

# Delphi '98

## Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik

### Methodik und Statistik der Delphi-Befragung

#### Warum Delphi?

Mit Delphi-Studien kann ein fundierter Blick in die Zukunft gewagt werden. Der Kern des Delphi-Verfahrens besteht aus zwei sogenannten "Befragungsrunden". Von Fachkommissionen erarbeitete Thesen werden einer großen Anzahl an Experten zur Bewertung vorgelegt, deren Antworten ausgewertet und denselben Personenkreisen noch einmal zugeschickt. In der zweiten Runde sollen die Experten ihre Antworten unter dem Einfluß der Einschätzungen ihrer Fachkollegen noch einmal überdenken und ihre Meinung ändern - oder nicht. Anonymität ist gewährleistet, so daß bei einer Meinungsänderung niemand sein Gesicht verliert oder sich rechtfertigen muß.

Die erste deutsche Delphi-Studie zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik wurde 1993 im Auftrag des BMFT vom Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe, durchgeführt. Da sich die erste deutsche Delphi-Studie in der Umsetzung und strategischen Nutzung für die Wirtschaft, aber auch für staatliche Entscheidungsträger als sehr hilfreich erwiesen hat, wurde 1995 zwischenzeitlich eine sogenannte Mini-Delphi-Studie in acht wissenschaftlich-technischen Problemlösungsbereichen durchgeführt.

1996 startete das Delphi II bzw. **Delphi '98**. Diese neuerliche Studie soll eine Aktualisierung der Daten ermöglichen, denn in den letzten Jahren sind in Deutschland und in anderen hochentwickelten Industrieländern einige Weichen für die Zukunft umgestellt worden, so daß die zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten aus heutiger Sicht womöglich anders zu beurteilen sind.

In Japan besteht mittlerweile eine dreißigjährige Erfahrung auf diesem Gebiet. Daher kooperiert das ISI schon seit 1993 mit dem japanischen National Institute for Science and Technology Policy (NISTEP). Um den internationalen Vergleich zu ermöglichen, wurden daher auch Themen aus dem sechsten japanischen Delphi, das parallel zu der deutschen Studie durchgeführt wurde, übernommen. Der Vergleich zeigt, daß hinsichtlich der Zukunftstechnologien in vielen Fällen die deutsch-japanischen Meinungen übereinstimmen, in anderen jedoch große nationale, geographische und insbesondere kulturelle Unterschiede auf andere Entwicklungspfade hinweisen.

Frankreich, Südkorea und Großbritannien sowie seit kurzem auch Länder wie Österreich oder Malaysia nutzen inzwischen Delphi-Befragungen für eine umfassende Technikvorausschau. Auf europäischer Ebene existiert mittlerweile ein Netzwerk der beteiligten Institutionen, um Informationen zu neuer Technologie, Technologiepolitik und Methodentheorie auszutauschen.

## Die Organisation von Delphi '98

Die Themen der Delphi-Studie wurden in einem abgestuften Prozeß erarbeitet. Zunächst wurde ein Lenkungsausschuß am BMBF gegründet, der sich folgendermaßen zusammensetzte:

Leitung: Prof. Dr. Gerhard Zeidler, DEKRA,  
 Stellvertreter: Prof. Dr. Hans Jürgen Quadbeck-Seeger, vormals BASF,  
 Reiner Korbmann, Bild der Wissenschaft,  
 Dr. Wilhelm Krull, Volkswagen-Stiftung,  
 Prof. Dr. Friedhelm Neidhardt, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung,  
 Dr. Eberhard Rauch, Bayrische Vereinsbank AG,  
 Dr. Tom Sommerlatte, Arthur D. Little,  
 Prof. Dr. Frank Steglich, TH Darmstadt, sowie  
 Prof. Dr. Cornelius Weiß, Universität Leipzig.

Der Lenkungsausschuß legte die Themenfelder fest.

*Themenfelder nach denen in der Delphi-Studie gefragt wurden*

<b>Delphi '98 Themenfelder</b>
Information & Kommunikation
Dienstleistung & Konsum
Management & Produktion
Chemie & Werkstoffe
Gesundheit & Lebensprozesse
Landwirtschaft & Ernährung
Umwelt & Natur
Energie & Rohstoffe
Bauen & Wohnen
Mobilität & Transport
Raumfahrt
Großexperimente

Die detaillierte inhaltliche Vorbereitung der Studie fand in Fachausschüssen statt, die mit mehr als 100 fachkundigen Personen aus Industrie, Hochschulen und anderen Einrichtungen besetzt waren. Die Moderation eines jeden Fachausschusses wurde von einem der Lenkungsanschuß-Mitglieder übernommen.

Koordiniert wurde der gesamte Prozeß vom Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) in Karlsruhe, das auch die Analyse und Auswertung übernahm.

## Wie sieht der Fragebogen aus?

Der Fragebogen umfaßt 1.070 Thesen, die durch Ankreuzen zu beurteilen waren:

*Auszug aus einem Fragebogen der Delphi-Studie*

		Dienleistungen & Konsum	Fachkenntnis				Wichtigkeit für				Zeitraum					Höchster FuE-Stand				Wichtige Maßnahmen				Folgeprobleme												
			groß	mittel	gering	keine	Erweiterung menschlichen Wissens	wirtschaftliche Entwicklung	gesellschaftliche Entwicklung	Lösung der ökologischen Probleme	Arbeit und Beschäftigung	unwichtig	bis 2000	2001 - 2005	2006 - 2010	2011 - 2015	2016 - 2020	2021 - 2025	nach 2025	nie realisierbar	USA	Japan	Deutschland	anderes EU - Land	anderes Land	bessere Ausbildung	Personalaustausch	Wirt.-Wiss.	Internationale Kooperation	F&E-Infrastruktur	Förderung durch Dritte	Regulationsänderung	anderes	Umwelt	Sicherheit	soziale, kulturell- gesellschaftliche
Zahlungsverkehr	1	Elektronische Supermärkte sind weit verbreitet, in denen man zu jeder Tages- und Nachtzeit einkaufen kann (von der Bestellung bis zum Ausliefern zu vereinbarten Zeiten).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2	Mehr als 30% der Güter des täglichen Lebens für Kleidung, Nahrung und Wohnung werden in Deutschland durch Teleshopping erworben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	3	Bestellsysteme werden von zu Hause aus genutzt, mit denen der Besteller sein persönliches Lieblingsfabrikat (z.B. ein Auto nach eigenen Wünschen) gestalten kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Es sollte zunächst eingeschätzt werden, welche Fachkenntnis diejenige Person besitzt, die antwortet, um herauszufinden, ob Fachexperten ihr Thema anders einschätzen als Personen mit geringerer Fachkenntnis. Dann wurde nach der **Wichtigkeit der Lösungsbeiträge** gefragt:

- für die Erweiterung menschlichen Wissens,
- für die wirtschaftliche Entwicklung,
- für die gesellschaftliche Entwicklung,
- für die Lösung der ökologischen Probleme,
- für Arbeit und Beschäftigung.

Drittens sollte der mögliche **Zeitraum der Verwirklichung** eingeschätzt werden, um festzulegen, ob es sich um einen langen oder kürzeren Zeitraum handelt, auf den sich die Beurteilung bezieht, und um den Rahmen für Handlungsspielräume festzulegen. Die nächste Frage bezog sich auf den **Stand der Forschung und Entwicklung**. Welches Land wird als führend angesehen: die USA, Japan, Deutschland, ein anderes Land der EU oder ein anderes Land außerhalb der EU?

Außerdem wurde danach gefragt, wie die **Rahmenbedingungen** eingeschätzt werden bzw. welche **Maßnahmen** zur Verbesserung der Situation angebracht seien:

- *bessere Ausbildung* sowie Sicherung der Qualifikationen von Forschern, Technikern und Hilfspersonal;
- *Austausch* von Personal und Wissen *zwischen Wissenschaft und Wirtschaft* innerhalb Deutschlands, z.B. zwischen Universitäten und Unternehmen;
- *internationale Kooperation* auf Arbeits- bzw. Projektebene oder zum gegenseitigen Wissens- oder Personalaustausch;
- *Verbesserung der Forschungsinfrastruktur*, z.B. durch Einrichtung von Instituten, Datenbanken oder Bereitstellung von Risikokapital;
- *Förderung durch Dritte (Staat, Stiftungen etc.)*, z.B. durch mehr staatliche Finanzierung von Leitprojekten, immaterielle Maßnahmen o.ä.;
- *Regulationsänderung*: Diese kann sowohl Deregulation, Verstärkung der bestehenden Regulation, Neuregelung oder andere Änderungen in den staatlich gesetzten Rahmenbedingungen (Gesetze, Normen, Verordnungen, technische Anleitungen, Gebühren etc.) umfassen.

Zuletzt wurde nach **möglichen Folgeproblemen** gefragt: Liegen diese im *Umweltbereich*? Können *Sicherheitsprobleme* auftreten? Sind Folgeprobleme eher im *sozialen oder gesellschaftlich-kulturellen* Bereich zu erwarten? Oder sind es völlig andere Probleme, die auf uns zukommen?

Alternativen konnten ebenfalls genannt werden. Besonders aufschlußreich waren die Kommentare, die von spontanen Ausrufen bis zu detaillierten Abhandlungen reichten.

Der Schlußteil des Fragebogens der ersten Runde bestand aus sogenannten "Megatrends". Diese wurden zur Diskussion gestellt, um zu erfahren, mit welchen globalen Entwicklungen Technikexperten rechnen und ob ein Einfluß auf die Entwicklung von Wissenschaft und Technik zu erwarten ist.

## Wer wurde befragt?

Da niemand genau wissen kann, wie die Zukunft aussehen wird, sollten möglichst viele Personen beteiligt sein. Denn je größer die Anzahl befragter Experten, desto treffsicherer die Schätzung. Die Befragten mußten aber in der Lage sein, sich mit den

Thesen auseinandersetzen zu können, um ein Urteil abgeben zu können. Deshalb baute das ISI eine Experten-Datenbank auf.

Um mindestens 100 Antworten pro Fragestellung zu erhalten, wurden insgesamt rund 7.000 Personen angeschrieben. 2.453 der Angeschriebenen haben ihren Bogen in der ersten Runde ausgefüllt zurückgeschickt. Dies entspricht einem Rücklauf von mehr als 30 Prozent und damit in etwa den Erfahrungswerten in Deutschland. In den Themenfeldern "Chemie & Werkstoffe", "Gesundheit & Lebensprozesse", "Energie & Rohstoffe" sowie "Information & Kommunikation", sind jeweils sogar deutlich mehr als 200 Antworten eingegangen. In der zweiten Runde haben mit 1.856 Personen etwa 75% der Angeschriebenen den Fragebogen zurückgeschickt.

*Anzahl der eingegangenen Bögen nach Themenfeld*

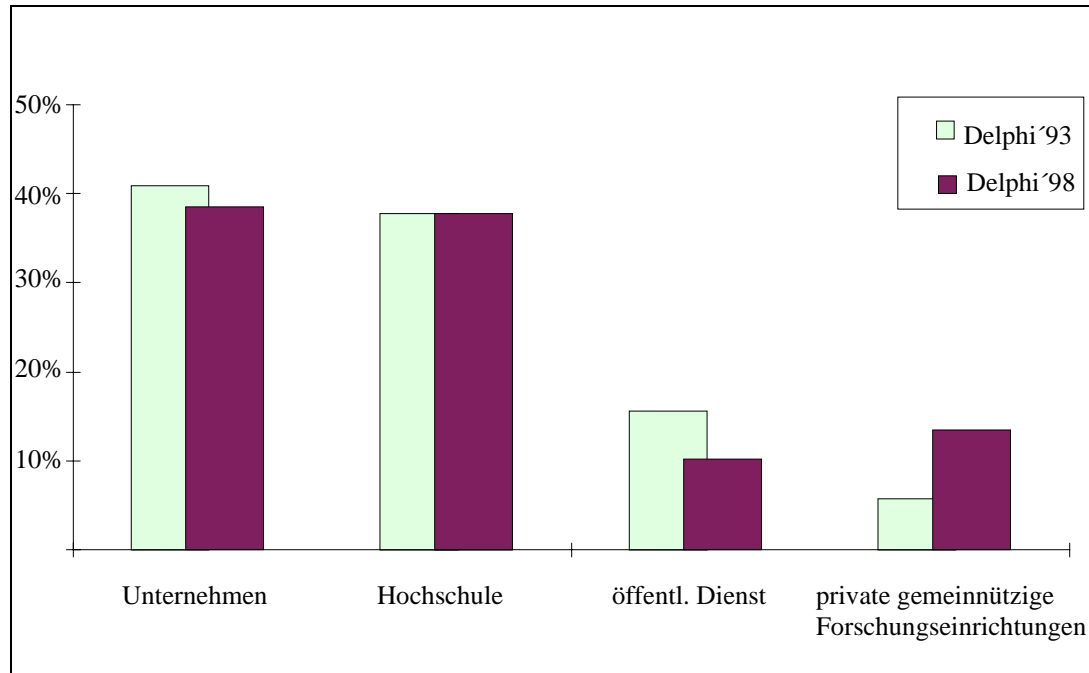
Delphi Themenfelder	Anzahl der Antworten	
	1. Runde	2. Runde
1. Information & Kommunikation	287	206
2. Dienstleistung & Konsum	215	163
3. Management & Produktion	229	179
4. Chemie & Werkstoffe	260	206
5. Gesundheit & Lebensprozesse	255	182
6. Landwirtschaft & Ernährung	206	140
7. Umwelt & Natur	282	209
8. Energie & Rohstoffe	246	187
9. Bauen & Wohnen	110	94
10. Mobilität & Transport	150	122
11. Raumfahrt	97	77
12. Großexperimente	116	91
<b>Gesamt</b>	<b>2.453</b>	<b>1.856</b>

Ziel war es, jeweils etwa ein Drittel der Antworten aus der Industrie, aus den Hochschulen sowie aus anderen Forschungsinstitutionen, Verbänden und dem öffentlichen Dienst zu erhalten. Dies ist in etwa gelungen. Die meisten Teilnehmer der Delphi-Befragung sind in der Forschung und Entwicklung tätig.

Leider haben sich nur knapp über fünf Prozent Frauen beteiligt. Dies ist zwar wenig, repräsentiert aber in etwa den Frauenanteil in der Forschung und Entwicklung. Die Altersverteilung der Experten zeigt ein Maximum in der Altersstufe der 50- bis 60jährigen, eine Gleichverteilung jeweils bei den 30- bis 40jährigen, den 40- bis 50jährigen und den 60- bis 70jährigen. Kaum repräsentiert sind Personen über 70 sowie unter 30 Jahren. Letztere sind in den Datenbanken sicherlich noch nicht als

Experten klassifiziert und konnten somit auch nicht angeschrieben werden. Die befragten Personen wurden zudem gebeten, den Bogen selbst auszufüllen, was in der Mehrzahl auch geschah.

#### *Arbeitgeber der befragten Experten in Delphi '93 und Delphi '98*



## Auswertungen der Themenfelder

Dieser Abschnitt dient dazu, einige Gesamtergebnisse zu zeigen, wichtigste Trends herauszuarbeiten und den Gesamtzusammenhang aller Thesen zu verdeutlichen.

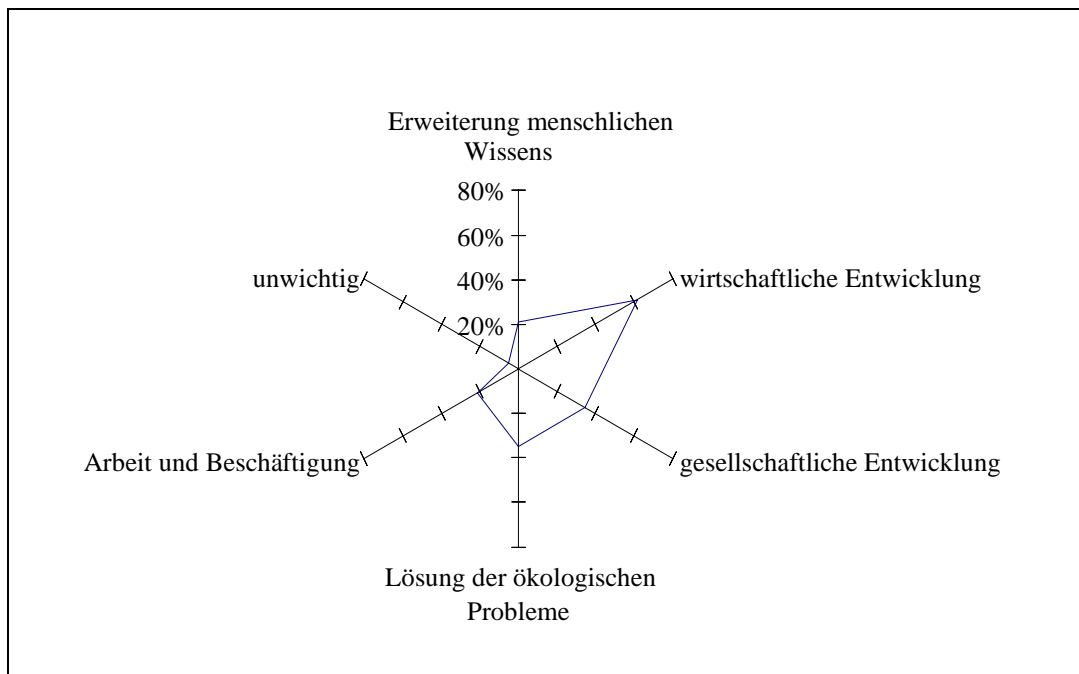
### **Kenntnisstand der beteiligten Experten**

Angeschriebenen wurden Experten, die an einer jeweiligen Fragestellungen selbst arbeiten. Jedoch sollten auch Personen mit sogenannter "sekundärer" Fachkenntnis in den Kreis der Befragten aufgenommen werden, um ein gewisses korrigierendes Gegengewicht zu den Wissenschaftlern mit höchster Expertise zu haben. Durchschnittlich haben sich zehn Prozent der Antwortenden als Experten mit höchster Fachkenntnis eingestuft. 30 Prozent haben Arbeiten auf dem Gebiet durchgeführt oder lesen die Primärliteratur, und 60 Prozent lesen die Sekundärliteratur bzw. sind im Gespräch mit Fachleuten. Dies mag auf den ersten Blick unbefriedigend erscheinen. Es gilt jedoch zu bedenken, daß die zwölf Fragebögen eine so große inhaltliche Spannweite umfassen, daß der einzelne Experte lediglich bei sehr wenigen Thesen glaubwürdig höchste Fachkenntnis bekunden kann.

## Wichtigkeit der Delphi-Thesen

Die Kategorie "Wichtigkeit" wurde in verschiedene Dimensionen aufgespalten (Multiple-Choice-Verfahren). In 60 Prozent der Fälle wurde "wirtschaftliche Relevanz" angekreuzt. Aber auch für die gesellschaftliche Entwicklung und für die Lösung ökologischer Probleme versprechen sich die Experten bei einem Viertel der Thesen Fortschritte. In 20 Prozent der Fälle werden durch die Realisierung der Visionen eine Erweiterung des menschlichen Wissens bzw. Konsequenzen für Arbeit und Beschäftigung erwartet. Die Einschätzungen der Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft entsprechen sich hinsichtlich der verschiedenen Dimensionen weitgehend.

### *Ausprägung der Wichtigkeitsdimensionen (alle Thesen)*

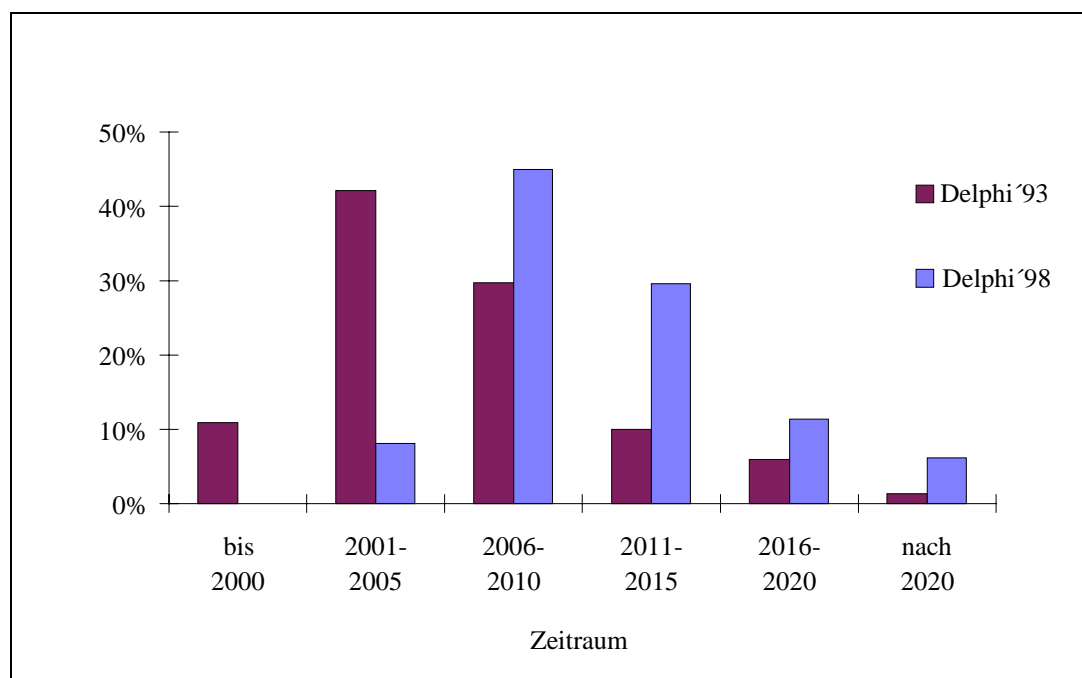


Ein genereller Kritikpunkt am Vorgehen der ersten Delphi-Studie von 1993 richtete sich gegen die pauschale Übernahme des japanischen Thesen-Katalogs. Einige der für Japan relevanten Fragestellungen seien auf deutsche bzw. europäische Bedingungen nicht übertragbar. Folgerichtig wurde damals in zehn Prozent der Fälle die Kategorie "nicht nötig" angekreuzt. Bei der zweiten Delphi-Studie schätzten weniger als fünf Prozent die Visionen als unwichtig ein. Dies unterstreicht, daß die 1.070 Visionen wirklich relevante Themen widerspiegeln.

## Erwarteter Realisierungszeitraum der Visionen

Die vermuteten Realisierungszeiträume unterscheiden sich generell nicht von denen der ersten Delphi-Studie. Nur daß diese um etwa fünf Jahre in die Zukunft verschoben sind, also um den gleichen Zeitraum, der seit der ersten Delphi-Befragung verstrichen ist. Nahezu die Hälfte der Thesen kann nach Meinung der befragten Experten im Zeitraum zwischen 2006 und 2010 realisiert werden. Ein weiteres Drittel zwischen 2011 und 2015. Bis zum Jahr 2000 wird es nach der durchschnittlichen Einschätzung der Experten noch *keine einzige* Realisierung geben. Nach 2025 werden immerhin noch 30 Visionen erwartet.

### Zeitraumverteilungen Delphi '93 und Delphi '98



Da die durchschnittlichen Realisierungszeiträume von der Zusammensetzung der Thesen hinsichtlich der "Innovationsstufen" abhängig sind, soll an dieser Stelle hierauf eingegangen werden. Es dominieren mit nahezu 40 Prozent die Thesen, die sich auf bereits vermarktete, aber noch nicht weit verbreitete Produkte und Dienstleistungen beziehen. 30 Prozent umfassen Visionen zur ersten wirtschaftlichen Anwendung bereits entwickelter und als Prototyp vorliegender Technologien. Weitere 18 Prozent haben die Entwicklung von Prototypen zum Gegenstand, und lediglich etwas mehr als 11 Prozent der Thesen sind der Grundlagenforschung zuzurechnen. Im Delphi '98 wurde demnach anwendungsorientierter gefragt als bei der ersten deutschen Delphi-Studie.

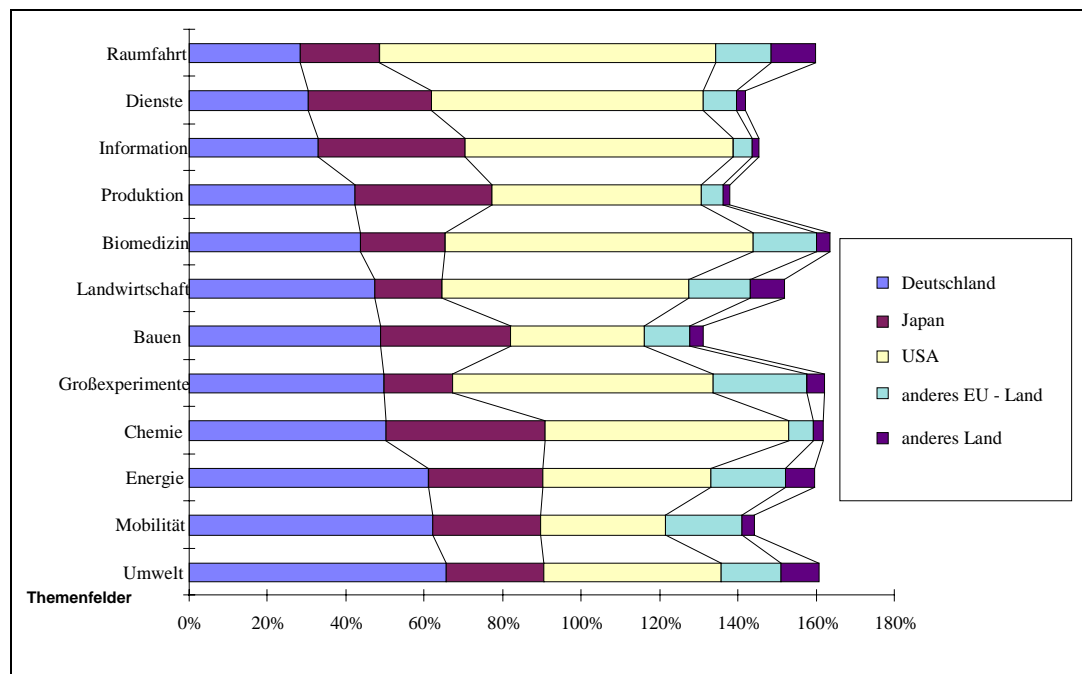


## Deutschlands Position in Forschung und Entwicklung: Eigen- und Fremdwahrnehmung

Angesichts der zunehmenden Wettbewerbsintensität auf dem Weltmarkt gilt es, nationale Stärken und Schwächen zu identifizieren, um sowohl auf der staatlichen als auch auf der privatwirtschaftlichen Entscheidungsebene erfolgversprechende Zukunftsstrategien auszuwählen. In der Delphi-Studie wurde daher nach dem Land gefragt, welches nach Meinung der Befragten am weitesten ist, um die jeweilige Zukunftsvision zu realisieren. Zwischen den Experten herrscht dabei eine einvernehmliche Einschätzung, daß die USA auf vielen Gebieten vor Deutschland und Japan an der Spitze liegt. Dabei schätzen die Hochschulvertreter Japan noch etwas stärker ein als die Vertreter der deutschen Industrie.

Der Quervergleich über alle Themenfelder macht deutlich, daß Deutschland in den Bereichen "Umwelt und Natur", "Mobilität und Transport" sowie "Energie und Rohstoffe" als führend eingeschätzt wird. Im weltweiten Vergleich wird der Stand der deutschen Forschung und Entwicklung in der "Raumfahrt", bei "Dienstleistung und Konsum" sowie bei "Information und Kommunikation" dagegen als nicht weit genug entwickelt angesehen.

*F&E-Position Deutschlands aus deutscher Expertensicht (Wegen Mehrfachnennungen wird die 100 %-Marke überschritten.)*



## Wo ist Deutschland führend?

Deutschland ist nach Einschätzung der Experten besonders in der Müllverarbeitung und dem Recycling führend. Bei folgenden Thesen hielten die meisten den deutschen Forschungs- und Entwicklungsstand im Vergleich zum Rest der Welt für hervorragend:

<i>Hersteller von langlebigen Gebrauchsgütern werden gesetzlich verpflichtet, ihre Produkte nach Nutzungsende zurückzunehmen und zu beseitigen, wodurch ein Recycling-System mit Planung, Produktion, Einsammeln und Recycling bzw. Re-Use Verbreitung findet, mit dessen Hilfe ein fast vollständiger Stoffkreislauf entsteht.</i>
<i>In den Städten werden organische und brennbare Abfälle nahezu vollständig einem Recycling (Kompostierung, Kunststoff-Recycling, Papier-Recycling, Vergasung zur stofflichen Verwendung) zugeführt.</i>
<i>Produktbegleitende Informationssysteme finden allgemeine Anwendung, bei der die Produkte nach dem Ende ihrer Lebensdauer zerlegt und als Ressourcen gesammelt und sortiert werden können.</i>
<i>Standardmäßig werden im Fahrzeugbereich nur noch Konstruktionen realisiert, die eine Demontage und ein vollständiges Recycling erlauben.</i>
<i>Es werden in großem Umfang biologisch-mechanische Rotteverfahren zur Gewinnung von hochwertigem Kompost aus organischen Abfällen eingesetzt.</i>
<i>Bei mindestens 50% der verpackten Lebensmittel werden Mehrweg-Verpackungen (Pfandsysteme) eingesetzt.</i>
<i>Recycling-Techniken werden im Bauwesen entwickelt, die sich wirtschaftlich selbst tragen.</i>
<i>Eine automatische Sortiertechnik wird allgemein eingesetzt, mit der normaler Hausmüll nach Härtegrad, spezifischem Gewicht, Feuchtigkeit und Farben in brennbare Stoffe, Metall und Glas getrennt werden kann.</i>

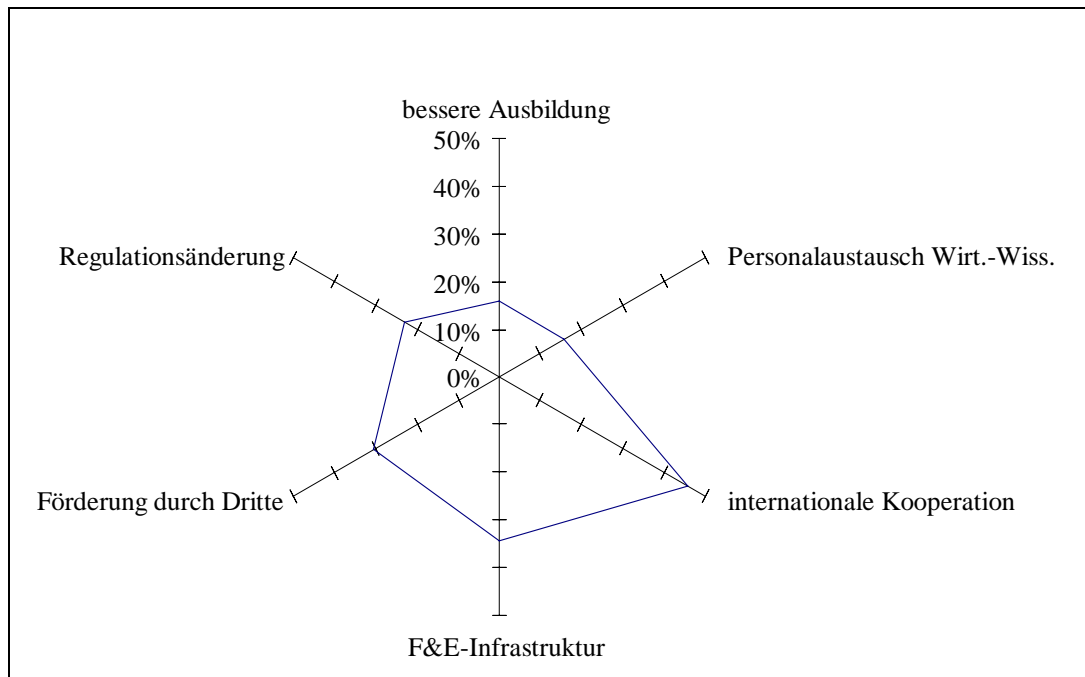
Beim Vergleich der deutschen und der japanischen Studie fällt auf, daß sich die Experten beider Länder selbst jeweils bessere Noten geben. Beide Expertengruppen - sowohl die deutschen als auch die japanischen - halten die USA für besonders stark in der Forschung und Entwicklung. Danach folgt jeweils das eigene Land.

## Welche Maßnahmen sollten ergriffen werden?

Obwohl für konkrete Handlungsempfehlungen eine tiefergehende Analyse notwendig ist, lassen sich bereits einige generelle Einschätzungen und Empfehlungen für die Technologiepolitik ableiten. Die Konsequenz zur Globalisierung wird auch von den Experten wahrgenommen. Die internationale Kooperation wird als die wichtigste Maßnahme angesehen, um Wissenschaft und Technik voranzubringen. Ein weiterer Schwerpunkt sollte auf die Verbesserung der F&E-Infrastruktur gelegt werden, unmittelbar gefolgt von der Förderung durch Dritte. Überraschend ist, daß die oft

angepirngerte Überregulierung, die unzureichende Ausbildungssituation und der unterentwickelte Austausch zwischen Wirtschaft und Wissenschaft eher als sekundäre Ansatzpunkte für mögliche Initiativen genannt werden.

### *Gewichtung der Maßnahmen*



### **Für welche Lebensbereiche drohen Folgeprobleme durch Innovationen?**

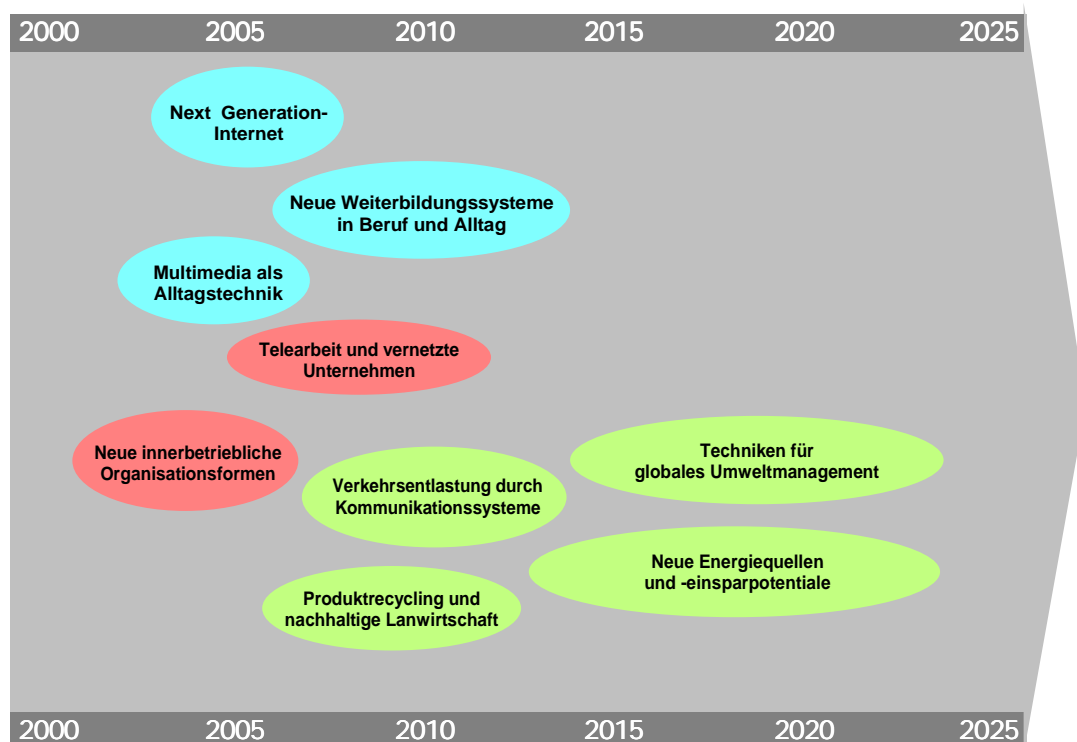
Eine im Vergleich zur ersten Delphi-Studie neue Kategorie bezieht sich auf mögliche Folgeprobleme, die mit der Realisierung der Produktvisionen entstehen könnten. In ca. 20 Prozent der Antworten werden negative Konsequenzen für die Umwelt befürchtet. Umgekehrt werden in 20 Prozent der Fälle auch Lösungen für ökologische Probleme erwartet. Dies deutet auf eine ambivalente Deutung der Visionen für die zukünftige Situation der Umwelt hin. Negative Auswirkungen für die persönliche Sicherheit spielen eine eher geringe Rolle, während die Befürchtung sozio-kultureller Folgeprobleme in 40 Prozent der Antworten geäußert wird.

## Ein Auszug aus dem Kaleidoskop der Erwartungen

Seneca (dem Älteren) wird der Aphorismus zugeschrieben: "Für den Seemann, der den Hafen nicht kennt, in den er segeln soll, ist kein Wind ein günstiger!" Dies soll besagen, daß derjenige die Dynamik und die Antriebskräfte für Vorwärtsbewegung nicht nutzen kann, der sein Ziel nicht klar vor Augen hat. Zu einer Verständigung über Ziele in Wissenschaft und Technik beizutragen, ist die Hauptaufgabe des Delphi-Reports. Die Zukunft läßt sich nicht durch eine Hochrechnung vorhersagen wie die nächste Regierungskoalition am Wahlabend. Es geht auch nicht um Extrapolationen derzeitiger und vergangener Entwicklungen, sondern um Erwartungen, wie sie Fachleute hegen - also jene Experten in Wissenschaft und Technik, deren Tätigkeit unsere technologische Zukunft mitbestimmt.

In den folgenden Kapiteln stellen wir Thesen aus dem Delphi-Kaleidoskop chronologisch zusammen. Dabei dürfen die mutmaßlichen Realisierungszeiträume nicht auf die Goldwaage gelegt werden. Zu groß ist die Ungenauigkeit der Schätzungen, manchmal auch der Dissens unter den befragten Fachleuten. Wir teilen daher den Zeithorizont grob in die unmittelbare Zukunft (bis 2005), die mittelfristige Zukunft (2005 bis 2015) und die ferne Zukunft (nach 2015) ein. Entsprechend bündeln wir die wichtigsten Visionen.

### *Die Zeitachse der wichtigsten Innovationsgebiete*



## **Die unmittelbare Zukunft**

### **Neue Unternehmensstrukturen**

Die Unternehmen werden in der nahen Zukunft verstärkt miteinander kooperieren. Dies führt in Forschung und Entwicklung zu Unternehmenskooperationen unter Einbezug von Kunden und Instituten.

Nach allem, was wir wissen, wird die Bedeutung der Mitarbeiter steigen, indem selbständige, ganzheitliche Verantwortungsbereiche eingerichtet werden, um die Identifikation mit den sich verändernden Unternehmenszielen zu fördern. Die Verantwortungsübernahme für definierte Teile von Prozeßketten wird ein Managementziel der Personalentwicklung sein. Die Identifikation mit einzelnen Projekten ist für die Motivation von Mitarbeitern und Projektbeteiligten künftig wichtiger als die Identifikation mit dem Unternehmen. Diesen Entwicklungen wird die Entlohnungssysteme angepaßt.

In technischer Hinsicht wird die Mikrotechnik in den Unternehmen immer mehr um sich greifen. Bauelemente, die Sensoren, Controller und Aktuatoren integrieren, finden in der Mikromaschinenteknik praktische Verwendung. Das wird die produzierenden Betriebe, aber auch Kliniken und andere Dienstleister verändern. Die Experten schätzen, daß das Bündel der genannten Visionen zwischen 2001 und 2007 realisiert sein dürfte.

### **Multimediale Systeme vernetzen unseren Alltag**

Die Vernetzung durch multimediale Netzwerke eröffnet neue Kreativitätspotentiale. Kamera-Ausrüstungen für Multimedia-Anwendungen werden bald zur Standardausrüstung von PCs gehören. Datennetze ermöglichen die sichere Abwicklung rechtsverbindlicher Transaktionen durch eindeutige Personenidentifikation und fast 100prozentiger Datensicherheit. Die Auswahl und der Kauf vieler Waren sind dank virtueller Realität und Multimedia möglich. Die Lieferung erfolgt unabhängig von Öffnungszeiten. Elektronische Abrechnungs- oder Geldsysteme sind weit verbreitet.

Nicht nur für Handel und Konsum eröffnen multimediale Netzwerke völlig neue Möglichkeiten. Computersimulationen ermöglichen eine aktive Bürgerbeteiligung in behördlichen Entscheidungsprozessen auf Ämter- und Gemeinderatsebene zum Beispiel, wenn es um Bebauungsalternativen geht. Der gesamte Bauprozeß wird dann in einem vernetzten (Tele-)Informationsverbund unter Einbezug aller Beteiligten abgewickelt. Die vernetzten Multimedia-Systeme werden zwischen 2002 bis 2007 erwartet.

## **Die mittelfristige Zukunft bis zum Jahr 2015**

### **Neue Kommunikationsmöglichkeiten durch ein Next-Generation-Internet**

Ein Internet der nächsten Generation wird realisiert, dessen Sicherheit hoch ist und das Informationen in Echtzeit übertragen kann. Die Mehrzahl aller Privathaushalte sendet und empfängt elektronische Post. Eine fortgeschrittene Breitbandverkabelung aller Haushalte in dicht besiedelten Gebieten bildet die dafür notwendige Infrastruktur (2003 bis 2009).

### **Virtuelle Unternehmen und Telearbeit**

Durch die Entwicklung von Multimedia-Kommunikation unter Nutzung von Internet und Intranet ist allgemeine Büroarbeit zu Hause weit verbreitet. So arbeiten mit Hilfe der Telekommunikation 30 Prozent aller in Büros beschäftigten Mitarbeiter an zwei von fünf Werktagen zu Hause (zwischen 2005 und 2012). Ferner werden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben an räumlich voneinander getrennten Standorten komplementär vorangetrieben. Informationstechnische Lösungen ersetzen dabei direkte Kommunikationsbeziehungen und ermöglichen die Zusammenführung einzelner Teillösungen.

Die dominante Unternehmensform ist nicht mehr durch einen festen Standort und durch feste Mitarbeiter charakterisiert. Ihre Geschäftstätigkeit besteht vielmehr aus dem Zusammenführen von vielfältigen Teilleistungen spezialisierter Unternehmen an verschiedenen Standorten, die über Netze verbunden sind und an einem gemeinsamen Wertschöpfungsprozeß beteiligt sind.

### **Durchbruch im Umweltmanagement**

Mittelfristig (zwischen 2006 und 2013) "ringen" Staaten und Unternehmen um ein ökologisches Wirtschaften und um die Eindämmung globaler Umweltprobleme. Dafür werden die Funktionsmechanismen der sozialen Marktwirtschaft ertüchtigt. Aber auch wichtige Regulationsänderungen sind angedacht. Zum Beispiel werden die Hersteller von langlebigen Gebrauchsgütern gesetzlich verpflichtet, ihre Produkte nach Nutzungsende zurückzunehmen und zu beseitigen, wodurch ein Recycling-System mit Planung, Produktion, Einsammeln und Recycling bzw. Re-Use Verbreitung findet, mit dessen Hilfe ein fast vollständiger Stoffkreislauf entsteht.

Andererseits entstehen neue technische Möglichkeiten. So werden etwa satellitengestützte Informationssysteme für die großräumige Bewirtschaftung des Landschafts-Wasserhaushalts eingesetzt. Durch ein ganzheitlicheres Verständnis der Kreisläufe der Biosphäre werden Formen der Land- und Forstwirtschaft entwickelt, die

es ermöglichen, höhere Ernteerträge bei gleichzeitiger Schonung der Biosphäre zu erreichen.

In globaler Hinsicht ist die Bevölkerungsexplosion ein aktuelles Problem. Menschen benötigen Energie und sie wollen sich ernähren. Die Fachleute der Umfrage glauben, daß sozial und ethisch akzeptierte Methoden zur Begrenzung des Bevölkerungswachstums breit eingesetzt werden. Transgene Pflanzen mit hochwertigen Inhaltsstoffen werden für die Futter- und Nahrungsmittelproduktion verwendet, also gentechnische Lösungen angestrebt.

### **Entlastung der Verkehrsströme durch Kommunikationssysteme**

Der berufsbedingte Mobilitätsbedarf wird wahrscheinlich durch die Zunahme von Heimarbeitsplätzen um 20 Prozent reduziert. Auch durch Teleworking und Videokonferenzen findet eine spürbare Entlastung von geschäftlich bedingtem Verkehr statt. Wirtschaftswachstum kann ohne Zunahme des Verkehrs erreicht werden (2007 bis 2014).

### **Neue Weiterbildungssysteme in Beruf und Alltag**

Recherchen und Informationsfluß im Internet sowie in der Kommunikation mit internationalen Bibliotheken und Datenbanken für professionelle und private Zwecke machen mittelfristig bereits 50 Prozent der Kommunikationsverbindungen aus. Virtuelle Universitäten und Volkshochschulen sind weit verbreitet. Sie ermöglichen die Aus- und Weiterbildung der Bevölkerung von zu Hause aus. Multimedia-Wörterbücher werden allgemein verwendet, in denen man mit Buchstabeneingabe, Stimme oder Bildern nachschlagen und Antworten erhalten kann.

Geordnet wird dies alles von Informationsdatenbanken, die automatisch lernen. Aber auch die mündliche Informationsweitergabe verbessert sich. Ein automatisches Übersetzungssystem im Taschenformat wird in der Praxis verwendet. Mit diesem kann man sich ohne Kenntnisse der Sprache des Gesprächspartners unterhalten.

Für die Mehrheit der Arbeitnehmer ist die Fort- und Weiterbildung mit Hilfe der Telekommunikation in den Ablauf der beruflichen Arbeitszeit integriert. Unternehmen verfügen über eigene Systeme des Wissens- und Erfahrungsmanagements, zu dem alle Mitarbeiter Zugang haben und in denen sie unterschiedliche Wissens- und Erfahrungselemente zu neuen Erkenntnissen kombinieren können. Ein Wiederauffrischungs- und Trainingssystem für die berufliche Entwicklung von Menschen mittleren und höheren Alters wird eingerichtet, in dessen Rahmen neue Fachkenntnisse und technische Qualifikationen erworben werden können. Bildung führt vermehrt zu individuellen Qualifikationsbündeln statt zu allgemeingültigen Abschlüssen.

## **Entwicklungen nach 2015**

### **Neue Energiequellen und -einsparpotentiale**

Die Entwicklung neuer Energietechniken braucht Weile. Notwendige Strukturveränderungen bei der Energiebereitstellung vollziehen sich langsam. Die Delphi-Experten unterstreichen ihren Konsensus über die verstärkte Nutzung der Solarenergie, datieren Fortschritte aber ans Ende des zweiten Jahrzehnts im 21. Jahrhundert (2013 bis 2023). Dann erst überschreitet der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung (ohne Wasserkraft) in Deutschland 10 Prozent (heute ca. 0,5 Prozent). Auch werden dann Mehrschicht-Solarzellen einen Wirkungsgrad von mehr als 50 Prozent erreichen. Ebenfalls findet ein Verfahren Anwendung, mit dem Wasser durch Sonnenstrahlung dissoziiert wird. Solarthermisch angetriebene Stirlingmotoren sind in sonnenreichen Ländern zur Stromerzeugung weit verbreitet. Netzgekoppelte photovoltaische Systeme erreichen Systemkosten von weniger als 4000 DM/kWp (heute: 15.000 DM/kWp).

Aber auch Brennstoffzellen auf Basis von Feststoff-Polymeren mit Kraft-Wärme-Kopplung sind in Wohngebäuden weit verbreitet. In Industrie- und Gewerbebetrieben werden dagegen dezentrale Hochtemperatur-Brennstoffzellen-Anlagen zur Erzeugung von Strom und Wärme eingesetzt.

Neue Technik hilft Energie zu sparen. Der Luftverkehr in der Europäischen Union wird durch hochleistungsfähige Hochgeschwindigkeits-Verkehrsmittel zu 50 Prozent ersetzt - und zwar im Personen- und im Güterverkehr. Die verkehrsbedingten Umweltbelastungen in deutschen Städten werden durch siedlungsstrukturelle Veränderungen um 30 Prozent reduziert. Dabei wird die bisherige Trennung von Wohnen, Arbeiten und Einkaufen aufgehoben.

### **Globales Lebensraummanagement**

Das Verständnis für das globale Ökosystem wird so verbessert, daß globale Rahmenbedingungen für das Überleben der Menschheit geschaffen werden. Um die Ausbreitung der Wüsten einzudämmen, finden Techniken zur Begrünung der Wüstengebiete weltweit Verbreitung. Mit Hilfe der Biotechnologie werden trockenheitsbeständige und salzresistente landwirtschaftliche Nutzpflanzen entwickelt, die auch an sehr versalzungsgefährdeten Standorten dauerhaft hohe Erträge liefern. Der Wasserverbrauch von Kulturpflanzen wird durch Züchtung von Biomasse gesenkt. Agrarlandschaften werden von speziellen Landschafts-Nutzungsbüros standortgerecht geplant und kontrolliert. (Insgesamt kann dies bis 2014 und 2024 dauern).



## **Welche umstrittenen Utopien werden wir wohl nicht erleben?**

Unser Kaleidoskop bricht im Jahr 2025 ab. Einige Zukunftsprojekte lassen sich bis dahin nicht realisieren. Vielleicht wird dies sogar nie der Fall sein. So dürfen wir - sagen viele Fachleute - nicht damit rechnen, daß in Super-Mega-Cities mit zehn bis 20 Millionen Einwohnern Wohn- bzw. Geschäfts-Gebäude von bis zu 3.000 Metern Höhe gebaut werden, in denen bis zu 50.000 Menschen wohnen und arbeiten. Dies bleibt uns erspart, obschon heute bereits Gebäude eine Höhe von 600 Metern erreichen, in denen mehr als 5.000 Menschen leben.

Starke Begrenzungen des Individualismus wird es in unserer Demokratie nicht geben. Das Mobilitätskonto, das jeder motorisierte Verkehrsteilnehmer für Fahrten in die Stadt bzw. in der Stadt erhält, bleibt eine Utopie. Auch wird der Verzicht auf Autobenutzung nicht durch Bonusverfahren, z.B. bei der privaten Stromabrechnung, belohnt.

Aufatmen bei Wirtschaftslenkern und Politikern! Ein "elektronischer Landtag", der in parlamentarischen Fernsehsendungen agiert und tagt sowie elektronische Volksabstimmungen bleiben wohl eine Utopie. Selbst die Privatisierung von Staatsaufgaben kommt an ein Ende. Die öffentlichen Institutionen zur Gewährleistung der inneren Sicherheit, die Polizei und der Strafvollzug, werden nicht privatisiert.

## **Welche Innovationen sind für die wirtschaftliche Entwicklung in Zukunft wichtig?**

Der erste Gang durch die mögliche Zukunft hat bereits eine Reihe interessanter Trends erkennen lassen. In diesem zweiten Schritt wird der Augenmerk auf Innovationen gerichtet, welche die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland und der Welt insgesamt maßgeblich beeinflussen werden.

### **Neue Organisationsstrukturen zwischen Unternehmen**

Für die wirtschaftliche Entwicklung sind neue Kooperationsmodelle wichtig, die dazu führen, daß sich die Unternehmen auf das Kerngeschäft konzentrieren und somit die Konstruktions- und Entwicklungstätigkeiten zum großen Teil auf die Zulieferindustrie verlagern. Die Fähigkeit, komplexe Projekte - auch in Forschung und Entwicklung - in Kooperation mit vielen Unternehmen effizient abwickeln zu können, wird zur neuen Kernkompetenz. Um bei den vielen parallelen Aktivitäten die Übersicht nicht zu verlieren, werden alle relevanten Unternehmensdaten der Unternehmensleitung tagesaktuell zur Steuerung der Unternehmen vorgelegt (2001 und 2008).

### **Neue Qualitätsstandards in der Nahrungsmittelproduktion**

In der Nahrungsmittelproduktion werden sich neue Qualitätsstandards durchsetzen. Nutztiere wie Rinder oder Schweine werden einzeln, Bestände wie Geflügel oder Aquakulturen als Ganzes mit Kenndaten erfaßt und überwacht (2002 bis 2006). Um Investitionen in der Biotechnologie zu schützen, werden Pflanzen und Tiere mit molekularen Sonden versehen und genetische "Fingerabdrücke" genommen (2002 bis 2008).

### **Satelliten-unterstützte Verkehrskontrolle**

Zwischen 2003 und 2008 werden Satelliten-Navigationssysteme unter internationaler ziviler Kontrolle Routine-Hilfsmittel eines effizienten Luft-, See- und Landverkehrs sein. Insbesondere ein satellitengestütztes Online-Informationssystem für die besonders wettersensiblen Verkehrsbereiche Schifffahrt und Luftfahrt mit On-board-Datenverarbeitung beim Nutzer kommt zum praktischen Einsatz.

### **Elektronisches Geld als Zahlungsmittel in multimedialen Netzwerken**

Der elektronische Handel wird sich in den durch Datenverschlüsselungstechniken sicher gewordenen Netzwerken weiter ausdehnen und elektronische Abrechnungs- oder Geldsysteme werden genutzt (2002 bis 2005). Das digitale Geld gewinnt gegenüber realen Zahlungsmitteln steigende Bedeutung (2002 bis 2007).

## **Photonik und neue Chip-Generationen**

Die Infrastruktur neuer multimedialer Systeme wird zwischen 2006 und 2013 auf optische Systeme umgestellt. So wird die Soliton-Übertragung über Glasfaser für interkontinentale Kabel eingesetzt. Lichtwellenleiter mit Übertragungsraten von 100 Gigabit pro Sekunde (Gb/s) werden entwickelt (derzeit 20~30 Gb/s). Auch bei der Speicherung von Daten wird die Photonik an Bedeutung gewinnen. So werden optische Speicher mit Aufzeichnungsdichten von mehr als 100 Gb/cm<sup>2</sup> eingesetzt (2007 bis 2013). Schließlich befinden sich neue Displaytechnologien wie beliebig formbare "leuchtende Kunststoffe" im praktikablen Einsatz (2007 bis 2013).

Die rasanten Fortschritte in der Chip-Technologie werden sich fortsetzen. Unter Nutzung des Entwicklungspotentials oberhalb der Chip-Ebene (Chip-on-Board-Technologie, Multi-Chip-Module, 3-D-Chip und Wafer-Scale-Integration) werden Sprünge in der Packungsdichte um zwei Größenordnungen erreicht (2006 bis 2010). Überschreibbare RAM von mehr als 100 Gb werden in der Praxis verwendet (2007 bis 2014). Schließlich werden Schaltkreise mit Schaltzeiten unter einer Pikosekunde verwendet (2006 bis 2013).

## **Satelliten-Technik**

Neben den Anwendungen der Satellitentechnik, zum Beispiel zur Wettervorhersage, wird es auch Fortschritte in der Satellitentechnik selbst geben. Die Versorgungsspannung der Digitalelektronik wird von fünf Volt auf weniger als 1,5 Volt abgesenkt, so daß sich der Leistungsbedarf um eine Größenordnung vermindert (2004 bis 2009). Soweit thermisch vertretbar wird auf Strukturelemente für den Satelliten weitgehend verzichtet, so daß sich deren Gewicht um eine Größenordnung vermindert (2005 bis 2014). Ferner werden im Hybridbetrieb Bauteile aus Halbleitern und Hochtemperatur-Supraleitern kombiniert (2007 bis 2014). Satelliten-Kommunikationssysteme übertragen breitbandig mehr als 1 Gb/s je Schaltstelle (2005 bis 2011). Aber auch Verbesserungen bestehender Anwendungs-Systeme sind zu erwarten. Es wird z.B. ein einheitliches, unverraushtes globales Satelliten-Navigationssystem mit Genauigkeiten unter einem halben Meter geben (2004 bis 2009). Diese Entwicklungen ermöglichen das Starten und Landen von Flugzeugen in der Allwetterkategorie (2005 bis 2010).

## **Neue Materialien und Verfahren**

Die chemische Industrie treibt die Materialentwicklung weiter voran. Es werden Polymerfasern entwickelt, die eine Reißfestigkeit von 40 Prozent des theoretischen Wertes und einen Elastizitätsmodul von 90 Prozent des theoretischen Wertes erreichen (2006 bis 2013). Intelligente Materialien mit der Eigenschaft, sich äußeren

Einflüssen anzupassen, werden zur Steigerung der Effizienz von Maschinen in größerem Umfang verwendet (2005 bis 2011).

Die kostengünstige Herstellung neuer und verbesserter Materialien ermöglicht zwischen 2004 und 2010 ein Verfahren, mit dem maßgeschneiderte Polykondensations-Werkstoffe hergestellt werden. Die Massenproduktion von Halbzeug aus Verbundwerkstoffen, z.B. mit Kohlenstoff-Fasern, wird vorangetrieben, so daß diese als preiswerte und leichte Konstruktionswerkstoffe weite Verbreitung finden. Ferner wird eine Technik entwickelt, bei der nanoskalige Partikel bei Temperaturen um 800°C gesintert werden können und zu festen, hitzebeständigen Hochleistungsmaterialien auf SiC oder Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-Basis führen.

Aber auch neue katalytische Systeme werden entwickelt, um Epoxide durch direkte Oxidation mit Sauerstoff herzustellen (2006 bis 2014) und die selektive CH-Aktivierung in Methan bewerkstelligen zu können, so daß die direkte Herstellung von Methanol aus Methan möglich wird (2008 bis 2015).

Zunehmend an Bedeutung gewinnen effektive und effiziente Prüfmethode sowie zerstörungsfreie Prüfverfahren zur Auffindung von Rissen unter zehn Mikrometer in Keramiken (2003 bis 2009). Ferner machen Software-Zertifizierungstechniken Fortschritte, so daß nahezu fehlerfreie Software in großem Umfang und in kurzer Zeit entwickelt werden kann (2007 bis 2015).

Neue Verfahren erlauben produktionstechnische Lösungen, welche die Fertigung nach Kundenauftrag zu annähernd denselben Produktionskosten wie die Programmfertigung möglich machen (2003 bis 2010). Dadurch wird es möglich, die von der Entscheidung über eine neue Produktgeneration bis zu ihrer Markteinführung notwendige Zeitspanne gegenüber dem heutigen Stand zu halbieren (2004 bis 2010).

### **Bio- und Lebensmitteltechnologie**

Für die Herstellung hochwertiger Substanzen werden Zellkulturen in Bioreaktoren in großtechnischem Maßstab allgemein verwendet (2005 bis 2011). Transgene Pflanzen mit verbesserten Inhaltsstoffen werden für die Futter- und Nahrungsmittelproduktion breit eingesetzt (2006 bis 2011). Durch Nutzung modernster Lebensmitteltechnologien führen kleine und mittlere Lebensmittelhersteller eine Vielzahl innovativer Produkte erfolgreich auf dem Markt ein (2004 bis 2010). Diese Perspektiven sind für eine soziale Marktwirtschaft - trotz weitverbreiteter Bedenken wegen der Risiken der Gentechnik - beruhigend. Denn es galt nicht von Anfang an als sicher, daß auch der innovative Mittelstand am Fortschritt durch die Biotechnologie teilhaben wird.

## **Welche wirtschaftlich wichtigen Innovationen werden wohl nie realisiert werden?**

In vielen Fällen stoßen Innovationen, die zu einer drastischen und wirtschaftlich bedeutsamen Energieeinsparung führen könnten - zumindestens aus heutiger Sicht - an ihre Grenzen: Obwohl die Meinungen dazu häufig auseinander gehen. Wir gehen davon aus, daß wenn 20 Prozent der Delphi-Experten "nie" sagen und die anderen Zeithorizonte nach 2025 vorsehen, dann sollten die Hoffnungen auf eine Realisierung sehr gedämpft bleiben.

Es ist demnach unwahrscheinlich, mit speziellen Verbrennungsmotoren aus Keramik ausgestattete 2-Liter-Autos mit niedrigen Schadstoff-Emissionen ohne Katalysator zu bauen. Das heißt jedoch nicht, daß 2-Liter-Autos generell nicht möglich sind. Vielmehr scheint der Keramikmotor ohne Katalysator hier der Engpaß zu sein. Eine neue Raffinationstechnik, die die Gewinnung von Titan ebenso preisgünstig werden läßt wie die von Aluminium, wird ebenso von vielen Experten als nicht realisierbar angesehen. Dasselbe gilt für die Entwicklung einer Technik zur Roheisenproduktion aus Erz, die mit nur 70 Prozent des heutigen Primärenergiebedarfs auskommt. Auch ein Wirtschaftlichkeitssprung in der Supraleitungstechnik durch Materialien, die ohne Kühlung auskommen, ist nicht zu erwarten: Daß überhaupt eine Supraleitersubstanz entwickelt wird, deren Sprungtemperatur bei Normaltemperatur liegt, wird von den Experten bezweifelt.

Aber auch in der Informations- und Kommunikationstechnologie sind Grenzen zu erkennen. Es werden sich beispielsweise aufgrund unzureichender internationaler Koordination und technischer Möglichkeiten nicht für jede eingescannte oder aus Multimedia-Systemen abgerufene Graphik auf internationaler Ebene Gebühren für die Urheberrechte abführen lassen. Während nicht in Frage steht, daß "digitales" Geld an Bedeutung gewinnt, muß die Hoffnung derer enttäuscht werden, die glauben, die Bäume der Informationsgesellschaft wachsen in den Cyberspace. Zu den vermutlich nicht zu realisierenden Visionen gehört nämlich, daß durch elektronisches Heimshopping 50 Prozent der Lebensmittel den Verbraucher erreichen, ohne den traditionellen Handel durchlaufen zu haben. So weit reicht digitales Geld nicht. Der Euro und der Cent werden weiterhin gebraucht, auch wenn es Mark und Pfennig längst nicht mehr gibt.

## **Welche Innovationen sind für Arbeit und Beschäftigung wichtig?**

Die Innovationen, die in unmittelbarer Zukunft für Arbeit und Beschäftigung wichtig sein werden, betreffen ausnahmslos das bereits skizzierte Unternehmen der Zukunft (siehe dort). Aus diesem Grund konzentrieren wir uns unmittelbar auf die mittelfristige Entwicklung.

Bis zum Jahr 2015 gibt es voraussichtlich eine Reihe interessanter Innovationen, die Arbeit und Beschäftigung massiv beeinflussen werden. An erster Stelle ist zu nennen, daß die öffentliche Arbeitsvermittlung schrittweise durch private ersetzt wird (2003 bis 2009). Die Experten versprechen sich davon Effizienzgewinne.

### **Flexibilisierung der Beschäftigungszeiten**

Des weiteren zeichnet sich eine Flexibilisierung der Beschäftigungszeiten aus. So können die Betriebs- von den Arbeitszeiten weitgehend entkoppelt werden, weil die automatische Produktion sehr störunanfällig sein wird (2005 bis 2012). Die Betriebszeiten können in den meisten Unternehmen auf 20 Stunden pro Tag ausgeweitet werden (2003 bis 2009). Moderne Organisationsformen erlauben, daß sich die Belegschaften zu mehr als 40 Prozent aus Mitarbeitern mit befristeten Arbeitsverträgen oder Werkverträgen zusammensetzen (2005 bis 2013). Trotz der Bemühungen um eine Flexibilisierung in Deutschland werden standardisierte Verwaltungs- und Büroroutinen von kompetentem Personal in Entwicklungsländern via Telearbeit vorgenommen (2002 bis 2009). Auf der anderen Seite droht ein Mangel an hochqualifizierten Arbeitskräften, so daß qualifiziertem Personal familienfreundliche Arbeitszeiten gewährt werden (2003 bis 2010).

### **Neue Unternehmensorganisation**

Auch bei der Entlohnung werden flexiblere Lösungen eingeführt. Die Grundlage für die Entlohnung aller Beschäftigten werden zu jeweils 50 Prozent die Arbeitszeit und das Arbeitsergebnis sein (2007 bis 2014). Objektivierete Berechnungsschlüssel werden angewendet, nach denen nicht mehr quantitative, sondern qualitative Faktoren wie Termintreue und geringe Fehlerquoten den Lohnanteil maßgeblich bestimmen (2003 bis 2010). Die Entlohnung mit Unternehmens-Aktien stellt sich als motivations- und damit produktivitätserhöhend heraus (2003 bis 2010).

Auch wird die traditionell funktionale Abteilungsgliederung der Unternehmen flächendeckend durch produktlinien- bzw. kundenorientierte Strukturen ersetzt (2003 bis 2009), was das Arbeitsangebot erhöht. Die gleichzeitige Existenz unterschiedlicher Organisationsformen und -prinzipien in einer Produktionsstätte ermöglicht die vom

Markt geforderte Produktionsflexibilität und Kundennähe (2003 bis 2009) und ist daher wachstumsträchtig. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen haben durch zwischenbetriebliche Kooperationen ihre Beschaffungs- und Vertriebsaktivitäten gebündelt, um so auf den Märkten mit mehr Gewicht auftreten zu können (2003 bis 2010). Schließlich werden Kriterien für die technische und wirtschaftliche Effektivität im Entscheidungsfeld von Baustellen-Automatisierung oder Menschenarbeit mit hocheffektiven Hilfsmitteln bestimmt (2004 bis 2012). Die Folge: Eine Sicherung von Arbeitsplätzen.

### **Arbeitsintensive Dienstleistungen**

Neuartige Dienstleistungen entstehen, indem ein bedeutender Teil der arbeitenden Bevölkerung Dienstleistungen beim Wohnen bis hin zum "Hotel"-Service in Anspruch nehmen (2008 bis 2016). Einzelhandelsgeschäfte werden in großem Umfang Vertriebsformen des Versandhandels mit neuen informations- und betriebswirtschaftlichen sowie organisatorischen Möglichkeiten übernehmen und unter Umständen den Laufburschen wieder einstellen (2003 bis 2009). Die Zukunft der Arbeit liegt also zum Teil in Denkmodellen der Vergangenheit. Auch mittelfristig hängen Beschäftigungsmöglichkeiten eng mit der Organisation der Wirtschaft zusammen und nicht mit einer Senkung der Lohnkosten. Denn mittelfristig ist die Dezentralisierung von Entscheidungsbefugnissen flächendeckend verwirklicht (2003 bis 2010).

### **Welche Visionen werden in den Arbeitsalltag keinen Einzug halten?**

Langfristig erwarten die Experten von den Innovationen nur wenig Impulse für Arbeit und Beschäftigung. Hier soll ein kurzer Überblick über Innovationen gegeben werden, die aus heutiger Sicht wohl keine Realisierungschance haben. Leider wird sich ein Produktionssystem, das die Einschränkungen älterer und (geistig und körperlich) behinderter Menschen gleichsam berücksichtigt und ausgleicht, wohl nicht allgemein etablieren lassen. Die duale Berufsausbildung in der Industrie wird nicht so stark an Attraktivität gewinnen, daß einzelne Fakultäten um Studenten werben müssen. Trotz einer Reihe entwickelter Kommunikationsstrategien in neuen Organisationformen werden hierarchisch motivierte Arbeitsanweisungen nicht überflüssig. Kreativpausen für alle Mitarbeiter von allgemein fünf Prozent und für F&E-Personal von 20 Prozent der Arbeitszeit bleiben wohl ebenfalls Utopie. Für die zur Zeit stark von der Arbeitslosigkeit betroffenen Bauarbeiter mag es ein kleiner Trost sein, daß Gebäude vermutlich auch in Zukunft nicht vollautomatisch ohne Menschenhand errichtet werden können.

## **Welche Innovationen sind für die gesellschaftliche Entwicklung in Zukunft wichtig?**

Nach den wichtigen Thesen für die Wirtschaft, Arbeit und Beschäftigung gilt unsere Aufmerksamkeit jetzt den Innovationen, die besonders die gesellschaftliche Entwicklung beeinflussen werden.

### **Abrüstungskontrolle durch moderne Satellitensysteme**

Auch in Zeiten eines abflauenden Ost-West-Konflikts existieren noch immer immense Rüstungsarsenale. Um die Einhaltung von Abrüstungsabkommen zu kontrollieren, werden in unmittelbarer Zukunft verstärkt Satelliten und andere Weltraumtechnik eingesetzt (1999 bis 2005).

### **Notfallmanagement durch neue Informationssysteme**

Die medizinische Versorgung wird schon bald effektiver und effizienter. Ein funktionsfähiges Notfallmanagement für die Akut-Therapie von Schlaganfall-Patienten und Zentren für ambulante Operationen wird etabliert (2002 bis 2007). Mittelfristig werden Bild- und Informations-Übertragungssysteme zwischen Krankenwagen und Krankenhäusern breit eingesetzt (2003 bis 2009).

### **Kennzeichnung von Lebensmitteln: Ambivalenz**

Unter den Fachleuten ist umstritten, ob gentechnisch veränderte Lebensmittel zu kennzeichnen sind. Langfristig wird die Lebensmittel-Kennzeichnungspflicht trotz verbesserter und verbilligter Nachweismethoden aber nicht dahingehend verschärft, daß auf allen verarbeiteten Lebensmitteln und Getränken sämtliche Zutaten und angewendeten lebensmitteltechnologischen Prozesse detailliert angegeben werden müssen. Auch wird in Zukunft lediglich eine Minderheit der Verbraucher über ausreichendes Wissen zu Gesundheit und Ernährung verfügen, um die Informationen der Lebensmittel-Kennzeichnung zu verstehen und entsprechend zu handeln. Die Experten glauben auch nicht, daß die weite Verbreitung industriell verarbeiteter Nahrungsmittel und Getränke die gegenwärtige Vielfalt der Nahrung stark einschränken und es einen "Trend zum Einheitsessen mit Einheitsgeschmack" geben wird. Aber der Zusatz synthetisch hergestellter Substanzen zu Lebensmitteln und Getränken aufgrund verbesserter Herstellungstechniken für Naturstoffe wird wohl nicht verboten werden.

### **Kinder- und seniorenfreundliche Bau- und Wohnstrukturen**

Die Kinderfreundlichkeit von Siedlungs- und Baustrukturen kann mittelfristig durch Beurteilungsverfahren und -standards gemessen und in der Planung und Umsetzung



neuer Bauvorhaben berücksichtigt werden (2006 bis 2014). Die Integration von Funktionen des täglichen Lebens wie Wohnung, Arbeit, Freizeit und Versorgung in einem Gebäudekomplex wird die Kommunikation zwischen unterschiedlichen Generationen oder Gesellschaftsgruppen erleichtern und bietet neue Möglichkeiten zur Identifikation mit dem eigenen Lebensraum (2008 bis 2019). Durch organisierten Wohnungstausch werden Wohnungsreserven z.B. alleinstehender älterer Menschen erschlossen, ohne diese aus ihrem Wohnumfeld zu verdrängen (2005 bis 2013). Kurzfristig wird bereits eine variable Bauweise im Wohnungsbau die individuelle Wohnungsgestaltung auch in mehrgeschossigen Bauten erlauben (2002 bis 2007).

### **Innovationen für eine behindertengerechte Umwelt**

Die Zunahme der Zahl älterer Menschen in unserer Gesellschaft führt zu einem erhöhten Pflegebedarf. Dieser kann unter anderem aus Kostengründen nicht ausschließlich durch zusätzliches Pflegepersonal befriedigt werden. Um die Kommunikation zu erleichtern, findet eine Technik zur Umschaltung von Medien zur Übersetzung von Gebärdensprache, in der Praxis Verwendung, mit dem Gehörgeschädigte und Nichtbetroffene über weite Entfernungen kommunizieren können (2009 bis 2016). Auch ein tragbares Sprachgerät, mit dem Behinderte ihren Willen direkt in Sprache umsetzen können, findet allgemeine Verwendung (2008 bis 2016). Selbst Systeme zur Leitung und Orientierung Sehgeschädigter auf Gehwegen werden unter Einsatz von Sensoren in Deutschland genutzt (2009 bis 2019).

Mit Robotern und Geräten ausgerüstete Wohnhäuser erleichtern die Selbstversorgung von alten und behinderten Menschen (2009 bis 2021). Die Anpassung der Technik und die Gestaltung der häuslichen Umgebung entwickelt sich zu einer eigenen Dienstleistung (2005 bis 2011) mit potentiellen positiven Arbeitsplatzeffekten. Alternativ werden vielleicht auch Mikro-Solidargemeinschaften entstehen, die als Verein auf Gegenseitigkeit die Betreuung im Krankheits- und Pflegefall sowie bei sozialer Armut übernehmen (2008 bis 2015). Selbst die Raumaufteilung und die Einrichtung von Wohnhäusern können mittelfristig den Lebensphasen ihrer Bewohner oder einem Generationswechsel angepaßt werden (2007 bis 2016). Passend dazu wird ein intelligenter Rollstuhl in der Praxis eingesetzt werden, der sich Treppen, Rolltreppen und ansteigenden Wegen anpassen kann (2007 bis 2013).

### **Fortschritte in der Medizin**

Trotz großer Fortschritte in der Vergangenheit hat es die Medizin noch lange nicht geschafft, die Menschheit von allen körperlichen Leiden zu befreien. Mittelfristig sind noch weitere medizinische Durchbrüche zu erwarten. Verschiedene Mikrogeräte, die sich selbständig im Körper bewegen, werden beispielsweise für die Blutdiagnose und die Thrombolyse angewendet (2010 bis 2018). Die Pathogenese der Alzheimer-Krankheit wird mittelfristig aufgeklärt (2006 bis 2013) und eine wirksame Therapie

entwickelt (2011 bis 2019). Eine AIDS-Therapie wird klinisch eingesetzt, mit der der Verlauf der Krankheit in einem frühen Stadium wirksam gestoppt werden kann und bei der die Langzeitfolgen beherrschbar sind (2005 bis 2011). Wirksame Impfstoffe gegen das HIV werden in den betroffenen Entwicklungsländern zum Einsatz kommen (2010 bis 2019).

Genanalysen zur Vorhersage des individuellen Erkrankungsrisikos bei Krankheiten wie Krebs und Bluthochdruck werden mittelfristig verbreitet sein (2006 bis 2013). Es werden sogar diejenigen Gengruppen identifiziert, die in Beziehung zu Diabetes, Hypertonie und Arteriosklerose stehen, so daß die molekularen Ursachen der Krankheiten aufgeklärt werden (2008 bis 2014). Die Parkinson'sche Krankheit und andere Basalganglienerkrankungen werden soweit geklärt sein, daß eine Therapie alle Krankheitserscheinungen wie Schütteln, Gleichgewichts- und Orientierungsprobleme aufheben kann (2011 bis 2018). Ferner wird ein wirksames Insulinpräparat entwickelt, das oral verabreicht werden kann (2005 bis 2011). Sogar die neurochemischen Mechanismen des Alkoholismus und seine genetischen Komponenten werden aufgeklärt (2010 bis 2019).

Auch wenn durch Aufklärung der Bevölkerung, Schulung des medizinischen Personals sowie vertrauensbildende Maßnahmen die Zahl der Organspenden so weit ansteigen wird, daß der Bedarf an Spenderorganen gedeckt werden kann (2006 bis 2014), wird in vielen Fällen keine Heilung möglich sein. Dann liegen aber wahrscheinlich anerkannte Verfahren zur Prognose des Krankheitsverlaufs vor, so daß über Sterbehilfe auf Verlangen entschieden werden kann (2008 bis 2017). Außerdem wird die "Pille danach" medizinisch genügend erforscht und ethisch weitgehend akzeptiert (2003 bis 2009).

## **Welche Innovationen sind für die Lösung ökologischer Probleme in Zukunft wichtig?**

Die Lösung ökologischer Probleme zählt trotz hoher Arbeitslosigkeit und leerer öffentlicher Kassen weiterhin zu den wichtigsten Herausforderungen der Zukunft. Im folgenden werden die Thesen mit der höchsten Wichtigkeit für die Lösung der ökologischen Probleme vorgestellt.

Kurzfristig sind jedoch nur wenig Ansätze erfolgversprechend. Eine Ausnahme bilden die nun schon seit Jahren in der Diskussion stehenden Geschwindigkeitsbegrenzungen für PKW, die nach umwelttechnischen und verbrauchsoptimierenden Modell-Rechnungen auf Autobahnen 120 km/h, auf Landstraßen 80 km/h und für den Stadtverkehr 30 km/h festgelegt werden sollten (2001 bis 2008).

Mittelfristige Lösungen für diverse Umweltprobleme werden in größerer Anzahl erwartet. Insbesondere werden sich mit Hilfe der Informationstechnik Quellen, Ausmaß und Intensität der Umweltverschmutzung in vielen Fällen bestimmen und verringern lassen. Ein weltumspannendes Netzwerk zur Überwachung von Umweltbelastungen insbesondere ihrer Ausbreitung, wird eingesetzt, das 24 Stunden lang in Echtzeit Daten empfängt, diese Informationen integriert, systematisch analysiert und sie weltweit zur Verfügung stellt (2008 bis 2015).

### **Innovationen zum Schutz der Atmosphäre**

Da die Emissionen des Kraftfahrzeugverkehrs maßgeblich zur Luftverschmutzung beitragen, kann mittelfristig nur dann eine Reduktion der Schadstoffe erwartet werden, wenn neue Kraftfahrzeugtechniken wie Dieselmotoren, Particulate Trap, Lean-NOx-Katalysatoren oder eine sehr präzise Verbrennungstechnik allgemeine Anwendung finden (2007 bis 2013), die die Konzentration von Stickoxiden im Abgas deutlich unter die EU-weit geforderten Werte für 2005 begrenzt (2006 bis 2011). Die Einführung neuer Materialien, die Fahrzeuge stärker und leichter werden lassen, wird den Benzinverbrauch weiter senken (2004 bis 2010). Schließlich werden emissionsfreie Fahrzeuge entwickelt, weil lokale Zonen ausgewiesen sind, in denen nur solche Fahrzeuge zum Verkehr zugelassen sind (2004 bis 2011).

Aber auch die Haustechnik und die Wärmedämmung werden Fortschritte machen, so daß gegenüber heute nur noch 20 Prozent der Energie in der Gebäudenutzung verbraucht wird (2005 bis 2011). Dadurch werden die weltweiten jährlichen Kohlendioxid-Emissionen um 20 Prozent des Wertes von 1990 reduziert (2010 bis 2020). Das wäre mehr als 1997 auf der Konferenz von Kyoto im Kampf gegen die globale Erwärmung als Ziel festgelegt wurde. Ferner werden für FCKW und Halone

weltweit Ersatzstoffe eingesetzt, so daß es zu keiner weiteren Anreicherung in der Stratosphäre kommen wird (2006 bis 2013).

### **Innovationen zum Schutz der Meere und des Grundwassers**

Der Schutz der Weltmeere wird durch Fernerkundungssysteme, die so effektiv sind, daß Verklappungen ins Meer sofort registriert und die Verursacher identifiziert werden können, deutlich verbessert (2003 bis 2010). Biotechnologische bzw. chemisch-physikalische Verfahren werden zur Verfügung stehen, mit denen nach einem Tankerunfall Ölverschmutzungen effektiv und umweltschonend beseitigt werden können (2006 bis 2012).

Die Grundwasserversorgung wird sich einfacher sichern lassen, weil die Trennung von Brauch- und Trinkwasser in Häusern weit verbreitet sein wird (2007 bis 2015). Kompakte, dezentral einsetzbare biotechnologische Abwasserreinigungssysteme entfernen Nährstoffe und heute noch schwer abbaubare Substanzen aus dem Abwasser (2005 bis 2011).

### **Innovationen zum Schutz der Wälder und der Böden**

Die Wälder der Erde werden besser geschützt, indem großflächige Waldrodungen weltweit zum Stillstand gebracht und durch selektive Holzbewirtschaftungs-Maßnahmen ersetzt werden (2009 bis 2018). Die biologische Abbaubarkeit insbesondere von Herbiziden, Pestiziden und Fungiziden wird auf Basis neuer Synthesen wesentlich verbessert und damit zum Schutz insbesondere landwirtschaftlich genutzter Böden beitragen (2004 bis 2010).

### **Ressourcenschonung durch Recycling**

In den Städten werden organische und brennbare Abfälle nahezu vollständig dem Recycling zugeführt (2007 bis 2014). Neuartige Informationssysteme können effektiv zur Ressourcenschonung bzw. -einsparung beitragen. Produkte werden am Ende ihrer Lebensdauer zerlegt und als Ressourcen wieder verwertet (2007 bis 2014). Standardmäßig werden im Fahrzeugbereich nur noch Konstruktionen realisiert, die eine automatische Demontage und ein vollständiges Recycling erlauben (2006 bis 2012).

Ins Reich der ökologischen Utopien gehören nach Meinung der Experten aber Visionen über ein Ansteigen der durchschnittlichen Auslastung aller Verkehrsmittel um 50 Prozent durch die aktive Vermittlung von Fahrgemeinschaften. Die effiziente Energienutzung wird an ihre Grenzen stoßen, wenn es darum geht, Lampentypen zu entwickeln, die Strom zu 75 Prozent in Licht umwandeln (heute gerade mal fünf Prozent). Auch einem sicheren Einschluß von Plutonium 239 werden große Zweifel

entgegengebracht. Schließlich räumen die Experten auch einer Technik keine großen Realisierungschancen ein, mit der  $\text{CO}_2$  aus Abgasen von Großdampfkesseln unter Verwendung von Wasserstoff zu flüssigem Brennstoff, z.B. Methanol, verarbeitet werden kann.

## **Welche Innovationen sind für die Erweiterung menschlichen Wissens in Zukunft wichtig?**

Da sich die Delphi-Studie die Zukunft von Wissenschaft und Technik zum Inhalt gemacht hat, ist neben den für Wirtschaft und Gesellschaft wichtigen Innovationen auch zu fragen, in welchen Grundlagenbereichen Durchbrüche für die Erweiterungen des menschlichen Wissens zu erwarten sind. Deshalb werden im folgenden die Thesen mit einer hohen Wichtigkeit für die Erweiterung des menschlichen Wissens vorgestellt.

### **Erforschung des Alls**

Da Grundlagenforschung grundsätzlich langfristig orientiert ist, rechnen die Fachleute in nächster Zukunft mit wenigen Impulsen für die Erweiterung des menschlichen Wissens. Mittelfristig ist der Augenmerk zum einen auf den Weltraum gerichtet. Die befragten Experten erwarten beispielsweise, daß das Problem der dunklen Materie im Universum gelöst wird (2007 bis 2020). Auch die aus dem Weltraum kommende elektromagnetische Strahlung wird sich lückenlos über alle Frequenzbereiche messen lassen. Es soll dann auch möglich sein, Untersuchungen des Merkur mit Hilfe von Satelliten durchzuführen (2011 bis 2019).

Langfristig wird von der Weltraumforschung ein bedeutender Erkenntnisgewinn erhofft, indem Untersuchungen der äußeren Planeten jenseits des Saturns durchgeführt werden (2011 bis 2021). Zur Untersuchung der Koronen von Sternen sowie der Aurora-Emission extrasolarer Planeten werden auf dem Mond oder im Weltraum optische und andere Interferometer installiert, mit denen ein Winkelauflösungsvermögen bis zu einer Mikro-Bogensekunde realisiert werden kann (2022 bis nach 2025). Missionen mit Probenrückführung von vielen Körpern unseres Sonnensystems werden mittels miniaturisierter Raumfahrzeuge durchgeführt (2013 bis 2023).

Ein System zum Nachweis von Gravitationswellen wird entwickelt (2012 bis 2020). Die Ursache der Symmetrie-Verletzung, die für das Ungleichgewicht von Materie und Antimaterie im Universum verantwortlich ist, wird aufgeklärt werden (2009 bis nach 2025).

### **Erforschung des Mikrokosmos**

Neben der Ausschau in weit entfernte Welten ist der Blick auf die Bausteine der Materie erfolgversprechend. Denn eine allgemeine, über das Standardmodell hinausgehende Theorie der kleinsten Teilchen und der zwischen ihnen wirkenden Kräfte wird entwickelt und experimentell bestätigt werden (2008 bis 2019). Leptonen und Quarks, die heute als elementare Bausteine angesehen werden, erweisen sich als

zusammengesetzt aus fundamentalen Teilen (2004 bis 2014). Der Ursprung des Eigendrehimpulses des Protons wird mit Elektronen- und Protonenstrahlen im gleichen Zeitraum aufgeklärt werden. Eine neuartige Quelle ultrakalter Neutronen hoher Intensität zur Untersuchung fundamentaler Eigenschaften des Neutrons und quantenmechanischer Prozesse wird entwickelt (2011 bis 2020). Neutrino-Detektoren zum Nachweis einzelner Neutrinos werden entworfen (2001 bis 2011). Das Quark-Gluon-Plasma, als neue Form der Materie, wird entdeckt und untersucht (2007 bis 2018). Elektron-Positron-Collider mit Schwerpunktsenergien oberhalb von 500 GeV werden in Betrieb genommen, um offene Fragestellungen der Teilchenphysik anzugehen (2010 bis 2019).

Die Teilchenforschung macht weitere Fortschritte, indem das Problem der Erzeugung der Massen der Elementarteilchen und Hadronen gelöst werden wird (2011 bis 2021).

### **Technische Nachahmung vieler Lebensvorgänge fraglich**

Menschen versuchen, eine Reihe von Lebensvorgängen technisch nachzuahmen. Viele dieser Neuerungen würden das Wissen ungemein erweitern. Aber: Nicht alles ist machbar. So wird es technische Systeme, die sich - dem Vorbild lebender Organismen folgend - selbst reproduzieren können, und auch Verfahren zur Konservierung lebender Organismen nach dem Prinzip des Winterschlafes vermutlich nie geben.

Weder läßt sich die menschliche Intelligenz künstlich reproduzieren, indem die Mechanismen der kreativen Leistung des Menschen soweit aufgeklärt werden, daß ihre Nutzung in der Informatik möglich wird, noch können mit Hilfe elektrischer und elektromagnetischer Verfahren Computer die im menschlichen Gehirn gespeicherten Informationen erfassen. Künstliche Intelligenz, die integrierte Schaltungen mit lebenden Zellen verknüpft, wird sich wohl auch nicht entwickeln lassen.

Trotz allem glauben viele Experten, daß die Mechanismen der Formung von neuronalen Netzen auf molekularer Ebene aufgeklärt wird, ebenso die Struktur und Funktion aller Moleküle, die an der bio-chemischen Signalübertragung beteiligt sind (2017 bis nach 2025).

## **Wie werden die Ergebnisse weiterverwendet?**

Die Auseinandersetzung mit den im Delphi-Bericht behandelten Thesen zur Zukunft von Wissenschaft und Technologie soll einen Prozeß in Gang setzen, der auch künftig zu einer breiten Auseinandersetzung über wichtige Zukunftsentwicklungen führen soll. Zukunft wird nicht nur nachgefragt, sondern gestaltet. Daher sind im Anschluß weitere Diskussionen geplant sowie ein nationaler und ein internationaler Workshop, auf denen die Endergebnisse diskutiert werden. Alle Medien, Unternehmen, Hochschulen, Interessengruppen und auch sonst an Wissenschaft und Technik Interessierte sind eingeladen, sich an diesem kritischen Dialog über die Zukunft konstruktiv zu beteiligen. Im Abstand von ein bis zwei Monaten sollen zudem "Newsletter" erscheinen, die einzelne Themen der Zukunft aufgreifen und vertieft diskutieren.

Der Endbericht und die Endergebnisse werden zudem jedem der Interesse hat, gegen Erstattung der Selbstkosten zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise können z.B. Unternehmen ihre Zukunftsstrategien überprüfen, staatliche Förderstrukturen neu evaluieren oder neue interessante Leitprojekte definieren.