffzellen-Technologie in ein wettbewerbsfähiges Serienprodukt und kein großflächiger Einsatz von Brennstoffzellen erfolgt. Der vorliegende Sachstandsbericht "Zum Entwicklungsstand der Brennstoffzellen-Technologie" (TAB-Arbeitsbericht Nr. 51) gibt einen komprimierten Überblick über den derzeitigen Entwicklungsstand sowie zu aktuellen Trends und Perspektiven der Brennstoffzellen-Technologie. Dabei wird deutlich, daß die Brennstoffzellen-Technologie eine hohe forschungs-, energie- und umweltpolitische Attraktivität besitzt, jedoch derzeit technisch noch nicht ausgereift und für den großflächigen Einsatz noch zu kostenintensiv ist.

## Ausgangspunkt und Ziele des TA-Projektes

Ausgangspunkt für die weitere Bearbeitung als TA-Projekt ist das anhaltende Interesse an der Brennstoffzellen-Technologie in Industrie, Forschung und Politik, was u.a. durch eine Vielzahl themenspezifischer Veranstaltungen und Veröffentlichungen sowie durch eine wachsende Zahl von Demonstrationsanlagen bzw. -fahrzeugen dokumentiert wird. Zielsetzung der weiteren Bearbeitung ist es, möglichst umfassend die potentielle Rolle von Brennstoffzellen in einem zukünftigen ökonomisch attraktiven und ökologisch tragfähigen Energieversorgungs- und Verkehrssystem zu betrachten. Dies schließt die Frage ein, ob und wie durch politische Maßnahmen entsprechende Rahmenbedingungen geschaffen werden könnten.

## Untersuchungsrahmen

Die Einbeziehung sämtlicher Einsatzbereiche von Brennstoffzellen (Verkehr/Transport, Energieversorgung, Kleinstanwendungen wie Laptops) mit ihren unterschiedlichen Anforderungen an Standzeiten, Handhabbarkeit etc. gibt einen Untersuchungsrahmen vor, welcher exemplarisch durch drei Achsen (Abb.) – Brennstoffzellen-Typen (angeordnet nach zunehmender Betriebstemperatur), Leistungsbereiche sowie zeitliche Entwicklung – dargestellt werden kann. Eine Zuordnung von Brennstoffzellen-Typen zu entsprechenden Anwendungen läßt sich zwar in erster Näherung plausibel vornehmen. Nie-

drigtemperatur-Brennstoffzellen beispielsweise, wie die Membran-Brennstoffzelle, werden insbesondere den Anwendungserfordernissen in Fahrzeugen eher gerecht. Dagegen sind in Großkraftwerken eher Hochtemperatur-Brennstoffzellen, die eine effiziente Brennstoffausnutzung etwa bei Abwärmenutzung durch Kopplung mit einer Gasturbine ermöglichen, adäquat implementierbar. Prinzipiell lassen sich jedoch alle Brennstoffzellen-Typen variabel – sowohl im Fahrzeug als auch zur Strom- und Wärmeerzeugung – einsetzen. Zudem "steht" hinter jeder Achse eine Reihe von Einflußgrößen, die in ihrer Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten nicht alle im gleichen Detaillierungsgrad behandelt werden können. Damit setzt eine systematische und quantitativ (beispielsweise hinsichtlich der möglichen Umwelteffekte des Einsatzes eines Systems) fundierte Analyse das Auffinden eines möglichst geeigneten bzw. sinnvollen Betrachtungspfad für ausgewählte Brennstoffzellen-Systeme voraus.

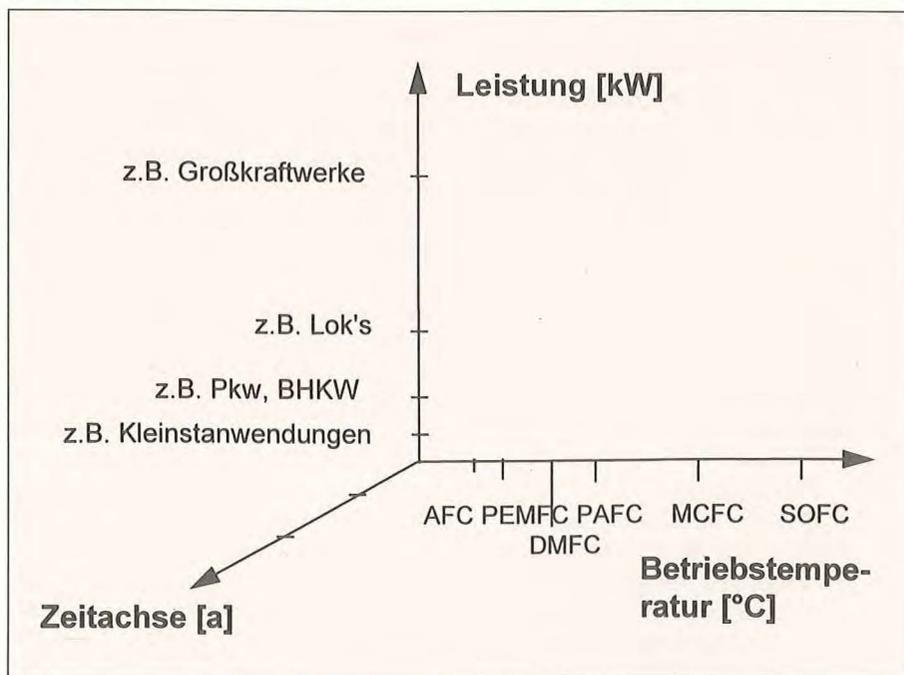


Abb.: Ansatz für im TA-Projekt zu untersuchende Bereiche

(AFC = Alkalische Brennstoffzelle; PEMFC = (Polymerelektrolyt)-Membran-Brennstoffzelle; DMFC = Direkt-Methanol-Brennstoffzelle; PAFC = Phosphorsäure Brennstoffzelle; MCFC = Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle; SOFC = Oxidkeramische Brennstoffzelle; BHKW = Blockheizkraftwerk)

So bedeutet z.B. die prinzipielle Einsatzmöglichkeit eines Systems noch nicht, daß der hierzu notwendige technische Entwicklungsstand bereits erreicht ist. In die Betrachtung sind somit Annahmen über den möglichen Zeitpunkt der Produktionsreife der untersuchten Anwendungen einzubeziehen. Deren Relevanz muß hinsichtlich zukünftig erwartbarer FuE-Fortschritte und Kostendegressionseffekte eingeschätzt werden. Hiervon abhängig ist dann die Bewertung der Einsatzmöglichkeiten von Brennstoffzellen im Gesamtkontext zukünftiger Energieversorgungs- und Verkehrssysteme.

### Themenschwerpunkte

Themenschwerpunkte des Projektes sind dementsprechend sowohl *technische, ökonomische und ökologische Aspekte* der Brennstoffzellen-Gesamtsysteme als auch Rahmenbedingungen künftiger Energie- und Verkehrssysteme. Inhaltlich umfaßt das Projekt im einzelnen

- eine Analyse des Gesamtsystems (Brennstoffzelle und Peripherie) im Hinblick auf technische Machbarkeit und eventuelle Schwachstellen sowie deren Behebbarkeit in absehbarer Zeit als Voraussetzung für eine kostengünstige Serienproduktion,
- einen Vergleich der Brennstoffzellen-Technik mit konventionellen Alternativen in den jeweiligen Anwendungsfeldern,
- eine Analyse bestehender Möglichkeiten zur Ausgestaltung der Brennstoffversorgung, u.a. in bezug auf die benötigte bzw. die derzeit vorhandene Infrastruktur zur Brennstoffbereitstellung und -verteilung,
- eine Übersicht möglicher Konzepte zum Recycling wertvoller Materialien (Katalysatoren etc.) aus "verbrauchten" Brennstoffzellen-Systemen,
- eine Diskussion des möglichen Beitrages von Brennstoffzellen zur Reduzierung negativer Umwelt- und Gesundheitswirkungen im Verkehr bzw. im Energiebereich sowie zukünftiger energie-, klima- und verkehrspolitischer Rahmenbedingungen,

- eine Übersicht über verfügbare Marktprognosen für verschiedene Brennstoffzellen-Systeme, die Aufschluß geben soll über die Kriterien einer potentiellen Marktdiffusion von Brennstoffzellen im Energie- und Verkehrssektor, über die möglichen Effekte einer breiteren Markteinführung sowie über die gegenwärtig existierenden Diffusionshemmnisse für einen "großflächigen" Einsatz der Brennstoffzelle.

Auf der Grundlage dieser Analysen sollen Handlungsbedarf und Handlungsoptionen im Hinblick auf die politische Gestaltung geeigneter Rahmenbedingungen abgeleitet werden. Erste Ergebnisse des Projektes sollen Mitte 1999 vorliegen.

## TA-Projekt: Klonen von Tieren

# TAB-Workshop zum Klonen von Tieren

**Auf Vorschlag des Ausschusses für Bildung, Wissenschaft, Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung wurde das TAB Ende 1997 beauftragt, im Rahmen eines TA-Projektes das Themenfeld "Chancen und Risiken der Entwicklung und Anwendung des Klonens sowie der Gentechnik und der Reproduktionstechnik bei der Züchtung von Tieren für die Forschung, bei der Züchtung von Labortieren und bei der Nutztierzucht" zu bearbeiten. Am 7. Mai 1998 hat das TAB die im Rahmen des Projektes beauftragten Gutachterinnen und Gutachter zu einem Workshop eingeladen, um erste Ergebnisse der Arbeiten zu präsentieren und zu diskutieren. Etwa 35 Personen aus Politik und Wissenschaft nahmen an dieser eintägigen Veranstaltung in Bonn teil.**

Meldungen aus den Labors über Fortschritte in der Bio- und Gentechnik führen seit geraumer Zeit zu kontroversen gesellschaftlichen Diskussionen über die Frage, ob das, was machbar auch wünschenswert oder ethisch zu rechtfertigen ist. Ganz besonderes Aufsehen erregte die Meldung des schottischen Wissenschaftlerteams um Ian Wilmut, in ihrem Institut sei ein Lamm geboren worden, das die gleichen Erbinformationen wie ein erwachsenes Tier trägt und damit dessen Klon ist.

Es stellte sich zum einen die Frage, ob, wie und mit welchem Aufwand dieses Experiment wiederholbar ist, und zweitens, wenn ja, was man mit diesem Wissen anfangen kann, darf und sollte. Grundsätzlich scheint nun nicht nur das Herstellen identischer Nachfahren von Nutz- und Labortieren, sondern auch das Klonen von Menschen möglich. Gerade die Möglichkeit der Anwendung der Klonierungstechnik am Menschen hat die öffentliche Diskussion seit der Klonierung des Schafes Dolly beschäftigt.

Aber auch hinsichtlich der Anwendung der Klonierungstechnik bei Labor- und Nutztieren stellen sich Fragen bezüglich des potentiellen Nutzens, der ökonomischen und sozialen Folgen sowie der ethischen Bewertung. Die Klonierung erweitert die Möglichkeiten bisheriger Formen der Züchtung erheblich, da sie sich über bislang biologisch gegebene Barrieren hinwegsetzt. Die vielfältigen Fragestellungen und Probleme der Entwicklung und Anwendung des Klonens werden im TA-Projekt des TAB in vier Schwerpunkten bearbeitet:

- Stand von Forschung und Technik des Klonens
- Klonen in der Nutztierzucht
- Klonen in der biomedizinischen Forschung
- Ethische, rechtliche und politische Beurteilung des Klonens

Informationsbasis für den zu erstellen Bericht des TAB bilden verschiedene Gutachten, die den aktuellen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Kenntnis- und Diskussionsstand aufbereiten. Im folgenden werden in Kürze die ersten, auf dem Workshop vorgestellten *Zwischenergebnisse der verschiedenen Gutachten* zusammengefaßt.

## Stand von Forschung und Technik

"Entwicklungsstand und Anwendungsperspektiven bei der Erzeugung genetisch identischer Mehrlinge bei landwirtschaftlichen Nutztieren" wurden von Prof. Dr. H. Niemann dargestellt, Leiter am Institut für Tierzucht und Tierverhalten der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Neustadt-Mariensee. Bis heute sei bei landwirtschaftlichen Nutztieren die mikrochirurgische Embryonenteilung, die Blastomerenisolierung sowie der Kerntransfer erfolgreich zur Erstellung von Klonen eingesetzt worden. Beim Schaf Dolly gelang es erstmals, einen Klon durch den Transfer des Zellkerns eines erwachsenen Tieres in die Hülle einer entwicklungsfähigen Keimzelle herzustellen. Das Verfahren ist bereits seit 1986 bekannt und führte zu Versuchen, diese Technologie züchterisch und kommerziell zu nutzen, was bisher jedoch im

wesentlichen am sogenannten "large calf syndrome" gescheitert sei. Es wurde festgestellt, daß ca. 30% - 35% der nach Kerntransfer geborenen Nachkommen größer waren als normale Kälber. Diese übergroßen Nachkommen können bei zumeist verlängerter Trächtigkeitsdauer zu erheblichen Problemen bei der Geburt und zu erhöhten perinatalen Verlusten führen. Zudem sei davon auszugehen, daß sich aus embryonalem Kerntransfer entstandene Nachkommen dennoch deutlich von ihrem Elternteil unterscheiden und auch erhebliche Variationen zwischen Kloneschwistern vorhanden sein werden. Ein grundsätzliches Problem – so Prof. Niemann – bei Kerntransfer und Klonierung bestehe zudem darin, daß die meisten (tierzüchterisch relevanten) Leistungsmerkmale der Nutztiere nicht durch einzelne Gene, sondern durch das komplexe Zusammenspiel sehr vieler Gene vererbt werden, verbesserte Leistungsmerkmale durch die Technologien des Gentransfers und des Klonens allein somit auf absehbare Zeit nicht erreicht werden können.

Nach Prof. Niemann wird der Einsatz des Klonens demnach primär darauf gerichtet sein, transgene Tiere mit bestimmten, insbesondere biomedizinisch-relevanten Eigenschaften zu erhalten. So ist nach genetischer Transformation fetaler Bindegewebszellen und Verwendung im Kerntransfer das Schaf "Polly" geboren worden, ein Schaf, das ein Gen für den menschlichen Blutgerinnungsfaktor IX trägt. In näherer Zukunft sei zu erwarten, daß die *Präzision des Gentransfers noch wesentlich verbessert* werden wird. Damit werde die Herstellung transgener Tiere, insbesondere für die Erstellung rekombinanter pharmazeutischer Proteine in der Milchdrüse sowie für die Bereitstellung von Xenotransplantaten auf eine effizientere Grundlage gestellt.

## Perspektiven und Probleme des Einsatzes von klonierten Tieren in der Landwirtschaft und der Tierzucht

Szenarien der Entwicklung der agrarökonomischen und agrarökologischen

"Auswirkungen in der Nutztierzucht" werden im Auftrag des TAB von Prof. Dr. A. Henze und Prof. Dr. Dr. J. Zeddis von der Universität Hohenheim entwickelt. Obwohl Klonierung und andere, dem Embryonentransfer assoziierte Verfahren zur Zeit noch nicht praxisreif und daher wirtschaftlich noch nicht konkurrenzfähig sind, sei zu vermuten, daß gegenüber der konventionellen Züchtung die Klonierung landwirtschaftlicher Nutztiere potentiell deutlich *höhere Zuchtfortschritte*, Leistungsniveausprünge und bei vertretbaren Kosten deutliche *einzelbetriebliche Einkommenssteigerungen* ermöglicht. Mit zunehmend liberaler Agrarpolitik sei zu erwarten, daß sich der Trend zur Auslagerung der Züchtung aus der Landwirtschaft in gewerbliche Unternehmen verstärkt, kleine landwirtschaftliche Betriebe Marktanteile an große Tierhalter abgeben und die Zahl der Betriebsaufgaben noch zunehmen wird.

Prof. Zeddis und Prof. Henze halten eine weitere *Verengung der genetischen Variabilität* in der Tierhaltung durch Erhöhung der Selektionsschärfe für wahrscheinlich. Die traditionelle Tierzucht enge zwar ebenfalls die genetische Vielfalt ein, die Klonierung könne jedoch diese Entwicklung beschleunigen. Genetische Vielfalt könne unter Einsatz der Klonierungs-Technologie wirksam nur erhalten werden, wenn weltweit jeweils an die lokalen Bedingungen angepasste Tierrassen geklont würden. Gesundheitliche Risiken für die Tiere durch Klonierung würden in der Zuchtpraxis prinzipiell eher zunehmen, ließen sich jedoch teilweise durch bessere züchterische Methoden, durch besseres Management und bessere Hygiene vermeiden. Durch eine beschleunigte Vermehrung krankheitsresistenter Tiere könnte der Gesundheitsstand einer Population gestärkt werden.

### Klonen in der biomedizinischen Forschung

Frau Prof. Dr. R. Kollek vom Forschungsschwerpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt (BIOGUM) der

Universität Hamburg betonte in ihrem Überblick über die mögliche Bedeutung der Klonierungstechnik in der biomedizinischen Forschung, daß die *Kerntransfermethode* nicht nur neue Wege der Erzeugung transgener Tiere eröffnet, sondern auch eine Fülle von grundlegenden biologischen Fragestellungen generiert. Durch die Ergebnisse der Kerntransfer- und Klonierungsexperimente scheint das biologische Dogma, daß eine differenzierte "erwachsene" Zelle nicht wieder in einen embryonalen Zustand versetzt werden kann, relativiert worden zu sein.

Das Kerntransferverfahren ermöglicht es, sogenannte *Tiermodelle* für menschliche Krankheiten zu erzeugen, bei denen spezifische Gene oder Funktionen durch die Einführung neuer Gene zerstört worden sind. Tiere mit den unterschiedlichsten Mutationen könnten weitaus effizienter erzeugt werden, als dies heute möglich ist. Die Frage, wie weit die dabei erzielten Ergebnisse auf Menschen übertragbar sind, bedarf jedoch – so Frau Prof. Kollek – noch weiterer Untersuchung. Klonierte Tiere können darüber hinaus für die *Prüfung pharmakologisch wirksamer Substanzen* eingesetzt werden. Vergleichende Untersuchungen verschiedener pharmazeutischer Wirkstoffe an genetisch identischen Tieren könnten möglicherweise genaueren Aufschluß über die Unterschiede in Wirkungsweise und -spektrum erbringen, als Untersuchungen an genetisch heterogenen Tieren.

Die Kerntransfermethode könne aber nicht nur zur Herstellung sogenannter Tiermodelle für die biomedizinische Forschung genutzt werden, sondern sie könne auch den Weg für die *Züchtung körpereigenen Ersatzgewebes* bereiten. Der Weg dahin könne über den Kerntransfer aus somatischen Zellen, aber auch aus embryonalen Stammzellen führen. Es würde so ein embryonaler Klon desjenigen Menschen erzeugt, der sich das Ersatzgewebe züchten lassen möchte. Dem deutschen Embryonenschutzgesetz zufolge wäre allerdings die Herstellung menschlicher Embryonen, unabhängig davon, mit welcher Methode sie er-

zeugt wurden, zu den genannten Zwecken verboten.

Weitgehend ungeklärt sei, welche *Risiken* die Klonierungsmethode für die auf diesem Wege erzeugten Tiere mit sich bringt. Es sei nicht auszuschließen, daß sich durch Klonierung das normale Muster der Gene eines Genoms so verändern kann, daß mit phänotypischen Veränderungen und einer konstitutionellen Schwäche der Klone gerechnet werden müßte. Weitere, potentiell schwächende Faktoren, stellen die Verkürzung der für den Alterungsprozeß von Zellen verantwortlichen Telomeren dar, oder auch genetische Schäden, die die für den Kerntransfer benutzten Donorzellen in ihrem ersten Lebenszyklus davon getragen haben können. Genauer zu untersuchen sei auch die Frage, ob es durch die Klonierung zur Aktivierung endogener krebserzeugender Retroviren kommen kann.

"Nutzen, Leistungsmöglichkeiten und Risiken des Klonens von Tieren in der biologischen und der medizinischen Grundlagenforschung sowie der anwendungsorientierten Forschung" werden im Auftrag des TAB auch von Frau Priv.-Doz. Dr. C. Birchmeier vom Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in Berlin untersucht. Frau PD Birchmeier, die am Workshop nicht teilnehmen konnte, vertrat in einer schriftlichen Stellungnahme die Ansicht, daß Klonierung durch Kerntransplantation eine Technik ist, die bisher nur im Schaf erfolgreich eingesetzt wurde und es im Augenblick völlig unklar sei, inwieweit diese Technik auch bei anderen Säugetieren erfolgreich anwendbar sei. Sie geht vielmehr davon aus, daß es aus technischen Gründen unwahrscheinlich ist, daß Kerntransplantationen in den nächsten Jahren auf breiter Basis für biomedizinische Forschung eingesetzt werden und in absehbarer Zeit wohl nur in Ausnahmefällen eine praktische Alternative zur Züchtung, gerade auch bei großen Säugern, darstellen.

Dagegen hätten Techniken, die auf einer Nutzung embryonaler Stammzellen beruhen, schon heute eine große Bedeutung in der biomedizinischen Forschung. Diese Techniken ermöglichen

es, gezielte Mutationen in ein Genom einzubringen ("gene targeting"). Mit ihrer Hilfe können Tiere "hergestellt" werden (z.B. Mäuse), die für die Analyse von Genfunktionen und für die Herstellung von Modellen für menschliche Krankheiten eingesetzt werden.

### Rechtliche Fragen

Den "rechtlichen Aspekten des Klonens von Tieren" widmet sich Prof. Dr. J. Simon, Europäische Akademie für Umwelt und Wirtschaft e.V., Universität Lüneburg. Eine Überprüfung der nationalen einfachgesetzlichen Regelungen, wie Tierzuchtgesetz oder Tierschutzgesetz, im Hinblick auf das Klonen zeige – so Prof. Simon –, daß das Klonen von Tieren derzeit von keiner einfachgesetzlichen Regelung erfaßt wird: Beschränkungen oder ein Verbot des Klonens ergeben sich weder aus dem Wortlaut noch aus dem Gesetzeswerk des Tierzuchtgesetzes.

Auch nach dem Grundgesetz wäre ein *umfassendes Klonierungsverbot beim Tier* zur Zeit verfassungswidrig, insbesondere deswegen, weil der Tierschutz z.Z. keinen Verfassungsrang genießt. Nach Art 20a GG ist der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen nur in ihrer Eigenschaft als Lebensgrundlage des Menschen als Staatsziel definiert.

Das *Klonen von Menschen* sei hingegen *eindeutig nicht zulässig*, ein Klonierungsverbot daher mit dem Grundgesetz vereinbar. In einfachgesetzlicher Regelung ist das Klonen von Menschen durch § 6 Embryonenschutzgesetz verboten. Es handelt sich hierbei um eine strafbewehrte Regelung, mit der der Gesetzgeber eine umfassende Regelung schaffen wollte.

### Ethische Bewertung der Klonierung

Die Entwicklung von "Kriterien einer ethischen Urteilsbildung" im Problemfeld Klonen von Tieren ist Ziel der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. L. Honnefelder, Institut für Wissenschaft und Ethik e.V. (IWE), in Bonn. Einen Zugang zur Kriterienentwicklung könnte die These einer anthroporelationalen Verantwort-

ungsethik bieten: Der biotechnische Umgang mit Tieren müßte den Kriterien und Prinzipien genügen, an denen sich die Handlungsverantwortung des Menschen generell auszurichten hat. Dies schließe die entsprechenden Kriterien der *Tierethik*, der *ökologischen Ethik* und der *Sozialethik* ein. Bei der Frage nach den Prinzipien, an denen sich die Handlungsverantwortung des Menschen ethisch und rechtlich zu orientieren hat, könne auf den ethischen Konsens zurückgegriffen werden, der den im Grundgesetz und analogen Menschenrechtsdokumenten kodifizierten Grundrechten und Staatszielen zugrundeliegt. Diese Prinzipien schließen den Schutz der Umwelt ("Staatsziel Umweltschutz") und den Tierschutz ("Staatsziel Tierschutz") ein. Als Kriterien einer ökologischen Ethik könnten zunächst diejenigen Erfordernisse gelten, die sich aus einer Folgenabschätzung hinsichtlich der Sicherheit anzuwendender Technologien ergeben, z.B. in Form von Grenz- und Schwellenwerten. Darüber hinaus ist verschiedenen Verträglichkeitskriterien Rechnung zu tragen, wie der Erhaltung ökologischer Gleichgewichte, biologischer Vielfalt u.a.

Nach Ansicht der Arbeitsgruppe um Prof. Dr. K. Bayertz vom Institut für gesellschaftswissenschaftliche Studien, praktische Philosophie und Bildung e.V. (argos) in Münster, die einen Überblick über die ethische und gesellschaftliche Diskussion des Klonens von Tieren erarbeitet, zeichnen sich in der (deutschsprachigen) moralphilosophischen, ethischen und politischen Diskussion folgende Tendenzen ab:

Befürchtet wird eine Verstärkung von unerwünschten Folgeerscheinungen der bereits jetzt genutzten Reproduktionsverfahren durch den Einsatz der Klonierungstechnik. Besonderes Augenmerk richtet sich dabei auf die mögliche Klonierung transgener Tiere. Als problematisch wird hier allerdings weniger das Klonierungsverfahren an sich gesehen (mit Ausnahme der eventuellen spezifischen physischen Risiken für die betroffenen Tiere), kritisiert wird vielmehr der Einsatz der Klonierungsverfahren als eines Mittels zur

selbst als problematisch angesehenen Herstellung transgener Tiere. Häufig wird auch die Befürchtung geäußert, die Klonierung von Tieren könne einen Präzedenzfall für bzw. einen schleichenden Dammbbruch in Richtung auf eine Anwendung des Klonierungsverfahrens auch beim Menschen bedeuten ("slippery slope-Argumente"). Diese Befürchtungen richten sich insbesondere gegen das Verfahren der Klonierung durch Kerntransfer und hier insbesondere gegen das Verfahren, dem das Kloneschaf "Dolly" seine Existenz verdankt (Zellen eines funktional ausdifferenzierten Gewebes werden für den Transfer benutzt).

In ethischen Fachdiskussionen lassen sich zwei gegenläufige Tendenzen beobachten. Einerseits werde auf eine spezifische Differenz zwischen Menschen und Tieren verwiesen. Andererseits sei – auch in anderen ökoethischen Kontexten – eine Revalidierung ethischer Überzeugungen zu beobachten, die eine positiv besetzte Natürlichkeitsvorstellung zum zentralen Kritikmotiv an der zunehmenden Technisierung insbesondere auch reproduktiver Vorgänge macht. Die Funktion solcher naturethischer Überzeugungen variere relativ zu den Problemfeldern. Sie könnten so verwendet werden, daß einerseits der Verweis auf Naturethik Evidenzen für eine Bewertung oder Entscheidung hervorruft oder andererseits aus ihnen direkt ein Maßstab für die Bewertung von Handlungsoptionen gewonnen wird. Entsprechend können diese Argumente einen sehr unterschiedlichen normativen Status besitzen, durch unterschiedliche metaethische Positionen werde ein Konsens in Anwendungsfragen jedoch nicht a priori unmöglich.

Nach Abschluß aller Gutachten sollen voraussichtlich im Herbst 1998 auf einem weiteren Workshop die Ergebnisse diskutiert werden. Der Abschlußbericht zum TA-Projekt ist für Anfang 1999 geplant.

# Xenotransplantation: Tiere als Lebensretter?

**Menschen, deren Nieren, Leber oder Herz von Affen, vor allem aber von Schweinen stammen, könnten bald schon in großer Zahl unter uns leben. Ein solches Szenario basiert auf einer Etablierung der Xenotransplantation (griech. xeno = fremd). Eine weitere Öffnung der Schere zwischen Nachfrage nach und dem knappen Angebot an menschlichen Organen könnte die Entwicklung dieser Neulandtechnologie schneller als heute noch prognostiziert vorantreiben.**

Vor einem verbreiteten Einsatz sind allerdings noch viele medizinisch-technische Probleme zu lösen. Dazu gehört insbesondere die Überwindung der schnellen Abstoßung des transplantierten tierischen Organs; auch sind Risiken, wie die mögliche Übertragung von Viren, ernst zu nehmen.

Den möglichen Folgepotentialen einer Anwendung der Xenotransplantation haben sich die Technikfolgen-Abschätzung und verwandte Ansätze der Folgenforschung in Deutschland noch nicht intensiv zugewandt. Ein Grund könnte darin liegen, daß die Entwicklung in Deutschland einen gewissen Rückstand im Vergleich zu anderen Ländern aufweist. Während z.B. in den Vereinigten Staaten verschiedene Unternehmen mit ihren Produkten bzw. Verfahren bereits in die erste Phase der klinischen Prüfung eingetreten sind, beschäftigt sich die Forschung in Deutschland zur Zeit vor allem mit der Entwicklung transgener Strategien zur Verbesserung der Humanverträglichkeit der tierischen Gewebe und Organe oder mit Fragen der biologischen Sicherheit. Daß es für einen konkreten Einstieg in die Xenotransplantation derzeit möglicherweise noch zu früh ist, zeigt ein Moratorium, das in Großbritannien im letzten Jahr beschlossen

wurde, ebenso wie die Entscheidung der amerikanischen *Food and Drug Administration*, bis zur Klärung gewisser Sicherheitsbedenken vorerst keine weiteren klinischen Versuche mehr zuzulassen.

Nach Diskussionen mit der Berichterstattergruppe für TA im Deutschen Bundestag ist das TAB gebeten worden, sich dieser Thematik – zunächst in Form eines TA-Monitorings – anzunehmen. Das Ziel eines TA-Monitorings ist weniger anspruchsvoll als das einer eigentlichen TA-Studie: Es geht dabei um die Sichtung und Auswertung thematisch einschlägiger, inhaltlich aussagekräftiger und methodisch interessanter TA-Studien oder auch anderer Publikationen mit Relevanz für Themen und Aufgaben der TA. Zum Bereich Xenotransplantation wurde die Auswertung von Dokumenten, die neben der Erörterung der wissenschaftlich-technischen Aspekte Fragen der ethischen Vertretbarkeit und der Notwendigkeit politischer und rechtlicher Regulierung thematisieren, ins Auge gefaßt.

Im Rahmen dieses TA-Monitorings arbeitet das TAB mit dem Institut für gesellschaftswissenschaftliche Studien, praktische Philosophie und Bildung e.V. (argos) zusammen. Das Institut

wurde vom TAB beauftragt, eine Literaturanalyse entlang von zentralen Leitfragen durchzuführen. Dazu gehören u.a. die folgenden Fragen:

- Welche Bedeutung wird dem Thema Xenotransplantation medizinisch und politisch beigemessen?
- Wie wird der gegenwärtige Stand der Forschung und Technik eingeschätzt?
- Welche kurz- oder mittelfristigen Anwendungen der Xenotransplantation werden diskutiert bzw. erwartet?
- Welche Bewertungsmuster (Kriterien) liegen den Dokumenten zugrunde?
- Welcher Handlungsbedarf (Regulierungsbedarf) wird gesehen?
- Welche politischen und rechtlichen Empfehlungen werden ausgesprochen (Richtlinien, Moratorium)?
- Welche Hinweise für den deutschen Gesetzgeber lassen sich aus den Analyseergebnissen ableiten (Handlungsbedarf)?
- Ergeben sich Konsequenzen für die TA in Deutschland?

Erste Ergebnisse der vergleichenden Auswertung sind im Juli zu erwarten; der abschließende Bericht ist für Oktober geplant.

## TA-Aktivitäten im In- und Ausland

# Das Institut für Technologische Zukunftsforschung der Europäischen Kommission

Das in Sevilla ansässige Institut für Technologische Zukunftsforschung (IPTS, *Institute for Prospective Technological Studies*) wurde 1994 als siebtes der Institute der Gemeinsamen Forschungsstelle (*Joint Research Center*) der Europäischen Kommission gegründet. Die Aufgabe des Institutes – so die EU-Kommissarin für Forschung, Innovation, Erziehung, Bildung und Jugend, Edith Cresson – ist es, "to collect information about technological developments and their applications in Europe and the world, to analyse it, and to transmit it in processed form to the European decision makers".

Entsprechend dieser Aufgaben der Analyse und der Politikberatung bezüglich der Entwicklung und Anwendung neuer Technologien, verfolgt das Institut drei Ziele:

- die permanente Beobachtung der technologischen Entwicklung, um frühzeitig technologische Durchbrüche und Trends zu identifizieren und die Entscheidungsträger auf mögliche Implikationen und Konsequenzen dieser Entwicklungen aufmerksam zu machen;
- die Durchführung eigener Forschungsarbeiten zu den komplexen Beziehungen zwischen technologischer Entwicklung, der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und der Entwicklung des Arbeitsmarktes;
- die Durchführung von Untersuchungen im Auftrag anderer Dienste der europäischen Kommission, des europäischen Parlamentes und anderer europäischer Institutionen im Hinblick auf deren spezifische Informationsbedürfnisse.

Die Arbeiten von IPTS umfassen ein weites Spektrum von wissenschaftlichen und technischen Bereichen, für die mögliche technische Durchbrüche, wirtschaftliche Chancen und soziale Herausforderungen antizipiert werden sollen. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei Technologiefeldern, die in besonders rapider Entwicklung befindlich sind, wie z.B. die Informations- und Kommunikationstechnologie und die Biotechnologie. Dabei berücksichtigt IPTS auch die "Nachfrageseite" der technischen Entwicklung, wie z.B. Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz neuer Technologien und der Entwicklung gesellschaftlicher Werte und Bedürfnisse.

## Die Arbeitsweise des Institutes – Aufbau und Nutzung internationaler Expertennetzwerke

Der größte Teil der Arbeiten des IPTS ist orientiert an den Problemen und Fragestellungen des Auftraggebers, d.h. die Wahl der untersuchten Themen und Fragestellungen orientiert sich an den Bedürfnissen und Problemen der europäischen Einrichtungen, für die IPTS tätig ist. Auf der Basis von Vereinbarungen im Rahmen des 4. Forschungs-Rahmenprogrammes der EU ist IPTS vorwiegend für die verschiedenen Generaldirektionen der Europäischen Kommission, wie z.B. die Generaldirektion III (Industrie) oder die Generaldirektion XVI (regionale Entwicklung) und die beim Präsidenten der Kommission angesiedelte Abteilung für "Forward Studies" tätig. Außerhalb solcher langfristigen vertraglichen Vereinbarungen übernimmt IPTS aber auch kurzfristige Arbeiten für die Generaldirektionen, wie auch für das Europäische Parlament und den Wirtschafts- und Sozialausschuß der EU.

Bei der Durchführung seiner Arbeiten stützt sich IPTS vor allem auf Untersuchungen und Informationen eines Netzwerkes von Experten. Zu diesem Zweck hat IPTS das Science and Technology Observatory (ESTO) gegründet. Zu diesem Netzwerk gehören 14 Wissenschafts- und Technikeinrichtungen aus verschiedenen europäischen Ländern. Das ESTO-Netzwerk trägt wesentlich zu den Studien des IPTS und zum von IPTS herausgegebenen Informationsbulletin, dem "IPTS-Report", bei. Eine geplante Erweiterung des Netzwerkes durch Institute aus weiteren europäischen Ländern, den USA, Japan und Rußland soll die Kapazitäten dieser in Europa einzigartig

Einrichtung zur Technikvorausschau verbessern. ESTO wurde aber nicht allein zur Unterstützung der Arbeiten des IPTS eingerichtet, sondern versteht sich insgesamt als Einrichtung zur Verbesserung der Kooperation von Wissenschafts- und Technikeinrichtungen in den Mitgliedstaaten der EU. Weitere wichtige Unterstützung erfährt IPTS durch die für die Kommission tätigen wissenschaftlichen Berater in den wichtigsten ausländischen Delegationen der EU (Washington, Tokio, Tel-Aviv, Moskau, Peking, Sidney u.a.). Diese informieren IPTS über wichtige Wissenschafts- und Technikthemen aus ihrem jeweiligen Land und sind beratend für IPTS-Projekte tätig.

## Die Arbeitsfelder des Institutes

Bei der Durchführung prospektiver Analysen verfolgt IPTS zwei Ansätze: Zum einen geht es um die Beobachtung und Analyse technologischer Entwicklungen und zum anderen um die Untersuchung der Entwicklung des sozioökonomischen Kontextes. Dies spiegelt sich in den zwei Abteilungen des Institutes wieder: *Technology Watch* (TW) und *Technology-Employment-Competitiveness* (TEC). Während die Projekte von *Technology Watch* sich auf die naturwissenschaftlich-technischen Aspekte verschiedener technologischer Entwicklungslinien konzentriert (*technology push*), befassen sich die sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Untersuchungen der Abteilung TEC mit der Nachfrageseite der Technikentwicklung (*demand pull*) sowie mit technikbezogenen Aspekten des sozialen Wandels. Die Schnittstelle zwischen Technik und Gesellschaft bildet somit das eigentliche Arbeitsfeld von IPTS.

Aufgabe und Arbeitsweise von IPTS erfordern eine ständige Erneuerung seiner internen wissenschaftlichen Kompetenz. Dies impliziert die Integration langfristig angelegter Arbeitsfelder mit der permanenten Entscheidung darüber, in welchen Feldern neue Arbeitskapazitäten aufgebaut werden sollen. Zur Zeit konzentriert sich die Arbeit der rund 70 wissenschaftlichen Mitarbeiter

## Aktuelle Arbeitsfelder von IPTS

### Technology Watch

- Life Sciences
- Informations- und Kommunikationstechnologien
- Transport und Mobilität
- Neue Materialien und Produktionstechnologien
- Energie und Umwelt

### Technology-Employment-Competitiveness

- Technologie, Wissen, sozialer und organisatorischer Wandel
- Regulatorischer Rahmen für neue Technologien
- Innovation, Diffusion und Wachstum
- Regionale Entwicklung und Ressourcen-Management

von IPTS auf neun Bereiche (siehe Kästen auf dieser Seite).

Komplementär zu seinen Aktivitäten im Bereich Energie und Umwelt hat IPTS im Auftrag der Kommission das *European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau* (IPPC) eingerichtet. Dieses Büro unterstützt die Implementation der im September 1996 verabschiedeten EU-Richtlinie zur integrierten Vermeidung und Kontrolle von Umweltverschmutzung. Die Richtlinie sieht einen grundsätzlich neuen Ansatz in der Umweltgesetzgebung durch die Zusammenarbeit von Behörden, Industrie und Umweltorganisationen vor, womit die Berücksichtigung von Umweltaspekten bei der Anlagengenehmigung gestärkt und die Genehmigungsverfahren beschleunigt werden sollen. Das Büro soll Anwendern und Behörden Informationen über die derzeit verfügbaren Umwelttechnologien in mehr als 60 industriellen Sektoren zur Verfügung stellen und entwirft Referenzdokumente für Behörden der EU-Mitgliedsstaaten zur Bewertung und Lizenzierung industrieller Verfahren und Anlagen. Das Büro soll mit Inkrafttreten der Richtlinie im kommenden Jahr deren Durchführung hinsichtlich ihrer Effektivität und ihrer Folgen im sozio-ökonomischen Sektor begleitend untersuchen.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit von IPTS – entsprechend der geographischen Lage des Institutes am

Schnittpunkt des europäischen und des arabischen Kulturkreises – sind Arbeiten zu spezifischen Problemen des Mittelmeerraumes. Das 1992 zwischen der EU und den Mittelmeerstaaten geschlossene "Barcelona-Abkommen" zum Schutz von Natur und Kultur des Mittelmeerraumes hat neue Wege für die Kooperation zwischen den fünfzehn EU-Mitgliedsstaaten und den Mittelmeerländern eröffnet. Der Fokus von IPTS im Rahmen dieses Kooperationsprozesses liegt auf der Untersuchung der Bedeutung von Wissenschaft und Technik für den sozialen, ökonomischen und kulturellen Wandel in den Mittelmeeranrainerstaaten.

### Publikationen

IPTS legt entsprechend seiner informatorischen und beratenden Aufgaben für die verschiedenen europäischen Behörden großes Gewicht auf die Publikation und Verbreitung der Arbeitsergebnisse. Informationen über die verschiedenen Arbeitsbereiche sind über das Internet jedermann zugänglich (<http://www.jrc.es>). Neben der Publikation von Projektberichten gibt IPTS kurze Informationspapiere zu aktuellen wissenschaftlichen und technischen Themen heraus und organisiert Workshops und Konferenzen. Pro Jahr werden ca. 5000 Exemplare der verschiedenen IPTS-Publikationen hauptsächlich von EU-Einrichtungen sowie Forschungseinrich-

tungen, Universitäten und Ministerien der EU-Mitgliedsstaaten, aber auch von verschiedenen Einrichtungen in Osteuropa und Amerika nachgefragt. Die größte Verbreitung findet der monatlich in einer Auflage von 7000 Exemplaren erscheinende IPTS-Report, der sich in kurzen Artikeln mit Informationen zu aktuellen Entwicklungen in verschiedenen Technologiefeldern an Entscheidungsträger in Europa richtet. Der IPTS-Report enthält Beiträge von Autoren aus verschiedenen wissenschaftlich-technischen Einrichtungen in Europa und wird in vier Sprachen (Englisch, Französisch, Deutsch und Spanisch) herausgegeben.

### Die zukünftigen Aufgaben

Nachdem IPTS in den vergangenen Jahren seine Struktur, sein Aufgabenprofil und seine Kontakte zu wissenschaftlich-technischen Einrichtungen in und außerhalb Europas hat entwickeln können, wird das Institut seine Arbeiten im Rahmen des kommenden fünften Forschungs-Rahmenprogrammes der EU auf solider Basis fortführen. Die Zusammenarbeit mit der Europäischen Kommission und den Dienststellen des Europäischen Parlamentes soll weiter ausgebaut und die Kooperation mit Einrichtungen in und außerhalb der EU erweitert werden. Es wird zweifellos auch in Zukunft einen großen Bedarf an kompetenter, rechtzeitiger und neutraler Information und Politikberatung in der Europäischen Union geben. IPTS ist bemüht, in dieser Hinsicht zur Verwirklichung der im Zentrum der EU-Politik stehenden Ziele beizutragen: Erweiterung der Europäischen Union, Verwirklichung der Europäischen Währungsunion, Sicherung der Beschäftigung sowie Weiterentwicklung der sozialen und ökonomischen Integration Europas.

Martha Gonzáles

IPTS

Isla de la Cartuja s/n

E-41092 Sevilla

Tel.: 0034-95-448 83 48

e-mail: [ipts\\_scr@jrc.es](mailto:ipts_scr@jrc.es)

## VERFÜGBARE PUBLIKATIONEN DES TAB

*Die folgenden Publikationen sind kostenlos erhältlich und können – nur schriftlich – beim Sekretariat des TAB (Frau Lippert) angefordert werden!*

### ■ TAB-Faltblatt

- deutsch *Mai 1998*
- englisch *Mai 1998*

### ■ TAB-Broschüre – Ziele, Themen, Organisation (deutsch/englisch)

*Mai 1998*

### ■ TAB-Briefe (nur in begrenzter Auflage verfügbar)

- Nr. 11 *Okt. 1996*
- Nr. 12 *Juni 1997*
- Nr. 13 *Dez. 1997*
- Nr. 14 *Juni 1998*

### ■ TAB-Arbeitsberichte (nur in begrenzter Auflage verfügbar)

- Nr. 14 Technikfolgen-Abschätzung zum Raumtransportsystem SÄNGER *Okt. 1992*
- Nr. 24 Monitoring "Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik" – Ist die (deutsche) Öffentlichkeit 'technikfeindlich'? (Ergebnisse der Meinungs- und der Medienforschung) (1. Sachstandsbericht) *März 1994*
- Nr. 39 TA-Monitoring "Stand der Technikfolgen-Abschätzung im Bereich der Medizintechnik" *April 1996*
- Nr. 42 Monitoring "Exportchancen für Techniken zur Nutzung regenerativer Energien" (Sachstandsbericht) *Aug. 1996*
- Nr. 45 TA-Projekt "Kontrollkriterien für die Bewertung und Entscheidung bezüglich neuer Technologien im Rüstungsbereich" (Endbericht) *Sept. 1996*
- Nr. 46 Monitoring "Stand und Perspektiven der Katalysatoren- und Enzymtechnik" (Sachstandsbericht) *Dez. 1996*
- Nr. 47 Vorstudie zum TA-Projekt "Umwelt und Gesundheit" *März 1997*
- Nr. 48 Tätigkeitsbericht des TAB für die Zeit vom 01.09.1995 bis 31.08.1996 *Febr. 1997*
- Nr. 49 Monitoring "Nachwachsende Rohstoffe" – Vergasung und Pyrolyse von Biomasse (2. Sachstandsbericht) *April 1997*
- Nr. 50 Monitoring "Forschungs- und Technologiepolitik für eine nachhaltige Entwicklung" (Sachstandsbericht) *Juni 1997*
- Nr. 51 Monitoring "Zum Entwicklungsstand der Brennstoffzellen-Technologie" (Sachstandsbericht) *Sept. 1997*
- Nr. 52 TA-Projekt "Entwicklung und Folgen des Tourismus" (Bericht zum Abschluß der Phase I) *Okt. 1997*
- Nr. 53 Monitoring "Nachwachsende Rohstoffe" – Pflanzliche Öle und andere Kraftstoffe (3. Sachstandsbericht) *Nov. 1997*
- Nr. 54 Monitoring "Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik" – Ambivalenz und Widersprüche: Die Einstellung der deutschen Bevölkerung zur Technik (Ergebnisse einer repräsentativen Umfrage) (2. Sachstandsbericht) *Dez. 1997*
- Nr. 57 Tätigkeitsbericht des TAB für die Zeit vom 01.09.1996 bis 31.08.1997 (*ab Juli 1998 erhältlich*) *April 1998*

*Nachfolgend ist eine Auswahl von ZUSAMMENFASSUNGEN der vergriffenen Abschlußberichte zu TA-Projekten und der vergriffenen Sachstandsberichte zu Monitoring-Vorhaben aufgeführt:*

#### ■ TA-Projekte

- Nr. 32 "Neue Werkstoffe" (Endbericht) *Jan. 1995*
- Nr. 33 "Multimedia – Mythen, Chancen und Herausforderungen" (Endbericht) *Mai 1995*
- Nr. 34 "Auswirkungen moderner Biotechnologien auf Entwicklungsländer und Folgen für die zukünftige Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Entwicklungsländern" (Endbericht) *Mai 1995*
- Nr. 35 "Umwelttechnik und wirtschaftliche Entwicklung" – Integrierte Umwelttechnik: Chancen erkennen und nutzen (Endbericht) *Nov. 1995*
- Nr. 43 "Möglichkeiten und Probleme bei der Verfolgung und Sicherung nationaler und EG-weiter Umweltschutzziele im Rahmen der europäischen Normung" (Endbericht) *Sept. 1996*
- Nr. 44 Machbarkeitsstudie zu einem "Forum für Wissenschaft und Technik" (Endbericht) *Sept. 1996*

#### ■ Monitoring-Vorhaben

- Nr. 25 "Gentherapie" – Stand und Perspektiven naturwissenschaftlicher und medizinischer Problemlösungen bei der Entwicklung gentherapeutischer Heilmethoden (1. Sachstandsbericht) *Mai 1994*
- Nr. 38 TA-Monitoring "Informationstechnologie" – eine Auswertung von sechs Studien europäischer parlamentarischer TA-Einrichtungen *Jan. 1996*
- Nr. 40 "Gentherapie" – Die rechtliche Regelung der Gentherapie im Ausland – eine Dokumentation (2. Sachstandsbericht) *April 1996*
- Nr. 41 "Nachwachsende Rohstoffe" – Verbrennung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung (1. Sachstandsbericht) *Juli 1996*

*Die nachstehenden TAB-Arbeitsberichte sind als Bundestagsdrucksache erschienen und können gegen Entgelt bei der Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH unter der Telefonnummer 0228/3820840 angefragt werden:*

- Nr. 13 Endbericht zum TA-Projekt "Risiken bei einem verstärkten Wasserstoffeinsatz"  
 Bundestagsdrucksachennummer 12/4669 März 1993
- Nr. 20 Endbericht zum TA-Projekt "Biologische Sicherheit bei der Nutzung der Gentechnik"  
 Bundestagsdrucksachennummer 12/7095 März 1994
- Nr. 32 Endbericht zum TA-Projekt "Neue Werkstoffe"  
 Bundestagsdrucksachennummer 13/1696 Juni 1995

*Folgende TAB-Arbeitsberichte sind über den Buchhandel zu beziehen:*

- Nr. 16 Endbericht zum TA-Projekt "Abfallvermeidung und Hausmüllentsorgung – Vermeidung und Verminderung von Haushaltsabfällen"  
 Anneliese Looß und Christine Katz:  
 "Abfallvermeidung – Strategien, Instrumente und Bewertungskriterien"  
 Erich Schmidt Verlag, Berlin (ISBN 3 503 038957) Nov. 1995
- Nr. 17 Endbericht zum TA-Projekt "Grundwasserschutz und Wasserversorgung"  
 (Zusammenfassender Endbericht plus 6 Teilberichte)  
 Rolf Meyer, Juliane Jörissen und Martin Socher:  
 Technikfolgen-Abschätzung "Grundwasserschutz und Wasserversorgung"  
 Erich Schmidt Verlag, Berlin (ISBN 3 503 038914) Nov. 1995
- Nr. 18 Endbericht zum TA-Projekt "Genomanalyse" – Chancen und Risiken genetischer Diagnostik  
 Leonhard Hennen, Thomas Petermann und Joachim J. Schmitt:  
 "Genetische Diagnostik – Chancen und Risiken"  
 edition sigma, Berlin (ISBN 3 89404 406 3) Febr. 1996
- Nr. 33 Endbericht zum TA-Projekt "Multimedia – Mythen, Chancen und Herausforderungen"  
 Ulrich Riehm und Bernd Wingert:  
 "Multimedia – Mythen, Chancen und Herausforderungen"  
 Bollmann Verlag, Mannheim (ISBN 3 927901 69 5) Okt. 1995
- Nr. 43 Endbericht zum TA-Projekt "Möglichkeiten und Probleme bei der Verfolgung und Sicherung nationaler und EG-weiter Umweltschutzziele im Rahmen der europäischen Normung"  
 Juliane Jörissen (unter Mitarbeit von Gotthard Bechmann):  
 "Produktbezogener Umweltschutz und technische Normen – Zur rechtlichen und politischen Gestaltbarkeit der europäischen Normung"  
 Carl Heymanns Verlag, Köln (ISBN 3 452 23749 4) August 1997

## Die Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung verlegt bei edition sigma

Je bedeutender der Tourismus als Wirtschafts- und Wachstumsfaktor wird, desto mehr nimmt auch die Gefahr zu, daß seine eigenen Grundlagen durch Belastungen der natürlichen Umwelt, der Kultur und der Bevölkerung in den touristischen Zielgebieten untergraben werden. Dieser Band fragt nach Perspektiven für einen umwelt- und sozialverträglicheren Tourismus, indem er zunächst eine Bestandsaufnahme der wirtschaftlichen und ökologischen Aspekte des modernen Massentourismus vornimmt, technische Entwicklungen im globalen Tourismus-Management untersucht, Fragen der Motivation, des Einstellungs- und Wertewandels auf Seiten der Touristen anspricht und den Status der deutschen Tourismuspolitik analysiert. Ein zweiter Band wird sich dem Themenschwerpunkt "Nachhaltige Tourismuspolitik im Zeitalter der Globalisierung" zuwenden (Erscheinungstermin Ende 1998/Anfang 1999).

Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag

4.

Leonhard Hennen  
Christine Katz  
Herbert Paschen  
Arnold Sauter

**Präsentation von Wissenschaft im gesellschaftlichen Kontext**

Zur Konzeption eines  
»Forums für Wissenschaft und Technik«

Dieser Band formuliert die Konzeption eines als Zentrum der aktuellen deutschen Technikdiskussion geplanten "Forums für Wissenschaft und Technik". Durch Ausstellungen, Tagungen und eigene Forschungsaktivitäten soll das Zentrum die oft kontroversen öffentlichen Debatten um Wissenschaft und Technik offensiv aufgreifen. Hauptziel der hier vorgestellten Konzeption ist es, Wissenschaft und Technik als Teile des gesellschaftlichen Lebens und auch in ihrem inneren sozialen Funktionieren erkennbar werden zu lassen, indem der Prozeß der Wissensgenerierung und der Entwicklung neuer Technologien als menschliche und soziale Aktivität in vielfältigen institutionellen, politischen, ökonomischen usw. Kräftekonstellationen durchschaubar wird.

Vor dem Hintergrund der bedrohlichen Dynamik, mit der neue Rüstungstechnik global entwickelt wird, zielt dieses Buch auf die Etablierung eines neuen Leitbilds für die Rüstungskontrolle: Das Prinzip der Vorsorge soll das der Nachsorge ergänzen. Die Verfasser entfalten die Grundelemente eines Konzepts vorbeugender Rüstungskontrolle, indem sie die Schwierigkeiten einer vorausschauenden Analyse und Bewertung technologischer Entwicklungen im Kontext von Politik, Strategie und Ökonomie untersuchen und die Optionen wie die Umsetzungsprobleme im politischen Handeln thematisieren.

Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag

5.

Thomas Petermann  
unter Mitarbeit von  
Christina Hüfner und  
Christine Wennich

**Folgen des Tourismus**

Band 1: Gesellschaftliche,  
ökologische und  
technische Dimensionen

**NEU 1998**

TAB

edition sigma

Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag

3.

Thomas Petermann  
Martin Socher  
Christine Wennich

**Präventive Rüstungskontrolle bei Neuen Technologien**

Utopie oder Notwendigkeit?

edition sigma

Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag

2.

Christine Katz  
Joachim J. Schmitt  
Leonhard Hennin  
Arnold Sauter

**Biotechnologien  
für die "Dritte Welt"**

Eine entwicklungs-  
politische Perspektive?

edition  
sigma

Die rasanten Fortschritte in der modernen Biotechnologie induzieren verheißungsvolle Überlegungen, mit diesen Technologien zur Lösung oder zumindest zur Linderung zentraler Probleme von Entwicklungsländern beizutragen. Andererseits verbindet sich mit ihrem Einsatz aber auch die Sorge, daß sich die technologisch-ökonomische Kluft zwischen armen und reichen Ländern noch vertiefen könnte. Ausgehend vom Stand der biotechnologischen Forschung analysiert diese Studie Potentiale, Einsatzmöglichkeiten und erwartbare Folgen für die ökonomische, ökologische und soziale Situation der Staaten der "Dritten Welt" und zieht Schlußfolgerungen für die deutsche Entwicklungszusammenarbeit.

Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag

1.

Reinhard Coenen  
Sigrid Klein-Vielhauer  
Rolf Meyer

**Integrierte Umwelt-  
technik – Chancen  
erkennen und nutzen**

edition  
sigma

Diese Studie befaßt sich mit integrierter Umwelttechnik in definitorischer Abgrenzung von nachsorgenden und additiven Techniken. Sie untersucht die ökonomischen wie die ökologischen Vor- und Nachteile integrierter Umwelttechnik sowie die außer- und innerbetrieblichen Hemmnisse ihrer Durchsetzung. Überdies wird gefragt, welche umweltpolitischen Instrumente sich in welcher Ausgestaltung dazu eignen, die künftigen Chancen für die Entwicklung und den Einsatz integrierter Umwelttechnik zu verbessern.



**Bestellung** Ich bestelle aus der Reihe "Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag":

Anzahl

- Bd 1 **Integrierte Umwelttechnik**  
1996 132 S. ISBN 3-89404-810-7 DM 29,80
- Bd 2 **Biotechnologien für die "Dritte Welt"**  
1996 230 S. ISBN 3-89404-811-5 DM 36,00
- Bd 3 **Präventive Rüstungskontrolle**  
1997 171 S. ISBN 3-89404-812-3 DM 36,00
- Bd 4 **Präsentation von Wissenschaft**  
1997 202 S. + 16 S. Bildteil ISBN 3-89404-813-1 DM 36,00
- Bd 5 **Folgen des Tourismus [1]**  
1998 190 S. ISBN 3-89404-814-X DM 36,00
- Ich wünsche kostenlos und unverbindlich weitere Informationen über die Reihe und über das sozialwissenschaftliche Buchprogramm bei edition sigma.

Name, Anschrift:

Datum, Unterschrift:

edition  
sigma

Karl-Marx-Str. 17 D-12043 Berlin  
Tel. [030] 623 23 63 Fax 623 93 93  
E-Mail: Verlag@edition-sigma.de

Ständig aktuelle Programminformation im Internet:  
<http://www.edition-sigma.de>

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse in Fragen des gesellschaftlich-technischen Wandels. Das TAB ist eine organisatorische Einheit des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK) und arbeitet seit 1990 auf der Grundlage eines Vertrages zwischen dem FZK und dem Deutschen Bundestag.



Büro für Technikfolgen-Abschätzung  
beim Deutschen Bundestag

Rheinweg 121 · 53 129 Bonn

Telefon: 02 28 / 23 35 83

Telefax: 02 28 / 23 37 55

e-mail: [buero@tab.fzk.de](mailto:buero@tab.fzk.de)

Internet: [www.tab.fzk.de](http://www.tab.fzk.de)