

ALLIANZ DRESDNER ECONOMIC RESEARCH

# Working Paper 103

20.05.2008

▸ MAKROÖKONOMIE

▸ FINANZMÄRKTE

▸ WIRTSCHAFTSPOLITIK

BRANCHEN

Werner Heß

Ein Blick in die Zukunft - acht Megatrends,  
die Wirtschaft und Gesellschaft verändern

# Working Paper

## Nr. 103

1. Einleitung und Zusammenfassung .....	3
2. Globalisierung führt zu einer neuen Weltordnung.....	8
3. Demographischer Wandel: Kaum ein Wirtschaftsbereich bleibt unberührt.....	11
4. Gesundheit: Ein sich wandelnder Wachstumsmarkt.....	14
5. Klimawandel und Ressourcenknappheit: Umwelt im Boom.....	16
6. Individualisierung: Auf dem Weg zur Heimfabrik.....	18
7. Miniaturisierung: Nanotechnologie allgegenwärtig.....	20
8. Ambient Intelligence: Der Computer ist immer und überall.....	22
9. Die Natur als Vorbild: Biologie Inspiriert Technologie und Gesellschaft.....	24
10. Ausblick: Am Beginn einer neuen „langen Welle“ .....	26
 Verwendete Literatur.....	29

**AUTOR:**

WERNER HESS  
Tel.: +49.69.263-5 33 04  
werner.hess@dresdner-bank.com

## 1. EINLEITUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

„Forecasting is very difficult, especially about the future.“ Diesem Ausspruch von Mark Twain ist uneingeschränkt zuzustimmen. Er hat uns dennoch nicht davon abgehalten, einen Blick in die fernere Zukunft zu werfen. Wohl kaum eine Branche hat so vielfältige Beziehung zu anderen Wirtschaftssektoren wie die Finanzwirtschaft. Sie muss deshalb in besonderem Maße die künftige Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft sowie deren Auswirkungen auf Unternehmen und Branchen im Blick haben, um hieraus die nötigen Konsequenzen für Vertrieb, Risikomanagement und Asset Management zu ziehen. So überrascht es nicht, dass Finanzdienstleister und auch andere Großunternehmen der **Zukunfts- und Trendforschung** einen immer höheren Stellenwert einräumen, um das eigene Geschäftsmodell und die Produktpalette weiterzuentwickeln.

**Kleine und mittlere Unternehmen** dagegen müssen bei ihrem Bemühen, aus globalen Trends frühzeitig Chancen für neue Produkte und Geschäfte abzuleiten, häufig auf externes Know-how zurückgreifen. Hierzu soll dieses Working Paper einen kleinen Beitrag leisten. Mittelständische Unternehmen sind es in erster Linie, die den von der Durchsetzung globaler Trends in Gang kommenden Strukturwandel in hohem Maße prägen. Gerade neu entstehende Branchen und Geschäftsmodelle expandieren in der Anfangsphase überdurchschnittlich stark und werden dabei in der Regel von kleineren Unternehmen dominiert.

Was bestimmt unser Leben im 21. Jahrhundert? Welche Probleme sind zu meistern? Welche politischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Veränderungen zeichnen sich ab? Wir sind diesen Fragen nachgegangen und haben acht wichtige so genannte **Megatrends** genauer unter die Lupe genommen. In diesen Megatrends bündeln sich starke Kräfte des Wandels, die auf ökonomischen und soziokulturellen Grundströmungen basieren. Charakteristisch für sie sind im Allgemeinen vier Bedingungen. Erstens ein **Zeithorizont von mindestens 30 Jahren**, ehe sie ihren Zenit erreichen. Zweitens **strahlt** ein Megatrend **auf viele Lebensbereiche aus**, er ist „allgegenwärtig“. Drittens hat er einen **grundlegend globalen Charakter**, auch wenn er seine Wirkung in verschiedenen Regionen und Kulturen unterschiedlich schnell entfaltet. Viertens **verträgt** ein wirklicher Megatrend auch vorübergehende **Rückschläge**, ohne an Dynamik einzubüßen.

Die im vorliegenden Working Paper skizzierten Megatrends lassen sich in **zwei Hauptgruppen** einteilen. Die **erste Gruppe** umfasst globale Entwicklungen, die schon längere Zeit in aller Munde sind, deren Triebkräfte des Wandels aber erst in den nächsten Jahren und Jahrzehnten ihre volle Tragweite entfalten. Dies gilt in erster Linie für das Thema **Globalisierung** (Abschnitt 2), die mit der rasanten Verbreitung des Internets in eine neue Phase tritt: Dank moderner Technik gewinnen inzwischen auch Dienstleistungen erheblich an internationaler Mobilität. Der mit der Globalisierung verbundene Zwang zur Rationalisierung und Restrukturierung im Unternehmenssektor führt in den westlichen Industrieländern zu einer Abwanderung einfacher Produktion und Dienstleistungen in andere Länder – und damit zu einem massiven Anstieg des Wissensanteils an der Wertschöpfung. Dieser Übergang zur Wissensökonomie erfordert eine andere Organisation der Arbeit und ein anderes Bildungssystem. Im Zuge der fortschreitenden Globalisierung verlagert sich schließlich die Wirtschaftskraft zunehmend nach Asien. Dies führt letztlich zu einer neuen Weltordnung mit dem Ergebnis einer multipolaren Welt.

Die Folgen des **demographischen Wandels** (Abschnitt 3) konzentrieren sich in der öffentlichen Wahrnehmung bisher vor allem auf das Problem, die umlagefinanzierten staatlichen Sozialsysteme zu stabilisieren. Noch zu wenig Beachtung finden dagegen die Herausforderungen und Chancen einer alternden Gesellschaft auf der volkswirtschaftlichen Ange-

botsseite und Nachfrageseite. In Zukunft werden ältere Menschen die wichtigste Gruppe von Konsumenten sein. Die damit verbundene Veränderung der Konsumstruktur ist gravierend: Zu den großen Gewinnern zählen die beiden Gütergruppen „Gesundheit“ sowie „Reisen und Hotels“. Zu den Branchen, deren Leistungen verstärkt von älteren Menschen nachgefragt werden, gehören in erster Linie gesundheits- und pflegebezogene Sektoren.

Im Hinblick auf die demographische Entwicklung erhält nicht zuletzt die Frage, wie aus der steigenden Lebenserwartung ein Zuwachs an gesunden – und damit arbeitsfähigen – Lebensjahren werden kann, große wirtschaftliche Bedeutung. Das Thema **Gesundheit** (Abschnitt 4) erfährt daher in Zukunft viel größere Aufmerksamkeit, vor allem auch aufgrund des medizinisch-technischen Fortschritts. Im Gesundheitsverhalten der Bevölkerung erhält die Eigenverantwortung für den individuellen Gesundheitszustand einen höheren Stellenwert. Dadurch wird neben der Heilung von Krankheit die Erhaltung von Gesundheit wichtiger. Deshalb entwickeln sich neben dem klassischen, heilungsorientierten Gesundheitsmarkt neue Märkte für Produkte und Dienstleistungen, die Prävention und die Erhaltung von Gesundheit zum Ziel haben.

Erst in jüngster Zeit ist die Diskussion über **Klimawandel und Ressourcenknappheit** (Abschnitt 5) stärker in den Mittelpunkt der öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt. Vor allem räumt die politische Führung in der Welt dem Klimaschutz inzwischen einen sehr hohen Stellenwert ein und hat diesbezüglich entsprechend ehrgeizige Ziele festgelegt. Deren Realisierung bedeutet für die Industriegesellschaften einen tiefgreifenden Umbau. Dabei liegt der Schlüssel für eine zukunftsfähige Wirtschaftsentwicklung in der Steigerung der Ressourcen- und Energieproduktivität. Im Zuge dieser Entwicklung wird die Umwelttechnik zu einem der bedeutendsten Wirtschaftszweige aufsteigen. Eine hohe Wachstumsdynamik entwickeln insbesondere die Märkte für Effizienztechnologien, nachhaltige Wasserwirtschaft, nachhaltige Mobilität, Energieerzeugung, natürliche Ressourcen und Materialeffizienz sowie Recyclingtechnologien.

Die **zweite Gruppe von Megatrends** umfasst Technologiefelder, die das 21. Jahrhundert entscheidend prägen werden. So führt der Megatrend **Individualisierung** (Abschnitt 6), der sich von dem zunehmendem Streben der Menschen nach Einzigartigkeit und Differenzierung nährt, zum Ende der Massenmärkte und einem Comeback des individualisierten Produkts (Mass Customization). Die dafür erforderliche Technologie des Rapid Manufacturing eröffnet jenseits industrieller Anwendungen sogar die Möglichkeit, industrielle Fertigung in die eignen vier Wände zu holen – als „Personal Fabrication“. Viele Experten sehen darin eine innovative Kraft, die mit dem Siegeszug des Personal Computer vergleichbar sei. In jedem Fall rücken Produktion und Konsum näher zusammen und der Kunde übernimmt einen aktiven Teil in der Wertschöpfungskette.

Die **Miniaturisierung** von Technologie (Abschnitt 7) wird sich in Zukunft weiter fortsetzen und zu immer kleineren, komplexeren und intelligenteren elektronischen Systemen führen. Dabei spielt die Mikrosystemtechnik weiterhin eine entscheidende Rolle. Aufgrund ihres Querschnittscharakters bildet sie auch eine wichtige Schnittstelle zu anderen Technologien, insbesondere den Nanotechnologien. Hierunter wird ein weites Feld von Forschungsfeldern und Technologien zusammengefasst, die sich mit der Untersuchung, Herstellung und Anwendung von winzig kleinen Strukturen befassen. Von der Nanotechnologie können fast alle Branchen profitieren – vom Autobau bis zur Medizin. Vor allem von Nanotechnologien, die in der Mikrosystemtechnik nutzbar sind, wird ein kräftiger Technologieschub erwartet.

Immer kleiner werdende Elektronik und die drahtlose Kommunikationstechnik liefern die technische Basis zur Umsetzung der Vision von **Ambient Intelligence** (Abschnitt 8): Einzelne elektronische Systeme vernetzen sich, bilden eine „intelligente Umgebung“ und stel-

len sich selbstständig und situationsgerecht auf den Benutzer ein. Dadurch, dass Dinge miteinander kommunizieren können, wird vor allem das Internet einen dramatischen Wandel erleben (Internet der Dinge). Der Megatrend Ambient Intelligence hat damit das Potenzial, Leben und Arbeitswelt so stark zu verändern wie nur wenige Technologien zuvor.

Auch die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der **Bio- und Gentechnologie** (Abschnitt 9) sind bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Vor allem in der industriellen „weißen“ Biotechnologie haben neue, bahnbrechende Verfahren zur Analyse biologischer Systeme zu einem Technologieschub geführt. Da die weiße Biotechnologie als Technologieplattform die Innovationszyklen in vielen Industriebereichen verkürzt, gilt sie als Motor für eine bio-basierte Wirtschaft. Auch die Forscher auf dem Gebiet der **Bionik** versuchen für technische Problemlösungen von der Natur zu lernen. Bezüglich der Organisation komplexen Verhaltens werden seit einiger Zeit Phänomene der „Schwarmintelligenz“ untersucht. Ein Schwarm besteht aus einer Gruppe von Individuen, die durch direkte Kommunikation ohne zentrale Lenkung miteinander agieren und damit ihre Effizienz steigern können. Mit der Umsetzung von Ambient Intelligence in den kommenden Jahrzehnten wandelt sich der Charakter von Kommunikations-Netzwerken. Dabei steht das Konzept des „Schwarms“ als soziales Organisationsprinzip im Mittelpunkt: Einzelne Individuen können mit Hilfe neuer, mobiler und überall verbreiteter (ubiquitärer) Technologien mit einer großen Gruppe von Unbekannten gemeinsam und koordiniert handeln. Damit zeichnet sich ein tiefgreifender gesellschaftlicher Transformationsprozess ab, der Beziehungen und Gemeinschaftsformen ebenso verändern wird wie Märkte und Unternehmen.

Technologische Umwälzungen sind mitunter sehr langwierig. Der „**Theorie der langen Wellen**“ (Abschnitt 10) zufolge verläuft die wirtschaftliche Entwicklung in großen Zyklen, die jeweils von so genannten Basisinnovationen angestoßen werden. Aufgrund der komplexen Herausforderungen wird künftig die **Konvergenz von Technologien** eine wichtige Rolle spielen. Dabei zeichnet sich schon heute eine unter dem Stichwort **NBIC** diskutierte Konvergenz von Nanotechnologie, Biotechnologie, Informationstechnik und Kognitionswissenschaften ab. Dadurch werden neue Möglichkeiten des wissenschaftlich-technologischen Fortschritts und wirtschaftlichen Wachstums erwartet. Dies könnte den Beginn des sechsten Kondratieff-Zyklus markieren.

Übersicht 1:

## DIE ACHT MEGATRENDS UND IHRE AUSWIRKUNGEN IM ÜBERBLICK

Megatrend	Auswirkungen
<b>Globalisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Höhere Anforderungen an Kapitalrendite und Effizienz unternehmerischer Strukturen</li> <li>- Übergang zur Wissensökonomie verlangt neue Organisation der Arbeit, ein anderes Bildungssystem und andere Organisation von Unternehmen (Projektwirtschaft)</li> <li>- Stärkung der Innovationskraft für Industrieländer unabdingbar</li> <li>- Verschiebung der Wirtschaftskraft nach Asien Regionen gewinnen zentrale Bedeutung (Globalisierung)</li> </ul>
<b>Demographischer Wandel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altern und Schrumpfen der Bevölkerung in Industrieländern, insgesamt aber kräftiges Wachstum der Weltbevölkerung</li> <li>- Anwachsende Migrationsströme</li> <li>- Stabilisierungsprobleme für Systeme der sozialen Sicherung</li> <li>- Dämpfende Effekte auf Wirtschaftswachstum</li> <li>- Strukturelle Verschiebungen der Konsumnachfrage</li> </ul>
<b>Gesundheit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Steigende Gesundheitsausgaben infolge des demographischen Wandels und des medizinisch-technischen Fortschritts</li> <li>- Neben dem heilungsorientierten Gesundheitsmarkt entwickelt sich ein neuer Markt für Produkte und Dienstleistungen, die Prävention und die Erhaltung von Gesundheit zum Ziel haben</li> <li>- Gesundheit wird zur „Ware“</li> </ul>
<b>Klimawandel und Ressourcenknappheit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- „Umbau“ der Industriegesellschaften mit dem Ziel, Ressourcen- und Energieproduktivität zu steigern</li> <li>- Effizientere Nutzung von Energieträgern</li> <li>- Ökologisch getriebener Strukturwandel begünstigt insbesondere die Märkte für Effizienztechnologien, Wasserwirtschaft, nachhaltige Mobilität, Energieerzeugung, natürliche Ressourcen und Materialeffizienz sowie Recyclingtechnologien</li> </ul>
<b>Individualisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comeback des individualisierten Produkts (Mass Customization)</li> <li>- Paradigmenwechsel zu einer dezentralen Produktion (Personal Fabrication): Kunde übernimmt aktiven Teil in der Wertschöpfungskette</li> </ul>

Megatrend	Auswirkungen
<b>Miniaturisierung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weiterentwicklung der Mikrosystemtechnik führt zu immer kleineren, komplexeren und intelligenteren elektronischen Systemen</li> <li>- Mikrosystemtechnik ist auch der Schlüssel zur Nutzung der Entwicklungen im Bereich der Nanotechnologien</li> <li>- Ab ca. 2015 Gestaltung von ganzen Systemen in Nanotechnik für die Verwendung in verschiedenen Industrie- und Konsumgütern</li> <li>- Ab ca. 2025 Konstruktion von sich selbst aufbauenden Nanosystemen und Nanorobotern</li> </ul>
<b>Ambient Intelligence</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einzelne elektronische Systeme vernetzen sich zur „intelligenten Umgebung“ und stellen sich selbständig und situationsgerecht auf den Benutzer ein</li> <li>- Internet erlebt dramatischen Wandel: Kommunikation von Maschine zu Maschine wird möglich (Internet der Dinge)</li> <li>- Erschließung neuer Effizienz- und Wachstumspotenziale</li> <li>- Gefahr einer „Überwachungsinfrastruktur“</li> </ul>
<b>Biologie inspiriert Technologie und Gesellschaft</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vielfalt von Anwendungsmöglichkeiten der Bio- und Gentechnologie in der Medizin (rote Biotechnologie), im Agrarsektor (grüne Biotechnologie) sowie in den Bereichen Umwelt (graue Biotechnologie) und Industrie (weiße Biotechnologie) bei weitem noch nicht ausgeschöpft</li> <li>- Industrielle Biotechnologie wird zum Motor einer biobasierten Wirtschaft</li> <li>- Renaissance der Bionik, die versucht, für technische Problemlösungen von der Natur zu lernen</li> <li>- Mit dem Aufkommen des „Ubiquitous Computing“ zeichnet sich durch die Allgegenwart mobiler Netzwerktechnologien ein tiefgreifender gesellschaftlicher Transformationsprozess ab, der neue soziale Organisationsformen hervorbringt (Phänomen der Schwarmintelligenz)</li> </ul>

Quelle: Eigene Darstellung

Die meisten der beschriebenen Megatrends haben unmittelbare **Auswirkungen auf das Geschäft von Finanzdienstleistern**. Im folgenden seien nur einige Beispiele genannt. So geht die mit der voranschreitenden **Globalisierung** verbundene Verlagerung der Wirtschaftskraft nach Asien einher mit der Bildung großer Unternehmen und Vermögen in dieser Region. Es wird daher für Finanzdienstleister immer wichtiger, in Emerging Markets präsent zu sein, um bedeutende Unternehmen und vermögende Privatleute als Kunden zu gewinnen. Gleichzeitig werden im Zuge der Globalisierung immer mehr Menschen das Internet als Kommunikationsplattform nutzen. Dies hat Auswirkungen auf die Ausgestaltung und den Vertrieb von Finanzdienstleistungen und beeinflusst auch das „Customer Relationship Management“.

Die durch den **demographischen Wandel** hervorgerufenen Stabilisierungsprobleme der umlagefinanzierten Sozialversicherungssysteme erfordern die verstärkte privatwirtschaftliche Bereitstellung von Produkten der Altersvorsorge und von Gesundheitsleistungen. Außerdem nehmen mit steigender Lebenserwartung sowohl das Risiko als auch der Grad der Pflegebedürftigkeit zu. Da aber Veränderungen in Gesellschaft und Familien (steigende Zahl von Einpersonenhaushalten, zunehmende Erwerbstätigkeit von Frauen) das Potenzial der häuslichen Pflege stark einschränken, muss die Pflege von hilfsbedürftigen Personen in stärkerem Maße von Einrichtungen des Gesundheitssektors übernommen werden. Vor diesem Hintergrund erhöht sich der Bedarf an Vermögensbildung und an Unterstützung bei der Mittelbeschaffung für langfristige medizinische und pflegerische Vorsorge. Zudem eröffnet sich Versicherungsunternehmen auf dem stark wachsenden **Gesundheitsmarkt** – angesichts des Preisdrucks und der gesättigten Märkte im Kerngeschäft – mit dem Angebot von privaten Krankenversicherungen ein strategisch wichtiges Geschäftsfeld.

Im Hinblick auf den **Klimawandel** ist davon auszugehen, dass Naturkatastrophen immer häufiger auftreten und gravierende Sachschäden anrichten werden. Dies bleibt nicht ohne Folgen für das Versicherungsgeschäft. In bezug auf das Asset Management kann der Klimawandel unter Umständen die wirtschaftliche Leistung und damit den Wert von Investitionen vermindern. Gleichzeitig eröffnet der Klimawandel aber auch neue Geschäftsfelder, z.B. den Handel mit Emissionsrechten, Investitionen in erneuerbare Energien und umweltfreundliche Technik oder auch neue Versicherungsprodukte, die Kunden gegen Umweltrisiken absichern.

Neben den vielversprechenden Perspektiven der **Nanotechnologie** mehren sich Hinweise, dass mit der neuen Technologie auch Risiken für Gesundheit und Umwelt verbunden sind, die allerdings noch nicht genau bekannt sind. Damit stehen Versicherungsunternehmen vor der Herausforderung, in Zusammenarbeit mit Forschung und Industrie fundierte Erkenntnisse über die Risiken der Nanotechnologie zu gewinnen, um diese Risiken versichern zu können.

## 2. GLOBALISIERUNG FÜHRT ZU EINER NEUEN WELTORDNUNG

Globalisierung im Sinne einer intensiveren, weltweiten Arbeitsteilung ist kein neues Phänomen. Wettbewerb kommt nun einmal dadurch zustande, dass Menschen immer wieder versuchen, etwas besser zu machen. Daran hat sich bis heute nichts geändert. Allerdings wirkt heute der Wettbewerb in einem viel größeren Raum und über viel mehr Kanäle. Diese **neuen Dimensionen der Globalisierung** basieren auf zwei Entwicklungslinien, die einander überlagern:

- Erstens haben **politische Faktoren** die Globalisierung vorangetrieben. Zum einen wurden Außenhandel und Kapitalverkehr zunehmend liberalisiert, sowohl weltweit als auch innerhalb regionaler Zonen. Zum anderen hat sich das Gros der aufstrebenden Schwellenländer für die Marktwirtschaft geöffnet. Das gilt sowohl für viele Länder in Asien und in Lateinamerika als auch für die Staaten in Mittel- und Osteuropa.
- Zweitens haben **technische Innovationen** zu einem dramatischen Rückgang der Transport- und Kommunikationskosten geführt. Die Staaten rücken – in ökonomischer Distanz gemessen – näher zusammen. Unternehmen haben neue technische und organisatorische Möglichkeiten. Sie können ihre Wertschöpfungskette räumlich aufspalten, um regionale Standortvorteile zu nutzen. Die Folge ist, dass immer weniger Endprodukte produziert werden, sondern immer mehr Produkte aus importierten Bestandteilen zusammengesetzt werden.



## Dienstleistungen werden international mobiler

Dank moderner Technik, aber auch durch Deregulierungen gewinnen nicht zuletzt **Dienstleistungen** erheblich an internationaler Mobilität. So ermöglicht es die Informations- und Kommunikationstechnologie, informationsintensive Dienstleistungen zu digitalisieren und somit ohne nennenswerten Aufwand als Computerdateien zu speichern und zu kopieren. Vor allem aber ebnet die rasante Expansion des **Internets** über global vernetzte Datenleitungen den Weg, um digitale Güter weltweit zu vertreiben.

## Globalisierung tritt in neue Phase

Die Globalisierung tritt damit in eine neue, dritte Phase. In der Epoche zwischen der Entdeckung der „Neuen Welt“ 1492 bis zum Ende des 18. Jahrhunderts ging die globale Vernetzung von einzelnen Staaten aus, was zur Bildung von Kolonialreichen führte. Danach traten im Zuge der Industrialisierung Unternehmen als Triebkräfte der Globalisierung auf den Plan. Heute stehen bei dem, was oft als „**Globalisierung 3.0**“ bezeichnet wird, einzelne Menschen im Vordergrund. Sie haben dank Computer und Internet überall auf der Welt die gleichen Werkzeuge, um auf dem Weltmarkt zu konkurrieren.

Was bedeutet aber nun konkret das stärkere Zusammenwachsen der Welt?

## Höhere Anforderungen an Kapitalrendite

- Zunächst ist festzustellen, dass im Zuge der Globalisierung die **Anforderungen an die Rendite des Kapitaleinsatzes und die Effizienz unternehmerischer Strukturen nachhaltig erhöht werden**. Dabei ist nicht allein eine Verschärfung des Wettbewerbs auf den Gütermärkten zu beobachten, sondern vor allem auch an den Kapitalmärkten. Die **Kapitalmobilität** hat sich in den vergangenen Jahren massiv erhöht, so dass der Wettbewerb um Investitionskapital und damit Arbeitsplätze immer größer geworden ist. Es kommt hinzu, dass auf den Kapitalmärkten über die **Kontrolle von Unternehmen** entschieden wird. Dieser Wettbewerb vollzieht sich nicht allein über die Aktivitäten von Private Equity oder Hedge Fonds, sondern auch in Form strategischer Fusionen oder Übernahmen im Rahmen der Konsolidierung im Unternehmenssektor selbst. Dieser verschärfte Wettbewerb um Unternehmenskontrolle bewirkt einen zusätzlichen Druck auf die Unternehmensleitungen, alle vorhandenen Produktivitätspotentiale auszuschöpfen.

## Übergang zur Wissensökonomie verlangt ...

- Der Zwang zur Rationalisierung und Restrukturierung führt in den westlichen Industrieländern zu einer Abwanderung einfacher Produktion und Dienstleistungen in andere Länder – und damit zu einem massiven Anstieg des Wissensanteils an der Wertschöpfung. Der **Übergang zur Wissensökonomie** bedeutet im Kern, dass Kapital und Rohstoffe immer mehr durch den Input von Ideen, Wissen, Know-how und Kreativität ersetzt werden. Dieser Prozess hat erhebliche Konsequenzen für unser gesamtes Kultursystem. Er erfordert eine andere Organisation der Arbeit und ein anderes Bildungssystem.

## ... neue Organisation der Arbeit ...

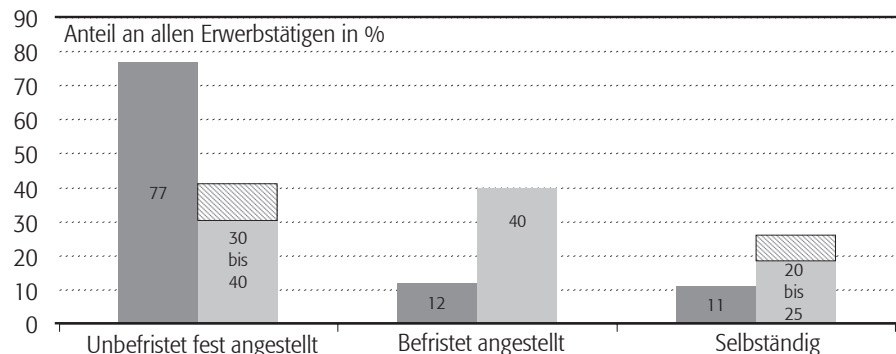
Die globale **Arbeitswelt** befindet sich bereits in einem radikalen Umbruch. Inzwischen treten angesichts fortschreitender Globalisierung, des sich beschleunigenden technischen Fortschritts und immer individuellerer Kundenwünsche flexible Netzwerke und Teamstrukturen an die Stelle der alten Hierarchien. Gleichzeitig werden Stammebeschäftigten reduziert und der verbleibende Kern von festen Angestellten durch zeitlich befristete Beschäftigungsverhältnisse ergänzt. Mitte des 21. Jahrhunderts dürften nur noch 30 bis 40% der Beschäftigten feste Arbeitsverträge haben. Befristete Arbeitsverhältnisse und Selbstständigkeit nehmen dafür zu (siehe Schaubild 1).

## ... ein anderes Bildungssystem ...

Wer in der Arbeitswelt von morgen oben auf sein will, muss gut vernetzt und bereit sein, immer dazuzulernen. Deshalb muss sich auch das **Bildungssystem** verändern.

Schaubild 1

### Arbeitswelt im Umbruch: Beschäftigungsstruktur heute und in 40 Jahren



■ Deutschland heute ■ Durchschnitt der Industrieländer Mitte des 21. Jahrhunderts

Quellen: Zukunftsinstitut, IAB.

Da es keine zukunftssicheren Berufe mehr gibt, müssen Schulen und Universitäten zunehmend bestrebt sein, so genannte „weiche“ Fähigkeiten zu vermitteln, die zu Teamarbeit, Kommunikation und zum Selbstlernen befähigen. Außerdem müssen die Studienzeiten kürzer werden, um Platz zu schaffen für Weiterbildungsphasen während des Berufslebens.

#### ... und eine andere Organisation von Unternehmen

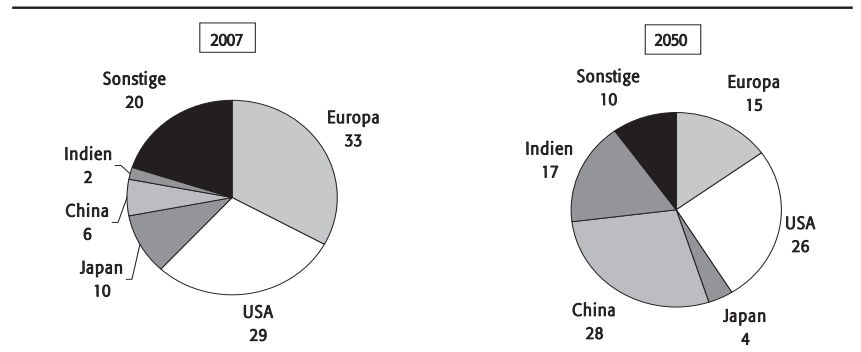
Der Trend zur Wissensökonomie bleibt auch nicht ohne Auswirkungen auf die Organisationsstruktur von Unternehmen. Diese kooperieren künftig immer häufiger in gemeinsamen Projekten, oft in Form rechtlich und organisatorisch eigenständiger Projektgesellschaften. Die Organisation des Wertschöpfungsprozesses in einer Art „**Projektwirtschaft**“ versetzt Unternehmen in die Lage, flexibler sowie mit geteilten Kosten und Risiken auf die deutlich gestiegenen Anforderungen der globalen Märkte zu reagieren. Denn die Produktlebenszyklen verkürzen sich weiter, die Breite und Tiefe des Wissens, die für die erfolgreiche Entwicklung und Vermarktung von Produkten nötig sind, nehmen rasant zu. Hinzu kommt, dass erfolgreiche Produkte immer häufiger durch die Konvergenz verschiedener Technologien bzw. Wissensfelder entstehen (siehe Abschnitt 10).

- Im Zuge der Globalisierung versuchen inzwischen auch die aufholenden Länder Asiens, Deutschland die internationale Führungsposition bei wichtigen Technologien streitig zu machen. Diesen zunehmenden Wettbewerb kann Deutschland nicht auf der Kostenseite, sondern nur durch **Innovationen** gewinnen. Hier liegt der entscheidende Ansatzpunkt, um die **höheren Lohnkosten** hierzulande aufzufangen. Im Grunde ist heute nur noch für innovative hochwertige Spitzenprodukte ein „Made in Germany“ zu rechtfertigen. Vor diesem Hintergrund hat die Stärkung der **Innovationskraft Deutschlands** und Europas eine enorme Bedeutung, um den Wohlstand zu erhalten.<sup>1</sup>
- Mit der voranschreitenden Globalisierung werden China und Indien zu **neuen Gravitationszentren der Weltwirtschaft**. Bereits heute stellen die beiden Länder mit zusammen 2,4 Milliarden Menschen 35% der Weltbevölkerung – tragen aber nur 8% zur weltweiten Wirtschaftsleistung bei. Nach einer Prognose der Asean Development Bank werden die beiden aufstrebenden Wirtschaftsmächte im Jahr 2050 mit zusammen 45% der weltweiten Wirtschaftsleistung ein größeres Gewicht als Europa und die USA zusammen haben (siehe Schaubild 2). Für westliche Unternehmen eröffnen sich

#### Verschiebung der Wirtschaftskraft nach Asien

Schaubild 2

### Verlagerung nach Asien: Anteile an der weltweiten Wirtschaftsleistung in %



Quelle: Asian Development Outlook, eigene Berechnungen.

dadurch bedeutende Absatzmärkte. Denn mit steigendem Wohlstand werden China und Indien zu wichtigen Konsumentennationen. Die neuen Konsummärkte werden jedoch keineswegs von westlichen Unternehmen dominiert: Auch die heimischen Produzenten erlangen immer mehr Wettbewerbskraft – und machen sogar den alten Weltmarktführern auf ihren Heimatmärkten Konkurrenz.

Mit zunehmender Wirtschaftskraft wächst auch der politische Einfluss von China und Indien. Letztlich markiert der ökonomische „Shift to Asia“ den Weg zu einer **neuen Weltordnung** mit dem Ergebnis einer multipolaren Welt. Die USA werden zwar noch immer eine wichtige Rolle spielen, aber die westliche Dominanz schwindet.

#### Regionen gewinnen zentrale Bedeutung

- Der Globalisierung immanent ist ein Gegentrend, der in anderem Zusammenhang **Regionalisierung** genannt wird. In der globalisierten Welt sind die Schlüsselindustrien jeder Volkswirtschaft im Prinzip grenzenlos. Wenn aber alte Zuordnungen und Grenzen nicht mehr tragen, gewinnt der Ort oder die Region neue zentrale Bedeutung: Es entstehen regionale Wirtschaftsräume (**Glokalisierung**). Die Regionen müssen sich auf ihre jeweiligen Stärken besinnen, diese konsequent ausbauen und weltweit „vermarkten“.

### 3. DEMOGRAPHISCHER WANDEL: KAUM EIN WIRTSCHAFTSBEREICH BLEIBT UNBERÜHRT

#### Altern und Schrumpfen der Bevölkerung in Industrieländern ...

Die demographische Entwicklung Deutschlands, also die Veränderung der Größe und des Altersaufbaus der Bevölkerung, ist seit über 30 Jahren durch **niedrige Geburtenraten** und **steigende Lebenserwartung** geprägt. Die Folge ist, dass wir immer weniger und immer älter werden. Bis zum Jahr 2050 wird die Bevölkerungszahl von heute 82,5 Millionen auf nur noch 75 Millionen schrumpfen, selbst wenn man unterstellt, dass pro Jahr netto mindestens 200.000 Menschen zuwandern. Im Jahr 2035 wird fast die Hälfte der Menschen 50 Jahre und älter sein, 2005 waren es nur 37%. Die fortschreitende Alterung der Bevölkerung spiegelt sich auch im so genannten **Altenquotient**, dem Anteil älterer Menschen (65 Jahre und älter) an den Erwerbspersonen (15 bis 64 Jahre): Er wird von knapp 31% im Jahr 2005 auf 54% im Jahr 2035 und 60% im Jahr 2050 zunehmen.

Steigende Lebenserwartung und niedrige Geburtenraten sind nicht auf Deutschland beschränkt, sondern treffen – von wenigen Ausnahmen abgesehen – auf alle Länder zu. Das so genannte **Medianalter**, das die Bevölkerung in zwei gleich große Gruppen aufteilt,

wird nach neuesten UN-Daten von 24 Jahren 1950 auf knapp 38 Jahre 2050 steigen (heute 28 Jahre). Gleichzeitig ist die Weltgeburtenrate von 5 Kindern pro Frau vor 50 Jahren auf heute 2,55 Kinder gesunken, Tendenz weiter fallend. In 45 Jahren werden nur noch 2,05 Kinder pro Frau erwartet. Hält diese Entwicklung an, wird die Weltbevölkerung in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts anfangen zu schrumpfen.

#### ... insgesamt aber kräftiges Wachstum der Weltbevölkerung

Bis zum Jahr 2050 ist allerdings noch mit einem **kräftigen Wachstum der Weltbevölkerung** von derzeit 6 auf 9 Milliarden Menschen zu rechnen. Globale machtpolitische und geopolitische Umbrüche sind damit programmiert. Während die Bevölkerungszahlen nicht nur in Deutschland, sondern in nahezu allen Industrieländern schrumpfen, steigen sie in den Schwellen- und Entwicklungsländern. Stammten 1970 noch 27% der Weltbevölkerung aus den Industrieländern, dürfte sich dieser Anteil bis 2050 auf 13% mehr als halbieren.

#### Anwachsende Migrationsströme

Doch obwohl sich die Länder der Welt durch die demographische Entwicklung polarisieren, werden sie gleichzeitig über **Migrationsströme** eng miteinander verbunden sein. Denn gerade in den Armut- und Krisenregionen werden besonders viele Kinder zur Welt kommen. Je mehr Menschen aber mit Armut, Perspektivlosigkeit und einem desolaten Arbeitsmarkt konfrontiert sind und je stärker Staaten deshalb wirtschaftlich auseinanderdriften, desto massiver werden die Wanderungsbewegungen in Richtung wohlhabender Länder sein. Neben dem Migrationsdruck aus Afrika wird künftig die Zuwanderung vor allem aus der Türkei und dem Nahen Osten zunehmen. Bis zum Jahr 2040 steigt Schätzungen zufolge die Zahl der Muslime in Europa von derzeit 15 auf 65 Millionen.

#### Stabilisierungsprobleme für Systeme der sozialen Sicherung

In Deutschland (und anderen Industrieländern) lassen die Folgen der demographischen Entwicklung kaum einen Bereich der Wirtschaft unberührt. Offensichtlich sind die Probleme für die Stabilisierung der umlagefinanzierten **Systeme der Sozialversicherung**. Im Hinblick auf die **Rentenversicherung** müssen heute 100 Beitragszahler für 58 Rentner aufkommen – im Jahr 2050 werden es 72 Rentner sein. Diese Zahl gilt allerdings nur unter der Voraussetzung, dass die Erwerbsquoten der Frauen und der Personen über 55 Jahre in den nächsten Jahren kräftig steigen. Auch ein **Anstieg der Gesundheitskosten** ist angesichts der Alterung der Bevölkerung nicht aufzuhalten (siehe Abschnitt 4). Denn die Gesundheitsausgaben sind für einen 60-Jährigen 2,8 mal und für einen 80-Jährigen 5,7 mal so hoch wie für einen 30-Jährigen und die Zahl der 60-Jährigen und älteren wird von heute 20,5 Millionen auf 28 Millionen im Jahr 2030 steigen.

Das **Pflegefallrisiko** steigt mit dem Alter ebenfalls. In den Altersgruppen bis 60 Jahre ist es noch relativ gering, liegt aber bei den 85- bis 90-Jährigen bei knapp 30% (Männer) bzw. rund 43% (Frauen). Die Brisanz dieser Zahlen wird deutlich, wenn man bedenkt, dass im Jahr 2050 der Altersgruppe der über 80-Jährigen 12% der Bevölkerung angehören werden, während es derzeit nur 4% sind. Nach neuesten Berechnungen des Statistischen Bundesamtes wird die Zahl der Pflegebedürftigen von 2,13 Millionen im Jahr 2005 auf 2,91 Millionen im Jahr 2020 steigen. Für das Jahr 2030 ist mit etwa 3,36 Millionen Pflegebedürftigen zu rechnen. Das Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung schätzt, dass es im Jahr 2050 sogar 4,7 Millionen Pflegebedürftige geben wird – also weit mehr als doppelt so viele wie heute. Der Grad der durchschnittlichen Pflegebedürftigkeit dürfte sich dabei überproportional erhöhen, so dass die Nachfrage nach stationären Pflegediensten stärker zunimmt als die nach ambulanten Betreuung.

#### Dämpfende Effekte auf Wirtschaftswachstum

Die demographische Entwicklung bringt aber nicht nur Probleme für die sozialen Sicherungssysteme. Auch die Herausforderungen und Chancen einer alternden Gesellschaft auf der volkswirtschaftlichen Angebotsseite und Nachfrageseite rücken zunehmend ins Blickfeld. So sind **dämpfende Effekte auf das Wirtschaftswachstum** zu befürchten, die im Wesentlichen über zwei Kanäle wirken. Erstens durch den Rückgang der Zahl der

## Strukturelle Verschiebung der Konsumnachfrage

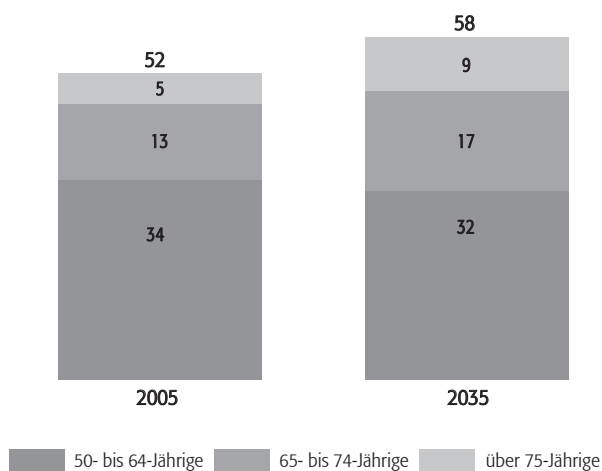
Erwerbstätigen. So wird in Deutschland das **Erwerbspersonenpotenzial**, also die Anzahl der Menschen im Alter von 15 bis 64, um 20% von heute 55 Millionen auf 44 Millionen im Jahr 2050 sinken. Auch der Altersaufbau der Erwerbsbevölkerung ändert sich: Während die Zahl der 50- bis 64-Jährigen bis 2050 nahezu konstant bleibt, verringert sich die Zahl der 20- bis 34-Jährigen um ein Viertel und die der 35- bis 49-Jährigen um knapp ein Drittel. Aufgrund des steigenden Durchschnittsalters der Erwerbstätigen ist zweitens damit zu rechnen, dass Produktivität und Innovationskraft der Volkswirtschaft nachlassen.

Darüber hinaus kommt es zu **strukturellen Verschiebungen der Nachfrage**, denn Menschen verschiedenen Alters konsumieren unterschiedliche Güter. So geben über 75-Jährige etwa doppelt so viel für Gesundheitspflege aus wie 20- bis 49-Jährige, aber nur halb so viel für Verkehrsmittel. In Zukunft werden ältere Menschen die wichtigste Gruppe von Konsumenten sein. Nach einer Studie der Roland Berger Strategy Consultants wird sich der Anteil der über 65-Jährigen am Gesamtkonsum von 18% im Jahr 2005 auf 26% im Jahr 2035 erhöhen – und damit um fast die Hälfte steigen (siehe Schaubild 3). Die damit verbundene Veränderung der Konsumstruktur ist gravierend: Die großen Gewinner werden die beiden Gütergruppen „Gesundheit“ sowie „Reisen und Hotels“ sein.

Schaubild 3

### Marktmacht der über 50-Jährigen

Anteile am Konsum in %



Quelle: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend.

Zu den **Branchen**, deren Leistungen verstärkt von älteren Menschen nachgefragt werden, gehören in erster Linie gesundheits- und pflegebezogene Sektoren, z.B. Pharmaindustrie, Biotechnologie, Medizintechnik, Krankenhäuser sowie ambulante Pflegedienste und stationäre Pflegeeinrichtungen. Auch der Bereich Freizeit/Unterhaltung/Kultur/Reisen wird profitieren, da die künftigen Senioren mobiler, finanzstärker, reisefreudiger und aktiver als frühere Generationen sind. Nicht zuletzt werden auch Finanzdienstleistungen rund um das Thema private Altersvorsorge stark wachsen. Zu den strukturell benachteiligten Branchen gehört vor allem der Wohnungsbau, da die schrumpfende Gruppe der 20-40-Jährigen am stärksten Wohnungen nachfragt. Negativ betroffen sind auch die Spirituosen- und Tabakindustrie, da ältere Menschen aus gesundheitlichen Gründen auf diese Genussmittel eher verzichten werden.

#### 4. GESUNDHEIT – EIN SICH WANDELNDER WACHSTUMSMARKT

Gesundheitswesen wichtig für  
Wachstum und Beschäftigung

Derzeit findet ein **Paradigmenwechsel in der Wahrnehmung des Gesundheitssektors** statt. Neben den Kostenfaktor Gesundheit, der über die Beiträge zur Krankenversicherung die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes Deutschland beeinflusst, tritt zunehmend der Beitrag, den das Gesundheitswesen für Wachstum und Beschäftigung leistet. Zum einen beeinflusst der Gesundheitszustand der Bevölkerung das **Humankapital** der Gesellschaft und ist daher auch ein „Inputfaktor“ für Wachstum. Gerade im Hinblick auf die demographische Entwicklung erhält die Frage, wie aus einem einfachen Zuwachs an Lebensjahren ein Zuwachs an gesunden – und somit arbeitsfähigen – Lebensjahren werden kann, große wirtschaftliche Bedeutung. Zum anderen ist der Markt für Gesundheitsleistungen mit seinen vielfältigen Produkten, Dienstleistungen und Einrichtungen (siehe Schaubild 4) **einer der größten Teilmärkte der deutschen Wirtschaft**. Im Gesundheitssektor sind etwa 4,2 Millionen Menschen beschäftigt, das sind knapp 10% der sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer. Der Umsatz liegt je nach Abgrenzung bei etwa 240 Milliarden Euro und erreicht damit 11% des Bruttoinlandsprodukts.

Im Wesentlichen gestalten folgende **Triebkräfte der Veränderung** den Gesundheitssektor zu einem sich stark wandelnden Wirtschaftszweig mit hohem Wachstumspotenzial:

Steigende Gesundheitsausgaben  
infolge des demographischen  
Wandels ...

- Erstens führt der **demographische Wandel** zu einer veränderten und höheren Nachfrage nach Gesundheitsleistungen. Diese nehmen ab dem 45. Lebensjahr deutlich zu. Maßgeblich für ihre Höhe ist vor allem die zeitliche Nähe zum Tod, also nicht das Alter, sondern die Jahre, die jemand noch zu leben hat. Auch bei steigender Lebenserwartung werden also nur die letzten Jahre vor dem Tod medizinisch richtig teuer. Der rein demographische Effekt der Ausgabensteigerung dürfte daher künftig eher moderat ausfallen. Allerdings steigen die Ansprüche der Senioren an die Gesundheit: Sie wollen länger aktiv und „jung“ bleiben. Neue Lebensqualitäts-Märkte entwickeln sich rund um Fragen der physischen und psychischen Gesundheit.

... und des medizinisch-  
technischen Fortschritts

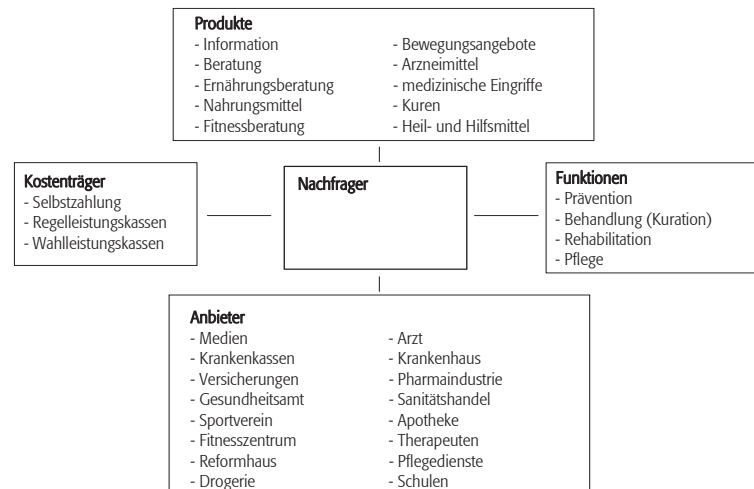
- Zweitens erhöhen auch neue Diagnosemethoden und Therapien die Kosten der medizinischen Versorgung. Dieser **medizinisch-technische Fortschritt** hat in der Vergangenheit weit stärker als der demographische Wandel zur Ausgabensteigerung im Gesundheitswesen beigetragen. Insofern ist die demographische Alterung nicht der Hauptgrund, der die Gesundheitskosten wirklich in die Höhe treiben kann. Der medizinisch-technische Fortschritt erhöht die Heilungschancen und Kontrollierbarkeit von Krankheiten – aber auch die Ansprüche an Gesundheit. Gleichzeitig führt eine verbesserte Diagnostik zur (Früh-)Erkennung von mehr Krankheiten. Hinzu kommt, dass die so genannten Zivilisationskrankheiten (Adipositas, Diabetes, Allergien) weiter zunehmen. All dies lässt die Gesundheitsausgaben in Zukunft stark steigen.

Gesundheitsmarkt differenziert  
sich immer stärker

- Drittens verändert sich das **Gesundheitsverhalten der Bevölkerung** dahingehend, dass die Eigenverantwortung für den individuellen Gesundheitszustand einen höheren Stellenwert bekommt. Als Folge der steigenden Lebenserwartung, der besseren medizinischen Versorgung und des materiellen Wohlstands wächst der Wunsch, den gesundheitlichen Zustand zu optimieren. „Gesundheitskunde“ ist also auch derjenige, der im klassischen Sinne gesund ist, aber noch mehr für seine Fitness tun kann. Dadurch wird neben der Heilung von Krankheit die **Erhaltung von Gesundheit** wichtiger. Der Gesundheitsmarkt differenziert sich infolgedessen immer stärker: Neben dem klassischen, heilungsorientierten Gesundheitsmarkt entwickelt sich ein neuer Markt für Produkte und Dienstleistungen, die Prävention und die Erhaltung von Gesundheit zum Ziel haben. Auf Produktebene wird sich dies auf mehrere Segmente auswirken. Vor allem die Nachfrage nach gesunden Nahrungsmitteln (Bioprodukte, Functional

Schaubild 4

## Gesundheitsmarkt im Überblick



Quelle: P. Oberender et al.: Wachstumsmarkt Gesundheit, Stuttgart 2002.

Food) wird weiter steigen. Neue Gesundheitsmärkte rund um die Themen Personal Health, Beratung, Prävention und Wellness entstehen.

Ein Beispiel für ein neues Geschäftsfeld im Gesundheitsbereich ist der Ausbau heutiger Urlaubsclubs und Wellness-Hotels zu umfassenden Gesundheitszentren, in denen das klassische Freizeitangebot durch verschiedene Angebote an Gesundheitsdienstleistungen ergänzt wird. Eine weitere innovative Geschäftsidee betrifft die engere Zusammenarbeit von Krankenkassen und Unternehmen. So könnte eine große Krankenkasse in einem Betrieb die Komplettversorgung für die Gesundheit der Arbeitnehmer und ihrer Familien übernehmen. Dieses Angebot würde z.B. die Vorsorge am Arbeitsplatz, Gesundheitsreisen und neuartige Zusatzversicherungen umfassen, in die Arbeitnehmer und möglicherweise auch Arbeitgeber einzahlen. Diese Zusatzversicherung übernimmt zu gegebener Zeit teure Diagnostik oder deckt einen Teil der gestiegenen Gesundheitskosten im Alter ab. Die Arbeitgeber könnten dies fördern, indem sie ein Teil von Gehältern oder von Jahresprämien in Form von „Gesundheit“ auszahlen („Medical Saving Accounts“).

### Gesundheit wird zur „Ware“

- Viertens durchdringt den Gesundheitssektor eine **zunehmende Ökonomisierung**. Während der klassische Gesundheitsmarkt meist stark reglementiert ist, sind die neuen Gesundheitsangebote von der Logik der Konsumgütermärkte geprägt. Leistungsanbieter werden sich immer mehr an Modellen aus der Privatwirtschaft ausrichten. Aus Patienten werden in zunehmendem Maße Konsumenten, die für eine kommerzielle Dienstleistung ein angemessenes Qualitätsmanagement und nur den besten Service erwarten: **Gesundheit wird zu einer „Ware“**. Folglich wird der Wettbewerb unter den Anbietern zunehmen. Neben großen Technologie-Unternehmen, die ihre Geschäftsfelder immer stärker auf das Gebiet der Gesundheit verlagern, und neben der Nahrungsmittelindustrie, die Gesundheit als zentrales Vermarktungsthema entdeckt, wird ohne Zweifel die Sportartikelbranche von der „Gesundheitsgesellschaft“ am meisten profitieren. Denn körperliche Aktivität – immer mehr Studien beweisen dies – ist der Königsweg zu einem gesunden Leben.

## 5. KLIMAWANDEL UND RESSOURCENKNAPPHEIT: UMWELTECHNIK IM BOOM

### Klimaschutz erhält höheren Stellenwert

Die Diskussion über Klima und Energie ist in letzter Zeit immer stärker in den Mittelpunkt der öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt. Niemals zuvor wurden die Gefahren einer globalen Umweltkatastrophe, die durch den Klimawandel langfristig drohen, so dramatisch debattiert. Die in jüngster Zeit veröffentlichten Nachrichten geben in der Tat Anlass zur Sorge: So prognostizieren etwa die Experten der Vereinten Nationen einen Temperaturanstieg um durchschnittlich bis zu 6½ Grad bis zum Ende des Jahrhunderts – und als Folge regelmäßige Unwetter, lange Dürreperioden sowie einen Anstieg des Meeresspiegels um über einen halben Meter. Es überrascht daher nicht, dass der Klimawandel nach einer Umfrage des Allensbach-Instituts mit Abstand das größte Problem darstellt, das nach Meinung der deutschen Bevölkerung in den nächsten Jahrzehnten zu bewältigen ist.

Die **drohenden Schäden eines ungebremsten Klimawandels sind höher als bisher vermutet**. Nach einer Studie des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung könnte der Klimawandel allein die deutsche Wirtschaft bis zum Jahr 2050 fast 800 Milliarden EUR kosten und das jährliche Wachstum um bis zu 0,5 Prozentpunkte dämpfen. Auch der neue Klimabericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses zum Klimawandel (IPCC) verdeutlicht, dass die Folgen eines ungebremsten Klimawandels für Mensch und Umwelt erheblich wären. Der Ökonom Nicolas Stern erwartet, dass damit volkswirtschaftliche Schäden in Milliardenhöhe verbunden sind: Wird nicht gegengesteuert, könnte dies nach seinen Schätzungen bis zum Jahr 2050 zwischen 5 und 20% des Weltsozialprodukts kosten.

Vor diesem Hintergrund räumt auch die politische Führung in der Welt dem Klimaschutz inzwischen einen viel höheren Stellenwert ein als noch vor wenigen Jahren. So wurden auf dem **EU-Klimagipfel im März 2007** diesbezüglich sehr ehrgeizige Ziele festgelegt. Erstens sollen die Treibhausgasemissionen der EU bis 2020 um 30% unter das Niveau von 1990 sinken, sofern andere Großemittenten mitziehen. Andernfalls ist die EU nur zu einer Minderung um 20% bereit. Zweitens sollen die Industrieländer gemeinsam bis 2050 ihre Emissionen um 60 bis 80% gegenüber 1990 verringern. Drittens wird zur Umsetzung dieser Ziele bis 2020 angestrebt, die Energieeffizienz um 20% zu steigern und den Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch auf 20% zu verdreifachen.

### Tiefgreifender Umbau der Industriegesellschaften

Die Realisierung dieser Ziele bedeutet für die Industriegesellschaften einen **tiefgreifenden Umbau**. Neue Werkstoffe, bessere Technologien, optimierte Produktionsverfahren und intelligente Produkte müssen dazu beitragen, globale Umweltprobleme zu lösen und die Folgen des Klimawandels zu begrenzen. Das anhaltende Wachstum der Weltwirtschaft und der Weltbevölkerung erhöhen den langfristigen Anpassungsdruck beim sparsamen Einsatz natürlicher Ressourcen. Auch durch die seit einigen Jahren zu beobachtenden Preissteigerungen auf den Energie- und Rohstoffmärkten ist das Management natürlicher Ressourcen für die Wirtschaft immer mehr zur Herausforderung geworden. Kurzum: Eine ökonomisch wie ökologisch dauerhaft tragfähige Entwicklung ist ohne erhebliche Verbesserung bei der Ressourcenproduktivität undenkbar. **So wie im letzten Jahrhundert die Entwicklung der Industriegesellschaft zu einer enormen Erhöhung der Arbeitsproduktivität geführt hat, liegt jetzt der Schlüssel für eine zukunftsfähige Wirtschaftsentwicklung in der Steigerung der Ressourcen- und Energieproduktivität.**

### Effizientere Nutzung von Energieträgern

Eine Schlüsselrolle bei der Steigerung der Ressourcenproduktivität spielt die **effizientere Nutzung von Energieträgern**. Gefragt sind Technologien, die nicht nur die Verluste bei der Energieumwandlung minimieren (Kraftwerke mit höherem Wirkungsgrad), sondern auch



die dabei verursachten Emissionen (z.B. Clean-Coal-Technologien). Die Kraftwerkstechnik auf Basis fossiler Energieträger bietet hierfür enormes Potenzial. Auch die Entwicklung neuer Energietechnologien, die nicht mehr auf fossile Energieträger angewiesen sind – und daher überhaupt keine Treibhausgase verursachen –, ist ein zentraler Baustein zum Schutz des Klimas. Besonders große Chancen eröffnen jene Technologien, die **erneuerbare Energiequellen** – Wasser, Wind, Sonne, Biomasse, Erdwärme (Geothermie) – zur Deckung des durch die effizientere Energienutzung verringerten Energiebedarfs nutzen<sup>2</sup>.

Empirische Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Produktivität in einer Volkswirtschaft stärker zunimmt, wenn gute Bedingungen für Innovationen und die rasche Verbreitung neuen Wissens vorherrschen. Für die Entwicklung der **Umweltechnik** ist dies eine wichtige Voraussetzung. Hierbei geht es vor allem um die Anwendung von FuE-Ergebnissen, um die optimale, meist interdisziplinäre Kombination von Technologien und um die konsequente Umsetzung von technischem Wissen in anwendungsorientierte Umweltschutzlösungen. Volkswirtschaften mit einem starken „Umfeld“ in Wissenschaft und Forschung können in diesen Technologiefeldern eine führende Rolle einnehmen. Im Hinblick auf die absehbaren ökologischen Erfordernisse, die sehr guten Wachstumsaussichten der „Umweltmärkte“ und die erkennbaren technologischen Entwicklungen kommt der Umweltechnik als interdisziplinäre Querschnittsaufgabe eine Schlüsselposition für die wirtschaftliche Entwicklung zu.

#### Integrierter Umweltschutz immer wichtiger

In den nächsten Jahren wird und muss der so genannte **integrierte Umweltschutz** im Zentrum des Interesses stehen, also Umweltschutz schon bei der Produktion über Recycling und Effizienzsteigerungen beim Einsatz von Energie, Wasser und anderen Rohstoffen. Denn in der Regel ist es aus volkswirtschaftlicher Sicht viel kostengünstiger, Umweltbelastungen von Anfang an zu vermeiden, als deren Folgen am Ende des Produktionsprozesses (End-of-Pipe) zu beseitigen. Darüber hinaus profitieren die Unternehmen häufig auch unmittelbar von integrierten Umweltschutztechnologien, denn sie eröffnen zum Teil beträchtliche Kosteneinsparpotenziale. Infolgedessen werden integrierte Umweltschutztechnologien weltweit stark an Bedeutung gewinnen.

Die lange Zeit vorherrschende kostenorientierte Sichtweise des Klimaproblems greift zu kurz. Sicherlich sind mit forciertem Klimaschutz weltweit wirtschaftliche Belastungen verbunden. Immerhin geht es darum, unter erheblichem Zeitdruck traditionelle Produktions- und Konsummuster durchschnittlich um mindestens 50%, in den Industrieländern sogar um 80% zu „entkarbonisieren“. Die gesamten **Kosten einer wirksamen Klimaschutzpolitik** schätzt man auf etwa 1% der weltweiten Wirtschaftsleistung pro Jahr. Sie seien damit aber deutlich geringer als die potenziellen Schäden. Hinzu kommt, dass sich im Zuge des ökologisch getriebenen Strukturwandels gleichzeitig zentrale **Märkte mit hoher Wachstumsdynamik** heraus kristallisieren, insbesondere die Märkte für Effizienztechnologien, nachhaltige Wasserwirtschaft, nachhaltige Mobilität, Energieerzeugung, natürliche Ressourcen und Materialeffizienz sowie Recyclingtechnologien (siehe Tabelle 1).

<sup>2</sup> Vgl. Heß, Werner: Die Sonne – Energiequelle des 21. Jahrhunderts. Allianz Dresdner Economic Research, Working Paper Nr. 76, Februar 2007.

Tabelle 1

**MÄRKTE DER UMWELTECHNIK IM BOOM**

Marktsegment	Marktvolumen in Mrd. Euro		jahresdurchschnittliches Wachstum in %	Schlüsseltechnologien
	2005	2020	2005 - 2020	
Energieeffizienz	450	900	5	Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Elektromotoren
Nachhaltige Wasserwirtschaft	190	480	6	Dezentrale Wasseraufbereitung
Nachhaltige Mobilität	180	350	5	Alternative Antriebe, saubere Motoren
Energieerzeugung	100	280	7	Erneuerbare Energien, saubere Stromerzeugung
Natürliche Ressourcen und Materialeffizienz	40	130	8	Biokraftstoffe, Biokunststoffe
Kreislauf, Abfall, Recycling	30	50	3	Automatische Stofftrennverfahren

Quelle: Roland Berger.

**6. INDIVIDUALISIERUNG: AUF DEM WEG ZUR HEIMFABRIK**

Der Megatrend „Individualisierung“ ist ein weltweites Phänomen. Er nährt sich durch das zunehmende Streben der Menschen nach Einzigartigkeit und Differenzierung. In der traditionellen Gesellschaft war der Einzelne stark mit den Institutionen Kirche, Staat und Familie verbunden. Heutzutage aber ermöglichen Wohlstand, Bildung und Mobilität eine **Erweiterung der Wahloptionen**, die dem Individuum zunehmend „Macht“ verleihen, sich in stärkerem Maße selbst zu verwirklichen. So wird es in Zukunft immer schwieriger, einen „Normalhaushalt“ und eine „Normbiographie“ zu definieren. Individualisierung impliziert grundsätzlich auch eine erhöhte Werte- und Normenvielfalt in der gesamten Gesellschaft, die zu einem **generellen Wertewandel** führt.

**Comeback des individualisierten Produkts**

Für die **Konsummärkte** bedeutet diese Entwicklung eine weitere Zersplitterung in immer kleinere Segmente, also das Ende der Massenmärkte und ein **Comeback des individualisierten Produkts**. Im 20. Jahrhundert war die individuelle Fertigung, die Jahrhunderte lang der Normalfall war, ein Luxussegment der Produktion und die industrielle Massenproduktion hatte Wirtschaft und Alltag revolutioniert. Dieses konventionelle Wertschöpfungsmodell war streng auf die Ziele der Produktivität und Rentabilität in der Produktion ausgerichtet. Man war bestrebt, maximale Skaleneffekte zu erzielen und den Wertschöpfungsprozess in kleinste Einheiten zu zerlegen.

Doch die Voraussetzungen für die Anwendung dieses Modells – stabile Rahmenbedingungen und langfristig prognostizierbare Absatzmärkte – gibt es heute immer weniger. Angesichts der Globalisierung, des damit einhergehenden Kostendrucks und der heterogener werdenden Nachfrage sind neue Ideen für die Wertschöpfung gefragt. Die Potenziale hierfür bieten die Informations- und Kommunikationstechnologien. Sie ermöglichen, das Konzept der **Mass Customization** umzusetzen, also die Individualisierung von Gütern und

Leistungen für eine relativ große Zahl an Abnehmern – und zwar ähnlich effizient wie unter den Bedingungen der Massenproduktion (kundenindividuelle Massenfertigung).

Inzwischen deuten verschiedene Entwicklungen darauf hin, dass dieser „maßgeschneiderten“ Produktion eine bemerkenswerte Renaissance bevorsteht, die in den kommenden Jahrzehnten die gesamte industrielle Produktion drastisch verändern wird:

- Erstens ermöglichen neue Materialien und verbesserte Verfahren zu ihrer Handhabung eine relativ kostengünstige Fertigung auch von sehr kleinen Produktionsserien. Die dafür erforderliche Technik wurde bereits in den 1980er Jahren unter dem Begriff „**Rapid Prototyping**“ gefeiert. Ursprünglich diente sie allerdings nur der schnellen Fertigung von Modellen und Prototypen. Im Prinzip ist eine solche Rapid-Maschine eine Art 3D-Drucker, der praktisch jede dreidimensionale Form erzeugen kann. Inzwischen lassen sich mit diesen Geräten nicht nur Prototypen und Werkzeuge (**Rapid Tooling**) fertigen, sondern auch Produkte wie Sonnenbrillen, Lampen, Autoteile aus Metall oder künstliche Zähne (**Rapid Manufacturing**). All diese Verfahren, die virtuelle Modelle aus dem Rechner in reale Gegenstände ummünzen, werden unter dem Begriff „**Additive Fabrication**“ zusammengefasst. Sie bauen aus Kunststoffen, Flüssigkeiten, Papier oder gar Metallpulverschichtweise (additiv) die Körper auf, die Konstrukteure in gängigen 3D-Design-Programmen auf dem Computer erstellt haben.
- Zweitens zwingt der **Kostendruck** des globalisierten Wettbewerbs die Hersteller, den Zeitraum vom Entwurf eines Produkts bis zu seiner Fertigung zu verkürzen. Auch dadurch wird die Idee des Rapid Manufacturing zunehmend attraktiver. Interessant sind Rapid-Technologien vor allem dort, wo Produkte mit einer komplizierten Gestalt schnell, flexibel und in kleiner Stückzahl auf den Markt kommen sollen. Wichtige Einsatzfelder sind derzeit die Automobilindustrie, die Luft- und Raumfahrt, der Werkzeug- und Spezialmaschinenbau und vor allem die Medizintechnik.
- Drittens eröffnet die Technologie des „Rapid Manufacturing“ jenseits industrieller Anwendungen noch ganz andere Möglichkeiten. So denken einige Visionäre bereits weiter und wollen die industrielle Fertigung sogar in die eigenen vier Wände holen – als „**Personal Fabrication**“. Wenn in der Automobilindustrie Prototypen aus Konstruktionsdaten erzeugt werden, warum dann nicht auch Legosteine nach Maß im Wohnzimmer? Viele Experten sehen in diesem „Fabbing“, so der Fachjargon für die Technologie, eine innovative Kraft, die nur mit dem Siegeszug des Personal Computers vergleichbar sei. In zwanzig Jahren werde jedermann am heimischen „**Personal Fabricator**“ (Fabber) intelligente Bauteile und Maschinen produzieren. Ein 3D-Drucker, der sich mit unterschiedlichen Materialien füllen lasse, werde die gewünschten Gegenstände entsprechend der Vorgaben, die der Konstrukteur in den Personal Computer eingegeben habe, bauen. So wie man heute Farbkartuschen in den Drucker stecke, werde man dann Kunststoff- und Metallpulver oder auch Mikrochip-Partikel in den „Fabber“ laden, der dann daraus alles Mögliche fertigen könne. Mass Customization würde in vielen Bereichen durch **Self Customization** ersetzt.

#### Paradigmenwechsel zu einer dezentralen Produktion

Der **Paradigmenwechsel zu einer dezentralen Produktion** erhält seine Triebkraft nicht nur durch technologische Neuerungen. Auch der Wandel der Konsumwelt, der auf Seiten der Produzenten zu immer kleineren Losgrößen führt, und die ökologischen Kosten der globalen Produktions- und Logistikstrukturen lassen die Rückführung der Produktion an den Ort des Verbrauchs attraktiv erscheinen. Dies wird zwangsläufig dazu führen, dass die Rollen zwischen Entwickler, Produzent, Händler und Konsument neu verteilt werden: Produktion und Konsum rücken näher zusammen und der Kunde übernimmt einen

aktiven Teil in der Wertschöpfungskette. In der künftigen „Fabbing Society“ werden die herkömmlichen Geschäftsmodelle von Industrieunternehmen auf den Kopf gestellt.

## 7. MINIATURISIERUNG: NANOTECHNOLOGIE ALLGEGENWÄRTIG

Elektronische Systeme werden immer kleiner, komplexer und intelligenter

Heute benötigt man zum Telefonieren, Fotografieren, Musikhören und zum Surfen im Internet nicht mehr als ein Mobiltelefon. Elektronische Geräte werden immer kleiner, leistungsfähiger und erhalten zusätzliche Funktionen. Da all dies auf engstem Raum geschieht, müssen auch die Bauelemente entsprechend „schrumpfen“. Ermöglicht wird die rasante Entwicklung durch die **Mikrosystemtechnik**: Mikroelektronik wird immer kleiner, sie bekommt „Sinnesorgane“ (Sensoren) und „Gliedermaßen“ (Aktoren). Durch die Kombination von Mikroelektronik mit Sensorik und Aktorik entstehen Mikrosysteme. Die hohe Integration macht sie so klein und leicht, dass man sie in beliebigen Alltagsgegenständen unterbringen kann. Neben der Entwicklung und Gestaltung der Mikrosysteme selbst ist die Integration in ein Makro-System (z.B. ein Handy, Auto, chirurgisches Instrument oder Werkzeug) eine weitere wesentliche Aufgabe der Mikrosystemtechnik. Sie ist damit zu einer Querschnittstechnologie herangereift, die in allen Bereichen der Technik Eingang gefunden hat. Der technologische Trend zu kleineren, komplexeren und intelligenteren Systemen wird auch in Zukunft anhalten und die Mikrosystemtechnik wird dabei weiterhin eine entscheidende Rolle spielen.

Schlüssel zur Nutzung der Entwicklungen im Bereich der Nanotechnologien ist die Mikrosystemtechnik

Die Mikrosystemtechnik übernimmt aufgrund ihres Querschnittcharakters auch eine bedeutende Funktion als **Schnittstelle zu anderen Technologien**. Ein aktuell diskutiertes Beispiel sind die **Nanotechnologien**, die als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts gelten. Hierunter wird ein weites Feld von Forschungsgebieten und Technologien zusammengefasst, die sich mit der Untersuchung, Herstellung und Anwendung von Strukturen befassen, die in mindestens einer Dimension kleiner als 100 Nanometer (1 Zehntausendstel-Millimeter) sind. Neben natürlich vorkommenden Materialien im Nanobereich gibt es zahlreiche Typen von künstlich hergestellten Nanomaterialien, die man im Wesentlichen einteilen kann in kohlenstoffbasierte Materialien, metallische Materialien, Dendrimere und Kompositen. Gemeinsam ist allen Nanomaterialien, dass sie sich von konventionellen Materialien vor allem in einem Punkt unterscheiden: Das Verhältnis Oberfläche zu Volumen ist bei Nanomaterialien massiv vergrößert, die Oberflächeneigenschaften dominieren daher die Volumeneigenschaften. Darüber hinaus haben Nanomaterialien gegenüber gröber strukturierten Materialien grundlegend andere Eigenschaften, die chemische, physikalische und biologische Stoffcharakteristika betreffen.

Weltweit sind heute bereits über 300 Produkte auf dem Markt, die auf Nanomaterialien basieren. Das Spektrum potenzieller Anwendungsgebiete ist sehr breit und lässt sich grob in folgende Hauptbereiche unterteilen: **Nanopartikel** (Einsatz z.B. in Verbundstoffen oder Metallen), **Nanocoatings** (Oberflächenbeschichtungen unterschiedlicher Art, z.B. als Antihaftschicht oder Korrosionsschutz), **Nanobiotechnologie** (Anwendungen in der Medizin, z.B. leichtere und biokompatiblere Implantate sowie Nanokapseln, die Medikamente gezielt an den Ort im Körper transportieren können, wo sie wirken sollen), **Nanodevices** (z.B. Sensoren, die in der Automobiltechnik, der Medizintechnik oder der Diagnostik Anwendung finden) und **Nanotools** (Werkzeuge für die Forschung). Experten zufolge lassen sich bei der Entwicklung der Nanotechnologie vier Phasen unterscheiden (siehe Übersicht 2):

Von der Nanotechnologie können fast alle Branchen profitieren

Die Bedeutung der nanotechnologischen Produkte ist kaum zu unterschätzen: Es gibt fast keine Materialien, Oberflächenstrukturen, pharmazeutischen und medizintechnischen Produkte, Sensoren und Mechanismen, die durch Nanotechnologie nicht optimiert werden könnten. Die Nanotechnologie eröffnet neue Möglichkeiten des intelligenten Materi-

aldesigns und der Erzeugung technologischer Komponenten, die sich den Anforderungen des jeweiligen Anwendungszwecks gezielt anpassen lassen. Hierdurch bieten sich Potenziale für technische Systeme mit neuen oder verbesserten Funktionen, die kommerzielle **Anwendungen in einer Vielzahl von Wirtschaftszweigen** ermöglichen, zum Beispiel in der Informations- und Kommunikationstechnik, Energietechnik, Umwelttechnik, chemischen Industrie, Pharmaindustrie, Medizin und Kosmetik. Auch hinsichtlich einer nachhaltigen Entwicklung sind die neuen Materialien äußerst interessant, da sie erhebliche Fortschritte bei der Verminderung des Res-sourcen- und Energieverbrauchs ermöglichen („Entmaterialisierung“ der Wirtschaft).

Übersicht 2

## ENTWICKLUNGSPHASEN DER NANOTECHNOLOGIE

Phase I (bis 2007)	Phase II (ab 2008)	Phase III (ab ca. 2015)	Phase IV (ab ca. 2025)
<p><b>passive Nutzung</b></p> <p>Vereinzelter Einsatz in hochtechnologischen Nischen im Luft- und Raumfahrzeugbau, in der Automobilindustrie oder teilweise auch schon bei bestimmten Alltagsprodukten (z. B. schmutzabweisende Textilien, sich selbst reinigende Farben und Lacke).</p>	<p><b>zunehmende Verbreitung aktiver Nanostrukturen</b></p> <p>Vordringen der Nanotechnologie in die Massenmärkte der Informations- und Kommunikationstechnik sowie Unterhaltungselektronik (z. B. Einbau von Nano-Chips in PCs).</p>	<p><b>Gestaltung von ganzen Systemen in Nanotechnik</b></p> <p>Alltägliche Verwendung in den unterschiedlichsten Industrie- und Konsumgütern (z. B. bei verkapselten Medikamenten, Hochleistungsbatterien, funktionellen Lebensmitteln und in der Photovoltaik).</p>	<p><b>Konstruktion von sich selbst aufbauenden Nanosystemen und Nanorobotern</b></p> <p>Nanosysteme organisieren sich ähnlich wie menschliche Zellen zu einem übergeordneten Ganzen, um bestimmte Produkte (z. B. menschliches Insulin) zu erzeugen. Nanoroboter fertigen als autonome Kleinmaschinen eigenständig neue Mikrobauteile (z. B. aus Müll) oder bekämpfen im menschlichen Organismus eigenständig Krankheitsherde.</p>

Quelle: Eigene Darstellung.

Neben diesen vielversprechenden Perspektiven mehren sich jedoch die Hinweise, dass mit der neuen Technologie auch **Risiken** verbunden sind. Vor allem eine Eigenschaft der nicht fest verankerten Nanoteilchen löst Bedenken und Verunsicherung aus: Wegen ihrer winzigen Größe können Nanopartikel in den menschlichen Körper eindringen. Die große Herausforderung wird darin liegen, die Vorteile der Nanotechnologie zu nutzen ohne die Risiken zu vernachlässigen.

### Mikro-Nano-Integration übernimmt Schlüsselposition in der Mikrosystemtechnik

Für die erfolgreiche Verwertung der Nanotechnologie ist die Zusammenarbeit mit einem „Vermittler“ zur Mikro- und Makrowelt von entscheidender Bedeutung. Die hierfür erforderlichen Systemtechnologien stellt die Mikrosystemtechnik bereit. Diese Form der Integration bezeichnet man als **Mikro-Nano-Integration**. Diese nutzt u.a. die Möglichkeiten der Nanotechnologie für Anwendungen, indem sie Nanostrukturen und Nanokomponenten in eine Mikro- und Makroumgebung integriert. Die Mikro-Nano-Integration bildet damit die Schnittstelle zwischen den immer kleiner werdenden Strukturen der Mikroelektronik und Nanoelektronik und den erheblich größeren Strukturen der Anwendungssysteme. Von der Entwicklung der Nanotechnologien, die in der Mikrosystemtechnik nutzbar sind, wird ein kräftiger Technologieschub erwartet. Dies impliziert auf längere Sicht die Entstehung neuer Industrien und Märkte, da der technologische Fortschritt zu einer weiter zunehmenden Leistungsfähigkeit von Mikrosystemen führen wird. Künftig wird die Mikro-Nano-Integration eine Schlüsselposition in der Mikrosystemtechnik einnehmen.

## 8. AMBIENT INTELLIGENCE: DER COMPUTER IST IMMER UND ÜBERALL

Kaum eine andere Technologie hat derart weitreichende und vielschichtige Auswirkungen wie die Informations- und Kommunikationstechnik. Bereits in den letzten 20 Jahren haben sich sowohl Geschäftswelt als auch privates Leben durch die rasante Verbreitung von Personal Computern, Mobiltelefonen und des Internets tiefgreifend verändert. Nie zuvor war die Kommunikation von Menschen und der Zugang zu Informationen so einfach wie heute. Die Antwort auf die Frage, was die Informations- und Kommunikationstechnik als nächstes zu bieten hat, ergibt sich aus der Extrapolation zweier Trends:

- Informationstechnik spielte sich zunächst nur auf speziell dafür vorgesehenen Computern ab, hielt dann aber Einzug in immer mehr technische Geräte wie Radios, Fotoapparate und Waschmaschinen. Setzt sich dieser Trend fort, werden immer mehr Alltagsgegenstände „intelligent“.
- Kommuniziert wurde anfangs nur zwischen Menschen (per Telefon), später dann auch zwischen Menschen und Maschinen (per Internet). Der nächste Schritt ist die Kommunikation von Maschinen mit anderen Maschinen, ohne dass der Mensch eingreifen muss.

### Elektronische Systeme vernetzen sich zur „intelligenten Umgebung“

Beide Entwicklungen zusammen führen zu der Vision von „**Ambient Intelligence**“: Einzelne elektronische Systeme vernetzen sich, bilden eine „intelligente Umgebung“ und stellen sich selbstständig und situationsgerecht auf den Benutzer ein. Diese Rolle können neben dem Menschen auch Maschinen, Fahrzeuge und andere Objekte (so genannte Smart Players) einnehmen. Grundlegendes Prinzip ist, dass sie von ihrer Umgebung in Abhängigkeit vom Umgebungskontext und ihren Bedürfnissen mit Dienstleistungen unterstützt werden. Die Systeme sollen zu interaktiven, allgegenwärtigen „elektronischen Assistenten“ – dem „**Ubiquitous Computing**“ – verschmelzen. Die technische Basis von Ambient Intelligence bilden immer kleiner werdende Elektronik (Mikroelektronik, Nanotechnik) und die drahtlose Kommunikationstechnik. Winzige Elektronikbauteile enthalten Mikrochips, Sensoren und Funkmodule. Sie verbinden aber nicht nur Elektrogeräte, sondern stattdessen die ganze Umgebung des Menschen (z.B. Kleidung, Tische, Fenster, Rollos, Teppiche) mit zusätzlichen Funktionen aus und binden sie in Kommunikationsnetze ein.

### Internet erlebt dramatischen Wandel

Dadurch, dass Dinge miteinander kommunizieren können, wird vor allem das **Internet** einen dramatischen Wandel erleben. Wurde es in den 1980er Jahren vor allem als Kommunikationsmedium von Mensch zu Mensch genutzt (E-Mail), brachten die 1990er Jahre

mit dem World Wide Web eine völlig neue Art der Nutzung: Menschen kommunizierten via Browser mit Maschinen (WWW-Servern). Inzwischen zeichnet sich ein weiterer Qualitätssprung ab, denn in Zukunft wird das Internet vor allem für die Kommunikation von Maschine zu Maschine – oder besser von Ding zu Ding – Verwendung finden.

Die Vision vom „**Internet der Dinge**“ rückt damit in greifbare Nähe. Ähnlich wie im herkömmlichen Internet Datenpakete ihren Weg von Netzknoten zu Netzknoten bis zum Adressaten finden, sollen im „Internet der Dinge“ reale Gegenstände selbstständig ihren Weg zum Kunden organisieren. So fordert die online bestellte Ware die benötigten Transportleistungen an und entscheidet an Knotenpunkten stets von neuem, wie sie am schnellsten weiterkommt. Voraussetzung für die Verwirklichung dieser Vision ist, dass die Objekte der Logistik (Produkte, Kisten, Kartons, Paletten, Container) zu eigenständigen „Subjekten“ werden: Sie erhalten eine elektronische Identität und werden drahtlos mit ihrer Umwelt vernetzt. Den Schlüssel zur Autonomie der bisher „stummen“ und „dummen“ Dinge liefert die **RFID-Technologie** (Radio Frequency Identification), sie macht sie „intelligent“ und „kommunikationsfähig“. Mit ihr lassen sich Objekte drahtlos und ohne Sichtverbindung identifizieren und vernetzen.

#### Ambient Intelligence durchdringt zahlreiche Lebensbereiche

Damit wird bereits deutlich, dass die Umsetzung von Ambient Intelligence eine Vielzahl von anwendungsreifen Technologien sowie entsprechender Infrastrukturen und Standards voraussetzt. Mit der technischen Vision von Ambient Intelligence verbinden sich Hoffnungen auf die **Erschließung neuer Effizienz- und Wachstumspotenziale**. Sie soll auf längere Sicht zahlreiche Lebensbereiche durchdringen. Aus heutiger Sicht sind unter anderem folgende Bereiche besonders attraktiv:

- „intelligentes Haus“ (mehr Komfort und höhere Energieeffizienz),
- betreutes Wohnen (Dienste für ältere und behinderte Menschen),
- effizientere Nutzung der Medizin (Telemedizin, Gesundheitsvor- und -nachsorge),
- neuartige Arbeitsabläufe bei der Produktion von Gütern,
- Optimierung der Wachstums- und Erntebedingungen in der Landwirtschaft,
- Computersysteme, die in der Kleidung oder am Körper getragen werden („Wearable Computing“).

#### Gefahr einer „Überwachungsinfrastruktur“

Festzuhalten bleibt, dass der Megatrend „Ambient Intelligence“ das Potenzial hat, Leben und Arbeitswelt so stark zu verändern wie nur wenige Technologien zuvor. Den Nutzern eröffnen sich dadurch vollkommen neue Möglichkeiten. Allerdings werden sie sich auch vollkommen neuen Herausforderungen stellen müssen. So sind die Auswirkungen einer solch umfassenden Integration der Computertechnologie in die Alltagswelt bisher kaum absehbar. Doch steht soviel schon fest: Ohne effektive Maßnahmen zum Datenschutz würde man mit den Techniken des Ubiquitous Computing eine „Überwachungsinfrastruktur“ schaffen, die viele bestehende Gesetze und Mechanismen zum Schutz der Privatsphäre aushebeln könnte.

## 9. DIE NATUR ALS VORBILD: BIOLOGIE INSPIRIERT TECHNOLOGIE UND GESELLSCHAFT

Vielfalt von Anwendungsmöglichkeiten der  
Bio- und Gentechnologie

Die stürmische Entwicklung in allen Bereichen der „Life Sciences“ (Biologie, Ökologie, Land- und Forstwirtschaft, Biochemie, Biophysik, Biomathematik, Bioinformatik, Medizin) werden das 21. Jahrhundert entscheidend mitprägen. Sie führen nicht nur zu gravierenden Veränderungen in Wirtschaft, Medizin, Landwirtschaft, Ernährung und Umwelt, sondern beeinflussen auch unsere gesellschaftliche Entwicklung und unser Verhältnis zur Natur maßgeblich. Leitwissenschaft unter den breitgefächerten lebenswissenschaftlichen Disziplinen ist die **moderne Biologie**. Sie vermittelt ein vertieftes Verständnis vom Leben, seiner Entstehung und von Lebensfunktionen bis auf molekulare Ebene. Indem sie Methoden zur Verfügung stellt, die gezielte und wiederholte Eingriffe in biologische Prozesse ermöglichen, erschließt sich vor allem der **Bio- und Gentechnologie** eine Vielfalt von Anwendungsmöglichkeiten. Diese sind in der Human- und Veterinärmedizin (rote Biotechnologie), im Agrar- und Ernährungssektor (grüne Biotechnologie) sowie in den Bereichen Umwelt (graue Biotechnologie) und Industrie (weiße Biotechnologie) bei weitem noch nicht ausgeschöpft:

- Die **medizinischen und pharmazeutischen Anwendungen** der Biotechnologie sind bezüglich der kommerziellen Umsetzung jener Bereich, der derzeit am weitesten entwickelt und ökonomisch am bedeutsamsten ist. Die gentechnischen Methoden eröffnen in der Medizin neue diagnostische Ansätze, einen neuen Zugang zum Verständnis von Krankheitsursachen und die Möglichkeit der kausalen Behandlung bisher nicht therapierbarer Leiden. Eine weitere vielversprechende Perspektive liegt im „**Tissue Engineering**“, der Zell- und Gewebezüchtung außerhalb des menschlichen Körpers. Auf die mit Hilfe gentechnischer Verfahren hergestellten pharmazeutischen Wirkstoffe wird in Zukunft ein wesentlicher Anteil des Arzneimittelmarktes entfallen.
- In der **Landwirtschaft** führen derzeit Ernteauffälle aufgrund von Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall zu großen Verlusten der Welternte. Verhindern sollen dies neue, widerstandsfähige Getreidesorten, die mit Hilfe biotechnologischer Verfahren gezüchtet werden. Dies führt gleichzeitig zu einem geringeren Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln. Die Bedeutung der Biotechnologie für die Pflanzenzüchtung wird mit Blick auf die Probleme der Ernährung der stark wachsenden Weltbevölkerung noch zunehmen. Außerdem muss der steigende Bedarf an Nahrungsmitteln mit nur begrenzten natürlichen Ressourcen gedeckt werden.
- Der Biotechnologie kommt auch im Bereich der **Umwelt** ein hoher Stellenwert zu. Schon jetzt zeichnen sich Potenziale für einen vorsorgenden, produktionsintegrierten Umweltschutz ab. Künftig werden die energieaufwendigen und umweltbelastenden herkömmlichen Produktionsverfahren immer mehr durch nachhaltige Verfahren ersetzt werden. Darüber hinaus spielen biotechnische Verfahren auch im nachsorgenden Umweltschutz bei der Schadstoffeliminierung, Rohstoffrückgewinnung und in der Umweltanalytik eine bedeutende Rolle.
- Die so genannte **industrielle Biotechnologie** (häufig auch als „weiße“ Biotechnologie bezeichnet) gilt als „dritte Welle“ der Biotechnologie, die auf den Entwicklungen der roten und grünen Biotechnologie in den vergangenen 20 Jahren aufbaut. In letzter Zeit haben neue, bahnbrechende Verfahren zur Analyse biologischer Systeme in der industriellen Biotechnologie zu einem Technologieschub geführt. So lassen sich heute gezielt maßgeschneiderte Biokatalysatoren entwickeln, die den Bedürfnissen der Industrie nach einer nachhaltigen Produktion gerecht werden. Als Querschnittstech-

Industrielle Biotechnologie wird  
zum Motor einer bio-basierten  
Wirtschaft



nologie integriert die weiße Biotechnologie verschiedene Disziplinen der Natur- und Ingenieurwissenschaften, z.B. die Mikro- und Molekularbiologie, die Chemie, die Biochemie, die Bioverfahrenstechnik, die Materialwissenschaften und die Bioinformatik. Entsprechend breit ist das Anwendungsspektrum: Es reicht von umweltverträglichen Chemikalien, Arzneimittelvorstufen und Lebensmittelzusätzen über Biopolymere als Kunststoffersatz bis hin zu Materialien aus pflanzlichen Rohstoffen.

Da die weiße Biotechnologie als Technologieplattform die Innovationszyklen in vielen Industriebereichen verkürzt, gilt sie als **Motor für eine künftige bio-basierte Wirtschaft**. Das trifft insbesondere auf die **chemische Industrie** zu. Hier eröffnet die Biotechnologie neue Wege, um nachwachsende Rohstoffe zu nutzen und in die Bioproduktion von Grundchemikalien und Polymeren vorzustoßen. Dies wird angesichts des teurer werdenden Erdöls immer dringlicher, denn noch ist Mineralöl der Ausgangsstoff für viele chemische Produkte.

### Bionik versucht für technische Problemlösungen von der Natur zu lernen

Nicht nur die weiße Biotechnologie nutzt die „Werkzeuge der Natur“, auch die Forscher auf dem Gebiet der **Bionik** versuchen für technische Problemlösungen von der Natur zu lernen. Zentral dabei ist der Gedanke, Funktions- und Strukturwissen von lebenden auf technische Systeme zu übertragen. Lebewesen als High-Tech-Systeme zu begreifen, eröffnet die Möglichkeit, den häufig gesehenen Widerspruch zwischen Natur und Technik zu überwinden. So wollen Vertreter der Bionik mit Hilfe bionischer Ansätze eine natürlichere, naturnähere und umweltverträglichere Technik realisieren. Zur **klassischen Bionik** zählen dabei Anwendungen in den Bereichen Bau und Klimatisierung, Konstruktionen und Geräte, Formgestaltung und Design, Verfahren und Abläufe sowie Materialien und Strukturen. Ein wichtiges aktuelles Forschungsfeld mit hohem Anwendungspotenzial sind neue biologische Materialien. Sie sind ressourceneffizient gestaltet und zeichnen sich durch eine hohe Stabilität und Funktionalität (Festigkeit und Elastizität) bei verhältnismäßig geringem Materialeinsatz aus.

Das Forschungsfeld der so genannten **neuen Bionik** umfasst zum einen molekularbiologisch inspirierte Mikroansätze der Nanobiotechnologie, der Prothetik und der neuronalen Steuerung. **Nanobionik** und/oder **Nanobiomimetik** bezeichnen Forschungsaktivitäten, die Lösungsansätze der Natur (bzw. der Zelle) für menschliche Bedarfe und Herstellungsprozesse nutzbar machen. Während also die traditionelle Bionik Lösungsansätze der Natur auf technische Systeme überträgt, stehen im Rahmen der Nanotechnik Eingriffe in die Natur selbst auf dem Programm. Diese können bis zum Bau künstlicher Zellen und damit der Erzeugung künstlichen Lebens in der Synthetischen Biologie reichen.

### Bild des „Schwarms“ als Metapher für neues soziales Organisationsprinzip

Zum anderen erstreckt sich die neue Bionik auf evolutionstheoretisch motivierte Entwicklungen in der Informationstechnik und in der Organisation kollektiver Prozesse. Bezüglich der Organisation komplexen Verhaltens werden seit einiger Zeit Phänomene der **„Schwarmintelligenz“** untersucht. In den vergangenen beiden Jahrzehnten wurde das Internet als „Netz der Netze“ zur technischen Metapher dafür, dass der Einzelne immer stärker eingebunden ist in eine unüberschaubare Vielzahl von sich ausbreitenden und verdichtenden Netzwerken. Mit dem Aufkommen des „Ubiquitous Computing“ in den kommenden Jahrzehnten (siehe Abschnitt 8) wandelt sich auch der Charakter der Netzwerke – und setzt eine neue Innovationsdynamik in Gang. Dabei steht das Bild des „Schwarms“ als neue Metapher und soziales Organisationsprinzip im Mittelpunkt.

Ein **Schwarm** besteht aus einer Gruppe von Individuen, die durch direkte Kommunikation ohne zentrale Lenkung miteinander agieren und damit ihre Effizienz steigern können. Das Besondere eines Schwarms liegt darin, sich sehr schnell zu formieren und ohne vorherige Planung flexibel und koordiniert zu handeln. In der Natur findet man Schwarm-

### Allgegenwart mobiler Netzwerk- technologien führt zu tiefgreifen- dem gesellschaftlichen Transfor- mationsprozess

Intelligenz vor allem bei sozialen Insekten wie Ameisen, Bienen oder Termiten. In den Kolonien dieser Insekten scheint jedes einzelne Tier seine Aufgabe zu erfüllen, ohne dass es der Überwachung bedarf. Dennoch wirken diese Kollektive hoch organisiert. Offenbar ist es die kollektive Selbstorganisation, die das „Geheimnis“ der Schwarm-Intelligenz ausmacht. Wissenschaftler versuchen schon seit einigen Jahren, diese kollektiven Handlungsstrategien zu modellieren, um z.B. komplexe Problemstellungen oder Optimierungsaufgaben wie eine verbesserte Auslastung von Telekommunikations-Netzen zu meistern. Dies deutet bereits an, dass Schwarm-Modelle für die künftige Technologie-Entwicklung eine zentrale Rolle spielen werden.

Die wahre Sprengkraft des Schwarm-Phänomens liegt allerdings weniger im wissenschaftlich-technischen Bereich, sondern in seiner Funktion bei der Reorganisation sozialer Prozesse. So steht hinter der Idee des „**Social Swarming**“, dass einzelne Individuen mit Hilfe neuer, mobiler und ubiquitärer Technologien mit einer großen Gruppe von Unbekannten gemeinsam und koordiniert handeln. Bei den mobilen Netzwerken der Zukunft geht es also im Kern nicht mehr um Austausch oder Kommunikation, sondern um Kooperation („**Networks of Action**“).

Diese neuen Perspektiven ebnen den Weg für einen **sozio-technologischen Wandel**, vom dem manche behaupten, dass es sich dabei um eine der größten Transformationen der menschlichen Gesellschaft handele. Auch wenn man das für übertrieben hält, so zeichnet sich dennoch durch die zunehmende Allgegenwart mobiler Netzwerk-Technologien ein tiefreifender gesellschaftlicher Transformationsprozess ab, der Beziehungen und Gemeinschaftsformen ebenso verändern wird wie Märkte und Unternehmen. So wird Swarming in den kommenden Jahren mit einiger Sicherheit zu einer wichtigen Geschäftsstrategie werden. Ziel einer „schwärmenden Organisation“ ist es, Infrastrukturen zu schaffen, um die selbstorganisierte und sehr schnelle Bildung von entscheidungs- und handlungsfähigen Teams zu unterstützen, die sich nach Erfüllung der Aufgabe wieder auflösen.

## 10. AUSBLICK: AM BEGINN EINER NEUEN „LANGEN WELLE“

Technologische Umwälzungen sind mitunter sehr langwierig. Die Spanne zwischen dem Zeitpunkt einer grundlegenden technologischen Neuerung und deren breiter Anwendung kann Jahrzehnte betragen. Der „**Theorie der langen Wellen**“ zufolge verläuft die wirtschaftliche Entwicklung in derart großen Zyklen, die jeweils von so genannten **Basisinnovationen** angestoßen werden. Diese neuartigen Technologien durchdringen dann über eine Vielzahl weiterer Innovationen nahezu alle Branchen einer Volkswirtschaft. Sie stellen damit die auslösende Kraft für lang anhaltende Aufschwünge dar. Diese von Nikolai Kondratieff entwickelte Theorie hat der Ökonom Joseph A. Schumpeter später verfeinert und die langen Wellen „**Kondratieff-Zyklen**“ genannt.

Seit der industriellen Revolution Ende des 18. Jahrhunderts unterscheidet man fünf Kondratieff-Zyklen mit einer Dauer von jeweils etwa einem halben Jahrhundert (siehe Übersicht 3). Dies waren zunächst Dampfmaschine, Eisenbahn, Elektrotechnik und chemische Synthese. Nach dem Zweiten Weltkrieg begann dann eine vierte Welle mit dem Vormarsch des Automobils als Massenverkehrsmittel. Dieser Zyklus wurde in den 1970er durch das Zeitalter der Informations- und Kommunikationstechnik abgelöst. Für viele Ökonomen markiert das Platzen der New-Economy-Blase um die Jahrtausendwende das Ende dieses fünften Zyklus.

## Übersicht 3

**KONDRATIEFF-ZYKLEN: DIE LANGEN WELLEN DER WIRTSCHAFTSENTWICKLUNG**

<b>Basisinnovation</b>	Dampfmaschine Baumwolle (Textilindustrie)	Stahl Eisenbahn	Elektrizität Chemie
<b>Bedarfsfeld</b>	Bekleidung	Transport	Massenkonsum
<b>Zyklusdauer</b>	1780 - 1830	1850 - 1880	1900 - 1930

<b>Basisinnovation</b>	Automobil Petrochemie (Erdöl)	Informations- und Kommunikations- technik	NBIC * ?
<b>Bedarfsfeld</b>	individuelle Mobilität	Information Kommunikation	Gesundheit?
<b>Zyklusdauer</b>	1940 - 1980	1980 - ?	20XX - ?

\* Konvergenz von Nanotechnologie, Biotechnologie, Informationstechnik und Kognitionswissenschaften

Quelle: Eigene Darstellung.

**Konvergenz von  
Spitzentechnologien eröffnet neue  
Möglichkeiten des  
technologischen Fortschritts**

Und vor welcher langen Welle befinden wir uns gegenwärtig? Bereits heute ist absehbar, dass vorhandene Technologien, Prozesse und Materialien an ihre technologischen Grenzen stoßen werden oder dass sie für neue Anwendungen teilweise oder gar nicht geeignet sind. Um jedoch der evolutionären Entwicklung der Mikrosystemtechnik Rechnung tragen zu können, ist eine frühzeitige und systematische Weiterentwicklung von Technologien, Prozessen und Materialien notwendig. Aufgrund der komplexen Herausforderungen wird in diesem Zusammenhang die Interdisziplinarität bzw. **die Konvergenz von Technologien** eine wichtige Rolle spielen. Perspektivisch zeichnet sich schon heute eine unter dem Stichwort **NBIC** viel diskutierte Konvergenz von Nanotechnologie, Biotechnologie, Informationstechnik und Kognitionswissenschaften ab. Durch die Konvergenz dieser Spitzentechnologien werden neue Möglichkeiten des wissenschaftlich-technologischen Fortschritts und wirtschaftlichen Wachstums erwartet. Dies könnte den Beginn des sechsten Kondratieff-Zyklus markieren.

Neben der Frage, welche Basisinnovationen die nächste „lange Welle“ in Gang setzen, stellt sich abschließend die weitere **Frage, welche Branchen und Märkte von den acht beschriebenen Megatrends am meisten profitieren**. In Übersicht 4 haben wir deshalb versucht, den jeweiligen Megatrends einige Wachstumsmärkte zuzuordnen – ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

## Übersicht 4

**MEGATRENDS UND WACHSTUMSMÄRKTE**

Megatrend ...	... begünstigt u. a. folgende Märkte und Branchen
<b>Globalisierung</b>	Unternehmensnahe, wissensintensive Dienstleistungen, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>- FuE-Dienstleistung</li> <li>- Personaldienstleistung (spezialisiert auf Projekte und Zeitarbeit)</li> <li>- IT-Beratung</li> <li>- Rechtsberatung</li> <li>- Lernangebote in Aus- und Weiterbildung</li> </ul>
<b>Demographischer Wandel</b>	Gesundheits- und pflegebezogene Sektoren, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pharmaindustrie</li> <li>- Biotechnologie</li> <li>- Medizintechnik</li> <li>- Krankenhäuser</li> <li>- ambulante und stationäre Pflegeeinrichtungen</li> <li>- Finanzdienstleistungen für die Alters- und Gesundheitsvorsorge</li> </ul>
<b>Gesundheit</b>	Produkte und Dienstleistungen, die Prävention und die Erhaltung von Gesundheit zum Ziel haben, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioprodukte</li> <li>- Functional Food</li> <li>- Sportartikel, Fitness-Studios</li> <li>- Gesundheitstourismus</li> <li>- Wellness-Markt</li> <li>- Lifestyle-Medikamente</li> </ul>
<b>Klimawandel und Ressourcenknappheit</b>	Märkte der Umwelttechnik, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energieeffizienz</li> <li>- Nachhaltige Wasserwirtschaft</li> <li>- Nachhaltige Mobilität</li> <li>- Energieerzeugung (erneuerbare Energien)</li> <li>- Natürliche Ressourcen und Materialeffizienz</li> <li>- Recyclingtechnologien</li> </ul>
<b>Individualisierung</b>	Rapid Manufacturing 3 D-Drucker Kundenindividuelle Massenfertigung (Mass Customization)
<b>Miniaturisierung</b>	Von der Nanotechnologie begünstigte Produkte und Systeme, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>- elektronische Geräte</li> <li>- Oberflächenveredelung</li> <li>- Anwendungen in der Medizin</li> <li>- Medizintechnik, Diagnostik</li> </ul>

---

**Megatrend ...** ... begünstigt u. a. folgende Märkte und Branchen

---

**Ambient Intelligence** - Informations- und Kommunikationstechnik  
- Chip-Industrie  
- Logistik

---

**Biologie inspiriert Technologie und Gesellschaft** Biotechnologie  
Chemische Industrie

---

Quelle: Eigene Darstellung.

## Verwendete Literatur (Auswahl)

**Ackermann, Rolf:** Blick in die Zukunft, WirtschaftsWoche Nr. 7, 2007.

**Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (Hrsg.):** Wirtschaftsmotor Alter, Berlin 2007.

**Fraunhofer Gesellschaft:** Mikrosystemtechnik, München 2007.

**Dieselbe:** Perspektiven für Zukunftsmärkte, München 2007.

**Gehrig, Sonja; Peter, Daniel:** Nanotechnologie – eine Chance für nachhaltige Entwicklung?, INrate AG, Zürich 2007.

**Heß, Werner:** Ambitionierter Klimaschutz – ein Modernisierungsprogramm für die Wirtschaft, Allianz Dresdner Economic Research, Working Paper Nr. 84, 2007.

**Hofmann, Jan; Rollwagen, Ingo; Schneider, Stefan:** Deutschland im Jahr 2020 – Neue Herausforderungen für ein Land auf Expedition, Deutsche Bank Research, Aktuelle Themen 382, April 2007.

**Horx, Matthias:** Die Macht der Megatrends, Zukunftsinstitut Horx GmbH, 2007.

**Karte, Joachim u.a.:** Innovation und Wachstum im Gesundheitswesen, Roland Berger Strategy Consultants, 2005.

**Losse, Bert:** Lange Wellen, WirtschaftsWoche Nr. 6, 2008.

**Neef, Andreas:** Leben im Schwarm – Ein neues Leitbild transformiert Gesellschaft und Märkte, changeX Partnerforum, 2003.

**Neef, Andreas; Burmeister, Klaus; Krempel Stefan:** Vom Personal Computer zum Personal Fabricator, 2005.

**Oertel, Dagmar; Grunwald, Armin:** Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik, Berlin 2006.

**Stanowsky, Jürgen:** Demographie – was kommt auf uns zu?, Allianz Dresdner Economic Research, Working Paper Nr. 46, 2005.

**Umweltbundesamt (Hrsg.):** Weiße Biotechnologie – Ökonomische und ökologische Chancen, Berlin 2006.

**Weiner, Monika:** Freiheit für Produkte, Fraunhofer Magazin, 2/2007.