CORE
Metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
Provided by Duisburg-Essen Publications Online

# DISSERTATION

Ableitung von Einflussfaktoren als Grundlage für die Entwicklung von Technologieszenarien im Rahmen der Prognosephase des Technologiemanagements für den Zeitraum 2005-2010.

vorgelegt von

Dipl.-Kfm. Michael Klaas

geb. in Salzwedel

Zum Erwerb des Grades Doktor der Wirtschaftswissenschaften (Dr. rer. pol.) durch den Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Duisburg Essen

Datum der mündlichen Prüfung: 10.07.2003

Erstgutachter: Prof. Dr. Walter Brenner

Zweitgutachter: Prof. Dr. Stefan Eicker

Drittgutachter: Prof. Dr. Reiner Quick

Essen am 10. Juli 2003

# Inhalt

**Inhalt** ..... **I**
**Tabellenverzeichnis** ..... **V**
**Abbildungsverzeichnis** ..... **VII**
**Abkürzungsverzeichnis** ..... **IX**
**1 Einleitung** ..... **1**
1.1 Problemstellung ..... 1
1.2 Zielsetzung der Arbeit ..... 3
1.3 Aufbau der Arbeit ..... 4
**2 Grundlagen** ..... **6**
2.1 Forschungsmethodik ..... 6
2.2 Begriffsdefinitionen ..... 8
2.2.1 Technologie und Technik ..... 8
2.2.2 Technologiemanagement ..... 9
2.2.3 Prognose ..... 12
2.2.3.1 Begriff ..... 12
2.2.3.2 Prognosemethoden ..... 14
2.2.3.2.1 Erfassung von Expertenmeinungen ..... 14
2.2.3.2.2 Scanning und Monitoring ..... 15
2.2.3.2.3 Literatur- und Patentanalyse ..... 17
2.2.3.2.4 Delphi-Methode ..... 18
2.2.3.2.5 Trendextrapolation ..... 19
2.2.3.2.6 Szenariomethode ..... 21
2.3 Vorgehensweise ..... 25
2.3.1 Ansatz ..... 25
2.3.2 Identifikation technologischer Entwicklungsschwerpunkte ..... 29
2.3.3 Identifikation von Anwendungsbereichen der Informations- und Kommunikationstechnologien ..... 32
**3 Darstellung der technologischen Entwicklungsschwerpunkte** ..... **35**
3.1 Überblick ..... 35
3.2 Leistungssteigerung ..... 37
3.2.1 Mikroprozessoren ..... 37
3.2.2 Speichertechnologien ..... 40

3.3 Vernetzung ..... 49
3.3.1 Auf Kabel basierende Vernetzungstechnologien ..... 50
3.3.1.1 Kabelarten ..... 51
3.3.1.2 Digital Subscriber Line (DSL) ..... 54
3.3.1.3 Datenübertragung per Kabelverteilnetz (CATV) ..... 64
3.3.1.4 Powerline Communication (PLC) ..... 67
3.3.1.5 Ethernet (IEEE 802,3) ..... 69
3.3.1.6 Home Phoneline Networking Alliance (Home PNA) ..... 72
3.3.1.7 IEEE 1394/Firewire ..... 73
3.3.1.8 Zusammenfassende Darstellung der Technologien ..... 75
3.3.2 Kabellose Vernetzungstechnologien ..... 77
3.3.2.1 Bluetooth ..... 78
3.3.2.2 Ultra Wideband (UWB) ..... 80
3.3.2.3 Infrarot ..... 82
3.3.2.4 Radio Frequency Identification-Systems (RFID) ..... 83
3.3.2.5 IEEE 802.11 ..... 85
3.3.2.6 Home Radio Frequency (Home RF) ..... 87
3.3.2.7 HiperLAN/2 ..... 88
3.3.2.8 Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT) ..... 89
3.3.2.9 Global System for Mobile Communication (GSM) ..... 91
3.3.2.10 General Packet Radio Service (GPRS) ..... 92
3.3.2.11 Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE) ..... 94
3.3.2.12 Third Generation (3G)/ International Mobile Communication 2000 ..... 95
3.3.2.13 4th Generation (4G) ..... 96
3.3.2.14 Zusammenfassende Darstellung der Technologien ..... 98
3.3.3 Zunahme weltweiter virtueller „privater“ Netzwerke am Beispiel Peer-to-Peer 100
3.4 Sensortechnik und Digitalisierung ..... 104
3.4.1 Audio ..... 105
3.4.2 Video ..... 107
3.4.2.1 Komprimierung ..... 108
3.4.2.2 Elektronisches Papier/ e-Paper ..... 110
3.4.2.3 3D-Darstellung ..... 114
3.4.2.4 Mixed Reality (MR) ..... 116

3.4.3 Riechen ..... 118
3.4.4 Haptik ..... 120
3.4.5 Schmecken ..... 121
3.4.6 Ubiquitous Computing (Dinge kommunizieren) ..... 123
3.5 Miniaturisierung ..... 128
3.5.1 Mikrosystemtechnik ..... 129
3.5.1.1 Mikroelektronik ..... 129
3.5.1.2 Mikromechanik ..... 131
3.5.1.3 Mikrooptik ..... 132
3.5.2 Nanotechnologie ..... 134
3.5.2.1 Nanoelektronik ..... 135
3.5.2.2 Nanocomputer ..... 136
3.5.2.3 Nanomechanik ..... 137
3.6 Sicherheit ..... 138
3.6.1 Biometrische Erkennungsverfahren ..... 139
3.6.2 Kryptologische und stenografische Sicherheitsmechanismen ..... 143
3.6.3 Wasserzeichen ..... 145
3.6.4 Digitale Signatur ..... 146
3.6.5 Weiterentwicklung von Firewallsystemen ..... 148
3.7 Konvergenz ..... 151
3.7.1 Voice over IP (VoIP) ..... 152
3.8 Zusammenfassung ..... 156
**4 Darstellung der Anwendungsbereiche und ihrer Konzepte ..... 160**
4.1 Überblick ..... 160
4.2 Konzepte des Anwendungsbereiches GLOBAL ..... 161
4.2.1 Globalisierung ..... 162
4.2.2 Regionalisierung ..... 167
4.3 Konzepte des Anwendungsbereichs UNTERNEHMEN ..... 168
4.3.1 Digital Collaboration und Business Networking ..... 168
4.3.2 Telearbeit ..... 172
4.3.3 Digitale Distribution ..... 177
4.3.4 Storage Area Networks ..... 179
4.3.5 Prozessautomation ..... 182
4.3.6 Knowledge Management und e-Learning ..... 184

4.4 Konzepte des Anwendungsbereichs HAUSHALT ..... 187
4.4.1 Heimnetzwerke (Home Networking) ..... 187
4.4.2 Home-Automation ..... 193
4.5 Konzepte des Anwendungsbereichs FAHRZEUG ..... 196
4.5.1 Automotive Telematics ..... 196
4.5.2 Intelligente Fahrzeuge ..... 202
4.6 Konzepte des Anwendungsbereichs KÖRPER ..... 207
4.6.1 Mobile computing/mobile Endgeräte ..... 208
4.6.2 Wearable Computer ..... 213
4.7 Zusammenfassung ..... 218
**5 Zusammenfassung und Ausblick ..... 221**
**Literaturverzeichnis ..... 225**

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklung der Attacken auf Rechnernetze von 1996 bis 2000 (vgl. CSI 2000). ....32
Tabelle 2: Gegenüberstellung der unterschiedlichen Schreibverfahren für DVD. ....44
Tabelle 3: Eigenschaften verschiedener Materialien für holografische Speichermedien (vgl. Ashley e. a. 2000, S. 17). ....47
Tabelle 4: Übertragungseigenschaften von DSL-Technologien. ....63
Tabelle 5: : Minimale und maximale Teilnehmerzahlen der einzelnen Ausbaustufen von Kabelverteilnetzen. ....64
Tabelle 6: Zusammenfassende Darstellung der Technologien zur Vernetzung basierend auf der Datenübertragung per Kabel. ....76
Tabelle 7: Entwicklung des Marktes für terrestrische, mobile Kommunikation (vgl. UMTS Forum Report No. 8 1999, S. 11). ....77
Tabelle 8: Frequenzbereiche für RFID-Systeme. ....84
Tabelle 9: Garantierte Übertragungsraten bei UMTS in Abhängigkeit von der Größe der Funkzelle (vgl. UMTS-Forum 2002). ....96
Tabelle 10:Zusammenfassende Darstellung der Technologien zur Vernetzung basierend auf der kabellosen Datenübertragung. ....99
Tabelle 11: Anwendungsgebiete und Beispiele für Produkte der Mikrosystemtechnik (vgl. Berger et al. 1997). ....133
Tabelle 12: Vor- und Nachteile verschiedener Klassen von Chipkartenlesegeräten (vgl. Pfender 2002, S. 14 ff.). ....147
Tabelle 13: Entwicklung von Hackerangriffen auf Internetserver von 1988 bis 2000 (vgl. CERT 2002). ....148
Tabelle 14: Telefon-Standards im Bereich Voice over IP (vgl. techguide 2001, S. 18). ....156
Tabelle 15: Einflussfaktoren auf die Einfwicklung der einzelnen technologischen Entwicklungsschwerpunkte. ....159
Tabelle 16: Technologien zur Realisierung von Home Networking (vgl. Vroomen, S. 22 f.). ....190
Tabelle 17: Übersicht von Automobilherstellern mit integrierten Telematiklösungen (vgl. Telematics Research Group 2002, S. 7 f.). ....203
Tabelle 18: Anwendungsbereiche von Wearable Computing. ....217

Tabelle 19: Einflussfaktoren der unterschiedlichen Anwendungsbereiche der Informations- und Kommunikationstechnologien. .....220

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prozentualer Anteil von Informations- und Kommunikationstechnologie-Ausgaben an nominalen Ausgaben für Ausrüstung und Geräte in US-Unternehmen (vgl. Morgan Stanley 2001).....2
Abbildung 2: Aufbau der Arbeit. .....5
Abbildung 3: Modell eines forschungslogischen Ablaufs (vgl. Erdmann/Petersen 1975, S. 36 ff.). .....7
Abbildung 4: Einordnung der Zielstellung der Arbeit in den Technologiemanagementprozess (in Anlehnung an Hungenberg 2000, S. 19).....12
Abbildung 5: Denkmodell der Szenariomethode (vgl. Geschka 1995, S. 305). .....22
Abbildung 6: Methoden der Szenarioerstellung nach Meyer-Schönherr (vgl. Meyer-Schönherr 1992, S. 23). .....23
Abbildung 7: Vorgehensweise zur Ableitung von Einflussfaktoren.....26
Abbildung 8: Phasen/Zielsetzungen Kapitel 3. .....36
Abbildung 9: Entwicklung von Mikroprozessoren anhand der realisierten Transistorenzahl (vgl. Intel Research 2002, S. 1).....38
Abbildung 10: Arbeitsweise von holografischen Schreib- und Lesegeräten (vgl. Bonsor 2002, S. 2).....46
Abbildung 11: Verfahren zur Datenübermittlung via ADSL. .....57
Abbildung 12: Kanalaufteilung im VDSL. .....59
Abbildung 13: Marktabdeckungsgrad von HDSL und HDSL2 in verschiedenen europäischen Ländern (vgl. Orkit 2001).....61
Abbildung 14: Realisierung des Internetzugangs über TV-Kabelnetze. .....65
Abbildung 15: Vergleiche der unterschiedlichen Frequenzbereiche von POTS, xDSL und HomePNA (vgl. HomePNA.org 2002). .....73
Abbildung 16: Aufbau eines IEEE 1394-Netzwerkes (vgl. TechChannel 2000).....74
Abbildung 17: Technologien zur mobilen Datenübertragung nach maximaler Reichweite. .....78
Abbildung 18: Vergleich der verschiedenen kabellosen Übertragungstechnologien anhand der spatial capacity (vgl. Foerster/Green/Somayazulu/Leeper 2001).....81
Abbildung 19: Auszug aus dem Jahreswirtschaftsbericht 2000 des Bundesverbandes der Phonographischen Wirtschaft e.V. (vgl. Bundesverband der Phonographischen Wirtschaft e.V. 2001).....105

Abbildung 20: Verfahren zur Darstellung von Daten auf elektronischem Papier von Xerox. .....111
Abbildung 21: Verfahren zur Darstellung von Daten auf nicht elektronischen Medien von E-Ink (vgl. E-INK 2002). .....112
Abbildung 22: Reality - Virtuality Continuum (vgl. Milgram 1994, S. 2). .....116
Abbildung 23: Bestandteile von intelligenten Dingen (vgl. Fleisch 2001, S. 184 ff)...125
Abbildung 24: Vergleich unterschiedlicher Nanotransistortechnologien (vgl. Mitre 1999a). .....135
Abbildung 25: Darstellung möglicher Nanocomputertechnologien (vgl. Mitre 1999c). .....136
Abbildung 26: Weltweiter Markt für Fingerabdruckerfassung nach Anwendungsbereichen (vgl. Eberhardt 2002, S. 3). .....140
Abbildung 27: Konvergenz der TIME-Märkte nach Negroponte. .....151
Abbildung 28: Voice over IP-Infrastuktur (vgl. techguide.com 1998, S. 5). .....153
Abbildung 29: Zielsetzung Kapitel 4. .....161
Abbildung 30: Die Entwicklung des Business Networking (vgl. Alt/Fleisch 2000, S. 9). .....170
Abbildung 31: Arbeitsstätten der Telearbeit (vgl. Rensmann/Gröpler 1998, S. 15)....174
Abbildung 32: Prognostizierte Entwicklung des Marktes für Knowledge Management Systeme (vgl. Ovum 2000). .....185
Abbildung 33: Wachstum der Heimnetzwerke in den US (vgl. HomeRF Working Group 2001, S. 1). .....187
Abbildung 34: Komponenten eines Heimnetzwerkes (vgl. Reynolds 2000, S. 28). .....188
Abbildung 35: Komponenten einer Telematik Infrastruktur (vgl. ARC 2000, S. 2). ...197
Abbildung 36: Beispielhafter Aufbau von Szenarien unter Nutzung der ermittelten Einflussfaktoren. .....223

# Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| µm | Mikrometer |
| 3D | 3-Dimensional |
| 3G | Third Generation |
| 4D | Four Dimensions |
| 4G | Fourth Generation |
| ABS | Anti-Blockier-System |
| Add-On | Erweiterung eines Systems oder Programms |
| ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line |
| AG | Aktiengesellschaft |
| AP | Access-Points |
| AR | Augmented Reality |
| ARCNet | Attached Resource Computer Network |
| AT&T | American Telephone and Telegraph Company |
| ATM | Asynchronous Transfer Mode |
| B2B | Business to Business |
| B2C | Business to Consumer |
| bit/s | BIT je Sekunde |
| BMW | Bayerische Motorenwerke |
| BSS | Base Station Subsystem |
| bzw. | beziehungsweise |
| ca. | Circa |
| CAD | Computer-Aided Design |
| CATV | Common Antenna Television |
| CD | Compact Disk |

| | |
|---|---|
| CD | Collision Detection |
| CDMA2000 | Code Division Multiple Access |
| CDSL | Comsumer Digital Subscriber Line |
| CEA | Consumer Electronics Association |
| cm | Zentimeter |
| CO | Kohlenmonoxid |
| COAX | Koaxialkabel |
| CS | Carrier Sense |
| CSI | Computer Security Institute |
| CSMA/CD | Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect |
| CSMA/CS | Carrier Sense Multiple Access Carrier Sense |
| D | Deskriptoren |
| d.h. | das heißt |
| DCS1800 | Digital Communication Systems on 1800 Megahertz |
| DECT | Digital Enhanced Cordless Telecommunications |
| DI | Dynamik Index |
| DivX | Digital Video express |
| DivX:-) | Digital Video express (hacked) |
| DNS | Deoxyribonucleic acid |
| Dr. | Doktor |
| DSL | Digital subsciber Line |
| DVD | Digital Versatile Disc |
| DVD+R | Digital Versatile Disc - Recordable |
| DVD+RW | Digital Versatile Disc - ReWritable |
| DVD-10 | Digital Versatile Disc - 10 Gigabytes |
| DVD-18 | Digital Versatile Disc - 18 Gigabytes |

| | |
|---|---|
| DVD-5 | Digital Versatile Disc - 5 Gigabytes |
| DVD-9 | Digital Versatile Disc - 9 Gigabytes |
| DVD-R | Digital Versatile Disc - Recordable |
| DVD-RAM | Digital Versatile Disc - Random Access Memory |
| DVD-ROM | Digital Versatile - Disc - Read only Memory |
| DVD-RW | Digital Versatile Disc - ReWritable |
| E1 | European 1 |
| ECMA | European Computer Manufacturers Association |
| e-Commerce | electronic Commerce |
| EDGE | Enhances Data Rates for Global Evolution |
| EDI | Electronic Data Interchange |
| EDV | elektronische Datenverarbeitung |
| EIP | Enterprise Information Protals |
| e-Learning | electronic Learning |
| Email | elektronic Mail |
| e-Paper | electronic Paper |
| ERP | Enterprise Resource Planning |
| ESS | Extended Service Set |
| et al. | et alii |
| ETSI | European Telecommunications Standards Institute |
| EU | Europäische Union |
| EUR | Euro |
| evtl. | Eventuell |
| F&E | Forschung und Entwicklung |
| f. | folgende Seite |
| FDM | Frequency Division Multiplexing |

| | |
|---|---|
| ff. | fortfolgende Seiten |
| FTP | File Transfer Protocoll |
| G.SHDSL | Global Standard for Single Pair Symmetric High Speed Digital Subscriber Line |
| GATT | General Agreement on Tariffs and Trade |
| GB | GigaByte |
| GBit/inch$^2$ | Gigabit je Quadratinch |
| Gbit/s | Giga Binary digit (BIT) je Sekunde |
| GByte | Gigabyte |
| ggf. | Gegebenenfalls |
| GHz | Gigahertz |
| GmbH | Gesellschaft mit beschränkter Haftung |
| GMR | Giant Magnetoresistance |
| GPRS | General Packet Radio Service |
| GPS | Global Positioning System |
| GSM | Global System for Mobile Communication |
| GUI | Graphical User Interface |
| HDSL | High-speed Digital Subscriber Line |
| HDSL2 | High-speed Digital Subscriber Line 2 |
| HDTV | High Definition TeleVision |
| HiperLAN | High Performance radio Local Area Network |
| Home RF | Home Radio Frequency |
| Hrsg. | Herausgeber |
| Hz | Hertz |
| IBM | International Business Machines |
| ID | Identifikation |

| | |
|---|---|
| IDSL | Integrated services digital network (ISDN) Direct Subscriber Line |
| IEC | International Electrotechnical Commission |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IETF | Internet Engineering Task Force |
| IMT-2000 | International Mobile Communikation 2000 |
| IP | Internet Protocol |
| IS | Informationssystem |
| ISDN | Integrated Services Digital Network |
| ISM | Industrial, Science, Medical |
| IT | Informationstechnik |
| IT | Informationstechnologie |
| ITU-T | International Telecommunication Union - Telecommunications |
| IuK | Informations- und Kommunikationstechnologien |
| IVR | Interactive Voice Response |
| KByte | Kilobyte |
| kHz | Kilohertz |
| kV | Kilovolt |
| LAN | Local Area Network |
| LKW | Lastkraftwagen |
| LwL | Lichtwellenleiter |
| m | Meter |
| $m^2$ | Quadratmeter |
| MA | Multiple Access |
| MAN | Metropolitan Area Networks |
| max. | Maximal |

| | |
|---|---|
| MB | Megabyte |
| Mbit/s | Mega Binary digit (BIT) je Sekunde |
| MHz | MegaHertz |
| MHz | Megahertz |
| MIT | Massachusetts Institute of Technology |
| mm | Millimeter |
| MMS | Multimedia Message Service |
| MP3 | Motion Picture experts group 1 layer 3 |
| MPEG | Motion Picture Expert Group |
| MPEG 2 | Motion Picture Expert Group - 2 |
| MPEG 4 | Motion Picture Expert Group - 4 |
| MPEG 7 | Motion Picture Expert Group - 7 |
| MPEG-1 | Motion Picture Expert Group - 1 |
| MR | Magnetoresistance |
| MR | Mixed Reality |
| ms | Mikosekunde |
| MT | mobile Terminals |
| mW | Milliwatt |
| NAT | network address translator |
| nm | Nanometer |
| No. | Number |
| NSS | Network-Subsystem |
| o.ä. | Oder ähnliches |
| OMS | Operating- and Maintaining-Subsystem |
| OSI | Open Systems Interconnection |
| PARC | Xerox Palo Alto Research Center |

| | |
|---|---|
| PC | Personal Computer |
| PDA | Personal Digital Assistant |
| PKW | Personenkraftwagen |
| PLC | Powerline Communication |
| PNA | Phonline Networking Alliance |
| POP3 | Post Office Protocol, version 3 |
| POTS | Plain Old Telephone Service |
| Prof. | Professor |
| PSTN | Public Switched Telephone Network |
| RADSL | Rate Adaptive Digital Subscriber Line |
| RF | Radio Frequency |
| RFID | Radio Frequency Identification-Systeme |
| RF-Reader | Radio Frequenzy Reader |
| S. | Seite |
| SAN | Storage Area Network |
| SDSL | Symmetric Digital Subscriber Line |
| SIP | Session Initiation Protocol |
| SMS | Short Messaging Service |
| SSS | Switching Subsystem |
| T1 | Telecommunication 1 |
| Tbit/s | Tera Binary digit je Sekunde |
| TCP/IP | Transmission Control Protocol/Internet Protocol |
| TDD | Time Division Duplex |
| TFT | Thin Film Transistor |
| TIME | Telekommunikation, Informationsverarbeitung, Multimedia, Entertainment |

| | |
|---|---|
| TU | Technische Universität |
| TV | Television |
| U/min | Umdrehungen je Minute |
| UC | Ubiquious Computing |
| UMTS | Universal Mobile Telecommunications System |
| US | United States |
| USA | United States of Amerika |
| usw. | und so weiter |
| UV | Ultraviolet |
| uvm. | und vieles mehr |
| UWB | Ultra Wideband |
| V | Volt |
| v. | Von |
| VDSL | Very high bit-rate Digital Subscriber Line |
| vgl. | Vergleiche |
| VoIP | Voice over IP |
| VPR | Virtual Private Networks |
| VQF | Vector Quantization File |
| VR | virtuelle Realität |
| WAN | Wide Area Network |
| WAN | Wide Area Network |
| WBT | Web-based Teaching |
| W-CDMA | Wideband Code Devision Multiple Access |
| WLAN | Wireless Local Area Network |
| WLL | Wireless Local Loop |
| XML | extensible Markup Language |

| | |
|---|---|
| z.B. | zum Beispiel |

# 1 Einleitung

## *1.1 Problemstellung*

Technologie ist ein strategischer Erfolgsfaktor im Unternehmen (vgl. Wolfrum 1994, S. 3). Eine Investition in neue Technologien kann neue Märkte eröffnen oder Abgrenzungskriterien zur Konkurrenz schaffen.

Informations- und Kommunikationstechnologien gewinnen immer stärker an strategischer Bedeutung, z. B. in Form von ERP-Systemen, Telefonanlagen oder Computernetzwerken, und sind ein essentieller Teil vieler Unternehmen sowohl zur Abwicklung interner als auch externer Geschäftsvorfälle (vgl. Wolfrum 1994, S. 3). „Fähigkeiten zur Entwicklung und Beherrschung technologischer Innovationen haben für die Wettbewerbs- und Überlebenschancen von Unternehmen in Industrienationen eine enorme Bedeutung“ (Gerpott 1999, S.1).

Die Investitionen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien sind in den letzten Jahren ständig gewachsen und lagen 1998 beispielsweise bei 89 Milliarden ECU allein in Deutschland. Die Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologien gilt als wesentliche Voraussetzung, um im globalen Wettbewerb bestehen zu können (vgl. Stahl/Harhoff/Moch 1998).

Abbildung 1 stellt das oben beschriebene Wachstum der Investitionen im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien noch einmal grafisch dar.

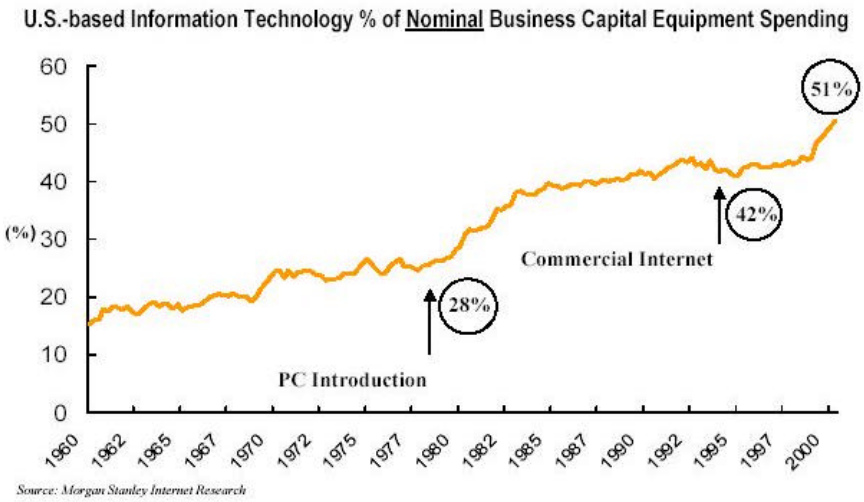


**Abbildung 1: Prozentualer Anteil von Informations- und Kommunikationstechnologie-Ausgaben an nominalen Ausgaben für Ausrüstung und Geräte in US-Unternehmen (vgl. Morgan Stanley 2001).**

Fehlentscheidungen bei diesen Investitionen können teilweise fatale Folgen für das Unternehmen haben. So waren 2001 rund 20% der laufenden IT-Projekte der Unternehmen Fehlinvestitionen. Es sollen in Westeuropa 140,5 Mrd. Dollar und weltweit 500 Mrd. Dollar an IT-Budgets verschwendet worden sein. Gründe für erfolglose IT-Projekte seien vor allem mangelndes Vertrauen zwischen IT-Verantwortlichen und Managern sowie deren Unfähigkeit, Initiativen auszuwählen und zu implementieren, die messbare Geschäftsvorteile liefern (vgl. ECIN 2001).

Als Bereiche, in denen Fehlinvestitionen getätigt wurden, nannte Gartner z.B. überspezifizierte Hardware und Netzinfrastruktur. Kein europäisches Unternehmen sei 2001 vor ineffizienten Ausgaben immun gewesen (vgl. ECIN 2001).

Die Markt- und Entwicklungszyklen der Informations- und Kommunikationstechnologien werden immer geringer, wo hingegen das Angebot unterschiedlicher Lösungen und innovativer Produkte und Prozesse wächst (vgl. Wolfrum 1994, S. 3). Auswahl und Entscheidungsprozesse werden so erschwert und die Wahrscheinlichkeit für Fehlinvestitionen steigt.

Technologieentwicklung bzw. Technologiemanagement ist nach Porter eine der vier Unterstützungsaktivitäten bei der Wertschöpfung der Unternehmen (vgl. Porter 1996, S. 62). Im Rahmen dieser Unterstützungsfunktion ist es sinnvoll, zukünftige Technologien zu identifizieren und hinsichtlich ihres Erfolgspotentials in unterschiedlichen Einsatzbereichen gegenüberzustellen und zu bewerten.

Im Rahmen einer IDC-Studie wurde ermittelt, dass der Einsatz von neuen Technologien, die Investitionen in Informations- und Kommunikationstechnologien und die damit verbundene größere Flexibilisierung der Arbeit von den meisten der 500 befragten Unternehmen in Deutschland, Frankreich, Italien, Großbritannien und Schweden (annähernd 80%) als besonders wichtig beurteilt werden, um Wettbewerbsvorteile zu sichern und diese weiter auszubauen (vgl. Microsoft Presseservice 2001).

Den meisten Individuen als potentiellen Investoren sind einzelne Technologien aus unterschiedlichen Quellen wie Zeitschrift, Konferenzen, Funk und Fernsehen bekannt. Über ihr zukünftiges Entwicklungspotential herrscht eine große Unsicherheit.

Das Maß an Unsicherheit lässt sich durch unterschiedliche Prognosemethoden verringern und hilft so, Investitionsentscheidungen zu fällen. Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz dieser Methoden ist die Identifikation von Entwicklungstrends und Einflussfaktoren, die den Erfolg der einzelnen Technologien innerhalb dieser Trendbewegungen beeinflussen können.

## 1.2 Zielsetzung der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, im Rahmen des Technologiemanagements aus aktuellen, technologischen Entwicklungsschwerpunkten und verschiedenen Konzepten von Anwendungsbereichen der Informations- und Kommunikationstechnologien Einflussfaktoren für die Entwicklung realistischer Technologieszenarien für den Zeitraum von 2005-2010 abzuleiten. Anhand der Kombination der Einflussfaktoren aus den Entwicklungsschwerpunkten und den Anwendungsbereichen der Informations- und Kommunikationstechnologien können dann Szenarien oder Trendextrapolationen erstellt werden, die bei Investitionsentscheidungen in der IT vor Fehlentscheidungen schützen können.

Die Ableitung dieser Einflussfaktoren aus der beispielhaften Beschreibung ausgewählter Technologien und Konzepte, die prototypisch realisiert wurden oder sich kurz vor der Marktpenetration befinden, stehen im Mittelpunkt dieser Arbeit.

Die Zielsetzung dieser Arbeit wird über folgende Fragen definiert:

- Welche technologischen Entwicklungsschwerpunkte existieren im Rahmen der Informations- und Kommunikationstechnologien?

- Welche aktuellen, unterschiedlichen Anwendungsbereiche existieren im Rahmen der Informations- und Kommunikationstechnologien?
- Welche neuen, innovativen Technologien lassen sich in den einzelnen Entwicklungsschwerpunkten identifizieren, und welche Einflussfaktoren lassen sich als Ausgangspunkt für die Entwicklung von Technologieszenarien aus der beispielhaften Beschreibung dieser ausgewählten Technologien ableiten?
- Welche aktuellen Konzepte der Informations- und Kommunikationstechnologien existieren in den einzelnen Anwendungsbereichen, und welche Einflussfaktoren lassen sich als Ausgangspunkt für die Entwicklung von Technologieszenarien aus der beispielhaften Beschreibung dieser Konzepte ableiten?

Grundlage dieser Arbeit bilden die theoretischen Erkenntnisse aus dem Technologiemanagement, speziell der Planungsphase des Technologiemanagements. Eine Ausrichtung auf spezielle Branchen oder Anwendergruppen entfällt. Dementsprechend ist es durch die Vielzahl bestehender Technologien und Konzepte nicht möglich, alle Einflussfaktoren zu erfassen. Vielmehr konzentriert sich diese Arbeit auf die Beschreibung ausgewählter Beispiele, die charakteristische Merkmale des technologischen Entwicklungsschwerpunkts oder des Anwendungsbereichs aufweisen.

## 1.3 Aufbau der Arbeit

Abbildung 2 zeigt übersichtsartig den Aufbau der Arbeit. Kapitel 2 beschreibt die theoretischen Grundlagen dieser Arbeit. Ziel ist es, grundlegende Begriffe darzustellen und die Aufgabenstellung der Arbeit abzugrenzen. Schwerpunkte des Kapitels 2 bilden neben der Erläuterung der theoretischen Grundlagen die Beschreibung des Ansatzes zur Ermittlung der Einflussfaktoren und die Definition der technologischen Entwicklungsschwerpunkte sowie der Anwendungsgebiete der Informations- und Kommunikationstechnologien. Dieses Kapitel bildet die Grundlage für die folgenden Kapitel.

Zielstellung des Kapitels 3 ist es, die technologischen Entwicklungsschwerpunkte anhand ausgewählter Beispiele zu beschreiben und Einflussfaktoren abzuleiten. Die Beschreibung der einzelnen Technologien fasst die technologischen Grundlagen zusammen. Die Einflussfaktoren werden in der Zusammenfassung in kumulierter Form dargestellt. Die zu ermittelnden Einflussfaktoren werden ausschließlich von

technologischer Seite betrachtet. Die Ableitung nichttechnologischer Einflussfaktoren erfolgt im Kapitel 4.

Kapitel 4 beschreibt die Anwendungsgebiete der Informations- und Kommunikationstechnologien und ausgewählte Konzepte zum Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien in zusammengefasster Form. Diese nichttechnologischen Einflussfaktoren werden, ähnlich Kapitel 3, identifiziert und zusammenfassend dargestellt.

Kapitel 5 fasst die wesentlichen Erkenntnisse dieser Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und Trends.

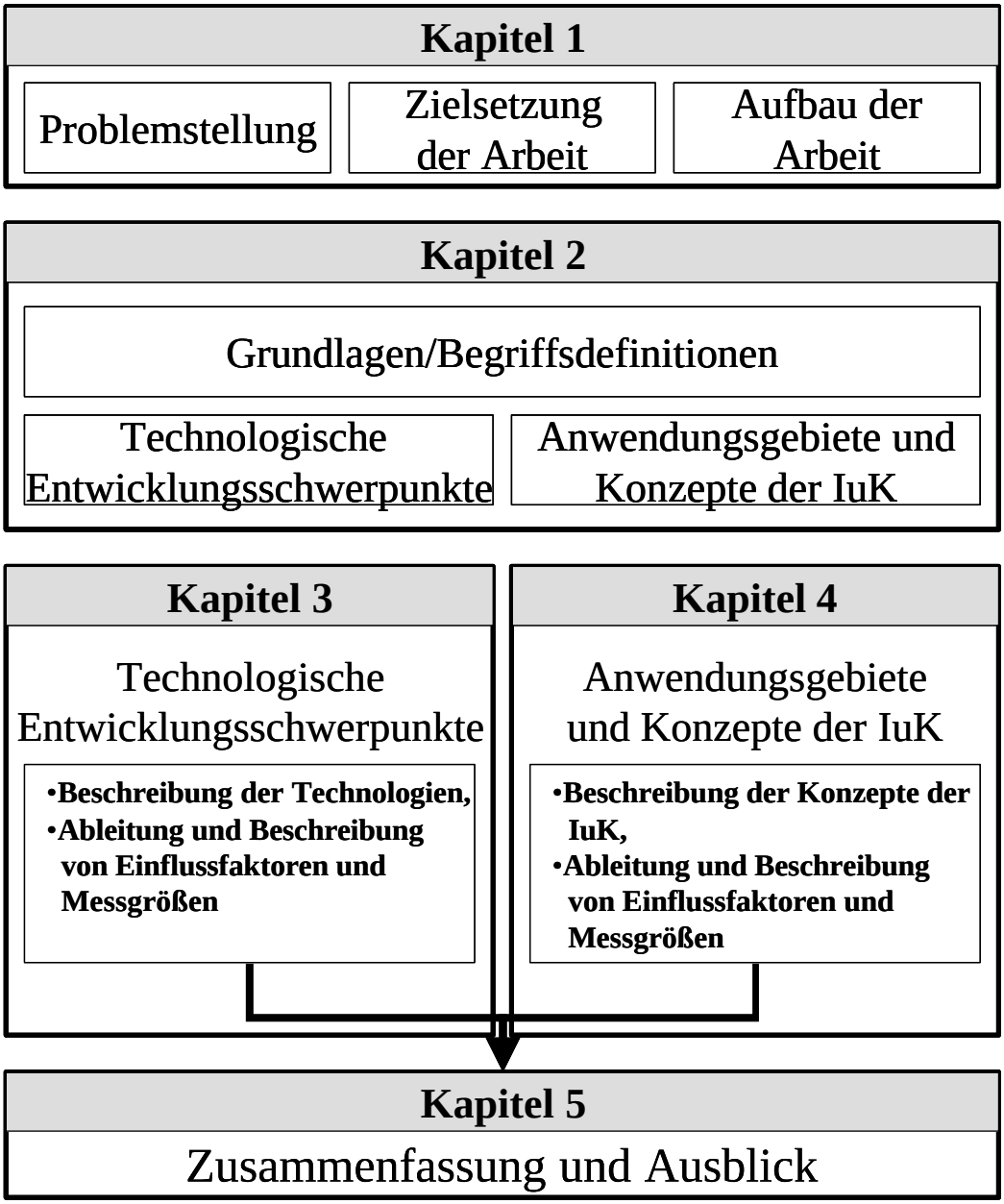


**Abbildung 2: Aufbau der Arbeit.**

# 2 Grundlagen

## 2.1 Forschungsmethodik

Gemäß der in Kapitel 1.2 beschriebenen Ziele dieser Arbeit soll eine Klassifizierung in Entwicklungsschwerpunkte und Anwendungsbereiche der Informations- und Kommunikationstechnologien vorgenommen werden. Die einzelnen Bestandteile dieser Klassen werden beschrieben und hinsichtlich unterschiedlicher Faktoren untersucht, die eine mögliche Weiterentwicklung beeinflussen könnten.

Der Erkenntnisgewinn der Arbeit liegt in der Identifikation und Beschreibung einzelner Einflussfaktoren, die eine Grundlage für die Entwicklung unterschiedlicher Technologieprognosen in Form von Technologieszenarien oder Trendextrapolationen liefern. Diese Faktoren können dann je nach Aufgabenstellung oder Szenarioausrichtung kombiniert werden.

Die dieser Arbeit zugrunde liegende Forschungsmethodik basiert auf den forschungslogischen Abläufen für empirische Forschung:

a) Entdeckungszusammenhang (vgl. Friedrichs 1973, S. 50 ff.),

b) Begründungszusammenhang,

c) Verwertungs- oder Wirkungszusammenhang (vgl. Popper 1973, S. 6).

Der Entdeckungszusammenhang als Anlass, der zu einem Forschungsprojekt führt (vgl. Friedrichs 1973, S. 50 ff.), schließt nicht nur die Gegenstandsbetrachtung mit ein (vgl. Holzkamp 1973, S. 45), sondern auch die spezifische Problemanalyse und Problemformulierung (vgl. Erdmann/Petersen 1975). „Der Entdeckungszusammenhang ist somit ein Bereich des Forschungsprozesses, in dem der Gegenstand als problemhaft erkannt, bestimmt und formuliert wird und der Nachweis seiner notwendigen Erforschung erbracht wird“ (vgl. Erdmann/Petersen 1975, S. 37). Im Rahmen dieser Arbeit werden die in Kapitel 1 dargestellte Problemstellung, die Zielsetzung und die Beschreibung des Aufbaus der Arbeit als Entdeckungszusammenhang betrachtet.

Der Begründungszusammenhang fasst die methodischen Schritte zusammen, mit deren Hilfe das Problem untersucht werden soll (vgl. Friedrichs 1973, S. 53). Das Problem wird spezifiziert und hinsichtlich der Zielstellung der Arbeit abgegrenzt. Statisch-methodische Entscheidungen, wie die Auswahl der Untersuchungsmethodik, und eine

mögliche Klassifizierung der Untersuchungsobjekte bilden eine weitere Phase des Begründungszusammenhangs. Die tatsächliche Untersuchung des Forschungsgegenstandes, die Darstellung und Interpretation bilden die abschließende Phase dieses methodischen Schrittes (vgl. Erdmann/Petersen 1975, S. 38). Die oben beschriebenen Phasen spiegeln sich in den Kapiteln 2.2 (Spezifizierung und Abgrenzung), 2.3 (Untersuchungsmethodik), 3 und 4 (Untersuchung, Darstellung und Interpretation) wider.

„Unter den Verwertungs- oder Wirkungszusammenhang fallen die Effekte einer Untersuchung (...), ihr Beitrag zur Lösung des Anfangs gestellten Problems“ (vgl. Friedrichs 1973, S. 54). Dieser Schritt umfasst die zusammenfassende Darstellung der gewonnenen Erkenntnisse und eine Analyse der möglichen „Verwertbarkeit“ der Informationen in der Praxis. Im Rahmen dieser Arbeit fasst das Kapitel 5 die gewonnenen Erkenntnisse noch einmal zusammen und stellt im Ausblick die Verwertbarkeit der Informationen in möglichen Folgeprojekten oder Forschungsarbeiten dar.

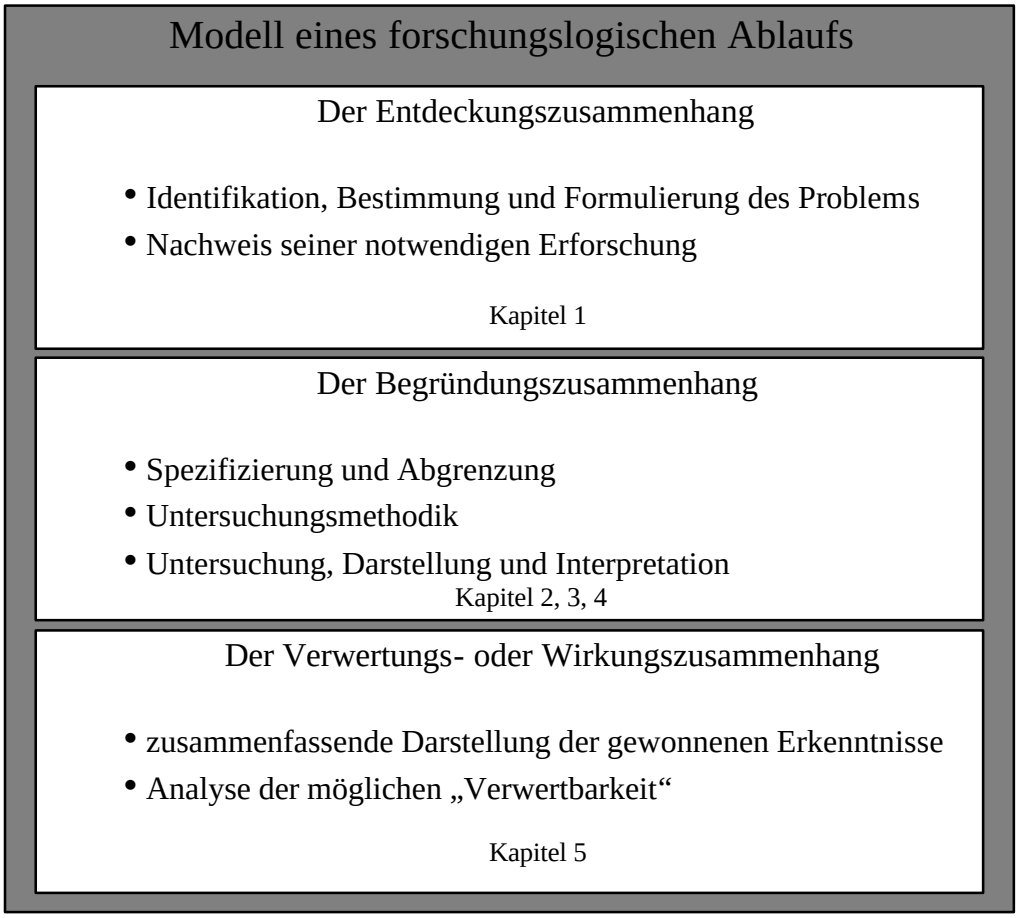


**Abbildung 3: Modell eines forschungslogischen Ablaufs (vgl. Erdmann/Petersen 1975, S. 36 ff.).**

Abbildung 3 stellt den oben beschriebenen forschungstechnologischen Ablauf noch einmal in grafischer Form dar.

## *2.2 Begriffsdefinitionen*

### 2.2.1 Technologie und Technik

Technologie stellt das Wissen und das Verstehen von naturwissenschaftlich-technischen-sozioökonomischen Zusammenhängen dar (vgl. Zahn 1995, S. 4). Sie ist als ein System von anwendungsbezogenen, aber allgemeingültigen Ziel-Mittel-Aussagen zu definieren (vgl. Brockhoff 1994, S. 22). Dabei ist die Technik in Form von Produkten oder Verfahren die konkrete Anwendung der Technologie mit dem Ziel der Problemlösung in materieller Form (vgl. Perillieux 1987, S. 12). Es ist die Gesamtheit aller Objekte, Maßnahmen und Verfahren, die vom Menschen durch Ausnutzung der Naturgesetze und –prozesse sowie geeigneter Stoffe hergestellt bzw. entwickelt werden und sich in der Arbeit und in der Produktion anwenden lassen (vgl. Wolfrum 1994, S. 4). Technik umfasst:

- die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte oder Sachsysteme);
- die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen;
- die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden (vgl. Bullinger 1994, S. 32).

In Anbetracht der Problemstellung dieser Arbeit wird der Technologiebegriff auf den Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien beschränkt.

„Der Begriff Informationstechnik schließt zwar mit den Verfahren der Nachrichtentechnik die Techniken der Kommunikation (Netz, Übertragungsverfahren usw.) ein, trotzdem wird oft von Informations- und Kommunikationstechniken gesprochen.“ (vgl. Stahlknecht 1997, S. 10). Informations- und Kommunikationstechnologien umfassen somit das Wissen und das Verstehen von naturwissenschaftlich-technischen-sozioökonomischen Zusammenhängen verknüpft mit den Produkten der Computer-, Informations- und Kommunikationstechnik.

Im Rahmen einer weiteren Differenzierung von Technologien kann zwischen Schrittmacher-, Schlüssel-, Basis- und verdrängten Technologien unterschieden werden (vgl. Wolfrum 1994, S. 5). Schrittmachertechnologien sind durch geringe Wettbewerbsrelevanz, aber hohes Entwicklungspotential charakterisiert. Schlüsseltechnologien bieten ein hohes wettbewerbsstrategisches Differenzierungspotential und werden oft als „Stand der Technik“ bezeichnet. Wird die Technologie von allen Wettbewerbern in der Branche beherrscht, spricht man von einer Basistechnologie. Am Ende des Lebenszyklus stehen die verdrängten Technologien. Sie weisen ein abnehmendes, wettbewerbsstrategisches Potential auf und werden in der Regel von Technologien mit höherem Leistungspotential substituiert.

Der Betrachtungsfokus, der im Rahmen dieser Arbeit beschriebenen Informations- und Kommunikationstechnologien, liegt in der Darstellung von Schlüssel- und Basistechnologien.

### 2.2.2 Technologiemanagement

„Management ist das Gestalten, Lenken und Weiterentwickeln produktiver sozialer Systeme“ (Ulrich 1984, S. 114). Das Management hat folgende Funktionen zu erfüllen:

- Entscheiden,
- In-Gang-Setzen,
- Kontrollieren (vgl. Ulrich/Krieg 1974, S. 30, Wöhe 1990, S. 97, Staehle 1985, S. 41, Brenner 1994, S. 13 f.).

Diese Funktionen, die in der wissenschaftlichen Literatur auch unter den Begriffen Planung (Entscheiden), Steuerung (In-Gang-Setzen) und Kontrolle (Kontrollieren) beschrieben werden, lassen sich als dynamisch aufeinander aufbauende Abfolgen von Aufgaben im Prozess des Managements abbilden (vgl. Hungenberg 2001, S. 18).

Das St. Galler Informationsmanagement formuliert einen Führungskreislauf mit den Teilfunktionen:

- Planung,
- Verabschiedung,
- Umsetzung,
- Kontrolle,

die obigen Funktionen entsprechen.

Unter **Planung** wird die Entwicklung von Plänen und damit die Zusammenfassung von Basisdaten der Problemanalyse, die Suche nach Alternativen und die Sammlung von Daten zur Bewertung von Alternativen verstanden (vgl. Schierenbeck 1983, S. 74).

Der **Verabschiedung** der aus der Planungsphase resultierenden Pläne wird, im Gegensatz zu den drei oben beschriebenen Funktionen Entscheiden, In-Gang-Setzen und Kontrollieren, eine eigene Phase zugedacht (vgl. Schierenbeck 1983, S. 74).

Die **Umsetzung,** beispielsweise in Form von Projekten, soll die in der Planung definierten und dann verabschiedeten Vorgaben in die Praxis umsetzen (vgl. Wunderer/Grunwald 1980, S. 305 ff.).

In der **Kontrollphase** werden die Ergebnisse der Umsetzungsphase mit den Vorgaben der Planungs- und Verabschiedungsphase verglichen (Soll-Ist-Vergleich).

Somit kann nach obiger Definition Technologiemanagement als das Gestalten, Lenken und Weiterentwickeln von Technologien innerhalb produktiver, sozialer Systeme verstanden werden.

Technologiemanagement ist ein Segment des strategischen Managements. Strategische Segmente oder strategic units werden in der Literatur beschrieben, als eine Teilmenge der Gesamttätigkeit des Unternehmens, die eine spezifische Kombination von Schlüsselfaktoren für den Erfolg benötigt (vgl. Dussauge/Hart/Ramanantsoa 1992).

Eine weiter gefasste Definition des Begriffs beschreibt Technologiemanagement als die Aufgabe, für künftige Leistungen die benötigte Technologie, zum rechten Zeitpunkt, zu angemessenen Kosten, verfügbar zu machen (vgl. Kroy 1995, S. 59).

Das Aufgabenspektrum des Technologiemanagements wird folgendermaßen definiert: „Wenn Technologien ein wesentlicher Faktor bei der Gewinnung und Verteidigung von Wettbewerbsvorteilen sind, dann bezieht sich Technologiemanagement nicht nur auf die Entwicklung neuer und die Verbesserung bestehender Technologien sowie ihre erfolgreiche Transformation in überlegende Problemlösungen, sondern auch auf die Ablösung nicht mehr benötigter Technologien“ (Zahn 1995, S. 21).

Die Funktionen des Technologienmanagements entsprechen demzufolge denen des Managements, also Planung, Verabschiedung, Umsetzung und Kontrolle.

Die Schwerpunkte des Technologiemanagement liegen in der Technologiebeobachtung und –auswahl, Markt-/Kundenorientierung, Zeit, dem Kostenmanagement und gesellschaftlicher Orientierung (vgl. Dieter 1991, S. 29 ff.).

Ein strategisches Technologiemanagementsystem umfasst die Bereiche Technologiekreation, Technologieüberwachung, Technologieassessment, Technologietransfer, Technologieakzeptanz, Technologienutzung, Technologiereife und Technologieveralterung, die kontinuierlich nacheinander durchlaufen werden (vgl. Zahn 1995, S. 22 ff.).

Eine Teilfunktion des Technologiemanagements im Rahmen der Planungsphase besteht darin, den jeweiligen Wandel einer Technologie frühzeitig zu erkennen, d.h. das zukünftige, wettbewerbsstrategische Potential einer Technologie zu prognostizieren, um eine Fehlallokation technologischer Ressourcen zu vermeiden (vgl. Specht 1996, S. 64 ff.).

Der Fokus dieser Arbeit liegt in der Planungsphase des Technologiemanagements, speziell in der Prognose zukünftiger, wettbewerbsstrategischer Potentiale unterschiedlicher Technologien im Rahmen der Informations- und Kommunikationstechnologien.

In der Planungsphase des Technologiemanagements kann zwischen Problemanalysephase, Alternativensuchphase und Alternativenbewertungsphase (vgl. Abbildung 4) unterschieden werden (vgl. Hungenberg 2000, S. 19). Schwerpunkt dieser Arbeit bilden die Alternativensuchphase und die Alternativenbewertungsphase (Kapitel 3 und 4).

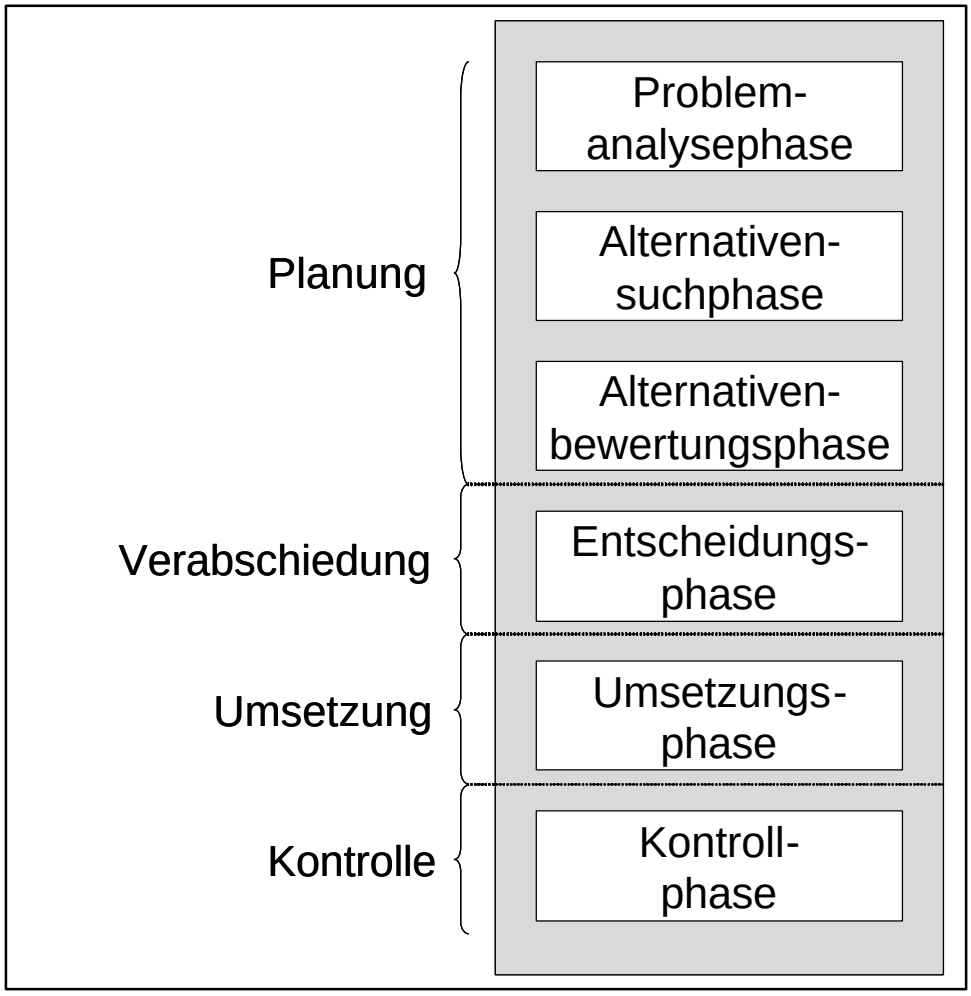


**Abbildung 4: Einordnung der Zielstellung der Arbeit in den Technologiemanagementprozess (in Anlehnung an Hungenberg 2000, S. 19).**

### 2.2.3 Prognose

#### *2.2.3.1 Begriff*

Eine Prognose ist eine Aussage über ein oder mehrere **zukünftige Ereignisse**, die auf **Beobachtungen** und einer **Theorie** beruhen (vgl. Theil 1966, S. 1 f.). Sie ist ein Werkzeug, um Informationen über erwartete Zukunftsentwicklungen zu gewinnen und diese Erkenntnisse zur Unterstützung im unternehmerischen Entscheidungsprozess einzusetzen (vgl. Gleißer/Füser 2000, S. 3).

Die Zielsetzungen von Prognosen können durch drei Fragen charakterisiert werden:

1. „Wohin kann der Weg von hier aus möglicherweise führen? Worin liegen die Gefahren oder Chancen? (These)
2. In welche Richtung beabsichtigen (oder wünschen) wir von hier aus zu gehen? Was sind die Ziele? (Antithese)

3. Wohin erwarten wir von hier aus zu gehen? Welches ist der wahrscheinlichste Weg? (Synthese)“ (Ayres 1971, S 2 ff.)

Je nach Zielrichtung bzw. Umfang der Prognose sind nur einzelne oder alle drei Fragestellungen von Interesse.

Ein Merkmal von Prognosen ist der Faktor Unsicherheit. Entfällt dieser, spricht man von einer deterministischen Prognose, die nicht mit dem Prognosebegriff im klassischen Sinne gleichgesetzt wird, da Unsicherheit als Grundlage für gehaltvolle Aussagen über die Zukunft angesehen wird (vgl. Brockhoff 1977, S. 17).

Nach obiger Definition ergeben sich vier Voraussetzungen für die Erstellung von Prognosen eines oder mehrerer Ereignisse:

- Definition des Prognoseobjekts,
- Festlegung eines Prognosezeitpunktes,
- sammeln und analysieren von Beobachtungen,
- Auswahl einer Methode zur Erstellung der Prognose (theoretische Fundierung).

Das **Prognoseobjekt** wurde in Kapitel 2.2.1 als Informations- und Kommunikationstechnologien in Form von Schlüssel- und Basistechnologien identifiziert.

Eine weitere Voraussetzung ist die Festlegung eines **Prognosezeitpunktes** oder –**zeitraumes** (vgl. Brockhoff 1977, S. 17), da sich über ihn der Grad der Unsicherheit bestimmen lässt. Eine Differenzierung nach verschiedenen Prognosezeiträumen wird in der Literatur sehr unterschiedlich vorgenommen. Einigkeit besteht weitgehend über die Einteilung in kurz-, mittel- und langfristige Prognosen. Eine mögliche Zuordnung von Zeiträumen wird in der wissenschaftlichen Literatur folgendermaßen beschrieben:

- kurzfristige Prognosen: bis etwa ein Jahr,
- mittelfristige Prognosen: bis etwa fünf Jahre,
- langfristige Prognosen: bis etwa zehn Jahre (vgl. Schütz 1975, S. 10).

Sind kurzfristige Prognosen in der Regel oft nur auf eine spezielle Fragestellung ausgerichtet (Unsicherheit gering), decken mittel- und langfristige Prognosen auch allgemeine Betrachtungen ab (Unsicherheit steigt). Kurzfristige Prognosen weisen nur eine geringe strategische Bedeutung auf (vgl. Schütz 1975, S. 10), da die Auswirkungen

maximal über ein Jahr prognostiziert werden können und strategische Entscheidungen weitreichender sind. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Bereitstellung von Einflussfaktoren als Ausgangspunkt zur Entwicklung von mittelfristigen Prognosen.

Bezogen auf die Konsistenz wird zwischen Singulär- und Systemprognosen unterschieden. Systemprognosen ziehen definitorische und sonstige Beziehungen in den Prognoseprozess mit ein. Singulärprognosen verzichten auf eine Berücksichtigung dieser Verknüpfungen (vgl. Frerichs/Kübler 1980, S. 3 f).

Prognosen als systematische, logisch begründete Ableitungen von Zukunftsaussagen oder Ereignissen aus bekannten in der Vergangenheit liegenden Fakten gewinnen bei strategischen Entscheidungen mehr und mehr an Gewicht (vgl. Rogge 1972, S.16).

#### *2.2.3.2 Prognosemethoden*

Die Anzahl der verschiedenen **Prognosemethoden** wächst stetig. Es existieren im Rahmen der Technologiefrühaufklärung und der Technologievorhersage mehr als 50 Methoden (vgl. Geschka 1995, S. 624).

Die Zielstellung dieser Arbeit ist die Ableitung von Einflussfaktoren, die im Rahmen der Entwicklung von Technologieszenarien genutzt werden können. Dementsprechend steht die Anwendung einzelner Phasen der Szenariomethode im Mittelpunkt dieser Arbeit und soll im Folgenden kurz beschrieben werden.

Das **Sammeln und Analysieren von Beobachtungen** ist anhand unterschiedlicher Methoden möglich. Im Rahmen dieser Arbeit wurden folgende Methoden verwendet:

- Erfassung von Expertenmeinungen,
- Scanning und Monitoring,
- Literatur- und Patentanalyse,
- Delphi-Methode,
- Trendextrapolation,
- Szenariomethode.

##### *2.2.3.2.1 Erfassung von Expertenmeinungen*

Diese Methode als Form der Technologiefrühaufklärung beruht auf der Überlegung, dass die Bündelung von Wissen bestimmter Personen, die sich auf ein und dasselbe Fachgebiet spezialisiert haben, bewirkt, dass neue Technologien frühzeitig erkannt

werden können (vgl. Geschka 1995, S. 631). Da die Ergebnisse der Befragungen stark von den Aussagen der einzelnen Personen abhängen, sind Expertenbefragungen als quantitatives Verfahren zu definieren (vgl. Macharzina 1999, S. 621). Die Experten verfügen zumeist über die qualitativ hochwertigsten, quantitativ umfangreichsten und neuesten Informationen bezogen auf das untersuchte Themengebiet. Die Daten stammen aus Erfahrungen bei der Durchführung oder Begutachtung von Projekten, aus der Forschung, Publikationen oder der Teilnahme an Kongressen oder Workshops. Es empfiehlt sich, immer Experten aus unterschiedlichen Bereichen zu befragen, da so ein weiteres Spektrum abgedeckt werden kann (vgl. Hungenberg 2000, S. 119).

Folgende Methoden werden vornehmlich zur Erfassung von Expertenmeinungen genutzt:

- Experten-Hearing: Experten stellen in Einzelvorträgen ihr Wissen dar. Die Aufgabe des Analyseteams ist es, diese Erkenntnisse zu erfassen und evt. durch Fragen noch weiter zu vertiefen.
- Experten-Workshops: Die Workshops werden in Gruppen von acht bis zehn Personen durchgeführt. Die Veranstaltungen durchlaufen in der Regel mehrere fest definierte Phasen, wie z.B. eine kreative oder eine bewertende Phase. Alle Teilnehmer, speziell die Experten, können ihr Wissen einbringen.
- Experten-Befragung: Bei einer Expertenbefragung werden ähnlich dem Experten-Hearing einzelne Personen zu Einzelgesprächen eingeladen. Im Gegensatz zum Hearing präsentiert der Fachmann keine Inhalte, sondern die Veranstaltung wird in Form eines Interviews geführt. Das Analyseteam sammelt alle Informationen und fasst sie zusammen.
- Tagungs- und Kongressbeobachtung: Das Analyseteam nimmt an verschiedenen Tagungen und Kongressen teil, sammelt und bewertet die dort vorgetragenen Inhalte (vgl. Geschka 1995, S. 631 ff.).

Die Wahl der Vorgehensweise ist von der Aufgabenstellung und Zielsetzung der Expertenbefragung abhängig.

#### *2.2.3.2.2 Scanning und Monitoring*

**Scanning** befasst sich, bezogen auf den technologischen Focus dieser Arbeit, mit der Suche nach neuen Technologien, während das **Monitoring** bestehende Technologien

beobachtet. Beide Methoden bauen aufeinander auf (vgl. Welge/Al-Laham 1999, S. 191). Die Methoden des Scanning und Monitoring, die auch als Umfeldbeobachtung bezeichnet werden (vgl. Geschka 1995, S. 632), beruhen auf der These Ansoffs (vgl. Ansoff 1976, S. 129 ff.), dass sich schwer vorhersehbare Ereignisse, die das Unternehmen zu Anpassungsmaßnahmen zwingen, durch Vorlaufereignisse ankündigen, wie beispielsweise eine Ölkrise. Ziel ist es, diese Vorlaufereignisse zu erkennen (Scanning) und ihre Entwicklung weiter zu beobachten (Monitoring). Dieses Vorgehen gleicht einem Radar, das nach auffälligen Veränderungen sucht und durch Abtasten die zuvor abgegrenzten Beobachtungsbereiche überschreitet (vgl. Sepp 1992, S. 242 f.), wobei das Monitoring, das beurteilt, ob Signale relevant und erfolgversprechend für die Unternehmung sein können, als Tiefenanalyse verstanden werden kann (vgl. Pfeiffer 1992, S. 94 f.).

In der Literatur wird zwischen internen, der Betrachtung des eigenen Unternehmens, und externen Scanning- und Monitoring-Mechanismen, der Betrachtung des gesamten Marktes, neuer Märkte und des gesellschaftlichen und politischen Umfeldes, unterschieden. Wolfrum beschreibt dieses Vorgehen als die Durchführung technologieorientierter Analysen im Rahmen der Entwicklung von technologischen Prognosen (vgl. Wolfrum 1994 S. 151 ff.). Ziel ist es, die relevanten Umweltstrukturen zu analysieren, sich abzeichnende Umwelttrends zu beschreiben, und sie dann später zu analysieren, um Chancen und Gefahren zu erkennen (vgl. Meffert 1998 S. 220 ff.). Interne Umfeldbeobachtungen werden in der Praxis durch eigene Mitarbeiter evtl. auch in Verbindung mit externen Beratern durchgeführt. Für die externe Umfeldbeobachtung wird auf externe Quellen, wie Forschungseinrichtungen und Kongresse, zurückgegriffen (vgl. Geschka 1995 S. 632 ff.). Es wird zusätzlich zwischen Produktscanning, Medienscanning, Onlinescanning, Psycho-Exploration, semantischer Analyse und ethnografischer Beobachtung unterschieden.

Produktscanning, das vorrangig als Marketingwerkzeug eingesetzt wird, ermöglicht z.B. Einblick in das Einkäuferverhalten. Das Unternehmen kann Einkäufertrends besser erkennen und eine schnelle logistische Versorgung realisieren (vgl. Meffert 1998 S. 651 f.).

Die Vorteile des Medien- und Onlinescannigs, Methoden die Medien wie Fachzeitschriften, Bücher oder das Internet nutzen, liegen in der Betrachtung eines beliebig weiten Zeithorizonts und in der Unabhängigkeit des Betrachtungsgegenstandes.

Technologien, die in produktfremden Märkten entstehen, können berücksichtigt werden (vgl. Horx/Wippermann 1996 S. 75 f.). Medien- und Onlinescanning werden teilweise auch als Teil der Literatur- und Patentanalyse betrachtet (vgl. Kapitel 2.2.3.2.3).

Psycho-Exploration als Methode des Monitoring gewinnt Erkenntnisse aus Diskussionen der Ergebnisse des Scanning im Monitoring-Team, wobei die gewonnenen Informationen durch Mehr-Themen-Befragungen (vgl. Meffert 1998, S.197) kontinuierlich vertieft und ausgebaut werden.

Die semantische Analyse versucht zusätzliche Kenntnisse und Gedankenverknüpfungen aus den sich aus dem Scanning ergebenden Begrifflichkeiten und neuen Wörtern abzuleiten, und damit den Betrachtungshorizont zu erweitern.

Die ethnografische Beobachtung ist eine beschreibende Völkerkunde, die Ergebnisse des Scannings zielgruppenspezifisch aufarbeiten. Der „Ethnologische Interviewer versucht das Lebensgefühl einzelner Zielgruppen in Wort und laufendem Bild festzuhalten und somit ein besonders plastisches Gegenwartsbild zu entwerfen“ (Horx/Wippermann 1996, S. 88).

Die Probleme dieser Methode ergeben sich aus dem oben beschriebenen Ansatz von Ansoff. Vorlaufereignisse sind als solche nur schwer zu erkennen und können nicht immer auf einen Trend bezogen werden. Diese Signale entstehen oft auch in branchenfremden Märkten und sind nicht mittels klassischer Kenngrößen wie Umsätze oder Anzahl der Anwender erfassbar. Der Personalaufwand für das Monitoring ist hoch, da die Mitarbeiter aus möglichst verschiedenen Funktionsbereichen bereitgestellt werden müssen, um objektive Ergebnisse zu garantieren.

#### *2.2.3.2.3 Literatur- und Patentanalyse*

Als eine der ältesten Analysemethoden hat die Literatur- und Patentanalyse noch immer einen hohen Stellenwert als Teil der Technologiefrüherkennung. Der methodische Ansatz begründet sich in der Tatsache, dass wissenschaftliche Erkenntnisse und Informationen über neue Technologien möglichst früh publiziert werden, da nur so wissenschaftliche Urheberschaft dokumentiert werden kann (vgl. Geschka 1995, S. 634 f.).

Informationen zu innovativen Techniken und Produkten werden oft nur in Form von Patenten publiziert, um die wirtschaftlichen Interessen wahren zu können. Durch den

Einsatz von Datenbanken, modernen Kommunikationsmedien und dem Internet wurde diese Methode teilweise vereinfacht. So kann nun mit hoher Geschwindigkeit auf einen weitaus größeren Datenpool zugegriffen werden. Die qualitative Beurteilung bzw. die Auswertung der anfallenden Daten kann zwar schon zu einem kleinen Teil durch Filterung oder die Anwendung von intelligenten Agententechnologien vereinfacht werden, stellt aber immer noch die größte Herausforderung in der Literatur- und Patenanalyse dar.

Aus Patentanalysen können aussagekräftigere Informationen gewonnen werden als durch die reine Literaturanalyse (vgl. Grupp 1992, S. 42 ff.), da Patente vor der Publikation angemeldet werden müssen und sehr selten taktischer Natur sind. Die durchschnittliche Vorlaufzeit der Patentanmeldungen vor klassischen Publikationen liegt bei 5-7 Jahren.

#### *2.2.3.2.4 Delphi-Methode*

Bei der Delphi-Methode handelt es sich um eine Weiterentwicklung der in Kapitel 2.2.3.2.1 beschriebenen Methoden zur Erfassung von Expertenmeinungen. Konzipiert wurde diese Methode in den 60er Jahren von Helmer, Dalkey und anderen Mitarbeitern der RAND-Corperation. Das Vorgehen unterscheidet sich dahin gehend von der in Kapitel 2.2.3.2.1 beschriebenen Methode, dass es sich um eine mehrstufige Expertenbefragung handelt (vgl. Gisholt 1976, S. 114). Genau wie die Expertenbefragung basiert die Delphi-Methode auch auf der Annahme, dass die Bündelung von Wissen bestimmter Personen, die sich auf ein und dasselbe Fachgebiet spezialisiert haben, es ermöglicht, neue Technologien frühzeitig zu erkennen. Auch diese Methode basiert somit auf dem individuellen und intuitiven Urteil von Fachexperten.

Die Fachleute müssen eine Reihe von Fragen in schriftlicher Form beantworten. Diese Fragestellungen sind für alle Teilnehmer gleich. Die Lösungen werden dann gesammelt und ausgewertet. Dabei werden alle Antwortbögen separat betrachtet, die in ihren Ergebnissen extrem vom Median abweichen. Gibt es plausible Gründe für die Abweichungen, werden Beschreibungen dieser Divergenzen gemeinsam mit Erklärungen an alle anderen Teilnehmer versendet.

Die Teilnehmer füllen danach den Lösungsbogen erneut aus. Durch die neuen Erkenntnisse können die Antworten der Experten durchaus von den in der ersten Runde

abgegebenen Antworten abweichen. Die Lösungen werden wieder ausgewertet und vom Median abweichende Antworten verifiziert. Diese Prozedur wiederholt sich solange, bis vier Runden absolviert wurden. Die Anzahl der Runden kann im Vorfeld bestimmt werden, in der Praxis hat sich aber die Durchführung von vier Runden als ausreichend erwiesen. Der Median der Ergebnisse der letzten Runde wird als verbindlich für die Lösung des Problems betrachtet (vgl. Brockhoff 1977, S. 81 f.). Neben der Mehrstufigkeit als ein Schwerpunkt der Delphi-Methode ist die Anonymität der Befragten Voraussetzung für die erfolgreiche Durchführung der Delphi-Methode.

#### *2.2.3.2.5 Trendextrapolation*

Grundlage für Extrapolationen bildet die Annahme, dass sich Entwicklungstendenzen der Vergangenheit und Gegenwart in die Zukunft fortsetzen. Eine weitere Annahme ist, dass weder neue Einflüsse, die eine eventuelle Änderung der Zukunft bewirken, hinzukommen, noch das bestehende Einflüsse radikal verändert werden können.

Technologische Leistungsindikatoren haben in der grafischen Darstellung oft den Verlauf einer exponentiellen Funktion. Dies erklärt sich mit der Absicht von Unternehmen das Leistungsniveau merklich anzuheben. Können sich alle Unternehmen am Markt frei entwickeln und das Leistungsniveau heben, entsteht bei den Leistungsindikatoren der expotentielle Verlauf. Werden Faktoren wirksam, die eine Leistungssteigerung abschwächen, nimmt die Funktion die Form einer S-Kurve an. Diesen Verlauf macht sich die Trendextrapolation zu Nutze. Mit Hilfe mathematischer Funktionen kann der weitere Verlauf der Kurve prognostiziert werden. Dabei stützt man sich entweder auf Vergangenheitswerte oder benutzt theoretische Muster. Möglich ist auch eine Kombination der beiden Verfahren.

Nach Kern und Schröder besteht das Verfahren aus vier Teilen:

1. Die Auswahl der Trendparameter, deren zukünftige Entwicklung prognostiziert werden soll. Dabei handelt es sich um die oben beschriebenen technologischen Leistungsindikatoren. Diese müssen nach Martino die funktionale Leistungsfähigkeit der betrachteten Technologie vollständig abbilden, operational definierbar, unabhängig von der Konfiguration der Technologie sein und eine hinreichende Zahl von Vergangenheitswerten aufweisen (vgl. Martino 1973, S. 117 f).

2. Die Festlegung von Trendformen bezieht sich auf den Funktionsverlauf der Trendparameter. Die Funktionen können linear, expotentiell, S-förmig, doppelt-exponentiell und stufenförmig verlaufen (vgl. Jantsch 1967, S. 157 ff). Dabei ist es möglich, sich auf Vergangenheitswerte zu beziehen oder auf die oben erwähnten theoretischen Muster. Diese Muster werden gegebenenfalls unabhängig von Vergangenheitswerten erstellt. Grundlage bilden theoretische Überlegungen, die Parallelen zu biologischen Wachstumsprozessen oder chemisch-physikalischen Reaktionsverläufen aufweisen können bzw. durch historische Analogien erklärt werden. Kern und Schröder verweisen dabei auf ein Beispiel der Firma General Electric. Das Unternehmen versuchte den Anteil der Atomenergie an der gesamten Energieerzeugung der USA für 2060 zu prognostizieren, wobei man von der Annahme ausging, dass sich die Atomenergie genau nach dem gleichen Muster weiterentwickeln würde, wie die Energieerzeugung aus festen Brennstoffen.
3. Bei der numerischen Bestimmung der Trendfunktion wird mittels Regressionsanalyse die zugrunde liegende Funktion ermittelt, die eine gegebene Datenmenge am besten abbildet.
4. Die Extrapolation des Trends in die Zukunft ergibt sich dann durch die Verlängerung der Funktion auf der Zeitachse in die Zukunft (vgl. Kern/Schröder 1977, S. 55 ff.).

Probleme der Trendextrapolation liegen in der theoretischen Fundierung. Die Ergebnisse einer Extrapolation erlauben nur einen sehr groben Überblick über die zukünftige Entwicklung. Dabei nimmt die Zuverlässigkeit der Prognosen mit der Vergrößerung des Zeithorizonts stark ab. Hauptkritikpunkt ist die Annahme, dass der Verlauf von technologischen Leistungsindikatoren sich in der Zukunft nicht ändern wird.

Schwierigkeiten ergeben sich bei der Ermittlung der benötigten Leistungsindikatoren, die sich in der Zukunft verändern könnten. So kann zum Beispiel zum Zeitpunkt der Prognoseerstellung ein Leistungsindikator „Implemtentierungszeit“ im Mittelpunkt stehen, wohingegen andere Indikatoren weniger betrachtet werden. Im Zielzeitraum werden aber zusätzliche Indikatoren benötigt, die bei der Prognose zu wenig oder gar nicht betrachtet wurden.

Trendextrapolationen, die auf theoretischen Mustern beruhen, wirken gegebenenfalls unlogisch und sind oft schwer nachvollziehbar. Die sich daraus ergebenden Prognosen sind theoretischer Natur und in der Praxis kaum zu verwenden.

Ein weiterer Kritikpunkt an der Trendextrapolation ist der Methode der Ermittlung der Trendfunktion, auf der die Prognose basiert. Oft kann sie nicht genau genug ermittelt werden und es entstehen gravierende Abweichungen.

#### *2.2.3.2.6 Szenariomethode*

Ein Szenario ist „die Beschreibung einer zukünftigen Situation und die Entwicklung bzw. Darstellung des Weges, der aus dem Heute in die Zukunft hineinführt.“ (vgl. Reibnitz 1992, S. 14).

Eine eindeutige Definition von Szenarien im Rahmen der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften ist schwer möglich, da in der wissenschaftlichen Literatur und in der Praxis eine ganze Reihe verschiedener Ansätze existieren. Diese unterschiedlichen Szenariomethoden unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der zu durchlaufenden Arbeitsschritte.

Grundlage für diese Arbeit bildet folgende Definition:

„Ein Szenario ist die Beschreibung einer komplexen, zukünftigen Situation, deren Eintreten nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden kann sowie die Darstellung einer Entwicklung, die aus der Gegenwart zu dieser Situation führen könnte“ (vgl. Gausemeier/Fink/Schalke 1996, S. 108).

Abbildung 5 zeigt das Denkmodell der Szenariomethode.

In Abbildung 5 wird von der Gegenwart ausgegangen. Zielzeitpunkt ist der im Vorfeld definierte Zukunftshorizont (Prognosezeitpunkt).

Nach Reibnitz nehmen Komplexität und Unsicherheit mit fortschreitendem Zeithorizont (Prognosezeitraum) zu (vgl. Reibnitz 1992, S. 26). Diese Entwicklung wird durch den Szenariotrichter symbolisiert.

Der mögliche Zielzustand liegt in der Zukunft - in Abbildung 5 symbolisiert durch die Schnittfläche des Trichters.

Die Beschreibung der Entwicklung, die zu diesem zukünftigen Ist-Zustand führt wird in Abbildung 5 symbolisiert durch die Entwicklungspfade.

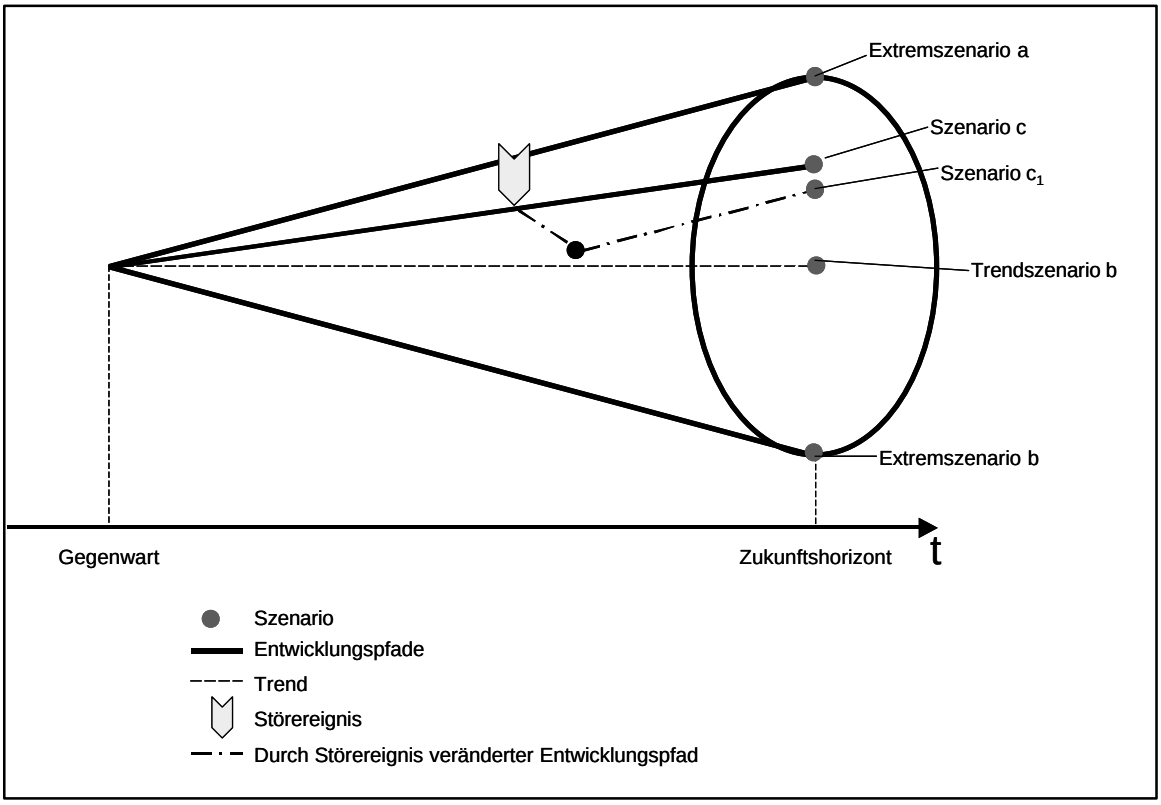


**Abbildung 5: Denkmodell der Szenariomethode (vgl. Geschka 1995, S. 305).**

Ein Szenario enthält eine statische Komponente (der zukünftige Ist-Zustand) und eine dynamische Komponente (der Weg zum Ist-Zustand).

Die Unterscheidung in Extremszenarien ermöglicht es, alle empirisch wahrscheinlichen und logisch möglichen Ergebnisse zu beschreiben. Die minimale Anzahl solcher Extremszenarien ist in der wissenschaftlichen Literatur umstritten. Geht v. Reibnitz davon aus, dass zwei Extremszenarien (Best-Case- und Worst-Case-Szenario) ausreichend sind, glauben andere Autoren, dass drei bzw. vier (Lindemann, Kennel, Mac Nulty und Wilson) oder sechs (Vanston, Frisbie) nötig sind, um realistische Ergebnisse zu erhalten (vgl. Götze 1993, S. 389 ff.).

In einer späteren Planungsphase, die sich an die Szenariobildung anschließt, werden Diskontinuitäten berücksichtigt. Diese Störereignisse und ihre Auswirkungen auf die zukünftige Entwicklung werden im Vorfeld grob definiert und je nach Diskontinuität präventive oder reaktive Maßnahmen beschrieben. In Abbildung 5 wird ein solches Szenario als „Szenario c“ dargestellt.

Je nach angewandter Szenariomethode lässt sich eine ganze Reihe von Szenariotypen identifizieren. Wird zwischen Entscheidungs- und Orientierungsszenarien unterschieden, liegt eine betriebswirtschaftliche Fragestellung zu Grunde.

Liegt ein Entscheidungsproblem vor, kann mittels Szenarien der mögliche Erfolg der bekannten Alternativen bestimmt werden. Chancen, Risiken, Stärken und Schwächen können aus den Zukunftsbildern und der Beschreibung des zeitlichen Verlaufs abgeleitet werden und die Strategie für das weitere Vorgehen unmittelbar bestimmen.

Orientierungsszenarien liefern Alternativen. Diese Szenarien können Informationen über mögliche Entwicklungen darstellen, die dann Grundlage für eine Alternativenauswahl bilden. Sie bestimmen die weitere Strategie nur mittelbar (vgl. Gausemeier/Fink/Schalke 1996, S. 103 ff.).

Eine weitere Möglichkeit bietet die Unterscheidung in antizipative und explorative Szenarien. Bei antizipativen Szenarien ist das zu erreichende Ziel, also der zukünftige Ist-Zustand, bekannt. Zu ermitteln sind rückwirkend die Entwicklungspfade, die zu diesem Zielzustand geführt haben.

Explorative Szenarien gehen vom gegenwärtigen Ist-Zustand aus und versuchen unterschiedliche Entwicklungsmöglichkeiten mit unterschiedlichen Zielausprägungen aufzuzeigen (vgl. Scholles 1998, S. 4).

Die zeitliche Ausrichtung der Szenarien ist durch den in Kapitel 2.2.3.1 beschriebenen Prognosezeitraum definiert.

Eine Klassifizierung der unterschiedlichen Methoden wird in Abbildung 6 dargestellt.

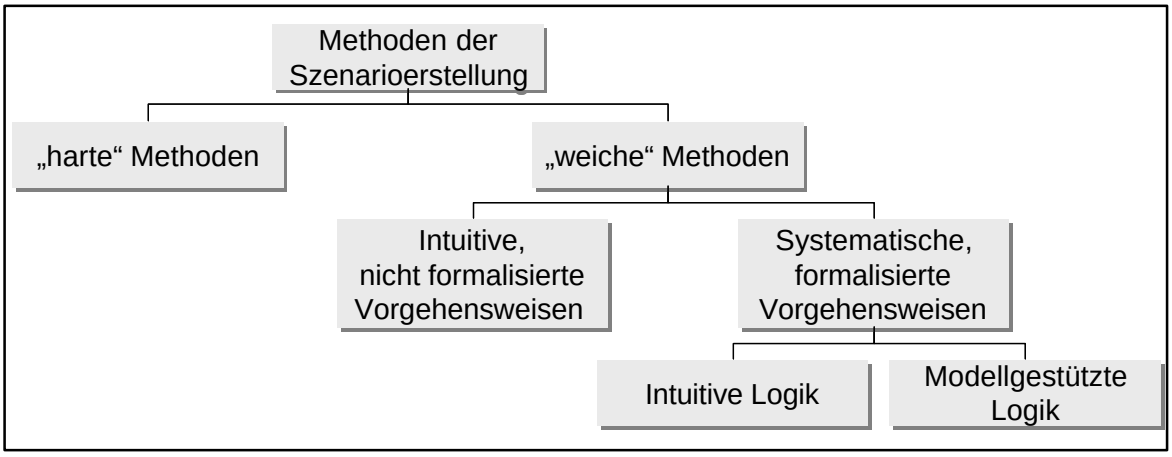


**Abbildung 6: Methoden der Szenarioerstellung nach Meyer-Schönherr (vgl. Meyer-Schönherr 1992, S. 23).**

Meyer-Schönherr unterscheidet zwischen „harten“ und „weichen“ Szenarien. Die „harten“ Szenarien basieren ausschließlich auf Auswertung quantitativer Daten. Die dabei verwendeten Modelle versuchen oft das künftige Weltgeschehen in ökonomischen Totalmodellen darzustellen, basierend auf variablen und komplexen

Gleichungssystemen (vgl. Meyer-Schönherr 1992, S. 22). Andere Autoren lehnen diese Art der Szenarioentwicklung vollständig ab (vgl. Götze 1993, S. 41), da es über diese Methoden nicht möglich ist, alternative Zukunftsbilder zu entwickeln.

Die „weichen“ Szenariomethoden beziehen neben den quantitativen Daten auch andere Komponenten mit in die Entwicklung ein. Es wird zwischen intuitiven, nicht formalisierten und systematischen, formalisierten Vorgehensweisen unterschieden.

Die intuitiven, nicht formalisierten Szenarien verzichten auf jegliche Form der Systematik und Ordnung bei der Entwicklung. Ziel ist es, ein möglichst simples Bild einer möglichen komplexen Zukunft zu entwickeln (vgl. Kahn/Wiener 1972, S. 5 ff.). Als Gegenstück zu den ausschließlich auf quantitativen Daten basierenden harten Szenariomethoden sind die intuitiven, nicht formalisierten Szenarien sehr flexibel und liefern eine beliebige Anzahl von möglichen Zukunftsbildern. Die Anwendung erfolgt bei der Entwicklung von Global- oder Überblicksszenarien. Die fehlende Systematik macht dieses Vorgehen für den Einsatz in Unternehmen oft ungeeignet (vgl. Meyer-Schönherr 1992, S. 25).

Die systematischen, formalisierten Vorgehensweisen lassen sich in zwei weitere Methodenansätze untergliedern.

Die auf intuitiver Logik basierenden Ansätze gehen von der Annahme aus, dass unternehmerische Entscheidungen auf einer Reihe von komplexen Beziehungen zwischen ökonomischen, politischen, sozialen und ökologischen Faktoren und Ressourcen beruhen. Diese unternehmensinternen und –externen Faktoren sind sowohl quantitativ erfassbar und bis zu einem gewissen Grad zu prognostizieren als auch nur sehr schwer vorauszusagen, wie z.B. die politische Situation (vgl. Huss/Honton 1987, S. 21). Dementsprechend werden Verfahren angewandt, die ein intuitives und iteratives Vorgehen ermöglichen, mit dem Ziel, „in sich konsistente, logische Szenarien zu entwickeln“ (Meyer-Schönherr 1992, S. 35). Das Fehlen eines mathematischen Grundmodells erlaubt diesen Methoden einen hohen Grad an Flexibilität. Der gewonnene Nutzen ist stark abhängig von den am Entwicklungsprozess beteiligen Personen. Ein Vorgehen nach dem „Trail and Error“-Prinzip, das den meisten dieser Methoden zugrunde liegt, ist für viele Zielstellungen ungeeignet, da so nur bereits erkennbare Szenarien berücksichtigt werden können (vgl. Götze 1993, S. 95).

Auf modellgestützter Logik basierende Szenariomethoden greifen auf eine strukturierte, durch mathematische Algorithmen unterstützte Logik durch Bündelung und Auswahl von Alternativen zurück (vgl. Meyer-Schönherr 1992, S. 44). Grundlage dieser Methoden ist die Annahme, dass sich Unternehmen mit rapiden Veränderungen und wachsendem Einfluss außerökonomischer Faktoren konfrontiert sehen. Die Ausrichtung der auf modellgestützter Logik basierende Szenariomethoden entwickelten Szenarien liegt in Unternehmensszenarien. Global- und Branchenszenarien können zusätzlich entwickelt werden. Ziel ist es, „auf plausiblen Annahmen basierende Zukunftsbilder, die alternative mögliche Situationen sowie deren Entwicklungsverläufe, die zu diesen Zukunftssituationen hinführen, [zu] beschreiben“ (Battelle aktuell 1985, S. 22).

## *2.3 Vorgehensweise*

### 2.3.1 Ansatz

Der im Folgenden beschriebene Ansatz gibt eine Beschreibung des Vorgehens zur Ableitung der Einflussfaktoren wieder.

Grundlage für den Ansatz bildet das von Gausemeier, Fink und Schlake beschriebene Vorgehen zur Entwicklung von Szenarien (vgl. Gausemeier/Fink/Schlake 1996) und der damit verbundenen Ableitung der Einflussfaktoren als Teil der Szenarioanalyse.

Im Rahmen dieser Arbeit werden vier Phasen unterschieden (vgl. Abbildung 7). Der Bereich ‚Problemstellung’ wird in der Beschreibung des Ansatzes vernachlässigt, da der Entdeckungszusammenhang schon im Vorfeld definiert und beschrieben wurde.

Das in dieser Arbeit gewählte Vorgehen orientiert sich an der in Kapitel 2.1 beschriebenen Forschungsmethodik. Es gliedert sich in vier aufeinander folgende Phasen:

- Phase 1: Identifikation der technologischen Entwicklungsschwerpunkte und Anwendungsbereiche der Informations- und Kommunikationstechnologien,
- Phase 2: Beispielhafte Beschreibung der technologischen Entwicklungsschwerpunkte und Ableitung der Einflussfaktoren,
- Phase 3: Beispielhafte Beschreibung der Anwendungsbereiche der Informations- und Kommunikationstechnologien und Ableitung der Einflussfaktoren,
- Phase 4: Zusammenfassende Darstellung der Einflussfaktoren.

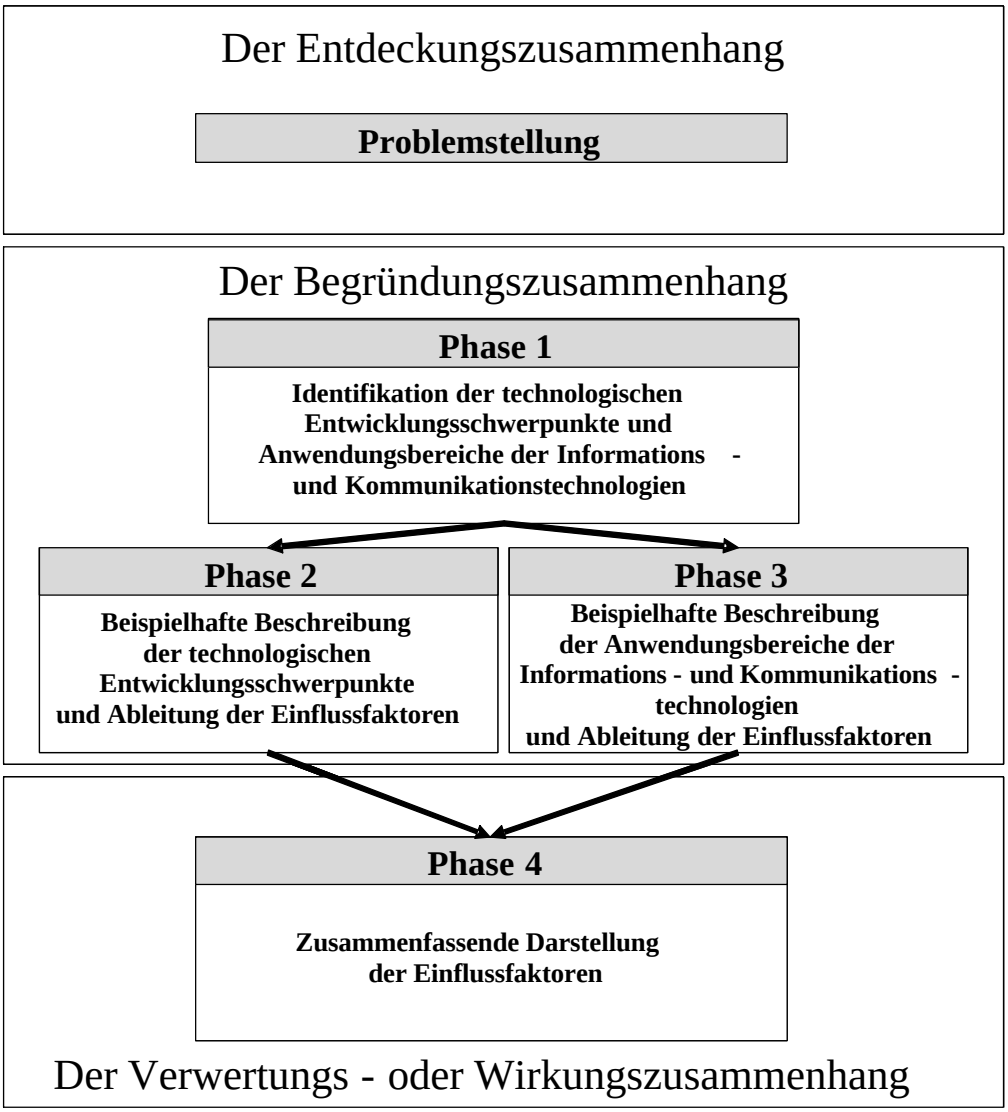


**Abbildung 7: Vorgehensweise zur Ableitung von Einflussfaktoren.**

Voraussetzung für die Identifikation von Einflussfaktoren als Basis für die Entwicklung von Technologieszenarien ist eine Eingrenzung bzw. eine Beschreibung des Betrachtungsgegenstandes (Phase 1). Im Rahmen dieser Arbeit wird zwischen technologischen Entwicklungsschwerpunkten und Anwendungsbereichen der Informations- und Kommunikationstechnologien unterschieden. Die Unterscheidung basiert auf der Annahme, dass die Entwicklung des Betrachtungsobjekts, in diesem Fall einer Technologie, sowohl von eigenen als auch von Umweltfaktoren abhängig ist (vgl. Gausemeier/Fink/Schlake 1996, S. 70 ff.). Neben den rein technologischen Faktoren, die aus der Beschaffenheit des Betrachtungsobjekts resultieren, existieren eine Reihe von Einflussfaktoren, die durch eine technologische Betrachtung allein nicht oder nur schwer erfasst werden können, z.B. die Auswirkungen der Anwenderakzeptanz auf die betrachtete Technologie oder die gesamtwirtschaftliche Situation.

Aus diesem Grund wird nicht nur die Technologie in das Zentrum der Betrachtung gerückt, sondern auch seine Umwelt. Die globale Umwelt des Betrachtungsobjekts (der Technologie), als Menge von generellen Bedingungen im Umfeld der Technologie, die eine Entwicklung direkt oder indirekt beeinflussen können, lässt sich basierend auf der klassischen Konzeption von Farmer/Richmann 1965 in folgende Segmente einteilen (vgl. Welge/Ah-Lahmam 1992, S. 84 ff.):

- Die ökonomische Umwelt umfasst die Entwicklung gesamtwirtschaftlicher Einflussfaktoren, wie das Bruttosozialprodukt, Einkommensentwicklung oder Lebenshaltungskosten (vgl. Kreikebaum 1991, S. 35).
- Die soziokulturelle Umwelt umfasst gesellschaftliche Werte, kulturelle Normen oder Einstellungen (vgl. Ulrich 1990, S. 71). Ökologische Faktoren werden im Rahmen dieser Arbeit als Teil der soziokulturellen Umwelt betrachtet, weil sie im Rahmen einer Diskussion eines „Wertewandels“ (vgl. Amelung/Corsepius 1991, S. 41 ff.) als kulturelle Norm betrachtet werden.
- Die technologische Umwelt umfasst Einflussfaktoren aus der allgemeinen technologischen Infrastruktur, aus Konkurrenz- oder Substitutionstechnologien oder Einflussfaktoren aus den Lebenszyklen anderer Technologien (vgl. Welge/Ah-Lahmam 1992, S. 87).
- Die politische Umwelt umfasst alle Einflussfaktoren, die von der Seite einer gesetzgebenden Körperschaft, z. B. des Staates oder einer Staatengemeinschaft, die Entwicklung der Technologie beeinflussen können (vgl. Welge/Ah-Lahmam 1992, S. 86).

Eine wesentliche Aufgabe dieser Umweltanalyse ist es, aus einer unüberschaubaren Menge von Einflussfaktoren, die wesentlichen herauszufiltern (vgl. Johnson/Scholes 1988, S. 58).

Die technologischen Einflussfaktoren aus der Beschreibung des Betrachtungsgegenstandes und der technologischen Umwelt sind sich ähnlich, da eine Beeinflussung von Konkurrenz- oder Substitutionstechnologien auf technologischer Ebene über ähnliche Faktoren erfolgt, wie z.B. Material oder Baugröße. Um Redundanzen im Rahmen dieser Arbeit zu vermeiden, werden die technologiespezifischen Einflussfaktoren und die Faktoren aus der Analyse der technologischen Umwelt unter dem Begriff der **technologischen Einflussfaktoren**

zusammengefasst. Faktoren aus der Analyse der politischen, ökonomischen und soziokulturellen Umwelt werden durch den Begriff der **nichttechnologischen Einflussfaktoren** beschrieben.

Die Identifikation und Ableitung der technologischen Einflussfaktoren erfolgt über die beispielhafte Beschreibung innovativer Technologien. Die Menge dieser Betrachtungsgegenstände setzt eine weitere Klassifizierung voraus. Im Rahmen dieser Arbeit werden **technologische Entwicklungsschwerpunkte** unterschieden, die einzelne Technologien unter einem Aspekt, wie z.B. die Kommunikation unterschiedlicher Komponenten der Informations- und Kommunikationstechnologien oder der Verkleinerung von Geräten oder Bauteilen, zusammenfassen und über die sich die technologischen Einflussfaktoren ableiten lassen.

Identifikation und Ableitung der nichttechnologischen Einflussfaktoren orientieren sich stark an den zukünftigen Einsatzfeldern der Technologien bzw. an der Frage: „Wo können die Technologien eingesetzt werden?“. Auch hier wird im Rahmen einer Komplexitätsreduktion eine weitere Klassifizierung vorgenommen. Die einzelnen **Anwendungsbereiche der Informations- und Kommunikationstechnologien** fassen einzelne Anwendungskonzepte unter dem Aspekt des Einsatzgebietes (z.B. Unternehmen oder privater Haushalt) zusammen.

Nach der Identifikation und Beschreibung der technologischen Entwicklungsschwerpunkte erfolgt eine Beschreibung einzelner innovativer Technologien, die sich in einem prototypischen Entwicklungsstadium befinden oder kurz vor der Marktpenetration stehen, aus dem jeweils betrachteten Schwerpunkt (Phase 2). Die Auswahl der Technologien ergibt sich aus der im Rahmen der Arbeit angewendeten Methoden, wie Literatur- und Patentrecherche, Scanning und Monitoring oder das Erfassen von Expertenmeinungen. Es ist nicht Ziel dieser Arbeit, alle Technologien eines Entwicklungsschwerpunktes darzustellen. Vielmehr sollen einige ausgewählte Beispiele aufgrund ihrer technologischen Eigenschaften ein möglichst breites Spektrum an abzuleitenden Einflussfaktoren schaffen.

Die beispielhafte Beschreibung der Konzepte der Informations- und Kommunikationstechnologien als Teil der Anwendungsbereiche soll ein breites Spektrum an nichttechnologischen Einflussfaktoren liefern (Phase 3). Auch hier ist es nicht Ziel der Arbeit, alle im jeweiligen Anwendungsbereich möglichen Konzepte für die Informations- und Kommunikationstechnologien zu beschreiben. Die Auswahl

erfolgte ähnlich Phase 3 mit der Zielstellung, innovative Konzepte zu identifizieren, die durch eine möglichst große Zahl unterschiedlicher Einflussfaktoren beeinflusst werden.

Für jede Technologie ergibt sich ein Katalog von Faktoren (Phase 4), der allgemeine sowie spezielle technologische Einflussfaktoren enthält und sich je nach Anwendungsgebiet um nichttechnologische Faktoren erweitern lässt. Diese zusammenfassende Darstellung erfolgt in den Kapiteln 3.8 und 4.7.

### 2.3.2 Identifikation technologischer Entwicklungsschwerpunkte

Technologische Entwicklungsschwerpunkte fassen, wie in Kapitel 2.3.1 beschrieben, einzelne Technologien unter einem Kriterium - im Rahmen dieser Arbeit hinsichtlich ihrer Funktion - zusammen.

Grundlage für die Klassifizierung bilden die Studie Delphi 98 (vgl. Delphi 1998) und Kommunikations- und Informationstechnik 2010 (vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2000), die über mehrstufige Expertenbefragungen (Delphi-Methode) und Marktanalysen (Scanning und Monitoring, Expertenbefragungen) diese Schwerpunkte identifiziert haben. Der zeitliche Betrachtungszeitraum der oben genannten Studien (>2010) geht über den Betrachtungszeitraum dieser Arbeit hinaus, die identifizierten Entwicklungsschwerpunkte können durch Abstraktion und Zusammenfassung auf diese Arbeit übertragen werden.

Die identifizierten Entwicklungsschwerpunkte sind nicht als individuelle Entwicklungen, sondern vielmehr als generelle globale Entwicklungstendenzen zu verstehen, die sich über oben genannte Studien und Expertenbefragungen verifizieren lassen.

Folgende technologischen Entwicklungsschwerpunkte wurden identifiziert:

- Leistungssteigerung,
- Vernetzung,
- Sensortechnik und Digitalisierung,
- Miniaturisierung,
- Sicherheit,
- Konvergenz.

Unter **Leistungssteigerung** wird im Folgenden die Weiterentwicklung von Mikroprozessoren und Massenspeichermedien verstanden werden. **Leistung** ist der Quotient aus Zeitspanne und verrichteter Arbeit (P=?W/?t). Die Zeitabhängigkeit dieses Entwicklungsschwerpunkts spiegelt sich z. B. in der steigenden Taktfrequenz (vgl. Kapitel 3.2.1) oder in der steigenden Umdrehungsgeschwindigkeit von Massenspeichermedien wider (vgl. Kapitel 3.2.2). Eine Leistungssteigerung bei der Übertragung von Daten über unterschiedliche Medien wird im Entwicklungsschwerpunkt Vernetzung separat betrachtet.

Der technologische Entwicklungsschwerpunkt **Vernetzung** beinhaltet die Weiterentwicklung von Netzwerken und der Verbindung zwischen den einzelnen Netzwerkkomponenten über verschiedene Übertragungsmedien.

Als Netzwerk wird die Gesamtheit aller Knoten, z. B. in Form von Computern und der zwischen ihnen liegenden Verbindungsstrecken, bezeichnet (vgl. Krückeberg/Spaniol 1990, S. 430). Im Regelfall handelt es sich um eine Gruppe von Computern und Kommunikationseinrichtungen, die miteinander verbunden sind. Der Prozess der **Vernetzung** ist das Verbinden der einzelnen Knotenpunkte über unterschiedliche Übertragungsmedien. Diese Netzwerkverbindungen können permanent oder zeitweilig eingerichtet werden (vgl. Microsoft Press 2000, S. 496).

Übertragungsmedien sind technische Einrichtungen zur schnellen und umfangreichen Übermittlung von Nachrichten. Jedes Material oder jeder Stoff, der zur Übertragung von Signalen benutzt werden kann, ist als Übertragungsmedium nutzbar. Das Übertragungsmedium überträgt diese Signale, die in Form von modulierten Trägerschwingungen vorliegen, als Lichtsignale oder als akustische Schwingungen von einem Punkt zu einem anderen (vgl. Networkworld 2002a).

Der Entwicklungsschwerpunkt **Sensortechnik und Digitalisierung** umfasst im Rahmen dieser Arbeit Technologien zur Erfassung von Daten über unterschiedliche Formen von Sensoren, die Verarbeitung der Daten bzw. ihre Digitalisierung und die Ausgabe der Informationen in digitaler Form.

Ein Sensor ist ein Gerät, das eine Messgröße nachweist oder misst, indem es nichtelektrische Energie in elektrische Energie umwandelt (vgl. Microsoft Press 2000, S. 634).

Digitalisierung ist der Prozess der Umwandlung von sich stetig veränderbaren Eingangsgrößen in eine Folge von diskreten Einheiten, die durch die binären Ziffern 0 und 1 dargestellt werden (vgl. Microsoft Press 2000, S. 202).

Der Entwicklungsschwerpunkt **Miniaturisierung** umfasst Technologien zur Verkleinerung von Computersystemen oder einzelnen Komponenten dieser Systeme. Themenschwerpunkt bilden Verfahren der Mikro- und Nanotechnologien. Grundlage für die Auswahl der einzelnen Technologien bildet die folgende Definition:

„**Miniaturisierung** kennzeichnet bei der Entwicklung integrierter Schaltkreise den Prozess der Größenreduzierung und Erhöhung der Packungsdichte von Transistoren und anderen Bauelementen auf einem Halbleiterchip“ (Microsoft Press 2000, S. 470).

Das Thema **Sicherheit** wird immer wichtiger beim Einsatz von Informationssystemen. Die zunehmende Datenvielfalt, verbunden mit der steigenden Komplexität der Software und der Leistungssteigerung der Hardware, setzt immer neuere Sicherungsmechanismen voraus.

Informations- und Kommunikationstechnologien als Teil eines oder mehrerer Netzwerke benötigen mehr und mehr Schutzmechanismen. Ziel ist nicht nur eine Absicherung nach außen, z.B. durch eine Firewall (vgl. Kapitel 3.6.5), sondern auch die Entwicklung innerer Sicherungsmechanismen, welche die Verschlüsselung (vgl. Kapitel 3.6.2) oder einen Zugangsschutz über biometrische Daten (vgl. Kapitel 3.6.1) unterstützen. Eine Studie des CSI hat gezeigt, dass mehr Angriffe aus externen Netzen, wie dem Internet, erfolgen als noch vor einigen Jahren (vgl. Tabelle 1).

Positiver Effekt dieser Entwicklung ist, dass im Jahr 2000 ca. 70% aller Angriffe als solche erkannt worden sind, im Gegensatz dazu nur 42% im Jahr 1996.

**Konvergenz** als evolutionärer Prozess des Zusammenwachsens der Bereiche Telekommunikation, Informationstechnologien, Medien und Entertainment ist ein dominanter Begriff in der modernen Informationsverarbeitung (vgl. Covell 2000, S. 86). Die Vielschichtigkeit des Begriffes macht eine präzise Definition und eine exakte, allumfassende Auswahl von Beispieltechnologien unmöglich. Im Rahmen dieser Arbeit wird obige Definition dahin gehend eingegrenzt, dass Informations- und Kommunikationstechnologien unterschiedlicher Herkunft zu gleichen oder ähnlichen Formen weiterentwickelt werden. Im Zentrum der Betrachtung liegt in dieser Arbeit

Voice over IP, stellvertretend für eine Vielzahl weiterer Technologien, deren umfassende Beschreibung den Rahmen dieser Arbeit übersteigen würde.

| Jahr | Angriffe | | | Angriff erfolgte über | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ja | Nein | unbekannt | internen Zugriff | Remote-Zugriff | Internet |
| 1996 | 42 | 37 | 21 | 53 | 39 | 37 |
| 1997 | 50 | 33 | 17 | 52 | 35 | 37 |
| 1998 | 64 | 18 | 18 | 44 | 24 | 54 |
| 1999 | 62 | 17 | 21 | 51 | 28 | 57 |
| 2000 | 70 | 16 | 12 | 38 | 22 | 59 |

**Tabelle 1: Entwicklung der Attacken auf Rechnernetze von 1996 bis 2000 (vgl. CSI 2000).**

### 2.3.3 Identifikation von Anwendungsbereichen der Informations- und Kommunikationstechnologien

Grundlage für die Identifikation der Anwendungsbereiche der Informations- und Kommunikationstechnologien bildet, wie schon in Kapitel 2.3.1 beschrieben, die Frage: Wo können die einzelnen Technologien eingesetzt werden?

Die Anwendungsbereiche unterscheiden sich vorrangig hinsichtlich ihrer Nutzerzahlen, ihrer geografischen Ausdehnung und hinsichtlich der Komplexität der eingesetzten Systeme, in denen Informations- und Kommunikationstechnologien genutzt werden.

Jeder der beschriebenen Anwendungsbereiche enthält unterschiedliche Konzepte zur Nutzung von Technologien. Unter Konzept soll im Folgenden eine Gruppe bzw. eine Kombination von unterschiedlichen Informations- und Kommunikationstechnologien verstanden werden, die den Nutzen der Anwender im jeweils betrachteten Anwendungsbereich unter einer speziellen Aufgabenstellung erhöhen.

Folgende Anwendungsbereiche der Informations- und Kommunikationstechnologien wurden identifiziert:

- Global,
- Unternehmen,
- Haushalt,
- Fahrzeug,
- Körper.

Der Anwendungsbereich **Global** umfasst Konzepte, die den Zugriff auf Technologien auf einer globalen oder überregionalen Ebene voraussetzen. Er spiegelt die Potentiale von Technologien wider, die eine überregionale Infrastruktur benötigen. In Kapitel 4.2 werden die Konzepte Globalisierung und Regionalisierung zur Identifikation der nichttechnologischen Einflussfaktoren beschrieben.

Verglichen mit den verbleibenden Anwendungsbereichen ergibt sich die Schwierigkeit, dass es auf globaler Ebene keine Institution gibt, die allumfassend Konzepte durch- und umsetzen kann, wie z. B. eine „Weltregierung“. Vielmehr liegt die Umsetzung der Vorgaben oder Empfehlungen bei Unternehmen, Haushalten oder einzelnen Individuen in den entsprechenden Regionen.

Die in Kapitel 4.2 identifizierten Einflussfaktoren beeinflussen somit auch alle anderen Anwendungsbereiche bzw. werden durch sie beeinflusst.

Ein **Unternehmen** ist ein wirtschaftliches, rechtlich organisatorisches Gebilde, in dem auf nachhaltig ertragsbringende Leistung gezielt wird, abhängig von der Art der Unternehmung nach einem Gewinnmaximierungsprinzip oder Angemessenheitsprinzip (vgl. Böventer at all 1997, S. 10 ff.). Es ist eine Wirtschaftseinheit, die Faktorleistungen und Vor- oder Zwischenprodukte nachfragt, daraus andere Güter produziert und diese mit dem Zweck der Wertschöpfung auf Gütermärkten anbietet (vgl. Schumann/Meyer/Ströble 1999, S. 121 f.). Der Anwendungsbereich Unternehmen fasst Konzepte zur Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien zusammen, die im Umfeld des Unternehmens eingesetzt werden.

Der **Haushalt** ist ein Wirtschaftssubjekt, das Bedürfnisse hat, die es durch den Konsum von Gütern befriedigen kann (vgl. Böventer at al. 1997, S. 10 ff.). Haushalte bilden eine Lebensgemeinschaft, deren wirtschaftliche Bedeutung in ihrer Funktion als Wohngemeinschaft, Einkommensgemeinschaft, Konsumgemeinschaft und Produktionsgemeinschaft beruht (vgl. Sellien/Sellien 1980, 1962 f.).

Der Anwendungsbereich Haushalt beschränkt sich auf die Infrastruktur des privaten Haushalts. Im Gegensatz zu anderen wissenschaftlichen Arbeiten (vgl. Kolbe 1998, S. 7 f.) wird in dieser Arbeit der Anwendungsbereich des Haushalts sehr eng gefasst. Das heimische Umfeld (out-of-home), wie das Auto oder mobile Endgeräte, wird in eigenen Anwendungsbereichen separat betrachtet.

Im Anwendungsbereich **Fahrzeug** werden Konzepte der Informations- und Kommunikationstechnologien beschrieben, die auf die Infrastruktur eines Fahrzeugs zurückgreifen.

Der Anwendungsbereich **Körper** beschreibt Konzepte der Informations- und Kommunikationstechnologien, die auf Infrastrukturen zurückgreifen, die am oder im Körper oder in der unmittelbaren Umgebung des Körpers eingesetzt werden.

Hinsichtlich der oben beschriebenen Unterscheidungsmerkmale lassen sich folgende Aussagen treffen:

In der beschriebenen Reihenfolge der Anwendungsbereiche nehmen die Nutzerzahlen und die geografischen Ausdehnungen ab. Eine Aussage über die Komplexität der Systeme kann nicht pauschal getroffen werden.

# 3 Darstellung der technologischen Entwicklungsschwerpunkte

## *3.1 Überblick*

In Kapitel 2.3.2 wurden die unterschiedlichen, technologischen Entwicklungsschwerpunkte identifiziert und beschrieben. Zielstellung des Kapitels „Darstellung der technologischen Entwicklungsschwerpunkte“ ist es, aus der beispielhaften Beschreibung einzelner, innovativer Technologien der genannten Schwerpunkte, technologische Einflussfaktoren für eine erfolgreiche Etablierung am Markt abzuleiten. Nichttechnologische Einflussfaktoren werden in diesem Kapitel nicht betrachtet (vgl. Kapitel 4).

Folgende Entwicklungsschwerpunkte wurden identifiziert:

- Leistungssteigerung,
- Vernetzung,
- Sensortechnik und Digitalisierung,
- Miniaturisierung,
- Sicherheit,
- Konvergenz.

Abbildung 8 verdeutlicht die Phasen/Zielsetzungen des in Kapitel 2.3.1 beschriebenen Ansatzes, die in den folgenden Kapiteln bearbeitet werden.

In Kapitel 3.2 bis 3.7 werden die einzelnen Technologien gemäß der in Kapitel 2.3.2 identifizierten technologischen Entwicklungsschwerpunkte beschrieben und Einflussfaktoren abgeleitet. Die Auswahl der Technologien erfolgte über Literatur- und Patentrecherchen. Die Beschreibung der Technologien gliedert sich in die Definition des Betrachtungsobjekts, eine kurze Beschreibung der Funktionsweise und Charakteristika und in die Identifikation und gegebenenfalls Definition der Einflussfaktoren.

In der Zusammenfassung des Kapitels 3 (Kapitel 3.8) werden alle identifizierten Einflussfaktoren noch einmal in tabellarischer Form dargestellt. Diese werden dort in technologiespezifische Einflussfaktoren und in Einflussfaktoren aus der

technologischen Umwelt unterschieden. Die Basis für diese Differenzierung liefert der in Kapitel 2.3.1 beschriebene Ansatz, wonach die Entwicklung einer Technologie nicht nur von Faktoren, die sich aus den Charakteristika des Betrachtungsobjekts ergeben, sondern auch von Einflüssen aus seiner technologischen Umwelt abhängt.

Für die Nutzung der Faktoren in möglichen Technologieszenarien oder Trendextrapolationen ist diese Unterscheidung sinnvoll, da Beziehungsanalysen bzw. eine Gewichtung der Faktoren erleichtert werden. Zusätzlich kann bei einer solchen Unterscheidung leichter zwischen Faktoren unterschieden werden, die sich direkt bzw. indirekt beeinflussen lassen.

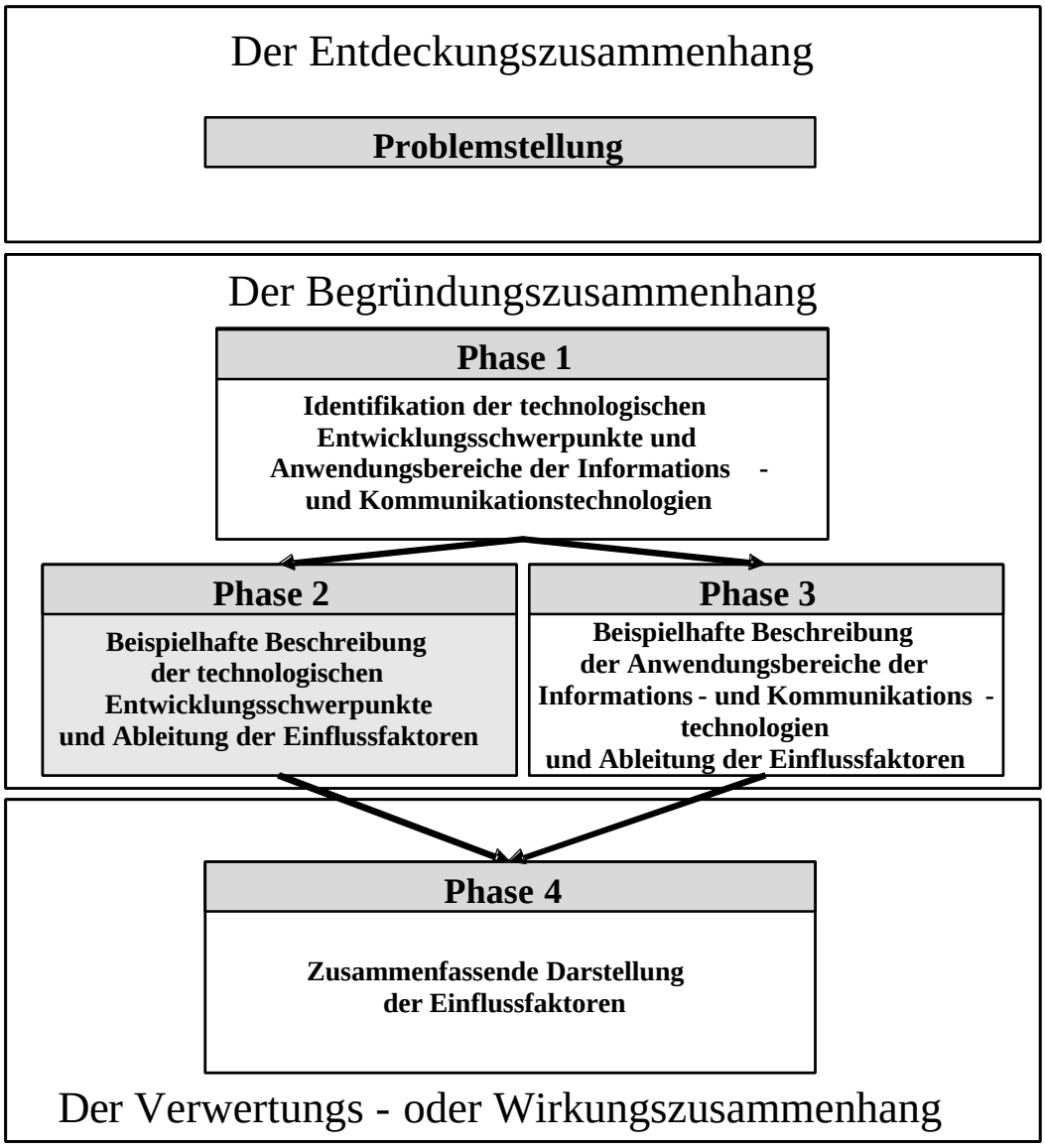


**Abbildung 8: Phasen/Zielsetzungen Kapitel 3.**

## 3.2 Leistungssteigerung

Das Kapitel Leistungssteigerung bezieht sich auf die technologischen Entwicklungen von Mikroprozessoren und Speichertechnologien im Bereich der Massenspeicher. Als Kernkomponenten moderner Rechnersysteme hat ihre Weiterentwicklung direkte Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Rechnersysteme. Komponenten, wie Sensoren oder Bauteile zur Realisierung von Rechnernetzwerken, wirken sich nur indirekt auf die Leistungsfähigkeit aus, da sie über Prozessoren gesteuert werden und Informationen über unterschiedliche Speichermedien verarbeiten. Sie werden aus diesem Grund in den jeweiligen technologischen Entwicklungsrichtungen separat betrachtet.

### 3.2.1 Mikroprozessoren

„Der Mikroprozessor ist eine universell verwendbare und frei programmierbare Funktionseinheit, die das vollständige Steuerwerk und Rechenwerk einer Rechenanlage enthält und auf einem oder mehreren integrierten Schaltkreisen untergebracht ist.

Man unterscheidet vorwiegend hinsichtlich ihrer Arbeitsgeschwindigkeit, ihres Befehlsformates, ihres Befehlsvorrats, ihrer Wortlänge […] und der Zahl adressierbarer Speicherzellen“ (Engesser 1988, S. 359).

Das Maß für die Arbeitsgeschwindigkeit als Leistungskriterium ist die Taktfrequenz und wird in Hertz gemessen. Sie ergibt sich aus dem Kehrwert der Signaldauer zwischen zwei ansteigenden oder absteigenden Werten (vgl. Engesser 1988, S. 394).

Das Befehlsformat beschreibt den Aufbau eines Befehls. Aktuelle Technologien nutzen einen Operations- und einen Adressteil für einen Befehl. Der Befehlsvorrat beschreibt die Gesamtmenge an möglichen Befehlen und ist wie die Arbeitsgeschwindigkeit ein Leistungskriterium für Mikroprozessoren (vgl. Engesser 1988, S. 71 ff.). Steigende Komplexität des Befehlsvorrats setzt aufwändigere Schaltungen voraus. Die Wortlänge ist das Maß für die Komplexität bzw. Länge der Befehle.

Die Anzahl der adressierbaren Speicherzellen bei Mikroprozessoren in Form von Transistoren ist ein weiteres Leistungskriterium. Je mehr Speicherzellen vorhanden sind, desto höher ist die Leistungsfähigkeit der Prozessoren. (vgl. Engesser 1988, S. 256 ff.).

Die Weiterentwicklung der Leistungsfähigkeit von Mikroprozessoren weist primär folgende Zielsetzungen auf:

- Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit durch den Einsatz verschiedener Technologien bei der Fertigung und Materialien zur Erhöhung der Taktfrequenz,
- Optimierung des Befehlsvorrats,
- Erhöhung der Anzahl von Speicherzellen durch die Erhöhung der Transistorenzahl auf einem Chip.

Eine signifikante Leistungssteigerung wird bisher primär über die Erhöhung der Speicherzellen (Transistoren) erreicht (vgl. Abbildung 9).

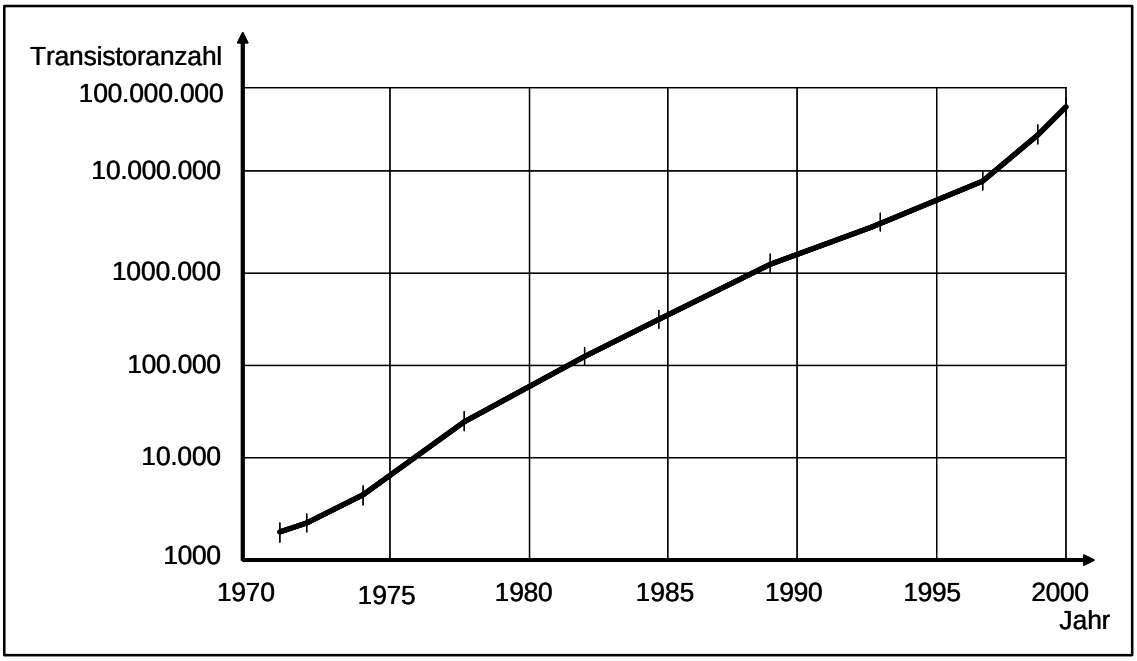


**Abbildung 9: Entwicklung von Mikroprozessoren anhand der realisierten Transistorenzahl (vgl. Intel Research 2002, S. 1).**

Diese Form der Leistungssteigerung ist auf die Verkleinerung der Transistoren zurückzuführen. Es ist so möglich, mehr Transistoren auf einem Mikroprozessor unterzubringen.

Eine mögliche Verkleinerung der einzelnen Komponenten eines Mikroprozessors ist über drei Faktoren zu erreichen, die 1972 von Robert Dennard definiert wurden:

- Verringerung der Dicke des Insulators (der Schicht zwischen der Brücke eines Prozessors und dem Silikonträgermaterial),
- Verkleinerung der Kanallänge der Transistoren,
- Verringerung des Strombedarfs (vgl. Lerner 2000, S. 2).

Die Dicke des Insulators liegt heute zwischen 2 und 3 Nanometern, sie darf aber nicht geringer als 1,5 Nanometer werden, da sonst Elektronen den Insulator „durchtunneln“ und ein fehlerfreies Arbeiten des Prozessors unmöglich machen.

Die Kanallänge der Transistoren kann, nach heutigem technologischen Stand, nicht kleiner als 25 Nanometer sein. Diese Grenzen werden voraussichtlich erst 2008-2010 erreicht (vgl. IBM Think Research Online 2002, S. 1 ff.).

Die Spannungsversorgung der Transistoren kann 1 Volt nicht unterschreiten. Heute im Einsatz befindliche Technologien liegen bei ca. 1,2 – 1,5 Volt. 2004 wird das Minimum der Stromversorgung erreicht sein.

Werden diese drei Faktoren zusammengefasst betrachtet, lässt sich eine mögliche Grenze der Leistungssteigerung durch Miniaturisierung der Komponenten bei Mikroprozessoren auf ca. 2010 determinieren. Doch gibt es Ansätze, wie man diesen Zeitpunkt weiter herauszögern kann (vgl. Lerner 2000, S. 5).

Eine Optimierung der Transistorarchitektur ermöglicht eine weitere Leistungssteigerung, zusätzlich wird durch eine Parallelnutzung mehrerer Prozessoren die Leistung erhöht (vgl. Ungerer 2001, S. 10 ff.). Der Umsetzung dieser Optimierungspotentiale erlaubt es, einer Leistungssteigerung nach Moores Gesetz zu folgen bis ca. 2020 (vgl. Lerner 2000, S. 5).

Aktuelle Prozessortechnologien basieren fast ausschließlich auf der Nutzung von Aluminiumtechnologien zur Verbindung der Transistoren. Neue technologische Impulse werden aus dem Bereich der optischen, biologischen und Quanten-Prozessoren erwartet (vgl. Rink 1998, S. 150 ff.). Die Verfügbarkeit der genannten Technologien liegt nach Expertenbefragungen im Rahmen der Studie Kommunikations- und Informationstechnik 2010 nicht im Bereich des in dieser Arbeit definierten Zielzeitraums (vgl. vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2000, S. 34).

Alternativen zur Nutzung von Aluminium zur Verbindung der Transistoren bieten Technologien unter Verwendung von Kupferleitern. Eine Verdrängung von Aluminium durch Kupfer erweist sich als schwierig; trotz höherer Leitungsfähigkeit der Kupferleitungen ist Aluminium kostengünstiger in der Produktion und Verarbeitung. Eine weitere Alternative stellt die Verwendung optischer Verbindungen zwischen den

Transistoren dar, die aber erst am Ende des Betrachtungszeitraums prototypisch verfügbar sein wird (vgl. Rink 1998, S. 150 ff.).

Als Herstellungsmaterial für Halbleiter, auf denen die Prozessoren angebracht werden, dominiert Silizium den Markt. Geringe Herstellungskosten machen die Etablierung von Alternativen wie Silizium-Germanium oder Gallium-Arsenid am Markt sehr schwer (vgl. Grohs 2000, S. 274).

Zusammenfassend lassen sich folgende Einflussfaktoren zur Steigerung der Leistungsfähigkeit ableiten:

- unterschiedlicher Materialieneinsatz für Komponenten bei der Herstellung von Mikroprozessoren,
- maximal mögliche Anzahl von Transistoren auf einem Halbleiter,
- Standardisierungsbestrebungen bei der Herstellung,
- Optimierungsgrad des Befehlsvorrats,
- Standardisierung von Prozessorarchitekturen,
- Energiebedarf der Komponenten,
- Alternative Formen der Stromversorgung,
- Miniaturisierungsgrad der einzelnen Komponenten, bestimmt durch Einsatz unterschiedlicher Materialien, die eine weitere Miniaturisierung der Insulatorschicht und Transistoren ermöglichen,
- Leistungssteigerung bei der Anbindung an andere Hardware,
- Kompatibilität,
- Integrationsgrad anderer Komponenten (zur Signalverarbeitung, Darstellung von Grafiken oder Wiedergabe von Audiodaten),
- Anzahl der Prozessoren,
- Kosten.

### 3.2.2 Speichertechnologien

„Speicher ist eine Funktionseinheit zum Aufbewahren von Daten. Digitale Speicher bestehen aus Speicherelementen, die in der Lage sind, abhängig von einem äußeren

Signal, einen von zwei erlaubten Zuständen anzunehmen und so lange in ihm zu verweilen, bis er durch ein anderes Signal geändert wird“ (vgl. Engesser 1988, S. 256 ff.).

Speichertechnologien sind die physikalisch/technischen Grundlagen für Vorrichtungen, die dazu dienen, Informationen so aufzubewahren, dass sie zu beliebigen Zeitpunkten wieder gefunden und abgerufen werden können (vgl. Krückeberg/Spaniol 1990, S. 580).

Gegenstand dieses Kapitels sind Massenspeicher und Speichersysteme mit hohen Speicherkapazitäten, die nicht auf Halbleitertechnologien aufgebaut und als externe Speicher an den Rechner angeschlossen sind.

Es wird im Rahmen dieser Arbeit zwischen folgenden Speichertechnologien unterschieden:

- magnetische Speicherung,
- optische Speicherung.

Hinzu kommen Technologien, die biologische Komponenten enthalten, aber erst langfristig zu realisieren sind. Es wird davon ausgegangen, dass die Weiterentwicklung der bestehenden Technologien kurz- bis mittelfristig größere Erfolge erzielt, als die Entwicklung neuer Technologien.

**Magnetische Speicherung** ist der Datenauftrag auf magnetisierte Medien (vgl. TU-Berlin 2002) in Form von kleinen, magnetischen Feldern (vgl. Krückeberg/Spaniol 1990, S. 373). Haupteinsatzmedium für magnetische Speichermedien sind Festplatten. Ist der äußere Aufbau dieser Geräte weitgehend gleich, können sich die im Inneren verwendeten Materialien und der Aufbau der Komponenten je nach Hersteller und Produkt voneinander unterscheiden. Festplatten enthalten rotierende Platten, deren Oberfläche elektromagnetische Daten speichern kann. Die Anzahl der übereinander geschichteten Platten variiert je nach Leistung. Momentan sind bis zu 12 Scheiben in einem Gerät integriert. Die Rotationsgeschwindigkeit hat direkte Auswirkungen auf die Induktion, die sich bei steigender Geschwindigkeit zwischen den einzelnen Platten verstärkt. Bisher liegen die Geschwindigkeiten der am Markt etablierten Geräte bei bis zu 15000 U/min, eine Steigerung dieser Leistung ist aber kurzfristig abzusehen. Über bzw. zwischen den Platten bewegen sich Schreib- und Leseköpfe, welche die Daten auslesen oder schreiben können.

Der Schreibkopf oder auch Induktivkopf schreibt die Daten über eine kleine Spule auf einem Halbleiter auf die einzelnen Platten. Zum erneuten Auslesen werden seit 1991 MR-Köpfe genutzt, die drei- bis fünfmal sensitiver waren als die im Vorfeld verwendeten Induktiv-Köpfe (vgl. Schechter/Ross 2002). Mit den heute verfügbaren Technologien können sie eine Datendichte bis zu 5 GBit/inch$^2$, trotz starker Störsignale, (Rauschen) verarbeiten. Kombiniert man zwei dieser Köpfe in Form von Dual-Stripe-MR-Köpfen, lässt sich die Leistungsfähigkeit noch weiter steigern.

Die neueren GMR-Köpfe, die aus unterschiedlichen Schichten verschiedener Materialien bestehen, sind effektiver als MR-Köpfe, da sie Quanteneffekte der Elektronen ausnutzen können. Dabei können sie je nach Spin oder Magnetfeld Elektronen unterschiedlich streuen. In Zukunft soll diese Technologie noch weiter verfeinert werden, in Form von „tunneling GMR“ und „spin-dependent tunneling GMR“, welche die Leistungsfähigkeit der Leseköpfe noch erhöhen (vgl. Schechter/Ross 2002).

Als Material für die Platten wird bisher Aluminium verwendet; es ist aber zu erwarten, dass in Zukunft Glas (vgl. Komag 2002) oder Glaskeramik eingesetzt wird, da diese Materialien störungsunanfälliger sind und ein größeres Maß an Stabilität aufweisen. Teilweise gehen einzelne Hersteller dazu über, auch optische Speichermedien zu verwenden.

Bei der Weiterentwicklung der magnetischen Speicher setzen die Hersteller auf die Verwendung neuer Materialien und eine fortschreitende Miniaturisierung der Bitzellen. Diese Entwicklung wird in Zukunft durch physikalische Effekte begrenzt werden, da eine unendliche Miniaturisierung nicht möglich ist. Diese Verkleinerung, verbunden mit einer steigenden Drehzahl der Festplatten, hat zur Folge, dass der Lese- oder Schreibkopf genauer positioniert werden muss. Dieser Umstand gestaltet sich in Zukunft als problematisch, weil der Abstand zwischen Kopf und Platte nicht beliebig verringert werden kann. Diese Grenzen werden, betrachtet man den Zeitrahmen dieser Arbeit, mittelfristig noch nicht erreicht.

Als Alternative zur magnetischen Speicherung hat sich mehr und mehr **optische Speicherung**, in Form von CDs, etabliert. Neben der CD, die bisher eine dominierende Position eingenommen hatte, drängen neue Technologien auf den Markt. Eines dieser optischen Speichermedien ist die DVD-ROM. Dieses Speichermedium besteht aus zwei miteinander verbundenen Halbseiten aus Kunststoff, die, miteinander verklebt, je ein

oder zwei Informationsschichten besitzen. Nach der Standardisierung durch die ECMA werden vier unterschiedliche Typen von DVD-ROMs unterschieden (vgl. ECMA 1999, S. 3 ff.).

Die DVD-5 besitzt nur eine datensensitive Hälfte, die andere Hälfte wird durch datenunsensitive Materialien ersetzt. Die maximal erreichbare Speicherkapazität liegt nach Angaben der Hersteller bei 4,7 GByte.

Das DVD-10-Format erlaubt eine maximale Speicherkapazität von 9,4 GByte, da bei diesem Format beide Hälften des Speichermediums datensensitiv sind. Da bisher am Markt verfügbare Lesegräte die Speichermedien nur von einer Seite lesen, muss die DVD gewendet werden, wenn von der jeweils anderen Seite Daten abgerufen werden sollen.

Trotz einer maximalen Speicherkapazität von 8,5 GByte muss die DVD-9 nicht gewendet werden. Eine der beiden Datenebenen ist für einen Laser halbdurchlässig, die andere Hälfe, wie bei der DVD-5 oder DVD-10, vollreflektierend. Die halbdurchlässige Hälfte wird dabei als Layer 0 und die vollreflektierende Hälfte als Layer 1 bezeichnet.

Die höchste maximale Speicherkapazität erreicht die DVD-18 mit bis zu 17 GByte. Beide Hälften dieser DVD bestehen je aus einer halbtransparenten und einer vollreflektierenden Schicht. Zum Lesen beider Seiten muss die DVD ähnlich der DVD-10 gewendet werden (vgl. ECMA 1999, S. 10 ff.).

Sind die einzelnen Varianten der DVD-ROMs in Form des ECMA-Standards definiert, gibt es unterschiedliche Schreibformate, die je nach Hersteller differieren. Bisher lassen sich folgende Verfahren identifizieren:

- DVD-R,
- DVD-RAM,
- DVD-RW,
- DVD+RW.

Die einzelnen Formate sind nur begrenzt untereinander kompatibel. Die Eigenschaften der einzelnen Verfahren sind in Tabelle 2 dargestellt.

Bisher ist nicht absehbar, welches der hier beschriebenen Formate sich durchsetzen wird, zudem Philips noch ein zusätzliches Format (DVD+R) entwickelt.

| Verfahren | DVD-R | DVD-RAM | DVD-RW | DVD+RW |
|---|---|---|---|---|
| Maximale Speicherkapazität in GByte | 3,67 oder 4,37 | 2,4 oder 4,37 | 4,37 | 4,37 |
| Anzahl möglicher Schreibvorgänge (Wiederbeschreibbarkeit) | 0 | 100000 | 1000 | 1000 |
| Reflexionsgrad der Medien | 45%-85% | 15%-35% | 18%-30% | 10%-20% |

**Tabelle 2: Gegenüberstellung der unterschiedlichen Schreibverfahren für DVD.**

Die nächste Entwicklungsstufe der DVD-Medien wird derzeitig von Philips und Sony entwickelt. Dieses Verfahren zur Speicherung von Daten nutzt einen blauen Laser. Das Blue-Ray-Format erlaubt es, bis zu 27 GByte Daten mit einer Datenrate von 35 MBit/s zu speichern. Diese Leistungssteigerung wird erreicht, indem man die Wellenlänge des Lasers verkürzt. Diese Modifikation von 650 nm bei roten Lasern auf 405 nm konnten bei einem Prototyp schon 22,5 GByte Daten erfasst werden. Durch die Nutzung von Nahfeldlinsen kann theoretisch die Speicherkapazität auf bis zu 100 GByte erhöht werden.

Vorteil dieser neuen Lösung ist, dass sich die führenden Unternehmen der Unterhaltungselektronik für einen Einsatz des Blue-Ray-Formats ausgesprochen haben. Hinzu kommt, dass Videodaten im Format MPEG-2 geschrieben werden, das den momentanen Standard der Videoformate darstellt.

Nachteilig bei dieser Technologie sind die Kosten für die neue Infrastruktur, die bei Besitzern herkömmlicher DVDs eine Etablierung des Blue-Ray erschweren könnte. Zusätzlich weist jedes Medium einen Kopierschutz auf und ist eindeutig zu identifizieren, was bei Datenschützern auf Kritik stößt.

Bei allen bisher beschriebenen Technologien zur optischen Speicherung von Daten, werden die Daten in zwei Dimensionen abgelegt. Das Ablegen der Informationen in drei Ebenen wird mittel- bis langfristig die bestehenden Technologien ersetzen.

Mit der Fluorescent Multi-Layer Disk der Firma Constellation 3D ist ein erster Schritt in Richtung dreidimensionale Datenspeicherung gelungen. Nach eigenen Angaben können auf diesem 12 Zentimeter großen Medium mit einer Stärke von unter 2 mm bis zu einem Terrabyte an Daten abgelegt werden, sofern ein blauer Laser genutzt wird. Mit einem roten Laser sind bis zu 140 GByte möglich. Prototypen können bisher 25 GByte

fassen. Im Unterschied zur DVD werden nicht nur 4 Layer (DVD-18), sondern bis zu 100 Layer, die von einer Seite lesbar sind, auf dem Datenträger realisiert. Bisher konnten 30 Layer auf einer Disk umgesetzt werden. Die transparente Fluorescent Multi-Layer Disk wirkt nur an dem Punkt vollreflektierend, an dem der Laser auf das Material in einem bestimmten Winkel auftrifft. Je nach Layer ist dieser Winkel unterschiedlich. Es ist theoretisch möglich, auch alle vorhanden Schichten zeitgleich auszulesen. Die Datenübertragungsrate wird mit bis zu 1 Gigabit pro Sekunde, verglichen mit der Leistung der DVD, vervielfacht.

Die Speichermedien sind sowohl als Read-only als auch als Rewritables verfügbar. Nachteilig wirken sich auch hier die Kosten für die neu anzuschaffende Hardware aus (vgl. Constellation 3D 2002).

Der nächste Schritt in der Evolution der Speichermedien liegt in der holografischen Speicherung von Daten: Die Informationen werden in Form von dreidimensionalen Bildern abgelegt. Die Entwicklung dieser Speichermedien geht zurück bis in das Jahr 1960, als Glen Sincerbox mit IBM das erste holografische Speichermedium entwickelte (vgl. Schechter/Ross 2002, S. 7). Moderne holografische Speichermedien, die bisher prototypisch realisiert wurden, können bis zu einem Terrabyte auf einem Bauteil in der Größe eines Zuckerwürfels ablegen. Die Daten werden durch zwei sich kreuzende Laser in einem fotosensitiven Material abgelegt. Dabei enthält der erste Laser die eigentlichen Informationen, der zweite Laser enthält Referenzdaten, die ein Abrufen der Informationen ermöglichen sollen. Abbildung 10 verdeutlicht die Arbeitsweise von holografischen Schreib- und Lesegeräten.

Nachdem der Laser in zwei Teile gespalten wurde, trifft der Laser, der die eigentlichen Informationen enthalten soll, auf einen Modulator (Spartial Light Modulator). Dieses Display enthält die abzuspeichernden Daten in Form binärer Bildinformationen (transparente oder dunkle Vierecke). Bevor der Signalträger den Datenträger erreicht, kreuzt er sich mit dem zweiten Laser, der nicht durch den Modulator geführt wurde. Durch die Variation des Winkels, in dem der Referenzstrahl-Laser auf den Signal-Laser trifft, können die Daten an einer bestimmten Stelle im Speichermedium abgelegt werden.

Das Auslesen der Daten erfolgt nur über den Referenzstrahl-Laser. Je nach Winkel, mit dem er auf das Medium gerichtet wird, werden die binären Bilder auf dem Detektor

dargestellt. Diese Komponente wandelt dann die binären Informationen wieder in das Originalformat um (vgl. Ashley et al. 2000, S. 1 ff.).

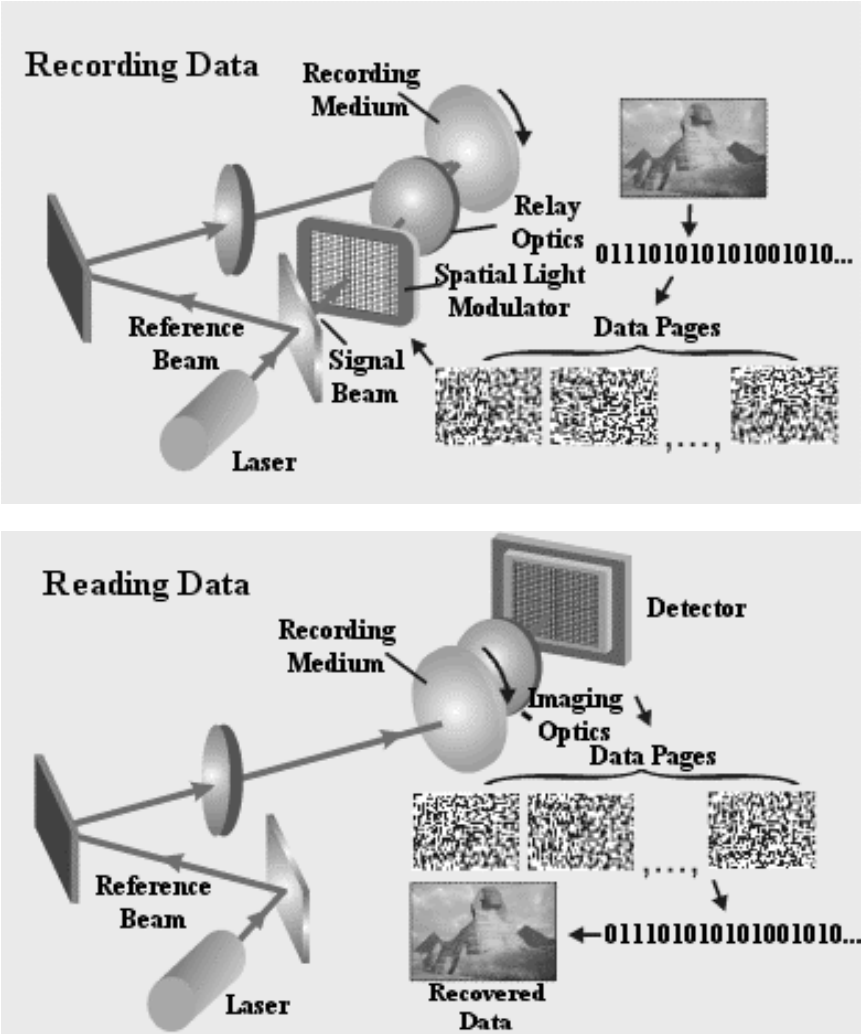


**Abbildung 10: Arbeitsweise von holografischen Schreib- und Lesegeräten (vgl. Bonsor 2002, S. 2).**

Hauptproblem bei aktuellen Prototypen ist die genaue Ausrichtung des Referenzstrahl-Lasers. Weicht der Winkel zum Auslesen der Daten vom Winkel beim Schreiben der Daten ab, können die Daten nicht fehlerfrei extrahiert werden (vgl. IBM Almalden 2002, S. 1 ff.).

Neben der Hardware zum Aufbau von Schreib- und Lesegeräten bildet das Material, auf dem die Daten abgelegt werden sollen, eine zweite wichtige Komponente der holografischen Speichersysteme. Die Speichermedien müssen folgende Kriterien erfüllen:

- hohe optische Qualität,
- die Möglichkeit Daten auf dem Medium zu schreiben,

- Stabilität und Haltbarkeit.

Da holografische Speicher eine gewisse Dicke aufweisen müssen, sollte das Material sehr klar sein, damit auch tiefere Schichten mit den mikroskopisch kleinen Informationen korrekt gelesen werden können. Stabilität ist ein Kriterium, das alle Formen von Speichermedien aufweisen sollen. Je länger Daten auf einem Medium abgelegt werden können, desto erfolgversprechender ist die Technologie. Tabelle 3 zeigt die bisher verwendeten Materialen für Speichermedien und stellt ihre einzelnen Eigenschaften (Material, Bildqualität, Streuung, holografische Beständigkeit) gegenüber. Die Bewertungsskala reicht von sehr gut (+++) bis wenig geeignet (+). 0 repräsentiert den Wert 0 (im Falle von Bayer Photopolymehr eine Streuung von 0).

| Material | Bildqualität | Streuung | Holografische Beständigkeit |
|---|---|---|---|
| $LiNbO_3$:Fe | + + + | + + + | + |
| $LiNbO_3$ (Zwei-Farben) | + + | + + | + |
| Polaroid Photopolymer | + + + | | 0 |
| PQ/PMMA | + | | + |
| Bayer Photopolymer | + + + | 0 | + + |

**Tabelle 3: Eigenschaften verschiedener Materialien für holografische Speichermedien (vgl. Ashley e. a. 2000, S. 17).**

Andere Materialien, die für einen Einsatz als holographischer Speicher denkbar wären, sind Polypropylen oder Lithiumkristalle.

Die Heidelberger European Median Laboratory GmbH und die Beiersdorf AG wollen ein holografisches Speichermedium auf Basis des Beiersdorf-Produkts „tesa Multi Film, kristallklar“ herstellen. Eine Rolle Tesafilm könnte theoretisch bis zu 20 GB Daten fassen, realistische Prognosen gehen aber davon aus, dass nur 20-30 Lagen der Klebestreifenrolle beschrieben werden können. Die maximal erreichbare Speicherkapazität liegt bei ca. drei Gigabyte. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Materialien, die IBM, Optilink und Lucent zum Bau von holografischen Speichermedien verwendet wurden, kann der Tesafilm nur einmal beschrieben werden. Dem gegenüber stehen ein geringer Herstellungspreis und eine hohe Verfügbarkeit des Trägermaterials (vgl. Stieler 1999, S. 1 ff.).

Andere Unternehmen, wie z.B. Optostore, wollen Lithiumkristalle als Datenträger nutzen. Dieses Material zeichnet sich durch eine hohe Haltbarkeit aus. Ziel ist es, Speichermedien im Ein-Terrabyte-Bereich zu realisieren, bei einer Datentransferrate von mindestens 100 Mbit/s (vgl. Financial Times Deutschland 2001).

Alternativ zu den oben beschriebenen magnetischen und optischen Speichertechnologien existieren noch eine Reihe anderer Systeme, wie ferroelektrische Speicher oder Biospeicher (vgl. Rieger 2001).

Die ferroelektrische Speichertechnologie ist eine Form der optischen Speichertechnologien. Es werden mittels blauem UV-Laserlicht und einem Spannungsüberträger Daten auf dem Speichermedium abgelegt. Die Längen der ferroelektrischen Molekühle werden verändert, die nach dem Schreibvorgang ohne zusätzliche Energieversorgung stabil bleiben. Je nach Stärke des Lasers ist es möglich, die Länge der Moleküle in vier Stufen zu verändern. Der Längenunterschied liegt bei ca. 1,5% je Stufe. Nach Angaben von Prof. Williams, dem Entwickler dieser Technologie, können bis zu 10 Terrabyte auf einem kreditkartengroßen Medium abgelegt werden. Ein Speicher in Form einer CD soll bis zu 245 Gigabyte Daten fassen können (vgl. TechChannel 2002).

Eine Leistungssteigerung der Speichertechnologien ist über folgende Faktoren möglich:

- Fassungsvermögen der Speichermedien,
- Zugriffsgeschwindigkeit auf die Daten beim Lesen und Schreiben,
- Störungsanfälligkeit/ Haltbarkeit und
- Kompatibilitätsgrad.

Technologische Einflussfaktoren, die eine Leistungssteigerung beeinflussen können sind:

- Der Einsatzort des Speichers beeinflusst die Wahl des Speichermediums. Magnetische Speicher sind leistungsfähiger im Bereich maximale Speicherkapazität und Geschwindigkeit, optische Speichermedien sind störungsunanfälliger und mobiler.
- Herstellungsmaterial der Trägermedien und die damit verbundenen Möglichkeiten zur Miniaturisierung, zur Minimalisierung der Kosten und zur

Vereinfachung des Herstellungsprozesses erlauben es, die Speicherkapazität des Mediums zu beeinflussen.

- Die Leistungsfähigkeit der Komponenten zum Lesen und Schreiben der Daten ist bestimmt durch das angewandte Lese- und Schreib-Verfahren, die Anzahl der Lese- und Schreibköpfe und durch die Anzahl von Schichten, die Informationen speichern können.
- Die Schreibdichte der Informationen, bedingt durch Materialeigenschaften der Trägermedien und Schreibverfahren, kann die Kapazität der Datenträger signifikant beeinflussen.
- Die Verarbeitungsqualität hat genau wie das Herstellungsmaterial und der Herstellungsprozess Auswirkungen auf die Störungsanfälligkeit und Haltbarkeit der Daten.
- Standardisierung der Lese- und Schreibverfahren ermöglichen einen höheren Kompatibilitätsgrad der Endgeräte.
- Die Anzahl von Konkurrenztechnologien bzw. Standards erschwert die Herstellung kompatibler Produkte.
- Kostenaspekte sind abhängig von Materialeinsatz oder Herstellungsverfahren.

## 3.3 Vernetzung

Bei der Beschreibung der Technologien zur Vernetzung soll zwischen auf Kabel basierten und kabellosen Übertragungstechnologien unterschieden werden.

Auf Kabel basierende Netzwerke umfassen alle Technologien, die zur Datenübermittlung Kabel oder kabelähnliche Medien nutzen. In kabellosen Netzwerken werden andere Medien, wie Funkwellen oder Licht, zum Datenaustausch verwendet.

Die Ursache für die weitere Unterscheidung liegt sowohl in der Anzahl der zu beschreibenden Technologien als auch in einer kontinuierlich stärker werdenden Konkurrenz zwischen kabellosen und auf Kabel basierenden Übertragungsmedien.

Die zunehmende Anzahl an Nutzern, neue Applikationen, die stark netzorientiert arbeiten, neue Geschäftsmodelle wie Applikation Service Providing oder der ständige Ausbau von Intra- und Extranets entwickelt eine stärker werdende Nachfrage der Nutzer

nach Übertragungsmedien, die große Datenmengen jederzeit und an jedem Ort bereitstellen und transportieren können (vgl. Vries 2000, S. 1 ff.).

### 3.3.1 Auf Kabel basierende Vernetzungstechnologien

Die Übertragung von Informationen über auf Kabel basierenden Technologien verkörpert die klassische Form der Vernetzung. Die einzelnen Komponenten des Netzwerks werden über physische Medien (Kabel) miteinander verbunden.

Ein Kabel ist eine Einrichtung zur Übertragung von Signalen über mittlere Entfernungen. Ein Kabel besteht aus einem oder mehreren Leitern, die voneinander isoliert von einer gemeinsamen Schutzhülle, dem Kabelmantel, umgeben sind (vgl. Networkworld 2002b).

In den folgenden Kapiteln werden einzelne Technologien zur Datenübertragung per Kabel vorgestellt und beschrieben. Ziel ist es, Einflussfaktoren zu ermitteln, die das zukünftige Potential dieser Technologien aufzeigen und über die evtl. zukünftige Entwicklungsschwerpunkte abgeleitet werden können.

In Kapitel 3.3.1.1 werden die einzelnen Kabelarten als Übertragungsmedium vorgestellt und in ihren Eigenschaften veranschaulicht. Die auf Kapitel 3.3.1.1 aufbauenden Kapitel 3.3.1.2 bis 3.3.1.7 beschreiben Technologien zur Datenübertragung, die diese Übertragungsmedien nutzen. Folgende Technologien werden betrachtet:

- Digital Subscriber Line (DSL)
- Datenübertragung per Kabelverteilnetz (CATV)
- Powerline Communication (PLC)
- Ethernet (IEEE 802,3)
- Home Phoneline Networking Alliance (Home PNA)
- IEEE 1394/Firewire.

Die Auswahl der betrachteten Technologien erfolgte über Messe und Kongressbeobachtungen sowie der Auswertung von Publikationen/Studien im Bereich der Telekommunikationsunternehmen, wie z.B. Studien von Durlacher (vgl. Durlacher 2001) oder Networkworld (vgl. Networkworld 2002a, b, c, d).

#### *3.3.1.1 Kabelarten*

Im Rahmen dieser Arbeit werden folgende Kabelarten betrachtet:

- Kupferkabel,
- Lichtwellenleiter.

Die einzelnen Kabelarten unterscheiden sich hinsichtlich ihrer maximalen Übertragungsdistanz, ihrer Anfälligkeit gegen elektromagnetische Störungen, Signaldämpfung, Gewicht, Biegsamkeit, Verzögerung bei der Datenübertragung. Zusätzlich entstehen unterschiedliche Kosten bei der Herstellung, der Installation und Wartung der Medien.

In der Datenverarbeitung werden zwei verschiedene Arten von **Kupferkabel**, das Koaxialkabel und das verdrillte Kupferkabel, unterschieden.

Das Koaxialkabel (COAX) besteht aus einem Innenleiter, dem Dielektrikum, der äußeren metallischen Schirmung und einem Kunststoffaußenmantel. Es wird als klassisches Medium zur Datenübertragung, heute noch in busbasierenden Ethernet-Netzwerken, verwendet. Die Datenübertragungsrate von bis zu 2 Gbit/s kann nur bei einer maximalen Kabellänge von 1 km erreicht werden und verhält sich dabei indirekt proportional zur Länge (vgl. Zenk 1998, S. 67 f.). Durch die Ummantelung des aus Kupferdraht bestehenden Kerns mit einer Abschirmung aus Metallfolie oder Metallgeflecht und einem zusätzlichen Kunststoffmantel ist es relativ unempfindlich gegen elektromagnetische Störungen. Der größte Nachteil dieses Mediums liegt in der Inkompatibilität zu modernen Netzwerktechnologien wie ATM, Fast Ethernet oder Gigabit-Ethernet (vgl. Kyas 1998, S. 406 ff.).

Das Koaxialkabel ist ein Medium zur Datenübertragung in lokalen Netzwerken (LAN) und im Bereich der TV-Netze zur Überbrückung der letzten Meile. Das Koaxialkabel besteht aus einem Innenleiter, dem Dielektrikum, der äußeren metallischen Schirmung und einem Kunststoffaußenmantel. Die max. theoretischen Übertragungsraten liegen bei mehreren Gigabyte. Es existieren einige Störfaktoren, die Einfluss auf die Geschwindigkeit des Datentransfers ausüben. So behindert der Wellenwiderstand, der frequenzabhängig und nicht wie beim Kupferkabel von der Kabellänge abhängig ist, die Datenübertragung. Zusätzlich verlangsamt eine große Bandbreite der übermittelten Daten und die Einstreuung, die durch die Qualität und Mehrlagigkeit der äußeren Schirmung bestimmt wird, den Datentransfer.

Dabei wird zwischen unterschiedlichen Kabeltypen unterschieden:

- Thin Ethernet-Kabel bzw. RG58 oder 10Base2-Kabel haben einen Wellenwiderstand von 50 Ohm.
- Thick Ethernet-Kabel oder 10Base5-Kabel mit einem Wellenwiderstand von 50 Ohm. Dieser Kabeltyp besitzt einen stärkeren, inneren Leiter als Thin Ethernet-Kabel und ist vielfach abgeschirmt.
- ARCNet Kabel weist einen Wellenwiderstand von 73 Ohm auf.

Das Koaxialkabel wird neben der Verwendung von Video- und Radio-Daten hauptsächlich in Ethernet-Netzen (vgl. 3.3.1.5 ) eingesetzt.

Verdrillte Kupferkabel (Twinax Kabel) bestehen aus mindestens zwei Leitern (ein Adernpaar), die miteinander verdrillt sind und paarweise abgeschirmt sein können.

Im Gegensatz zum Koaxialkabel besteht das verdrillte Kupferkabel nicht nur aus einem isolierten Kupferkern, sondern aus mehreren isolierten und in Spiralform miteinander verwobenen Kernen. Man unterscheidet zwischen geschirmten und ungeschirmten verdrillten Kupferkabeln, die pro Adernstrang vier bis acht Adernpaare enthalten. Beide Arten sind in einer Ausführung mit und ohne Gesamtschirm erhältlich. Nachteile liegen in der Nahnebenbesprechung. Dabei geht ein Signalpegel durch Induktion von einer Ader in eine benachbarte Ader über und stört das dortige Datensignal. Je stärker diese Nahnebenbesprechung auftritt, desto geringwertiger ist die Qualität der Datenübertragung. Weiterhin kann es zur Signaldämpfung kommen. Mit steigender Frequenz nimmt die Dämpfung der Signale zu und dementsprechend die Qualität des Datenflusses ab. Ein dritter Parameter ist der Störspannungsabstand, der den Abstand Störsignal vom Signalspannungspegel angibt. Betrachtet man das zukünftige Einsatzpotential, erkennt man, dass die Kompatibilität zu neuen Netzwerktechnologien den entscheidenden Vorteil gegenüber Koaxialkabeln darstellt. Die im Gegensatz zum Koaxialkabel leicht höheren Produktionspreise und Kosten bei der Verlegung des Mediums sind minimal von Bedeutung, da durch eine höhere Datenübertragungsrate und einfache Anschlussmöglichkeiten die Vorteile überwiegen. In Zukunft wird jedoch das verdrillte Kupferkabel vermehrt in Konkurrenz zu neuen kabellosen Medien stehen (vgl. Kyas 1998, S. 408 ff.).

**Lichtwellenleiterkabel** (LwL-Kabel) bestehen aus Lichtwellenleitern, die in einem gemeinsamen Mantel untergebracht sind und durch diesen geschützt werden. Das Übertragungsverhalten eines LwL-Kabels wird allein durch die Fasern bestimmt.

Glasfaserkabel als spezielle Ausprägung der LwL-Kabel bietet bezogen auf die Übertragungsraten gegenüber einer Kupferverkabelung enorme Vorteile, die sich aber in einem höheren Preis niederschlagen. Qualitätseinbußen durch elektromagnetische Störungen, Nahnebenbesprechung oder Signaldämpfung treten bei Glasfaserkabeln nicht auf, da die Datenübertragung auf optischem Weg realisiert wird (vgl. Kyas 1998, S. 411 ff.). Ein weiterer Vorteil ist, dass Daten ohne Zwischenstationen (Repeater) über große Entfernungen versendet werden können (vgl. aboutfiberoptics 7/2001). Ein Lichtwellenleiter besteht aus einem Kern, einer feinen zylindrischen Faser aus hochreinem Silikatglas und einem Mantel aus Glas oder Kunststoff, wobei der Mantel eine geringere Dichte aufweist. Dieser Unterschied in der Dichte bewirkt die Totalreflektion zur Lichtausbreitung an der Schnittstelle zwischen Kern und Mantel. Optische Glasfasern haben eine Dicke von 250 bis 9000 µm. Die Übertragung der Signale erfolgt heute nur in eine Richtung. Für die Gegenrichtung wird eine zweite Faser benötigt (vgl. SEiCOM 7/2001).

Unterschieden wird zwischen Mono- und Multimodekabel. Monomodekabel sind sehr dünn (10/125 µm) und erlauben den Datentransfer über 60 – 150 km. Das Licht wird hier sehr hoch gebündelt und flach reflektiert. Multimodekabel sind für den Datentransfer auf kürzeren Strecken ausgelegt. Sie sind etwas stärker (62/125 µm), aber dafür auch robuster als Monomodekabel. In diesem Medium können mehrere Signale gleichzeitig über eine lichtemittierende Diode versandt werden.

Die Übertragungsraten liegen heute bei ca. 40 Gbit/s. Unter bestimmten Laborbedingungen wurden bis zu 7 Tbit/s erreicht. Experten gehen jedoch davon aus, dass bis zu 50 T/bits möglich sind (vgl. Tanenbaum 1997, S. 104 f.). Bei der Langsteckenübertragung ist das Glasfaserkabel bisher konkurrenzlos. Einsatzbereiche liegen sowohl im globalen als auch im Office-Umfeld und in privaten Haushalten.

Werden die unterschiedlichen Medien als Trägerebene für neue Technologien betrachtet, ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

Glasfaser hat auf der globalen Ebene das größte Einsatzpotential, da es zur Überbrückung großer Distanzen konzipiert wurde. Die Potentiale dieses Mediums

werden heute noch nicht voll genutzt; in Zukunft wird noch stärker auf die Weiterentwicklung und Leistungssteigerung hingearbeitet. Problematisch gestaltet sich momentan die Anbindung des Endkunden. Ist auf globaler Ebene durch Glasfasernetze ein breitbandiger Datenfluss gewährleistet, gibt es Engpässe auf der letzten Meile, der Bereich vom Anschluss des Kunden bis zum letzten Verteilerknoten des Anbieters. Momentan dominiert hier das Kupferkabel als Übertragungsmedium, lediglich in einigen Regionen, wie z.B. den neuen Bundesländern in Deutschland, ist auch hier Glasfaser eingesetzt. Die Vernetzung über Koaxialkabel ist vor allem in Ballungsgebieten flächendeckend realisiert. Der Austausch der Übertragungsmedien ist oft mit hohem Kosten- und Zeitaufwand verbunden, und Initiativen bzw. Visionen wie „Fibre to the Desktop“ lassen sich aufgrund dieser Kosten nur schwer realisieren. Aus diesem Grund versuchen zeitgleich mehrere Technologien, auf Basis unterschiedlicher Medien, den Markt zur Überbrückung der letzten Meile unter sich aufzuteilen.

Folgende Einflussfaktoren lassen sich aus der Beschreibung der einzelnen Kabelarten ableiten.

Die **Übertragungsdistanz**, gemessen in Meter oder Kilometer, gibt an, über welche Distanz die Daten maximal ohne den Einsatz von Signalverstärkern übertragen werden können.

Die **max. zu realisierende Übertragungsrate** in bit/s, kbit/s oder Gbit/s zeigt auf, welches Datenvolumen in einer Sekunde übermittelt werden kann.

Die **Störungsanfälligkeit** ist messbar an der Anzahl möglicher Störfaktoren, wie Nebengeräusche oder Korrosion.

Die **physikalische Belastbarkeit** kann über Einflussgrößen, wie Biegsamkeit oder die Eigenschaften der verwendeten Materialien, bestimmt werden.

Der **Installations- und Wartungsaufwand** ergibt sich aus dem Verhältnis des zeitlichen Aufwands für Installation und Wartung im Verhältnis zur Nutzungszeit.

#### *3.3.1.2 Digital Subscriber Line (DSL)*

Digital Subscriber Line (DSL) ist eine Modemtechnologie, die vorhandene verdrillte Kupferfernsprechleitungen (vgl. Kapitel 3.3.1.1) als Transportmedium für breitbandigen Datenaustausch, Video- und Sprachübertragung benutzt (vgl. Lipinski 2001a, S. 43 ff).

Im Gegensatz zu den bisher angewendeten Technologien, wie die analoge Datenübertragung oder ISDN, können theoretische Datenraten bis zu 52 MBit/s (VDSL) erreicht werden. Im Vergleich dazu erscheinen Übertragungsraten von 56 Kbit/s (analoges Modem) und 128 Kbit/s (ISDN mit Kanalbündelung) entsprechend gering. Doch werden 52 MBit/s nur auf extrem kurzen Entfernungen zu realisieren sein.

Durch die Verwendung von Kupferkabel treten die in Kapitel 3.3.1.1 beschriebenen Probleme wie Störsignale und Nahnebenbesprechung auf und beeinflussen sowohl die Qualität als auch die Geschwindigkeit der übertragenen Daten. Aus diesem Grund ist es erforderlich, in Abständen von bis zu 6 km Repeater oder Signalverstärker zu positionieren. Der Vorteil dieser Technologie liegt in der bereits vorhanden Infrastruktur, bezogen auf das Übertragungsmedium. Die meisten Länder der Welt verfügen bereits über funktionierende Kupferkabelnetze. Weiterhin können Kunden vordefinierte Übertragungskapazitäten zugewiesen werden (vgl. Lipinski 2001a, S. 46).

DSL ist, wie bereits beschrieben, eine Modemtechnologie, die entsprechende Hardware sowohl beim Betreiber als auch beim Abnehmer voraussetzt. Über diese dedizierte Punkt-zu-Punkt-Verbindung ist es den Betreibern möglich, Übertragungsraten kundenspezifisch festzulegen. Dabei teilt DSL das Frequenzspektrum des verdrillten Kupferkabels in mehrere gleichartige Teilbänder. Diesen Teilbändern werden dann die Up- und Down-Stream-Kanäle zugeordnet. Die Verteilung erfolgt gleichmäßig oder ungleichmäßig. Der Betreiber kann durch die Modifizierung dieser Verteilungsraten die Größe des Datenflusses bestimmen und einschränken. Dementsprechend lassen sich DSL-Technologien in symmetrische und asymmetrische Verfahren zur Datenübermittlung unterteilen. Bei den symmetrischen Verfahren ist die Datenrate im Up- und Down-Stream gleich, bei asymmetrischen Verfahren dementsprechend unterschiedlich (vgl. TechChannel 2000a).

Es existieren verschiedene Varianten von DSL, die anwendungsspezifische Merkmale aufweisen:

- (xDSL),
- IDSL,
- ADSL,
- ADSL.lite/G.lite,

- CDSL,
- RADSL,
- VDSL,
- HDSL,
- SDSL,
- HDSL2,
- G.SHDSL.

**xDSL** ist keine Variante, sondern ein Sammelbegriff für alle existierenden DSL-Varianten. Das „x“ ist dabei ein Platzhalter für die Bezeichnung der verschiedenen Varianten.

ISDN digital subsciber line (**IDSL**) ist eine DSL-Technologie, die bestehende ISDN-Installationen nutzt. Dementsprechend existiert eine Variante für den Basisanschluss (ISDN BRA) und eine für den Primärmultiplexanschluß (ISDN PRA). Die Datenübertragungsraten sind ähnlich der über ISND möglichen Bandbreite. Für ISDN BRA liegen sie bei 128 Kbit/s bzw. 64 Kbit/s plus POTS (plain old telefon service) Up- und Down-Stream, bei ISDN PRA bei 1920 Kbit/s sowie 64 Kbit/s für die Signalisierung. Das zukünftige Einsatzpotential dieser Technologie liegt im Office-Umfeld, um einzelne Mitarbeiter bzw. ihre Arbeitsplätze an das zentrale Unternehmensnetz anzuschließen. Dabei kann eine Entfernung von bis zu 5 km ohne Signalverstärker realisiert werden. Die nötige Infrastruktur kann in Form der Übertragungsmedien und der Hardware von bereits bestehenden ISDN-Installationen genutzt werden (vgl. TechChannel 2000a).

Die Bezeichnung **ADSL** oder asymmetrisches DSL ergibt sich aus den oben beschriebenen Verteilungsraten für Up- and Down-Stream. Die Datenraten für Up- und Down-Stream variieren. Es ist möglich, Daten in eine Richtung mit maximal 8 MBit/s zu versenden bzw. zu empfangen oder mit bis zu 640 Kbit/s in beide Richtungen über eine Strecke von bis zu 4,5 km. Bei kommerziellen ADSL-Angeboten für den Massenmarkt ist der Down-Stream höher als der Up-Stream (vgl. DSLReports.com 2002).

ADSL Modems realisieren drei Kanäle. Der erste Kanal ist der POTS/ISDN Kanal, über den die klassische Sprachverbindung möglich ist. Er wird durch Filter des Modems vom Datenstrom getrennt. Aus diesem Grund ist POTS/ISDN möglich, auch wenn ADSL funktionsunfähig wird. Der zweite Kanal ist der breitbandige Down-Stream-Kanal über den, wie oben beschrieben, bis zu 8 Mbits/s transferiert werden können. Der dritte Kanal ist der Up-Stream-Kanal, über den mit maximal 640 Kbit/s Daten versendet werden können. Zusätzlich kann der Anbieter jeden der Datenkanäle noch weiter unterteilen, um unterschiedliche (kleinere) Datentransferraten zu realisieren. Dazu kommen die durch die Kupferkabel bedingten Nachteile (vgl. Kapitel 3.3.1.1), welche die maximale Transferrate mit zunehmender Leitungslänge abnehmen lassen (vgl. Orckit 2001a).

Um die benötigten Kanäle zu realisieren, werden in der Praxis zwei Verfahren angewendet (vgl. Abbildung 11). Das Frequency Division Multiplexing (FDM) teilt die zur Verfügung stehende Bandbreite in drei unterschiedliche Kanäle, wobei ein Kanal POTS liefert, ein zweiter den Up-Stream und der dritte Kanal den Down-Stream ermöglicht. Das Echo Cancellation als zweites Verfahren baut zwar auch ein Kanal für POTS auf, lässt aber die Kanäle für Up- und Down-Stream überlappen.

Das Modem trennt nicht nur die einzelnen Kanäle, es zerteilt den Datenstrom auch in einzelne Pakete und fügt jedem einen Fehlerkorrekturcode hinzu, über den ein Empfängermodem Fehler im Datentransfer korrigieren kann.

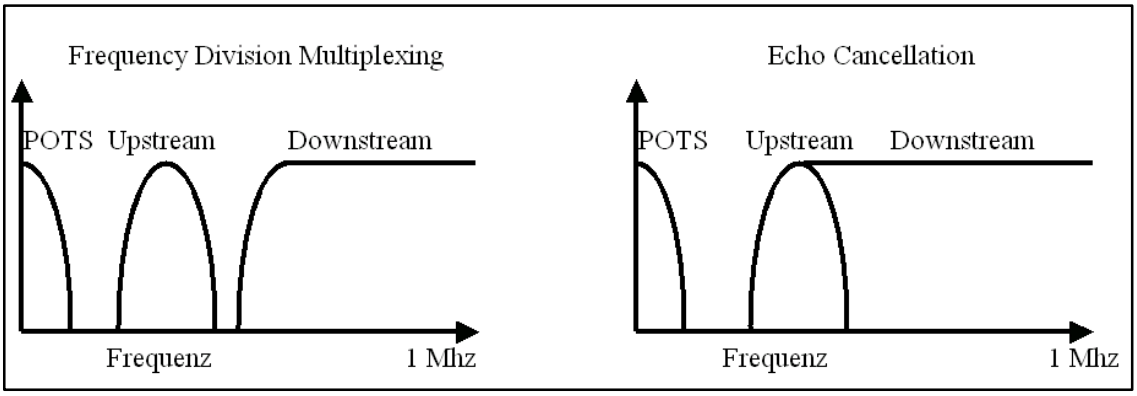


**Abbildung 11: Verfahren zur Datenübermittlung via ADSL (vgl. Orckit 2001a).**

Die größten Anwendungspotentiale dieser Technologie liegen in der Realisierung von Internetzugängen und im Video-on-Demand. Das kurz- bis mittelfristige Einsatzpotential von ADSL ist hoch, da gerade im Umfeld der privaten Haushalte und der klein- bis mittelgroßen Unternehmen ADSL, bedingt durch die geringen Installations- und Wartungskosten, Vorteile bietet. Die Infrastruktur in Form der

Übertragungsmedien ist durch die örtlichen Kupferkabelnetze weitgehend gegeben. Investitionskosten für die Endkunden sind hardwareseitig kaum höher als die einer ISDN-Anlage, und der Anbieter kann durch die Beeinflussung der Datenrate Abrechnungsmodelle und kundenspezifische Produkte realisieren (vgl. Orckit 2001a).

**ADSL.lite** bzw. **G.lite** sind vereinfachte Formen von ADSL. Dabei können Down-Stream-Raten von max. 1,5 MBit/s und Up-Stream-Raten von max. 384 Kbit/s erreicht werden. Diese Übertragungsraten setzen eine weniger komplexe Technik voraus als ADSL. Die Produktion und Installation der Endgeräte sowohl auf Anbieter- als auch auf Benutzerseite sind einfacher und kostengünstiger (vgl. G-series ITU-T Recommendations 2000).

**CDSL** (Comsumer Digital Subscriber Line) soll mit Bitraten von bis zu 1 MBit/s im Down-Stream und 128 Kbit/s im Up-Stream die Bedürfnisse eines Massenmarktes befriedigen. Die Marktentwicklungen von ADSL, HDSL und VDSL zeigen aber, dass CDSL mehr eine Übergangslösung darstellt. Die Vorteile der Comsumer Digital Subscriber Line liegen in der geringeren Netzbelastung resultierend aus den geringeren Datenübertragungsraten. Bedingt durch den geringen Down-Stream sind aufwendige Filtertechniken benutzerseitig nicht notwendig. High-End-Modems werden nicht benötigt, dementsprechend günstiger sind die Produktion der CDSL-Modems und die Installation beim Benutzer (vgl. Wirbel 1997).

Bei Rate Adaptive Digital Subscriber Line (**RADSL**) handelt es sich um eine ADSL-Technologie. Die Übertragungsraten entsprechen 640 Kbit/s bis 2.2 MBit/s Down-Stream und 272 Kbit/s bis 1.088 MBit/s Up-Stream. Der Vorteil dieser Technologie liegt in den zu überbrückenden Entfernungen. Kann mit ADSL der Datentransfer nur für max. 4,5 km realisiert werden, erlaubt RADSL eine Entfernung von bis zu 18 km zu überbrücken. Die eingesetzte Software testet im Vorfeld die Leitung bis zum Empfänger und ermittelt die Datenrate, die maximal erreichbar ist. Die möglichen Einsatzpotentiale liegen hier in der Realisierung von Internetzugängen und in der Übertragung von komprimierten Videodaten (vgl. ADSLGuide.org.uk 2000).

Very high speed digital subsciber line (**VDSL**) ist eine Weiterentwicklung des ADSL. Ziel ist die Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeit bei der Nutzung bestehender Telefon-Infrastrukturen. Ursprünglich handelt es sich hier, wie auch bei ADSL, um eine Technologie zur asymmetrisches Datenübertragung. Im Down-Stream ist es möglich, Transferraten von 13 – 52 MBit/s zu erreichen. Im Up-Stream liegen sie bei 1,5 – 2,3

MBit/s. Zusätzlich ist es unter VDSL auch möglich, Daten mit symmetrischen Übertragungsraten auszutauschen. Bisher gibt es noch keinen praktischen Einsatz dieser Technologie, deren Up- und Down-Stream-Raten bei bis zu 26 MBit/s liegen. Die praktische Umsetzung ist von einer qualitativ sehr hochwertigen Verkabelung abhängig. Der Nachteil von VDSL liegt in der geringen Distanz, über welche die Daten übermittelt werden können. So ist die maximale Datentransferrate nur über eine Strecke von 300 m erreichbar. Die maximale Kabellänge, die überbrückt werden kann, liegt bei 1,5 km, wobei die Bandbreite mit zunehmender Entfernung abnimmt. Daher ist eine Voraussetzung für VDSL ein Hybridnetz, das aus Glasfaser- und Kupferleitungen besteht. Erst der Einsatz von Glasfaserkabeln, die möglichst nah an die Hausanschlüsse geführt werden, garantiert die angestrebten Übertragungsraten (vgl. International Engineering Consortium 2000a).

POTS/ISDN sind neben dem eigentlichen Datentransfer möglich. ISDN kann im Unterschied zu ADSL im Basisband realisiert werden (vgl. Abbildung 12). Zusätzlich wird zwischen zwei highspeed VDSL Kanälen unterschieden, die je einen eigenen Frequenzbereich abdecken, im Gegensatz zu ADSL, wo ein highspeed Down-Stream und ein mittelschneller Up-Stream Kanal eingesetzt wird. Über diese Kanäle können gegebenenfalls auch symmetrische Datentransferraten ermöglicht werden.

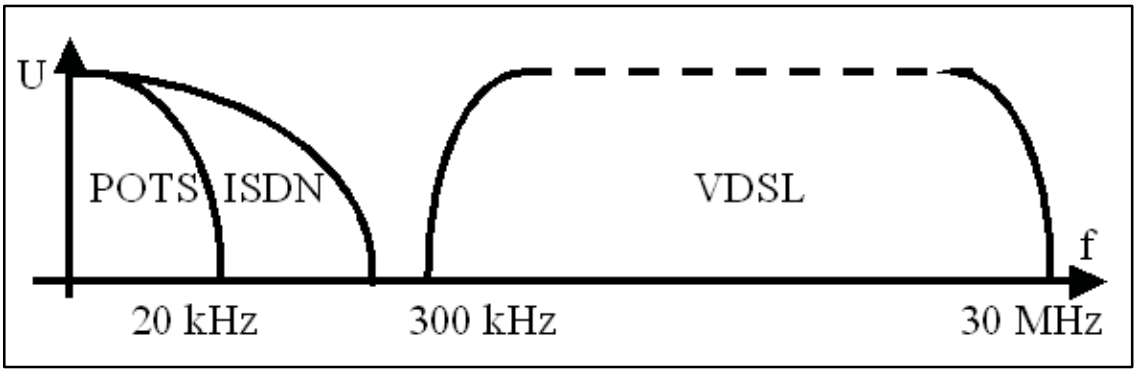


**Abbildung 12: Kanalaufteilung im VDSL (vgl. International Engineering Consortium 2000a).**

Bisher wurden einige Pilotprojekte zur digitalen Videoübertragung durchgeführt. Als problematisch stellte sich die Realisierung des Hybridnetzes in einigen Bereichen heraus, da die Verkabelung mittels Glasfaser noch nicht in ausreichendem Umfang vorhanden war. Die Länge der Kupferkabel ermöglicht nicht die maximale Datentransferrate.

Neben den unter ADSL beschriebenen Einsatzmöglichkeiten liegt der Schwerpunkt der Anwendungsmöglichkeiten im high definition television (HDTV). Ein hochauflösendes

Fernsehsystem, das mit mehr als 1000 Bildzeilen arbeitet (vgl. International Engineering Consortium 2000a)..

**HDSL** (High data rate Digital Subscriber Line) ist eine der ältesten symmetrischen DSL-Technologien basierend auf Kupferkabeln. Das heißt, die übertragene Datenrate im Up- und Down-Stream ist gleich hoch. Die Übertragungsraten liegen zwischen 1,54 MBit/s in Amerika und 2,04 MBit/s in Europa. Zur Realisierung dieser Technologie werden zwei verdrillte Kupferkabelpaare benötigt. Ein drittes Kupferkabelpaar wird nur beansprucht, wenn die Reichweite bis max. 4 km erhöht werden soll. Der Vorteil gegenüber ADSL liegt in dem komplexeren Modulationsverfahren. Dadurch ist es möglich, größere Übertragungsstrecken ohne Repeater zu realisieren. Nahnebenbesprechung und andere Störeffekte können durch die Hardware unterbunden bzw. gefiltert werden. Die Übertragungsqualität bleibt bestehen, auch wenn sich Umweltbedingungen ändern. Damit ist die Signalqualität mit der von Technologien, die auf Glasfaserkabel beruhen, vergleichbar. Das Einsatzpotenzial von HDSL liegt in Datendiensten wie T1 oder für den Einsatz in WANs oder LANs. Daher sind diese Technologien gerade im Office-Bereich einsetzbar, sofern Unternehmen intern ein eigenes Kabelnetz nutzen. Die Installation eines solchen Netzwerkes ist über Plug&Play realisierbar. Komplexe Filtermechanismen in den Modems sorgen für die Anpassung der vorhandenen Kupferkabel. Nachteilig wirkt sich die Tatsache aus, dass Daten und Sprache in Form von POTS nicht simultan übermittelt werden können. Die Technologie wird sich weiterhin kaum in privaten Haushalten etablieren lassen, da mindestens zwei Kupferkabel benötigt werden und diese in Hausanschlüssen selten vorhanden sind (vgl. International Engineering Consortium 2000b).

**SDSL** (Symmetric Digital Subscriber Line) ist eine DSL-Technologie zur symmetrischen Datenübermittlung. SDSL erlaubt Datendurchsatzraten von bis zu 2,3 MBit/s. Es können Entfernungen von bis zu 3,5 km ohne Einsatz von Repeatern oder Signalverstärkern überbrückt werden.

In einigen Quellen wird SDSL als Nachfolger von HDSL gesehen, da die beiden Technologien sich stark ähneln. SDSL benötigt zur Datenübertragung jedoch nur ein verdrilltes Kupferkabel. Dabei ist es möglich, über das gleiche Kabel zusätzlich POTS anzubieten, da Daten- und Stimmtransfer voneinander getrennt werden können. Im Gegensatz zum HDSL ist neben dem Einsatzfeld Office- auch der Home-Bereich attraktiv, weil viele Privatanschlüsse über ein verdrilltes Kupferkabel als

Übertragungsmedium verfügen. Anbieter von SDSL verweisen auf Telearbeit als wahrscheinlichstes Einsatzfeld, da nun der breitbandige Datentransfer für jeden Nutzer sowohl im Up- als auch im Down-Stream möglich ist (vgl. International Engineering Consortium 2000c).

Die Entwicklung von **HDSL2** wurde vorangetrieben, um die Vorteile aus HDSL und SDSL in einer Technologie vereinen zu können. HDSL2 benötigt wie auch SDSL nur ein verdrilltes Kupferkabel, kann aber Entfernungen von bis zu 5 km ohne Signalverstärker überbrücken. Zusätzlich besteht aber für Netzbetreiber die Möglichkeit, ein zweites verdrilltes Kupferkabel zu nutzen, ähnlich auch HDSL. Dadurch wird entweder die Übertragungsrate verdoppelt oder aber Daten können bei einer Übertragungsrate von 2 MBit/s im Up- und Down-Stream über größere Distanzen als 4 km übermittelt werden. Die Vorteile, die sich aus dieser Entwicklung ergeben, sind im Folgenden anhand eines Beispiels der Firma Orckit dargestellt (vgl. Abbildung 13). Orckit ist Infrastrukturausstatter für DSL-Systeme. Zur Abschätzung eines möglichen Absatzvolumens wurde eine Studie in Auftrag gegeben, die Einsatzpotentiale von HDSL und HDSL2 in verschiedenen europäischen Ländern aufzeigt (vgl. Orkit 2001b).

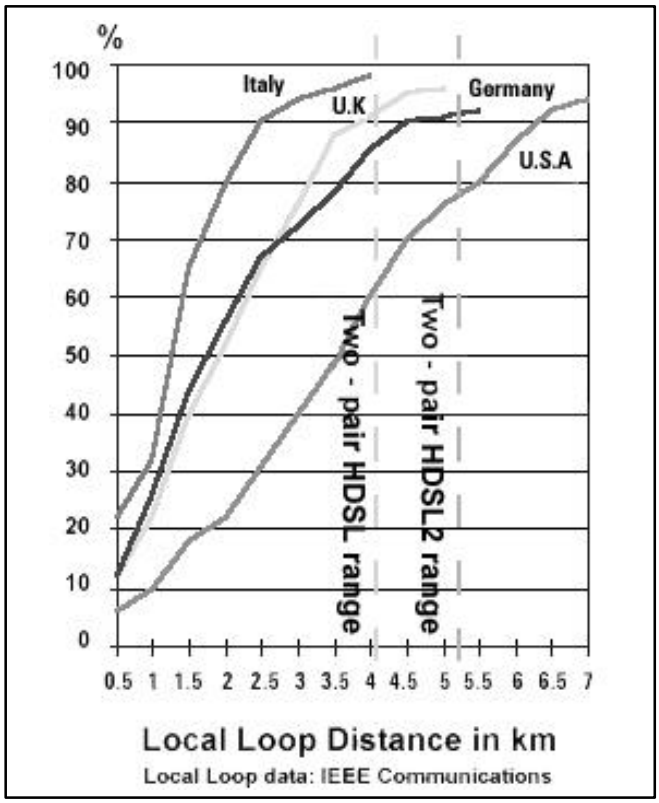


**Abbildung 13: Marktabdeckungsgrad von HDSL und HDSL2 in verschiedenen europäischen Ländern (vgl. Orkit 2001b).**

Können mittels HDSL in Deutschland 89% der lokalen Anschlüsse basierend auf Kupferkabel versorgt werden, sind durch den Einsatz von HDSL2 mehr als 92% der Zugänge abgedeckt. Da die Kosten für die Infrastruktur und Installation fast identisch sind, ergibt sich für HDSL2 ein größeres Einsatzpotential. Einfache Hausanschlüsse mit einem Kupferkabel, die auch über HDSL2 versorgt werden können, wurden hier nicht betrachtet, würden aber als neuer Absatzmarkt für HDSL2 hinzukommen.

**G.SHDSL** (Global Standard for Single Pair Symmetric High Speed Digital Subscriber Line) nutzt auch die symmetrische Datenübertragung. Dieser im Februar 2001 festgelegte Standard ermöglicht Übertragungsraten im Up- und Down-Stream von bis zu 2,3 MBit/s auf einer Strecke von ca. 2 km. Als Weiterentwicklung von HDSL2 ist der Zielmarkt hauptsächlich auf die Bedürfnisse des Office-Bereichs ausgerichtet. Hier soll diese Technologie, die sowohl Daten als auch parallele Sprachübertragung ermöglicht, T1-, E1-, HDSL-, HDSL2-, SDSL-, ISDN- und IDSL-Systeme ersetzen.

Wie HDSL2 kann G.SHDSL sowohl Anschlüsse mit einem verdrillten Kupferkabel als auch Anschlüsse mit einem Paar verdrillter Kupferkabelleitungen versorgen. Ein zweites Kabel verdoppelt die Übertragungsrate auf ca. 4,6 Mbit/s. Dabei ist die verwendete Bandbreite im Kabel kleiner als die von HDSL2 mit dem Resultat, dass Effekte wie Nahnebenbesprechung verringert werden (vgl. Milbrandt 2002).

Tabelle 4 verdeutlicht zusammenfassend das Leistungsvermögen der hier beschriebenen DSL-Technologien.

Einflussfaktoren für die weitere Entwicklung der DSL-Technologien sind:

- Verfügbarkeit von Infrastruktur,
- Bedarf an breitbandigen Datenübermittlungsverfahren,
- Kompatibilität zu Anwendungen,
- Stabilität der Netze,
- kritische Masse von Anwendungen und Services,
- Installations-, Wartungs- und Betriebsaufwand.

Die **Verfügbarkeit der Infrastruktur**, messbar in der Anzahl von zu realisierenden Anschlüssen, ist abhängig von Komponenten, wie der Menge an verlegten Kupferkabelleitungen und Hausanschlüssen (vgl. Kapitel 3.3.1.1), der Verfügbarkeit

von DSL-Modems, DSL-Splittern oder der Infrastruktur zum Betrieb der Netze bei den Telekommunikationsanbietern.

| Akronym | Upstream (Kbit/s) | Downstream (Kbit/s) | Reichweite (km) |
|---|---|---|---|
| ADSL | 64 - 1500 | 1500 - 8000 | 4,5 |
| ADSL/Lite G.Lite | 128 - 384 | 1544 - 6000 | 5,5 |
| CDSL | 128 | 1000 | 5,5 |
| HDSL (USA) | 1544 | 1544 | 4,5 |
| HDSL (Europa) | 2048 | 2048 | 4,5 |
| IDSL | 144 | 144 | 5 |
| MSDSL | 128-8000 | 128-8000 | 14 |
| RADSL | 272-1088 | 640-2200 | 18 |
| SDSL | 192-2320 | 192-2320 | 2,4 |
| VDSL (asymmetrisch) | 1600 | bis 13800 bei 1500 Metern, bis 27600 bei 1000 Metern, bis 55200 bei 300 Metern | 0,3 - 2 |
| VDSL (symmetrisch) | 2300-34000 | 2300-34000 | 0,3 - 2 |

**Tabelle 4: Übertragungseigenschaften von DSL-Technologien.**

Der **Bedarf an breitbandigen Datenübermittlungsverfahren** kann neben dem Bedarf der Anwender anhand des Bedarfs an Dateninputs von Applikationen, z. B. zur fehlerfreien Übermittlung von Videodaten, nachgewiesen werden. Dieser Bedarf lässt sich dann wie die Übertragungsrate in bit/s, kbit/s oder Gbit/s erfassen.

Die **Kompatibilität zu Anwendungen** (Anzahl) erhöht die Einsatzpotentiale von DSL, ähnlich der **Stabilität des Netzes** (gemessen in Ausfallzeiten).

Erst eine **kritische Masse an Anwendungen und Services** (Anzahl), die Vorteile von DSL nutzen, rechtfertigen den Einsatz von DSL gegenüber anderen etablierten Technologien.

Der **Installations-, Wartung- und Betriebsaufwand** ergibt sich aus dem Verhältnis des zeitlichen Aufwands für Installation und Wartung und Betrieb im Verhältnis zur Nutzungszeit.

#### *3.3.1.3 Datenübertragung per Kabelverteilnetz (CATV)*

Unter Kabelverteilnetzen werden Netzwerke verstanden, die hohe Bandbreiten übermitteln und dem Empfang von Fernsehprogrammen dienen (CATV –Netze). CATV ist die logische Schleife eines Koaxialkabelsystems zum Übertragen von Fernseh- oder anderen Signalen an angeschlossene Teilnehmer (vgl. Networkworld 2002c). Über Kabelverteilnetze werden Kommunen, Stadtteile oder Regionen miteinander verbunden. Die Größe der einzelnen Netzwerke variiert in vier Stufen von 10 bis 100.000 Teilnehmern (vgl. Tabelle 5).

| Stufe | Min. Teilnehmerzahl | Max. Teilnehmerzahl |
|---|---|---|
| 1 | 10 | 99 |
| 2 | 100 | 999 |
| 3 | 1000 | 9999 |
| 4 | 10.000 | 100.000 |

**Tabelle 5: : Minimale und maximale Teilnehmerzahlen der einzelnen Ausbaustufen von Kabelverteilnetzen.**

Der Empfang von TV-Signalen über Kabelnetze wurde vor 30 Jahren entwickelt. Ziel war es, möglichst viele Fernsehprogramme über normale TV-Antennen in schwer erreichbare Gebiete zu übertragen. Diese Netze waren ausschließlich auf die Datenübermittlung in eine Richtung ausgelegt. Die Down-Stream-Raten lagen bei ca. 500 KBit/s, wurden aber im Zuge der Weiterentwicklung und dem Ausbau der bestehenden Netze gesteigert. Zum jetzigen Zeitpunkt liegt der Down-Stream bei bis zu 50 Mbit/s. Die Übertragung der Daten erfolgt entweder über hybride Glasfaser- und Koaxialnetze oder ausschließlich über Koaxialkabel (vgl. World Wide Packets 7/2001, S. 8).

Bieten die Koaxialkabel die Möglichkeit, Daten in beide Richtungen zu transportieren, ist die Infrastruktur der TV-Kabelnetze nur auf den Datentransfer in eine Richtung ausgelegt. Der Datenversand wäre somit nur zum Endabnehmer hin möglich, für einen Datenaustausch müsste ein zusätzliches Medium wie eine Telefonleitung integriert werden. Aus diesem Grund ist es nötig, die Infrastruktur der Kabelnetze so zu modifizieren, dass ein bidirektionaler Datenversand möglich ist. Ein Schwerpunkt dieser Modifikationen ist der Austausch der Signalverstärker, der Signale im Up- und Down-Stream weiterleiten kann.

Zur Nutzung eines Internetzugangs über Kabel ist nutzerseitig ein Kabelmodem erforderlich, das einen Ethernet-Ausgang besitzt, an den der Computer angeschlossen werden kann. Diese Geräte wurden auf die verschiedenen Anforderungen der Kunden zugeschnitten. So können beispielsweise für die Nutzung in größeren Netzwerken ein zusätzlicher Verteiler, ein Signalverstärker und ein NAT (network address translator), der die binären Datensignale aus dem Netzwerk in die für die Übertragung über TV-Kabel notwendigen Radiosignale umwandelt, integriert sein. Anbieterseitig wird eine Head-End-Station benötigt als zentraler Punkt des Netzwerks. Dort werden die ankommenden Signale mit Hilfe von Translatoren wieder in das binäre Format zurückkonvertiert und von der Hardware verarbeitet (vgl. Abbildung 14).

Die exakte Bandbreite zu ermitteln, auf die der Endanwender letztendlich zugreifen kann, ist in der Praxis teilweise schwierig. Das Übertragungsmedium, verglichen mit dem verdrillten Kupferkabel, ist relativ unempfindlich gegenüber Störungen, aber die Endanwender „teilen“ sich die Bandbreite. Datenübermittlung über TV-Kabel gilt als Broadcast-Medium. Die Netze sind ringförmig aufgebaut und besitzen eine konstante Übertragungsrate. Steigt die Nutzeranzahl, bleibt die Übertragungsrate im Netz gleich, d.h. für den Endanwender steht bei einer größeren Nutzerzahl weniger Bandbreite zur Verfügung. Die Bandbreite ist also endanwenderseitig variabel und hängt von der Netzbelastung ab. Die Anbieter versuchen diesem Effekt entgegenzuwirken, indem sie die Anzahl der Nutzer im Netz beschränken bzw. so gering wie möglich halten. Dadurch kann die minimale Datentransferrate bestimmt werden. Zusätzlich hängt die übermittelte Datenrate auch von der Leistung des Kabelmodems und der genutzten Rechnerkapazitäten ab (vgl. CATV Cyberlab 7/2001).

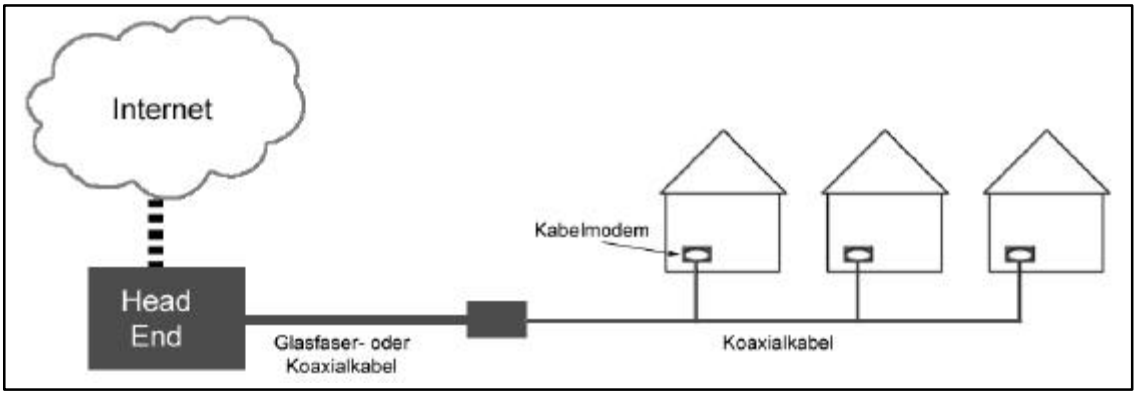


**Abbildung 14: Realisierung des Internetzugangs über TV-Kabelnetze.**

Der Markt für die Datenübermittlung über TV-Kabel ist erst im Aufbau, so geht Allied Business Intelligence davon aus, dass die Anzahl der Nutzer von 3.3 Millionen 1999 in

2005 auf weltweit bis zu 58,6 Millionen Nutzern anwachsen wird. Die USA wird dabei die größten Wachstumsraten verzeichnen können, diese lagen in 1999 bei 2,1 Millionen und werden voraussichtlich in 2005 bei 14 Millionen Nutzern (vgl. Allied Business Intelligence 2000, S. 1) liegen. Zusätzlich geht das Unternehmen davon aus, dass sich die Gewinne, die sich aus der Realisierung von breitbandigen Internetzugängen über TV-Kabel ergeben, bis 2006 verdreifachen werden (vgl. Allied Business Intelligence 2001a, S. 1). Argumente für diese Entwicklung sind die bestehende Infrastruktur durch vorhandene Koaxialverkabelung und das höhere Datenvolumen bei geringerer Anfälligkeit verglichen mit den Möglichkeiten der Kupferkabel. Kritisch sei jedoch anzumerken, dass sich ein Großteil der vorhandenen Studien verstärkt auf den US-amerikanischen Markt bezieht (vgl. Allied Business Intelligence 2001b, S. 1). Im Unterschied zum europäischen Markt wurden hier Internetzugänge per TV-Kabel schon breitflächig vor oder zeitgleich mit der Markteinführung von DSL realisiert. Dementsprechend höher sind dort die Nutzeranzahl und die Akzeptanz. Die Kosten eines solchen Zugangs liegen unter den Kosten für DSL. In Europa wurden die Technologie der Kabelmodems und die Nutzung von TV-Kabeln zur Datenübertragung relativ spät eingeführt, sodass die Nutzerakzeptanz vielfach zu Gunsten von DSL ausfällt. Zudem ist momentan die Infrastruktur nutzerseitig bei DSL günstiger. Eine eindeutige Entwicklung zu Gunsten von DSL oder Kabelmodems ist im europäischen Bereich bisher noch nicht erkennbar.

Aus der Beschreibung der Technologie ergeben sich die folgenden Einflussfaktoren:

- Verfügbarkeit der Infrastruktur,
- Größe des Netzwerks/der Teilnehmeranzahl,
- Verfügbarkeit eines Rückkanals,
- Bedarf an breitbandiger Datenübermittlung (vgl. Kapitel 3.3.1.2).

Voraussetzung für die erfolgreiche Entwicklung von Netzzugängen über Kabelverteilnetze ist die **Verfügbarkeit der Infrastruktur** in Form von Kabelanschlüssen, die sich als Menge erfassen lässt. Zusätzlich ist die Verfügbarkeit von Endgeräten, in Form von Kabelmodems auf Seite der Anwender, verbunden mit der technischen Anpassung der Netzwerke durch den Provider, essentiell für den Betrieb solcher Netzwerke.

Die **Größe des Netzwerks** wird gemessen anhand der Anzahl der Teilnehmer und beeinflusst den Aufwand für Installation, Betrieb und Wartung. Je mehr **Teilnehmer** zeitgleich diese Form des Netzzugangs nutzen, desto geringer ist die Datenübertragungsrate (im bit/s), die maximal erreicht werden kann.

Kurzfristig kann ein **Rückkanal** nur über andere Übertragungsmedien realisiert werden, wie z.B. die Telefonleitung. Die Anpassung der Kabelnetze ist mit Kosten (Zeit, Geld) verbunden.

#### *3.3.1.4 Powerline Communication (PLC)*

Bei Powerline Communication (PLC) handelt es sich um die Realisierung von Internetzugängen über Stromanschlüsse. Diese Technologie ermöglicht es, Daten und Bewegtbilder über Stromleitungen zu übermitteln. Die Powerline-Technologie kann sowohl auf Mittelspannungsleitungen (6,6 kV bis 20 kV) als auch auf Niederspannungsleitungen eingesetzt werden. Im Niederspannungsbereich wird zusätzlich zwischen Outdoor-Systemen (380 V) und Indoor-Systemen (220 V) unterschieden (vgl. Networkworld 2002d).

Ziel ist es, eine Technologie zur Überbrückung der letzten Meile zur Verfügung zu stellen, die auf der schon vorhandenen Infrastruktur der Energiedienstleister zurückgreift.

Weltweit existiert ein dichtes Netz von Energieleitungen. Sowohl bei Industrienationen als auch in Entwicklungsländern sind Netzwerke aus Energieleitungen realisiert. Einer der wichtigsten Kostenfaktoren, die Bereitstellung der Infrastruktur durch das Verlegen von Kabeln, kann vernachlässigt werden. Jedes Gebäude kann ohne technische Eingriffe sofort eine ganze Reihe von Internetschnittstellen in Form einfacher Steckdosen vorweisen. Der Einsatz von PLC kann grundsätzlich in die Bereiche „indoor“ (innerhalb von Gebäuden) und „outdoor“ (außerhalb von Gebäuden) unterschieden werden. Die Daten und Sprachsignale werden im Up-Stream aus dem Indoor-Netzwerk an den Outdoor-Accesspoint, einen speziellen Stromzähler, übermittelt. Von dort werden die Signale dann an eine Transformationsstation versandt (outdoor), die über einen Gateway mit der konventionellen Telekommunikationsstruktur verbunden ist. Der Down-Stream arbeitet analog dazu in die entgegengesetzte Richtung. Sind die Daten im Indoor-Netzwerk verfügbar, können sie von jeder Steckdose im Gebäude abgerufen werden. Spezielle Adapter, die zwischen Steckdose und Endgerät geschaltet werden, trennen die Sprach- und Datensignale vom regulären Energiefluss der Leitungen ab.

Bei der Umsetzung dieser Technologien traten einige Schwierigkeiten auf. Das größte Problem stellten die starken Nebengeräusche in den Leitungen dar. Im Gegensatz zu den schon beschriebenen Trägermedien sind Energieleitungen starken Belastungen ausgesetzt. In jedem Gebäude ist eine große Anzahl von weiteren Geräten an das Stromnetz angeschlossen. Diese produzieren mitunter starke Nebengeräusche, wie z.B. Halogen-Röhren, Bildschirme oder Staubsauger. Das Ein- und Ausschalten dieser Geräte verstärkt die Störungen noch weiter. Sie überlagern Teile des Frequenzbereichs, die im Niederspannungsbereich für die Signalübermittlung genutzt werden. Wie stark diese Störungen sind und in welchen Teilen des Frequenzbandes sie auftreten, kann im Vorfeld nicht bestimmt werden. Eine Lösung ist, die Sprach- und Datensignale so weit zu modifizieren, dass sie stärker sind als die Nebengeräusche. Dieser Lösungsansatz wurde schnell wieder verworfen. Die Verstärkung hätte Auswirkungen auf Funkanlagen bewirkt. Zudem gibt es in Deutschland, das zurzeit führend in der Umsetzung von PLC ist, als erstes europäisches Land Richtlinien, die eine Verstärkung verbieten. Ähnliche Regelungen sind auch in anderen europäischen Ländern geplant. Aus diesem Grund wird ein anderes Verfahren verwendet. Das Signal wird in einzelne Segmente zerlegt, die dann als Datenbits versandt werden (Modulation). Diese Bits werden über ein weiteres Verfahren wieder in ein Signal umgewandelt, dass nun auf dem gesamten Frequenzbereich parallel versandt werden könnte. Die Software erkennt die Teile des Frequenzbandes, in denen Störungen auftreten, und sendet auf diesen Frequenzen keine Signale. Damit werden ein konstanter Datenstrom und die Nutzung der maximalen Bandbreite in Form hoher Übertragungsraten gewährleistet.

Da aber nicht alle Störungen so umgangen werden können, wird über verschiedene Verfahren eine konstante Fehlerkorrektur durchgeführt. Die Datentransferraten liegen in Deutschland bei ca. 3 M/Bits und in den USA bei ca. 5 M/Bits bei einer maximalen Reichweite von 300 m. Dieser Unterschied erklärt sich aus den verschiedenen Frequenzspektra, die in den Leitungen übertragen werden können. Diese Leistung ist in der Praxis nur schwer erreichbar. Ähnlich der Realisierung von Netzwerken über TV-Kabel arbeitet PLC nach dem Punkt-zu-Multipunkt-Prinzip.

Als Einflussfaktoren lassen sich aus der obigen Beschreibung die folgenden Punkte ableiten:

- Störungsanfälligkeit,
- Anzahl der Anwender,

- Verfügbarkeit der Endgeräte,
- Kompatibilität.

Die **Störungsanfälligkeit** ist ableitbar aus der Menge von Störfaktoren und Ausfallzeiten.

Ähnlich der in Kapitel 3.3.1.3 beschriebenen Technologie verhält sich die Leistungsfähigkeit von PLC indirekt proportional zur Nutzeranzahl. Die **Menge der Anwender** in einem Anwendungsbereich haben direkte Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit.

**Kompatibilitätskriterien** spielen dahin gehend eine Rolle, dass sich nicht nur Computer, sondern auch andere Endgeräte wie Waschmaschinen oder die Kücheneinrichtung über PLC vernetzen lassen.

#### *3.3.1.5 Ethernet (IEEE 802,3)*

Das Ethernet ist eine Spezifikation des Basisband-LAN. Basisbandsysteme sind Systeme, die ohne Trägerfrequenzen, also mit unmodulierten Signalen, arbeiten. Das Ethernet ist eine der ältesten Technologien zur Vernetzung von Computern. Es wurde 1972 am Xerox Palo Alto Research Center von Dr. Robert Metcalf und seinen Kollegen entwickelt und erstmalig implementiert. 1983 wurde es unter dem Namen IEEE 802.3 standardisiert. Die große Beliebtheit dieser Technologie ist auf seine Einfachheit bei Implementierung und Betrieb zurückzuführen. Die Kosten von Ethernetnetzwerken sind im Vergleich zu anderen Technologien zur Vernetzung von Computern relativ gering (vgl. Lipinski 2001b, S. 43).

Bis heute wurde das Funktionsprinzip nicht grundlegend verändert. Basis ist das CSMA/CS. Diese Bezeichnung setzt sich aus den einzelnen Komponenten zusammen, die einen Betrieb von Ethernet-Netzwerken ermöglichen.

CS (Carrier Sense) lässt eine Ethernet-Station prüfen, ob nicht parallel schon andere Kommunikationsverbindungen existieren. Sollte dies der Fall sein, wartet die Station, bis die laufenden Verbindungen ihre Übertragung beendet haben, im Regelfall eine zusätzliche Zeitspanne von 9,6 µs. Ist die Kommunikation dann möglich, werden die Daten übertragen. Kann die Verbindung trotzdem nicht aufgebaut werden, wartet die Sendestation erneut.

Über MA (Multiple Access) kann ein „shared medium” genutzt werden, d.h. alle Stationen im Netzwerk können unabhängig voneinander ein und dasselbe Übertragungsmedium nutzen.

CD (Collision Detection) ist ein Verfahren zur Vermeidung von Störungen während der Datenübertragung. Der Sender überwacht das Übertragungsmedium im Zuge der Datenübermittlung. Tritt eine Störung auf, wird die Übertragung abgebrochen und ein „Jamming“-Signal gesendet. Der Sender wartet eine frei definierbare Zeitspanne (< 9.6 µs) ab und sendet die Daten erneut. Kann der Sender keine Störung erkennen, die auf eine Kollision mit einem anderen Datenpaket zurückzuführen ist, gilt der Versand als erfolgreich. Problematisch bei diesem Verfahren ist, dass der Sender die Störung erkennen muss, bevor der Sendevorgang abgeschlossen ist, was bei längeren Übertragungszeiten das Erkennen von Kollisionen unmöglich macht.

Ethernet-Netzwerke übermitteln die Daten in einzelnen Paketen. Der Datenstrom wird in unterschiedliche Einheiten zerteilt und über das Übertragungsmedium versandt. Jedes dieser Pakete existiert autonom von den anderen Paketen und sucht sich seinen Weg durch das Netzwerk selbständig. Der Empfänger fügt die einzelnen Pakete dann wieder zu einem Datenstrom zusammen.

Als Medium zur Datenübertragung wurde ursprünglich Koaxialkabel eingesetzt. Da diese Kabelart gewisse Nachteile bei der Kollisionsabfrage aufweist, wurde der Standard 1990 für den Einsatz von Twisted-Pair-Kabel erweitert. Durch den Einsatz des neuen Mediums konnten nun auch bei Abschaltung der Kollisionskontrolle, Daten auf dem Sende- als auch auf dem Empfangskanal übertragen werden (Vollduplex-Modus).

Kupferkabel weist, wie in Kapitel 3.3.1.1 beschrieben, Nachteile hinsichtlich der Reichweite auf. Aus diesem Grund werden heute hauptsächlich Glasfaserverbindungen zur Realisierung eines Backbone-Anschlusses eingesetzt. Ethernet wurde dementsprechend um einige Standards erweitert, von denen sich bisher nur der 10Base-FL-Standard durchsetzten konnte. Er erlaubt eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung von zwei Stationen, ist also ausschließlich zum Aufbau einer Sternstruktur geeignet.

Wie oben beschrieben, wurde die Ethernet-Technologie in den letzten Jahren nicht grundlegend geändert. Mit der allgemeinen Leistungssteigerung der Computer, verbunden mit dem steigenden Vernetzungsgrad, entstand ein Bedarf nach einer größeren Bandbreite. 1995 wurde der 100Base-T-Standard, dem Fast Ethernet,

verabschiedet, dass eine Datenrate von bis zu 100 MBit/s erlaubt. Aus dieser Weiterentwicklung der bestehenden Technologie entstand eine Reihe von Problemen. Durch das höhere Datenvolumen bewegten sich die Daten mit einer geringeren Geschwindigkeit in den Übertragungsmedien. Die erlaubte „Verzögerungszeit“ musste also angepasst werden. Koaxialkabel waren als Übertragungsmedium aufgrund ihrer elektrischen Eigenschaften (vgl. Kapitel 3.3.1.1) ungeeignet. Für die einzelnen Ausprägungen von Twistet-Pair wurden unterschiedliche Standards definiert (100Base-Tx, 100Base-T4, 100Base-T2). Daten konnten nun auch in unterschiedlichen Geschwindigkeiten 10 MBit/s und 100 MBit/s übertragen werden.

Der ausschließliche Einsatz von Twisted Pair und Glasfaser erlaubte es, Sternenarchitekturen in Netzwerken zu realisieren und die Ressourcen per Switching zu verteilen. Die einzelnen Ethernetstationen teilen sich nicht mehr ein Übertragungsmedium, sondern werden über den zentralen Knoten der Sternarchitektur vermittelt.

Diese Veränderung der Architektur von Ethernet-Netzwerken steigerte erneut die Nachfrage nach Bandbreite für bestimmte Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, z.B. die Verbindung zwischen Knoten und Internetserver.

Die Standards 1000Base-X und 1000Base-T erlauben Datentransferraten von bis zu 1 GBit/s und verkörpern den aktuellen Stand der Technik. Die Steigerung der Datenübertragungsraten lässt sich auch die Weiterentwicklung von Modulationsverfahren bei einer erhöhten Übertragungsfrequenz (1000Base-X) und der Kombination verschiedener Methoden aus dem Bereich der Fast-Ethernet-Netzwerke (1000Base-T) zurückführen.

Durch die Anbindung neuer Netzwerkkomponenten nimmt die Nachfrage nach Bandbreite weiterhin zu. Der Entwurf für einen 10 GBit Ethernet Standard wurde im September 2000 präsentiert. Eine endgültige Standardisierung ist aber nicht vor 2002 zu erwarten. Diese Ethernet-Netzwerke erlauben dann nicht nur einen Einsatz im unternehmensinternen oder privaten Umfeld - vielmehr können über 10 GBit Netzwerke auch genannte MAN (Metropolitan Area Networks) realisiert werden, die eine Anbindung von Stadtteilen oder ganzen Ortschaften erlauben. Damit ergibt sich für Technologien, wie DSL oder 3G, eine ernsthafte Konkurrenz zur Überbrückung der ersten Meile. Voraussetzung ist eine flächendeckende Glasfaserinfrastruktur, die eine Vision wie Fibre-to-the-Desktop wieder in greifbare Nähe rücken lässt.

Einflussfaktoren für den erfolgreichen Einsatz von Ethernet liegen in den folgenden Faktoren:

- Verfügbarkeit und Ausprägung der Infrastruktur,
- erforderliche Bandbreite.

Ethernet-Netzwerke setzen verkabelte Netzwerkkomponenten voraus. Eine Infrastruktur in Form von Ethernetkabeln muss vorhanden sein. Die Installation einer solchen **Infrastruktur** kann je nach Art und Größe des Netzwerks mit hohem Aufwand an Zeit und Kosten verbunden sein.

Je nach erforderlicher **Bandbreite** werden unterschiedliche Ethernet-Standards eingesetzt. Beim Betrieb mehrer Netzwerke ist Kompatibilität zwischen den einzelnen Komponenten und Standards wichtig.

#### *3.3.1.6 Home Phoneline Networking Alliance (Home PNA)*

Die Home Phoneline Networking Alliance (HomePNA) liefert Spezifikationen, die eine Realisierung von kleinen Netzwerken im Bereich der privaten Haushalte unter Nutzung von (bereits installierten) Telefonkabeln erlauben.

Zielstellung ist es, über diese Netzwerke Internetanschlüsse, die Anbindung zusätzlicher Peripherie und ein System zum File- und Application-Sharing zu verwirklichen (vgl. HomePNA.org 2002).

Voraussetzung für den Einsatz dieser Technologie ist die Verkabelung des Wohn- oder Geschäftsobjekts mittels Telefonleitungen. Diese Leistungen können weiterhin als Telefoninfrastruktur genutzt werden. Der zur Datenübertragung genutzte Frequenzbereich von 5.5 MHz und 9.5 MHz liegt außerhalb des von POTS und xDSL genutzten Spektrums (vgl. Abbildung 15).

Über die über HomePNA verfügbaren Netze lassen sich bis zu 1 Mbit/s übertragen. Durch die Unterstützung des IEEE 802.3 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect) sind HomePNA-Netzwerke im Leistungsvermögen mit 1Mbit/s-Ethernetnetzwerken vergleichbar. Der Vorteil dieses Ansatzes liegt in der vollständigen Kompatibilität zu ethernetspezifischer Software. Eigene Softwareentwicklungen in Form von Insellösungen entfallen.

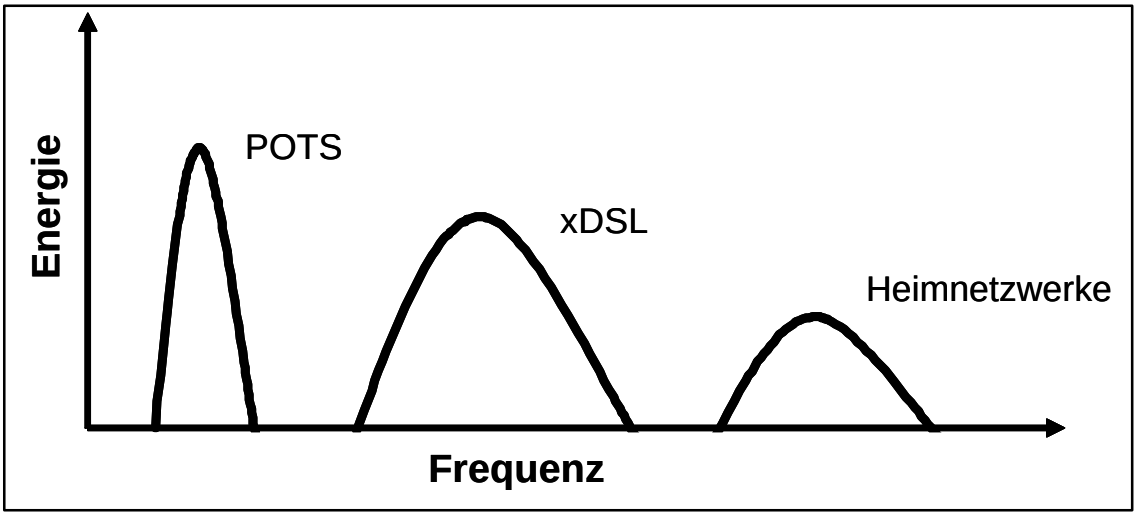


**Abbildung 15: Vergleiche der unterschiedlichen Frequenzbereiche von POTS, xDSL und HomePNA (vgl. HomePNA.org 2002).**

Die größten Weiterentwicklungspotentiale liegen in der Steigerung der Übertragungsgeschwindigkeit. Mittelfristig ist die Erhöhung der Übertragungsrate auf 10 Mit/s geplant. Langfristig sollen bis zu 100 Mbit/s erreichbar sein.

Der Erfolg der Technologie ist abhängig von Einflussfaktoren wie

- Verfügbarkeit der Infrastruktur an Telefonleitungen,
- erforderliche Bandbreite (vgl. Kapitel 3.3.1.5),
- Komplexität der Netzwerke.

Home PNA basiert auf existierenden Telefonleitungen in Gebäuden. Fehlt diese **Infrastruktur**, kann die Technologie nicht eingesetzt werden.

Die **benötigte Bandbreite** und die **Komplexität der Netzwerke** stehen in einem engen Zusammenhang. Die Home PNA-Technologie ist für kleine, relativ unkomplexe Netzwerke entwickelt. Übersteigt die Anzahl der Netzwerkkomponenten einen bestimmten (noch nicht definierten) Wert, kann das Netzwerk instabil werden.

#### *3.3.1.7 IEEE 1394/Firewire*

IEEE 1394 ist eine im Grundkonzept 1995 von Apple entwickelte serielle Schnittstellentechnologie für Computer- und Videogeräte (vgl. IEEE 1998).

Synonyme für diese Technologie sind der heute weitgehend etablierte Begriff Firewire und i.Link sowie Lynx. Die drei genannten Ausprägungen dieser Technologie unterscheiden sich lediglich im Format der Verbindungsstücke.

Weltweit existieren ca. 70 Spezifikationen von IEEE 1394. Über diese Technologie sind Datentransferraten von ca. 400 Mbit/s über serielle Kabel möglich. Die Endgeräte lassen sich leicht konfigurieren. Es ist möglich, bis zu 17 Geräte miteinander zu koppeln. Die maximale Kabellänge beträgt 4,5 m (Wird die maximale Anzahl der Endgeräte miteinander verkoppelt, ergibt sich eine Gesamtlänge von 16*4,5m=72m.). Die Kette von miteinander verbundenen Endgeräten kann nur durch die Installation von zusätzlichen Pots verzweigt werden (vgl. TU-Chemnitz 2000).

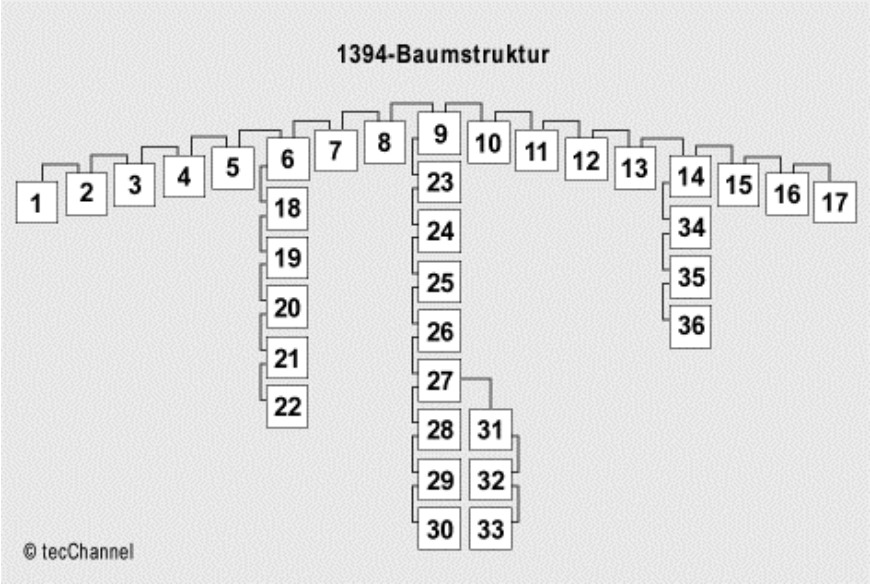


**Abbildung 16: Aufbau eines IEEE 1394-Netzwerkes (vgl. TechChannel 2000b).**

Es werden keine zusätzlichen Hardwarekomponenten wie Hubs oder Switches benötigt. Die Spannungsversorgung der einzelnen Komponenten kann über das Verbindungskabel erfolgen.

IEEE 1394 sind Peer-to-Peer-Netzwerke (vgl. Kapitel 3.3.3) und benötigen keinen dedizierten Host. Durch die Plug-and-Play-Fähigkeit der Technologie lassen sich in kurzer Zeit einfache Netzwerke erstellen.

In einer nächsten Ausbaustufe soll die Leistungsfähigkeit von IEEE 1394 erhöht werden. Diese Spezifikationen werden im Standard IEEE 1394b beschrieben. Mit dieser auch als Firewire II bezeichneten Technologie sind Transferraten von bis zu 3,2 Gbit/s und Kabellängen von bis zu 100 m möglich (vgl. TU-Chemnitz 2000).

Die Kompatibilität und Ausstattung der Endgeräte, die Komplexität des Netzwerkes und der angestrebte Aufwand für die Installation des Netzes sind Einflussfaktoren, die den Einsatz dieser Technologie bestimmen.

Die **Kompatibilität und Ausstattung der Endgeräte**, messbar in der Anzahl von kompatiblen Komponenten, sind die Voraussetzung für die Realisierung von Netzwerken über IEEE 1394. Endgeräte wie Fernseher, PCs, Drucker oder Videokameras müssen die nötigen Schnittstellen für das Firewire-Kabel besitzen.

Firewire ist für kleine Netzwerke konzipiert, dementsprechend kann es nicht für **hochkomplexe Netze** mit vielen Komponenten eingesetzt werden.

Ein Vorteil von IEEE 1394 gegenüber anderen Netzwerktechnologien ist der geringe **Installationsaufwand**, gemessen in Zeit und Kosten (sofern alle Komponenten IEEE 1394-kompatibel sind).

#### *3.3.1.8 Zusammenfassende Darstellung der Technologien*

Tabelle 6 stellt die Eigenschaften der in Kapitel 3.3.1.2 bis 3.3.1.7 beschriebenen Technologien anhand von folgenden Unterscheidungsmerkmalen zusammenfassend dar:

- Das Merkmal **mögliche Einsatzfelder** beschreibt die Einsatzpotentiale hinsichtlich der Tauglichkeit in unterschiedlichen Netzwerken wie LAN, WAN, oder ob Technologien zur Überbrückung der letzten Meile beim Anschluss an weltweite Datennetzwerke geeignet sind.
- Die **Komplexität des Netzwerks** bzw. Anzahl der Anwender, gestaffelt in hoch, mittel und niedrig, soll die Eignung für die in Kapitel 4 beschriebenen Anwendungsbereiche aufzeigen.
    - Das Merkmal **hoch** beschreibt Technologien, die für Netzwerke mit einer großen Anzahl unterschiedlicher Komponenten und einer großen Anzahl von Anwendern geeignet sind, z.B. regionale Netze oder Netzwerke in großen Unternehmen oder Konzernen. Im Rahmen dieser Arbeit weisen diese Netzwerke mehr als 1000 Komponenten oder Anwender auf.
    - **Mittel**große Netzwerkstrukturen weisen zwischen 20 und 1000 Komponenten oder Anwender auf.
    - Das Merkmal **gering** bezieht sich auf Netzwerktechnologien mit nur wenigen Komponenten und geringen Anwenderzahlen, wie z.B. in einem Haushalt. Im Rahmen dieser Arbeit weisen diese Netzwerke weniger als 20 Komponenten oder Anwender auf.

- Die **maximale Übertragungsgeschwindigkeit** gibt an, wie viel Informationen/Daten innerhalb einer Sekunde maximal übermittelt werden können.

| Techno-logie | mögliche Einsatzfelder | Komplexität des Netzwerks/ Anzahl der Anwender | aktuelle max. Übertragungs-geschwindig-keit | Reich-weite | Verfüg-barkeit der Infra-struktur |
|---|---|---|---|---|---|
| xDSL | Überbrückung der letzten Meile | hoch | vgl. Tabelle 4 | vgl. Tabelle 4 | hoch |
| CATV | Überbrückung der letzten Meile | hoch | bis 50 Mbit/s | bis ca. 5 km | mittel |
| PLC | Überbrückung der letzten Meile, regionale Netze, WAN, LAN | gering bis hoch | 3 M/Bits (Europa)/ 4 M/Bits (USA) | bis ca. 300 m | hoch |
| IEEE 803,3 | Überbrückung der letzten Meile, regionale Netze, WAN, LAN | gering bis hoch | bis 1 GBit/s | bis ca. 8 km | mittel bis hoch |
| Home PNA | LAN | mittel | vergleichbar mit IEEE 803,3 | vergleich-bar mit IEEE 803,3 | hoch |
| IEEE 1394 | LAN | gering | bis 400 Mbit/s | 4,5 m | mittel bis hoch |

**Tabelle 6: Zusammenfassende Darstellung der Technologien zur Vernetzung basierend auf der Datenübertragung per Kabel.**

- Die **Reichweite** beschreibt die maximale Distanz, über die Daten mittels Trägermedium ohne Unterstützung von Signalverstärkern oder Knoten- und Verteilerpunkten maximal übermittelt werden können.

- Die **Verfügbarkeit der Infrastruktur**, gestaffelt in hoch, mittel und niedrig, gibt an, inwieweit Komponenten zur Realisierung der Netzwerke verfügbar sind.

- **Hohe** Verfügbarkeit bedeutet im Rahmen dieser Arbeit, dass ein Einsatz der Technologie ohne Zeitverzögerung erfolgen kann.
- **Mittlere** Verfügbarkeit zeigt an, dass die Komponenten zwar am Markt existieren, doch durch eine noch fehlende Installation Zeitverzögerungen auftreten.

Bei **niedriger** Verfügbarkeit sind die Komponenten noch nicht am Markt verfügbar.

### 3.3.2 Kabellose Vernetzungstechnologien

In den letzten Jahren ist die Nachfrage nach mobilen Endgeräten, gerade im Bereich Telekommunikation, sprunghaft angestiegen (vgl. Jung 2001). Tabelle 7 zeigt die prognostizierte Entwicklung des Marktes für terrestrische, mobile Kommunikation nach der Anzahl der Nutzer (in Millionen) in den einzelnen Regionen. Dementsprechend hat sich auch ein erhöhter Bedarf an verschieden mobilen Datenübertragungstechnologien entwickelt.

| | 2000 | 2005 | 2010 |
|---|---|---|---|
| Europa, EU15 | 113 | 200 | 260 |
| Nord Amerika | 127 | 190 | 220 |
| Asien (Pazifikraum) | 149 | 400 | 850 |
| Rest der Welt | 37 | 150 | 400 |
| **Summe:** | **426** | **940** | **1730** |

**Tabelle 7: Entwicklung des Marktes für terrestrische, mobile Kommunikation (vgl. UMTS Forum Report No. 8 1999, S. 11).**

Durch die unterschiedlichen Anwendungsbereiche, die in Kapitel 4 noch detailliert beschrieben werden, ergeben sich neue Anforderungen an die Übertragungstechnologien. Beobachtet man die aktuelle Marktlage, liegen diese technologischen Erfolgskriterien, über die eine erfolgreiche Etablierung am Markt möglich ist, in den Bereichen Bandbreite, mögliche Übertragungsdistanz, Kompatibilität und Bereitstellungskosten (vgl. UMTS Forum Report No. 8/1999, S. 10 ff.).

Im Folgenden werden einige dieser mobilen Kommunikationstechnologien beispielhaft und bezogen auf die oben genannten Kriterien beschrieben. Grundlage für die weitere Untergliederung bildet Abbildung 17, die alle betrachteten Technologien nach deren physischer Reichweite staffelt.

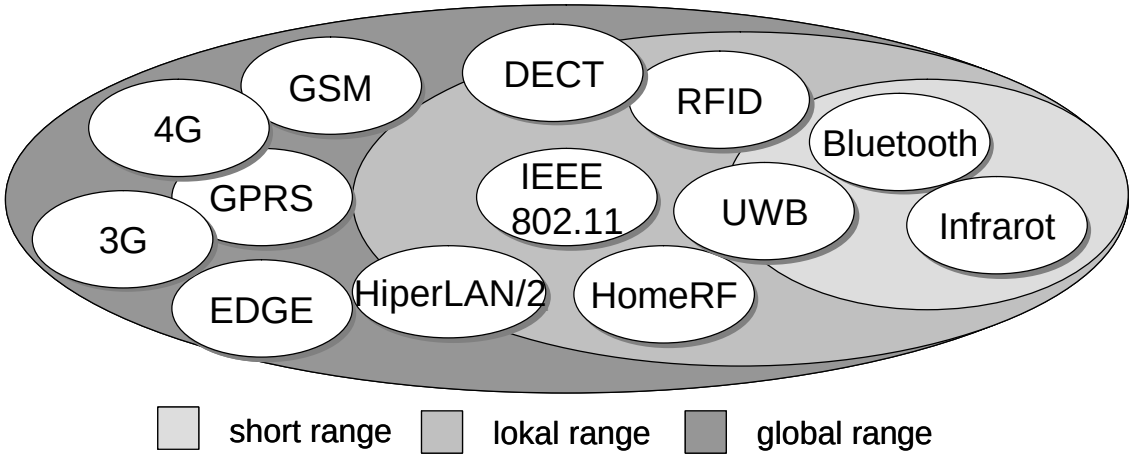


**Abbildung 17: Technologien zur mobilen Datenübertragung nach maximaler Reichweite.**

Die Auswahl der betrachteten Technologien erfolgte über Expertenbefragungen von Mitarbeitern einzelner Telekommunikationsunternehmen, wie Nokia oder Bluetooth, Messe- und Kongressbeobachtungen.

#### *3.3.2.1 Bluetooth*

Bluetooth ist ein Industriestandard zur Datenübermittlung über kleine Distanzen. Ursprünglich wurde es dafür konzipiert, Kabelverbindungen durch kabellose Verbindungen zwischen Endgeräten zu ersetzen. Es soll nun die Kurzstreckenkommunikation zwischen bis zu acht Endgeräten unterstützen (vgl. Bluetooth 2001, S. 41 ff.). Ein Sichtkontakt, wie beispielsweise bei Infrarot, ist nicht erforderlich.

Jedes Gerät, das über Bluetooth-Funktionalität verfügen soll, benötigt ein spezielles Radiomodul zur Datenübertragung. Dieser Transmitter sendet und empfängt Daten auf einer öffentlichen, global verfügbaren, bisher ungenutzten Frequenzbandbreite von 2,45 GHz (vgl. Bluetooth 2001, S. 19 ff.). Das Frequenzband beginnt bei 2,402 GHz und endet bei 2,480 GHz. Dabei können Reichweiten von bis zu 10 m erreicht und mit einer Geschwindigkeit von bis zu 720 Kbit/s übertragen werden. Die Sendeleistung liegt dabei zwischen 1 und 100 mW. Durch neue Übertragungsstandards und den Einsatz von Verstärkern kann die maximale Reichweite auf bis zu 100 m erhöht werden. Neben der reinen Datenübertragung ist auch das Übertragen von Sprache möglich. Dabei

unterstützt Bluetooth einen asynchronen Datenkanal, bis zu drei parallel verfügbare, synchrone Sprachkanäle oder einen Kanal, der parallel asynchron Daten und synchron Sprache übertragen kann. Jeder Sprachkanal ermöglicht eine Übertragungsrate von 64 kbit/s in jede Richtung. Der asynchrone Kanal kann bis zu 723,2 kbit/s in eine Richtung übertragen, dabei können dann Daten mit 57,6 kbit/s in die andere Richtung versandt oder empfangen werden oder bei synchronen Datenaustausch 433,9 kbit/s in beide Richtungen (vgl. Bluetooth 2001, S. 41 ff.). Zeitgleich können verschiedene Bluetooth-Konversationen stattfinden, ohne sich zu behindern oder ungewollt Daten auszutauschen. Das zwischen den verschiedenen Endgeräten aufgebaute Netz kann unabhängig von bestehenden Unternehmens- oder Heimnetzwerken arbeiten. Eine Verbindung kommt automatisch zustande, wenn ein Endgerät in die Reichweite eines anderen gelangt (vgl. Siemens 2002, S. 2 ff.). Eine Verbindung kann zwischen zwei Geräten (point-to-point) oder zwischen mehreren Geräten hergestellt werden (point-to-multipoint). Jedes Endgerät verfügt über eine eindeutige Adresse nach dem IEEE 802-Standard (vgl. Siemens 2001a, S. 2 ff.).

Die Einsatzgebiete von Bluetooth sind vielfältig. Neben der einfachen Datenübertragung von einem Gerät auf andere zum Austausch von Dateien oder Programmen kann über Bluetooth, wie bereits beschrieben, auch Sprache übertragen werden. Hinzu kommt die Möglichkeit, über Bluetooth andere Geräte fernzusteuern und so Haushaltsgeräte oder Teile der Büroeinrichtung zu automatisieren oder mit ihnen über ein anderes Gerät wie ein PDA oder ein Mobiltelefon zu kommunizieren. Weiterhin lässt sich Bluetooth einfach in bestehende WAN- oder LAN-Netzwerkinfrastrukturen integrieren (vgl. Duncan 2001, S. 16) und kann damit teilweise mit „echten“ WLANs konkurrieren.

Durch ein komplexes Verfahren des Frequenz-Hoppings werden die Verbindungen geschützt. Nach diesem Verfahren wird das Frequenzband in 79 Schritten zu je 1 MHz 1600 Mal je Sekunde durchlaufen. Ziel ist es, die Kommunikationsverbindung sicher zu machen und anderen Störungen, z.B. durch Funk, zu entgehen.

Das LAN/WAN Standards Committee arbeitet momentan an einem Standard (IEEE802.15), der WLANs im persönlichen Umfeld der Nutzer beschreibt. Diese Technologie würde dann in direkter Konkurrenz zu Bluetooth stehen (vgl. IEEE802.org 2002).

Einflussfaktoren für den Erfolg der Technologie sind:

- Reichweite,
- Sicherheit,
- Verfügbarkeit,
- Störungsanfälligkeit (vgl. Kapitel 3.3.1.4),
- Anzahl möglicher Anwendungen,
- Implementierungsaufwand,
- Übertragungsraten.

Der Faktor **Reichweite**, gemessen in Meter oder Kilometer, gibt an, wie weit eine einzelne Komponente Daten ohne zusätzlich Signalverstärker übertragen kann.

Unter dem Einflussfaktor **Sicherheit** werden Methoden zusammengefasst, die eine sichere Datenübertragung gewährleisten, wie z.B. die Integration von Verschlüsselungsmechanismen. Messgröße ist die Anzahl von integrierten Sicherheitsmechanismen.

Die **Verfügbarkeit** gibt an, wann (Zeitrahmen) die Technologie bzw. funktionierende Endgeräte für den Anwender zur Verfügung stehen.

Die Attraktivität einer Technologie zur Vernetzung ergibt sich aus der **Anzahl von Applikationen**, die diese Technologie nutzen. Dabei verhält sich die Anzahl direkt proportional zur Attraktivität für den Anwender.

Der **Implementierungsaufwand** kann in Kostengrößen wie Zeit und Geld gemessen werden. Er ergibt sich aus den Anschaffungskosten für Hard- und Software oder Kosten für die Installation der Infrastruktur und Services.

Die **Übertragungsraten** als Leistungsgröße geben an, wie viel Daten in einer Sekunde übermittelt werden können. Erfassbar ist diese Datenmenge in Größen wie bit/s, kbit/s oder Mbit/s.

#### *3.3.2.2 Ultra Wideband (UWB)*

Ultra Wideband (UWB) oder digital pulse wireless ist eine Technologie zur kabellosen Datenübertragung über ein großes Frequenzspektrum mit geringem Energiebedarf (vgl. UWB.org 2002).

Erste Anwendungen - basierend auf Ultra Wideband - entstanden 1980 im Umfeld von Radartechnologien. Die bis heute hinsichtlich des Frequenzbereichs unlizensierte

Technologie ist nach Aussagen von Analysten kostengünstiger, schneller und multifunktionaler als alle bisher eingesetzten Technologien zur kabellosen Datenübertragung über kurze Entfernungen (vgl. Perez 2002). Wände oder Türen sind für die Übertragung per UWB kein Hindernis. Über kurze Strecken können hohe Datentransferraten erreicht werden. Über eine Distanz von 10 m können bis zu 50 Mbps erreicht werden. Innerhalb dieses 10 m Radius können bis zu 6 Geräte platziert werden und störungsfrei arbeiten. Das breite Frequenzspektrum macht die Datenübermittlung extrem störungsresistent und sicher. Nur Endgeräte, die auf die exakte Wellenlänge abgestimmt sind, können auch Signale empfangen (vgl. Foerster/Green/Somayazulu/Leeper 2001).

Ein Vergleich der spatial capacity (in Bits pro Sekunde je $m^2$) von UWB und anderer Technologien ist in Abbildung 18 dargestellt und demonstriert die klare Überlegenheit von Ultra Wideband.

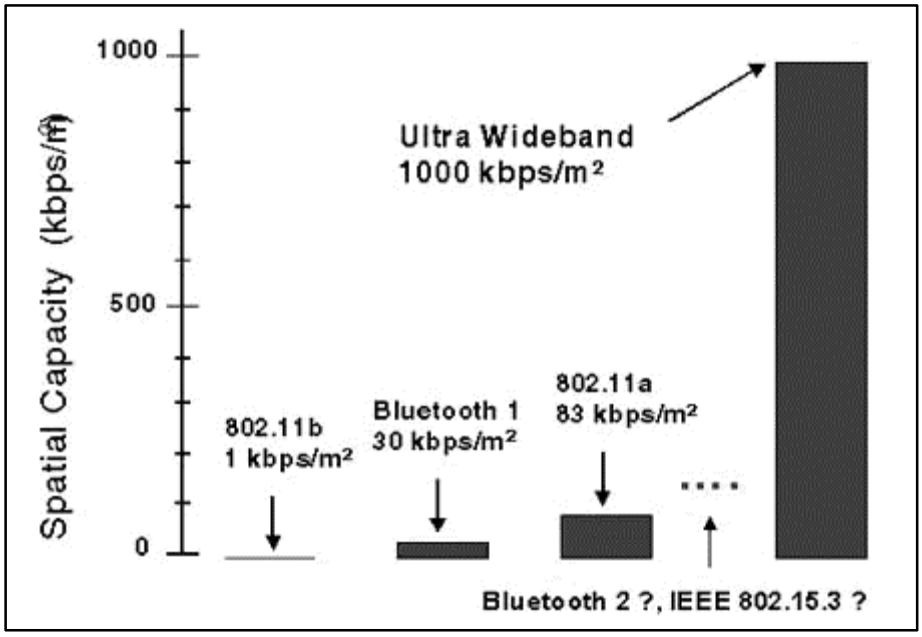


**Abbildung 18: Vergleich der verschiedenen kabellosen Übertragungstechnologien anhand der spatial capacity (vgl. Foerster/Green/Somayazulu/Leeper 2001).**

Die Technologie befindet sich aber immer noch im Entwicklungsstadium, und eine Standardisierung ist bisher nicht erfolgt (Stand Januar 2002). Aus diesem Grund stellt UWB auch kurzfristig keine Konkurrenz zu Technologien wie Bluetooth oder IEEE 802.11x dar. Mittel- und langfristig hat diese Technologie ein hohes Marktpotential, da die Kombination von hohen Datentransferraten, gekoppelt mit der Störungsresistenz, auf großes Interesse am Markt stoßen wird (vgl. Foerster/Green/Somayazulu/Leeper 2001).

Einflussfaktoren für eine mögliche Weiterentwicklung dieser Technologie sind:

- Energiebedarf,
- Reichweite (vgl. Kapitel 3.3.2.1),
- Maximale Anzahl der Netzwerkkomponenten,
- Anzahl physikalischer Störfaktoren,
- Sicherheit (vgl. Kapitel 3.3.2.1),
- Standardisierung,
- Übertragungsrate (vgl. Kapitel 3.3.2.1).

Der **Energiebedarf** für UWB, gemessen in Watt, gibt an, wie viel Energie benötigt wird, um Daten von einer Komponente zu einer anderen zu übertragen.

Die **maximale Anzahl der Netzwerkkomponenten** gibt an, wie viele Geräte oder Komponenten maximal innerhalb eines Netzwerkes miteinander kommunizieren können.

Basierend auf der Fähigkeit von UWB Wände und andere physikalische Hindernisse zu durchdringen, gibt die **Anzahl der physikalischen Störfaktoren** die Menge an Hindernissen wieder, die bei einer Datenübertragung überwunden werden müssen.

Der Einflussfaktor **Standardisierung** lässt sich dahin gehend überprüfen, ob eine Standardisierung erfolgt ist oder nicht.

#### *3.3.2.3 Infrarot*

Wie auch Bluetooth (vgl. 3.3.2.1) kann Infrarot zum Aufbau kleiner, kabelloser Netze genutzt werden, doch soll es im Rahmen dieser Arbeit nur aus Vollständigkeitsgründen genannt werden. Infrarot zeichnet sich durch geringe Hardwarekosten, leichte Implementierbarkeit und hohe Kompatibilität zu aktuellen Systemen aus. In Zukunft wird es aber stark an Bedeutung für die Realisierung kleiner, kabelloser Netzwerke verlieren. Der entscheidende Nachteil der Infrarot-Systeme gegenüber allen anderen ist, dass beide Parteien (Sender und Empfänger) direkten Sichtkontakt benötigen. Das Mobilitätskriterium ist damit nur teilweise umzusetzen. Alternative Technologien, wie z.B. Bluetooth, erfüllen die in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Kriterien besser und werden Infrarot-Netzwerke substituieren.

Ein Einflussfaktor, der neben den oben beschriebenen Faktoren, wie **Kosten** (Zeit und Geld) und **Kompatibilität** (Anzahl verfügbarer, kompatibler Endgeräte), den stärksten Einfluss hat, ist die Anzahl der physikalischen Störfaktoren.

Basierend auf der Fähigkeit von Infrarot, keine physikalische Hindernisse zu durchdringen, gibt die **Anzahl der physikalischen Störfaktoren** die Menge an Hindernissen wieder, die eine Datenübertragung verhindern könnten.

#### *3.3.2.4 Radio Frequency Identification-Systems (RFID)*

Radio Frequency Identification-Systems (RFID) sind Technologien zur automatischen, kontaktlosen Identifikation von Objekten.

RFID-Systeme bestehen aus Transpondern oder Tags. Diese können mit physischen Objekten und/oder dem RF-Reader (Radio Frequenzy Reader) bzw. der Basiseinheit gekoppelt werden, die, ausgestattet mit einer Antenne, in der Lage sind, Daten von den Transpondern zu erfassen oder Daten auf ihnen zu speichern. Hinsichtlich ihrer Funktion und Bauweise weisen die Tags unterschiedliche Komponenten und/oder Funktionen auf. Es wird zwischen aktiven und passiven Tags unterschieden, wobei der aktive Tag eine eigene Stromversorgung besitzt und in der Regel Daten lesen und schreiben kann (read/write). Damit ist eine bidirektionale Datenübertragung möglich. Kommt es zur Modifikation der Daten, ist ein Speichermedium nötig. So kann ein aktiver RFID-Tag bisher je nach Bauweise und Ausstattung bis zu 1 MB speichern. Durch die zusätzliche Stromversorgung ist es weiterhin möglich, Daten über größere Distanzen zu übermitteln oder höhere Bandbreiten zu erreichen. Der passive RFID-Tag weist keine eigene Stromversorgung auf. Er liefert elektronische Daten ähnlich einem Barcode, die zwar ausgelesen, nicht aber modifiziert werden können (unidirektionale Datenübertragung). Die fehlende Stromversorgung macht den Tag kompakter und günstiger auf Kosten der Übertragungsdistanz und der Bandbreite. Die Versorgung der passiven Tags mit Strom erfolgt bisher über das Energiefeld des RF-Readers. Der Tag wird nur temporär während des Datentransfers mit Energie versorgt. (vgl. Finkenzeller 2000, S. 20 ff.)

Im Gegensatz zu den Tags, die nur aus einem Mikrochip und einer Kupferdrahtspule bestehen, enthält das Schreib-/Lese-Gerät eine Hochfrequenzmodul, eine Kontrolleinheit und ein Koppelelement zum Transponder. Weitere Schnittstellen, wie z.B. zu einem PC, können nach Bedarf integriert werden. Zur Erfassung und zum

Versand der Daten ist eine Antenne erforderlich, die genau wie das Gerät mobil oder stationär eingesetzt werden kann.

Die Reichweite der Systeme ist abhängig von der Betriebsfrequenz der Systeme. Dabei gilt, dass bei steigender Betriebsfrequenz die Reichweite, Bandbreite und Kosten zur Realisierung der Systeme zunehmen. Die Sendefrequenz der Basiseinheit lässt sich in drei Bereiche einteilen, die neben den ihnen entsprechenden Leistungsdaten in Tabelle 8 dargestellt sind.

| **Frequenzbereich** | **Daten-rate** | **Leistungs-verbrauch** | **Herstellungs-kosten** | **Anwendungsbereiche** |
|---|---|---|---|---|
| niedrige Frequenzen bzw. low frequency bis ca. 300 kHz | niedrig | niedrig | niedrig | Tierverfolgung, Zutrittskontrolle, Inventarkontrolle, Fahrzeugsicherung |
| Hochfrequenzen bzw. radio frequency bis ca. 100 MHz | mittel (106 kbit/s bei 13,56 MHz) | mittel | mittel | Zutrittskontrolle Smart Cards |
| Ultrahochfrequenz bzw. very high frequency und Mikrowellen >100 MHz | hoch | hoch | Hoch | Waggonverfolgung, Zolleinzugssysteme |

**Tabelle 8: Frequenzbereiche für RFID-Systeme.**

Ein Betrieb unter 135 kHz ermöglicht durch die großen, magnetischen Feldstärken induktiv gekoppelte Systeme (vgl. Kolnsberg 2001, S. 28 ff.).

Die Reichweite der Systeme liegt bei unter einem Zentimeter bei close-coupling-Systemen (3-30 MHz), bei unter einem Meter bei Remote Coupling-Systemen (6,75 MHz, 13,56 MHz, 27,125 MHz oder <135 kHz), die oft aus passiven Tags bestehen und den Long-Range Systemen (2,45 GHz, 5,8 GHz 24,125 GHz) mit > 1 m (vgl. Dübendorfer 2001, S. 13).

Im Gegensatz zu klassischen Formen der Datenerfassung an beweglichen Objekten, wie z.B. Barcode, bietet RFID einige Vorteile. Die Tags sind robuster, d.h. unempfindlicher gegenüber Umwelteinflüssen, und benötigen keinen Sichtkontakt zur Datenübermittlung. Daten können kontinuierlich an den Empfänger gesendet werden oder nur bei Bedarf. Die Kosten solcher Systeme sind durch die Modifizierung der

Infrastruktur noch sehr hoch, werden aber nach Moores-Law in Zukunft fallen. Ein weiterer Kritikpunkt ist der zunehmende Elektrosmog, dessen gesundheitliche Auswirkungen bisher noch weitgehend unklar ist. In Kapitel 3.4.6 wird das Thema Sicherheit ausführlicher besprochen, das enormen Einfluss auf den Erfolg der RFID-Systeme hat. Da über RFID theoretisch die vollständige Vernetzung aller realen Objekte möglich ist, wird es wichtig, zu entscheiden, wer welche Daten wann und wie empfangen darf und wer nicht.

Es lassen sich folgende Einflussfaktoren identifizieren:

- Reichweite (vgl. Kapitel 3.3.2.1),
- Komplexität der Komponenten,
- Größe der Komponenten,
- Stromversorgung/Energiebedarf,
- Übertragungsrate (vgl. Kapitel 3.3.2.1).

Die **Komplexität der Komponenten** lassen sich anhand der Anzahl der unterschiedlichen Elemente feststellen, aus der die Komponenten aufgebaut sind.

Die **Größe der Komponenten** ergeben sich auch ihrer physikalischen Größe, gemessen in Millimeter oder Zentimeter.

Bei der **Stromversorgung** wird zwischen aktiver und passiver Stromversorgung unterschieden (siehe oben). Der Energiebedarf zur Versorgung der Komponenten und zur Realisierung des Datentransfers wird in Watt angegeben.

#### *3.3.2.5 IEEE 802.11*

IEEE 802.11 ist eine Familie von Spezifikationen und Standards für wireless local area networks (WLANs) - Netzwerke, die auf einer kabellosen Datenübertragung basieren (vgl. Ryan 1998 S. 22 f). Alle unter IEEE 802.11 zusammengefassten Standards (IEEE 802.11, IEEE 802.11a, ..., IEEE 802.11g) nutzen das Ethernet-Protokoll (vgl. Kapitel 3.3.1.5).

Der Standard IEEE 802.11 definiert ein Netzwerk, welches auf einzelnen Zellen beruht. Weiterhin werden die zwei untersten Schichten des OSI-Referenzmodells detailliert beschrieben, die Bitübertragungsschicht und die Verbindungsschicht. Der Zugriffsmechanismus als Teil der Verbindungsschicht ist so für alle Protokolle der

höheren Schichten gleich. Die maximale Übertragungsreichweite aktueller Produkte liegt bei etwa 100 m (Stand Juni 2001).

Die Nutzung von z.B. TCP/IP ist wie auch bei Ethernet-Netzwerken möglich. Die Bandbreite liegt bei 1 und 2 Mbit/s (vgl. Ryan 1998 S. 22 f). Die Frequenzbereiche liegen im kostenlosen ISM-Band (2,4 GHz). Da die oben beschriebenen Bandbreiten in Zukunft nicht ausreichen, wurde der Standard erweitert. 802.11a nutzt Frequenzbereiche im 5 GHz Band und lässt hohe Bandbreiten zu. Das 5 GHz Band kann bisher aber nur in den USA genutzt werden, da in Europa diese Frequenzbereiche durch andere Technologien genutzt werden. Geräte, die auf 802.11a aufbauen, sind kostenintensiv, da im 5 GHz eine große Anzahl von Störgeräuschen auftreten. Beim 802.11b-Standard wurde der 802.11-Standard erweitert. Ziel ist es, eine Datenrate wie bei herkömmlichen 10 Mbit/s-Ethernet-Netzwerken zu erreichen. Die Schwierigkeiten des 802.11a-Standards haben 802.11b populär gemacht, und er hat kurzfristig das größere Marktpotential (vgl. Cahners In-Stat Group 2001, S. 3 f.).

Im operativen Betrieb sind sowohl die Verbindung über peer-to-peer als auch über Access-Points möglich. Peer-to-Peer-Verbindungen sind einfach zu realisieren, bieten aber nur einer bestimmten Anzahl von Geräten Raum. Der Zugang über Access-Points (AP) ist vergleichbar mit dem traditionellen Zugang über einen Netzwerk-Hub (vgl. Ryan 1998, S. 21 ff). Zusätzlich wird die Größe der Funkzellen verdoppelt. Im Regelfall enthält eine solche Zelle dann einen AP und mehrere Endgeräte. Diese Konfiguration wird als Basic Service Set (BSS) bezeichnet (vgl. Ryan 1998 S. 15 ff). Das Verbinden mehrerer solcher Zellen nennt man Extended Service Set (ESS).

Der IEEE 802.11-Standard erlaubt es, kostengünstig funktionierende WLAN-Infrastrukturen auszubauen. Diese sind bei einer reinen Betrachtung der Kosten und der erreichbaren Übertragungsgeschwindigkeit den Kabelnetzwerken unterlegen, bieten aber durch den Mobilitätsgrad der Infrastrukturkomponenten durchaus eine Alternative zu bestehenden Netzen.

- Reichweite (vgl. Kapitel 3.3.2.1),
- Standardisierungsgrad,
- Komplexität der Netzwerke,
- Übertragungsraten (vgl. Kapitel 3.3.2.1),

- Aufwand für Installation und Wartung.

Der **Standardisierungsgrad** der Technologie basiert auf der Frage, ob (a) ein Standard definiert wurde und wie weit die Industrie diesen Standard akzeptiert bzw. (b) wenn keine Definition eines Standards erfolgt ist, wie weit dieser Prozess fortgeschritten ist.

Die **Komplexität der Netzwerke** kann über die Anzahl der einzelnen Netzwerkkomponenten erfasst werden. Komplexitäten der Netzwerke und Menge der Komponenten verhalten sich direkt proportional.

Der **Aufwand für Installation und Wartung** ergibt sich aus den Kosten (monetäre Werte und Zeit), die sich aus dem Aufbau und der Wartung der Netzwerkstrukturen zusammensetzen.

#### *3.3.2.6 Home Radio Frequency (Home RF)*

Home Radio Frequency ist wie IEEE 802.11 ein Standard für wireless local area networks (WLANs) (vgl. HomeRF Working Group 2001).

Wurde IEEE 802.11 vorrangig für den Einsatz in Unternehmensnetzwerken entwickelt, ist HomeRF von Anfang an für den Einsatz im privaten Haushalt konzipiert worden. Dementsprechend stehen bei der Entwicklung und Umsetzung einfache Bedienung und geringer Preis im Vordergrund. Die Reichweite ist mit ca. 50 m (150-feet) im Gegensatz zu 802.11 relativ gering. Die aktuellen Datenraten (bei Version 2) liegen bei 10 Mbps, sollen aber auf 20 Mbit/s erweitert werden (vgl. HomeRF Working Group 2001).

Der aktuelle HomeRF-Standard beschreibt wie der IEEE 802.11-Standard auch die beiden untersten Ebenen des OSI-Referenzmodells. Zusätzlich ist es aber möglich, über HomeRF synchron Daten und Sprach- bzw. Multimediadaten zu versenden bzw. zu empfangen. Dafür wird das lizenzfreie 2,4 GHz-ISM-Band genutzt. Es existieren 75 Kanäle mit einer Bandbreite von je 1,6 Mbp/s. Soll die Datenübertragungsrate weiter erhöht werden, müssen Kanäle gebündelt werden.

Nach Aussagen der HomeRF Working Group weist HomeRF gegenüber IEEE 802.11 folgende Vorteile auf:

- geringer Preis,
- einfache Installation,
- Sprach- und Telefonunterstützung + parallele streaming Videounterstützung,

- geringer Energiebedarf,
- hoher Sicherheitslevel (vgl. HomeRF Working Group 2001).

Die beiden erst genannten Punkte sind als relativ zu betrachten, da abzusehen ist, dass durch fallende Hardwarepreise auch andere Netzwerkstandards günstiger zu realisieren sind. Das Telefonfeature ist im privaten Bereich auch nur bedingt von Interesse, da eine große Anzahl der möglichen Nutzer schon schnurlose Telefone benutzt.

HomeRF wird einmal direkt mit Standards wie IEEE 802.11 oder HiperLAN konkurrieren müssen. Die höhere Leistungsfähigkeit der anderen Standards und das Fehlen einer Lösung für komplexe Netze werden die weitere Entwicklung von HomeRF behindern und/oder erschweren (vgl. Cahners In-Stat Group 2001, S. 2 f.).

Aus den oben beschriebenen Eigenschaften lassen sich die folgenden Einflussfaktoren ableiten:

- Komplexität der Netzwerke (vgl. Kapitel 3.3.2.5),
- Energiebedarf,
- Sicherheit (vgl. Kapitel 3.3.2.1),
- Implementierungsaufwand (vgl. Kapitel 3.3.2.1).

Der **Energiebedarf** für HomeRF, gemessen in Watt, gibt an, wie viel Energie benötigt wird, um Daten von einer Komponente zu einer anderen zu übertragen.

#### *3.3.2.7 HiperLAN/2*

HiperLAN (High Performance Radio Local Area Network) ist ein Standard zur kabellosen Datenübertragung in WLANs (vgl. Johnsson 1999a, S. 4).

Im Gegensatz zu dem in 3.3.2.6 beschrieben Standard ist HiperLAN sowohl auf den Einsatz in kommerziellen als auch in privaten Netzwerken ausgelegt und wird oft als die drahtlose Ausprägung eines ATM-Netzwerkes gesehen (vgl. Svenson 2000, S. 4 ff.).

Der Frequenzbereich, den diese Technologie nutzt, liegt im 5 GHz-ISM-Band. Durch ein spezielles Modulationsverfahren (Orthogonal Frequency Division Multiplex) können Datenraten von bis zu 54 Mbit/s erreicht werden (vgl. Johnsson 1999b, S. 2). Die Beschreibung des Standards beschränkt sich auch hier nur auf die untersten beiden Ebenen des OSI-Referenzmodells. In einem HiperLAN/2 Netzwerk erfolgt die Kommunikation ähnlich wie in einem Netzwerk basierend auf IEEE 802.11 zwischen

den Access Points (AP) und den mobilen Terminals (MT). Die MTs können sowohl mit einem zentralen Zugangspunkt kommunizieren, über den beispielsweise eine Anbindung an ein bestehendes kabelbasiertes Netzwerk erfolgt, als auch sich direkt mit anderen MTs verbinden. Dafür ist eine Steuerinstanz - der Central Controller - erforderlich, über den im Vorfeld bestimmt wurde, welche Verbindungen möglich sein sollen und welche nicht.

Im Zuge der Weiterentwicklung von HiperLAN/2 wurden zwei Ergänzungen realisiert: HiperACCESS und HyperLINK. HiperACCESS erlaubt den Aufbau von Netzwerken bis zu einer Größe von 5 km und den Zugang zu einem zentralen Knotenpunkt. Ziel ist es, mittels einer Punkt-zu-Mehrpunkt-Architektur Straßenzüge oder Stadtviertel einen kabellosen Netzzugang zu ermöglichen. Die angestrebte Datenrate liegt hier bei 27 Mbit/s (vgl. ETSI 2002, S. 14 ff).

HyperLINK bietet die Möglichkeit, Hochgeschwindigkeits-Peer-to-Peer-Verbindungen aufzubauen. Die angestrebte Datenrate liegt bei 155 Mbps über eine Distanz von 150 m.

Folgende Einflussfaktoren lassen sich identifizieren:

- Reichweite (vgl. Kapitel 3.3.2.1),
- Frequenzbereich,
- Komplexität der Netzwerke (vgl. Kapitel 3.3.2.5),
- Bedarf an breitbandigen Datenübermittlungsverfahren (vgl. Kapitel 3.3.1.2),
- Implementierungsaufwand (vgl. Kapitel 3.3.2.1).

Der **Frequenzbereich** gibt an, welche Frequenzen zur Datenübertragung genutzt werden.

#### *3.3.2.8 Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT)*

Beim Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT) - Standard handelt es sich um einen Telekommunikationsstandard zur drahtlosen Übertragung von Daten im Frequenzbereich von 1880 bis 1900 MHz.

DECT wurde 1992 durch das Europäische Standardisierungsinstitut für Telekommunikation festgelegt und wird bis zum jetzigen Zeitpunkt in ca. 100 Ländern eingesetzt. Der Standard bietet die Möglichkeit, verschiedene Services anzubieten wie Telefon, Fax, ISDN, Video- und Bildübertragung und Datenaustausch.

Es wird eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen einer Basisstation und zu mobilen Endgeräten hergestellt. Dabei kann über DECT auf die verschiedensten, schon bestehenden Netzwerkinfrastrukturen zurückgegriffen werden wie GSM, LAN, X.25, ISDN, PSTN oder DCS 1800. Die Datenübertragung erfolgt auf mehreren zur Verfügung stehenden Trägerfrequenzen. Innerhalb dieser Kanäle existieren zusätzlich verschiedene Zeitschlitze, die nacheinander über die unterschiedlichen Trägerfrequenzen genutzt werden können. So können parallel bis zu 120 Kanäle mit einer Bandbreite von je 32 KBit/s bzw. 25,6 kbit/s genutzt und eine Gesamtbandbreite von ca. 1152 kbit/s erreicht werden (vgl. Tuttlebee 1992, S. 44) bei einer Reichweite von bis zu 2 km.

DECT arbeitet in Europa, wie oben angegeben, in einem reservierten Frequenzbereich von 1880 bis 1900 MHz. Auf anderen Kontinenten werden teilweise andere Frequenzbänder genutzt wie z.B. das öffentlich freigegebene 2,4 GHz-Band oder das 5 GHz-Band. Dadurch ist es möglich, dass Geräte nur auf einem Kontinent eingesetzt werden können. Die Sendeleistung der Geräte ist bisher für kleine Netze im In-Home-Bereich optimiert.

Wurde DECT in der Vergangenheit hauptsächlich für die Übertragung von Sprache eingesetzt, wird die Übertragung von Daten zunehmend attraktiver. Aus diesem Grund wurde der DECT-Standard um einige Module erweitert. Der DECT Packet Radio Service ermöglicht eine paketorientierte Datenübermittlung, und das Dynamic Resource Management erlaubt die Bündelung von Kanälen (vgl. Ochsner 1997, S. 2 ff.).

Aus der Beschreibung des DECT-Standards lassen sich unterschiedliche Einflussfaktoren identifizieren:

- Frequenzbereich (vgl. Kapitel 3.3.2.7),
- Komplexität der Netzwerke (vgl. Kapitel 3.3.2.5),
- Bedarf an breitbandigen Datenübermittlungsverfahren (vgl. Kapitel 3.3.1.2),
- Implementierungsaufwand (vgl. Kapitel 3.3.2.1).

#### *3.3.2.9 Global System for Mobile Communication (GSM)*

Global System for Mobile Communication (GSM) ist der in Europa und Asien bzw. im pazifischen Raum meist genutzte Standard für mobile Kommunikation (Stand 2000, vgl. Durlacher 2000, S. 19).

Global System for Mobile Communication arbeitet im 900-MHz-Bereich in zwei getrennten je 25 MHz breiten Funkkanälen bzw. im 1,8-GHz-Bereich. Im Bereich von 890 MHz bis 915 MHz senden die mobilen Endgeräte auf einem von 124 je 200 kHz breiten Kanälen zur Basisstation (Uplink), im Bereich von 935 MHz bis 960 MHz sendet die Basisstation an die Endgeräte (Downlink) (vgl. Durlacher 2000, S. 19).

Über GSM-Systeme werden Teledienste, wie Telefon und Telefax, und Trägerdienste über Datenübertragung mit einer Geschwindigkeit von bis zu 9,6 Kbit/s abgewickelt. Ein Short Messaging Service (SMS) erlaubt Nachrichten mit einer Länge von bis zu 160 Zeichen pro Nachricht zu senden.

Deutsche GSM-Netze wurden 1993 in Betrieb genommen. Es ist davon auszugehen, dass sie bis 2002 noch großflächiger genutzt werden. Über die nächsten 5 Jahre werden sie immer mehr, speziell im Bereich der Datenübertragung, an Bedeutung verlieren und von anderen Technologien wie GPRS oder 3G verdrängt. Die voraussichtlich maximale Lebensdauer liegt bei 25 Jahren.

Ein GSM-Netz besteht aus drei Subsystemen:

Das Base Station Subsystem (BSS) besteht hauptsächlich aus den Sendeanlagen und den Mobilstationen wie Handys oder Pager. Weitere Komponenten des Systems sind der Base Station Controller als intelligente Steuereinheiten, der Transportfunktionen übernimmt und die Base Transceiver Station, die es einer Station ermöglicht, auf das Netz zuzugreifen. Dabei agiert das Network-Subsystem (NSS) oder Switching Subsystem (SSS) als Vermittler und besteht aus den Komponenten:

- Mobile Service Switching Center (Vermittlung zwischen verschiedenen Teilnehmern);
- Gateway für Fremdnetze (Anbindung an fremde Netze);
- Datenbanken (Standortverzeichnis, Besucherverzeichnis, Geräteverzeichnis, Authentification Center).

Über das Operating- and Maintaining-Subsystem (OMS) wird das Netz gewartet (vgl. Scourias 1995).

Die funktechnische Netzabdeckung wird durch ein System von wabenförmigen Zellen realisiert. Die Größe dieser Einheiten variiert von 500 m bis zu 35 km.

Einflussfaktoren für die Weiterentwicklung von GSM sind:

- Frequenzbereich (vgl. Kapitel 3.3.2.7),
- Funkzellgröße,
- Bedarf an breitbandigen Datenübermittlungsverfahren (vgl. Kapitel 3.3.1.2),
- Implementierungsaufwand (vgl. Kapitel 3.3.2.1).

Die **Funkzellgröße** gibt den kleinsten geografischen Funkversorgungsbereich in Meter an.

#### *3.3.2.10 General Packet Radio Service (GPRS)*

General Packet Radio Service (GPRS) ist ein Standard für mobile Kommunikation, der aufbauend auf GSM (vgl. Kapitel 3.3.2.9) eine Datenübermittlung mit Paketvermittlung unterstützt (vgl. Ericsson 2002).

Bei dieser Technologie werden die Daten in einzelne eindeutig zu identifizierende Pakete zerlegt und versandt. Dabei ist die Reihenfolge, in der die Daten versandt werden, zufällig gewählt, später versandte Pakte können vor den anderen Daten beim Empfänger eintreffen. Das Endgerät kann aber über einen Identifizierungscode die Datenpakete in der richtigen Reihenfolge zusammensetzen. Es stehen bis zu acht Zeitschlitze zur Verfügung, diese Pakete zu transportieren. Dadurch bildet sich ein entscheidender Vorteil gegenüber den im Vorfeld beschriebenen mobilen Technologien heraus. Der Nutzer ist kontinuierlich online. Er muss sich nicht für jede Abfrage neu einwählen. Die Infrastruktur wird nur belastet, wenn tatsächlich Daten versandt werden. Dem Anwender wird also nicht ein spezieller Bereich zugewiesen, den er exklusiv nutzt, vielmehr erfolgt die Verteilung der Ressourcen dynamisch. So können vorhandene Kapazitäten optimal genutzt werden. Es wird eine theoretische Übertragungsrate von bis zu 171 Kbit/s erreicht. Im praktischen Einsatz liegt sie bei bis zu 115 Kbit/s. Dementsprechend wollen die führenden Anbieter auch nach Datenvolumen und nicht wie bisher üblich nach Zeit abrechnen. Werden zeitgleich

Sprachdaten übertragen, nimmt die Bandbreite der übermittelten Daten ab (vgl. Cisco 2002).

Die beschriebenen Datenraten werden nicht sofort verfügbar sein. Vielmehr sind mehrere Phasen geplant, GPRS umzusetzen. Phase 1 ermöglicht Geschwindigkeiten von 40 – 50 Kbit/s. Dabei sind keine Modifikationen an der Hardware nötig, lediglich die Software muss in Form eines Updates angepasst werden.

In einer 2. Phase soll dann die maximale mögliche Bandbreite realisiert werden. Diese Datenraten werden bisher aber nicht von allen mobilen Endgeräten unterstützt. Dementsprechend muss die Hardware angepasst werden. Wie hoch die erreichte Datenrate letztendlich sein wird, hängt sowohl von der Größe der Funkzelle als auch von der Anzahl der Nutzer ab, die sich diese die Bandbreite teilen müssen (vgl. GSMWorld 2002).

Die Endgeräte lassen sich in drei Klassen teilen. Klasse A Endgeräte ermöglichen die gleichzeitige Übertragung von Daten und Sprache. Klasse B Endgeräte übertragen entweder Sprache oder Daten. Der Wechsel erfolgt automatisch. Endgeräte der Klasse C können auch nur Sprache oder Daten übertragen. Der Anwender muss zwischen beiden Modies manuell wechseln. Bisher sind nur Endgeräte der Klasse B am Markt (Stand Juli 2001).

GPRS als eine paketbasierte Technologie ist ideal für die Nutzung TCP/IP-basierter Anwendungen. Die Gewährleistung eines Internetzugangs ist eine dieser Anwendungen. Die Netzbetreiber entwickeln sich zu Internet Service Providern weiter. Da die Datenübertragung bei der Nutzung des Internets zumeist asymmetrisch ist, können nicht genutzte Ressourcen im Up-Stream von anderen Nutzern verwendet werden. Durch die höhere Bandbreite, die konstante Anbindung an das Netz und die Kompatibilität zu TCP/IP ergeben sich neue Anwendungsfelder wie Location-based-Services oder einfaches Video- und Audiostreaming. Zusätzlich können vom PC bekannte Internetanwendungen wie Email, Telnet, Internet-Browsing, FTP, Chat usw. genutzt werden (vgl. Ames/Gabor 2000, S. 1 ff.).

Die nötige Infrastruktur für GPRS ist vorhanden, da diese Technologie auf dem bestehenden GSM-Netz aufbaut, jedoch benötigen GPRS-Dienste einen höheren technischen Aufwand als die oben beschriebenen Technologien.

Technologische Einflussfaktoren für den Erfolg von GPRS sind:

- Bedarf an breitbandigen Datenübermittlungsverfahren (vgl. Kapitel 3.3.1.2),
- Implementierungsaufwand (vgl. Kapitel 3.3.2.1).

Faktoren wie Funkzellengröße und Frequenzbereiche werden nicht betrachtet, da sie im Kapitel 3.3.2.9 beschrieben wurden und GPRS auf GSM aufbaut.

#### *3.3.2.11 Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE)*

EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution) als ein weiterer Standard für mobile Kommunikation mit Datenübermittlung in einzelnen Datenpaketen ist eine Weiterentwicklung der GPRS-Technologie mit einer Bandbreite von bis zu 384 Kbit/s, die auf dem GSM-Netz basiert.

Die Daten werden bei dieser Technologie zwar auch paketförmig übermittelt, aber höher komprimiert als bei GPRS. Dabei wird EDGE oft als Übergangstechnologie gesehen, die den Weg für die dritte Generation von mobilen Informations- und Kommunikationstechnologien ebnen soll. Voraussetzungen für eine Neumodulation der Daten, wie UMST sie benötigt, sind in dieser Technologie bereits implementiert. Ein Ziel war es, GPRS so weiterzuentwickeln, dass große Datenmengen, wie sie z.B. bei der Übertragung von Videodaten anfallen, versandt und empfangen werden können (vgl. Durlacher 2000, S. 20). Theoretisch ist eine maximale Übertragungsrate von bis zu 473,6 kbit/s möglich.

Die Kompatibilität sowohl zu amerikanischen als auch zu europäischen und asiatischen Netzen sowie die Nutzung bestehender Infrastruktur gekoppelt mit einer Bandbreite, die größer ist als die früher UMTS- Installationen, machen EDGE zu einer Alternative zu UMTS (vgl. Siemens 2001a, S. 14 f.).

Wurde EDGE noch vor einem Jahr nur eine relativ kurze Lebensspanne von wenigen Jahren prognostiziert, hat sich das Bild heute geändert. Bedingt durch die enormen Investitionen in die UMTS-Lizenzen und durch die Kosten der UMTS-bedingten Erweiterung der Infrastruktur, hat sich EDGE zu einer kostengünstigen Alternative, die auf bestehende GSM-Netze aufbaut, entwickelt. Hinzu kommt die Tatsache, dass die UMTS-Bandbreiten in den nächsten Jahren unter denen der mittels EDGE realisierten Datenübertragungsraten liegen werden. Applikationen können problemlos von GPRS nach EDGE migriert werden. Erste Netze, die auf EDGE aufbauen, werden ab 2002 verfügbar sein.

Technologische Einflussfaktoren für den Erfolg von EDGE sind:

- Bedarf an breitbandigen Datenübermittlungsverfahren (vgl. Kapitel 3.3.1.2),
- Implementierungsaufwand (vgl. Kapitel 3.3.2.1).

Faktoren wie Funkzellengröße und Frequenzbereiche werden nicht betrachtet, da sie im Kapitel 3.3.2.9 beschrieben wurden und EDGE auf GSM aufbaut.

#### *3.3.2.12 Third Generation (3G)/ International Mobile Communication 2000*

Third Generation (3G) ist der Ausdruck für die nächste technologische Entwicklungsstufe in der Mobil-Telephonie (vgl. UMTS Forum 2002).

Der formelle Standard für 3G heißt IMT-2000 (International Mobile Communication 2000) und wurde von verschiedenen Entwicklerkonsortien definiert, die teilweise unterschiedliche Modulationsverfahren entwickelt haben (vgl. Durlacher 2000, S. 20 f.).

CDMA2000 (Code Division Multiple Access) wird von Nokia und einigen japanischen Herstellern eingesetzt, entwickelt vom amerikanischen Unternehmen Qualcomm. W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) ist ein Funkprotokoll, das die unterschiedlichen CDMA- Protokolle in sich vereint und so Inkompatibilitäten der unterschiedlichen CDMA-Versionen der Hersteller verhindern soll. Es ist das Ergebnis langer Verhandlungen zwischen Ericsson und Qualcomm.

Weltweit werden trotz dieser Einigung und des 3G-Standards drei unterschiedliche Ausprägungen von 3G-Netzen realisiert, W-CDMA in Europa (vgl. Reg-TP 2000) und in den asiatischen Ländern, die bisher GSM-Netze verwendeten, Multicarrier CDMA für Nord-Amerika und TDD/CDMA für China. DoCoMo realisierte das erste 3G-Netz Ende 2001 in Japan (vgl. Durlacher 2000, S. 20 f.).

UMTS (Universal Mobile Telephone System) ist die europäische Ausprägung der 3G-Netze (vgl. UMTS-Forum 2002). Mittels UMTS können theoretisch Datentransferraten von bis zu 2 Mbit/s erreicht werden. Praktisch wird eine solche Rate aber kaum zu realisieren sein. Die tatsächliche Übertragungsrate ist abhängig von zwei Faktoren. UMTS nutzt Zellbereiche, ähnlich denen der GSM-Netze (vgl. Kapitel 3.3.2.9). Die maximale Datenrate verhält sich dabei umgekehrt proportional zur Anzahl der Anwender in einer Zelle und der Größe der Zelle bzw. der Geschwindigkeit, mit der sich der Empfänger bewegt. Tabelle 9 zeigt, welche Übertragungsraten in den unterschiedlich großen Zellen möglich sind.

Die Bandbreite von UMTS im 5MHz-Band ist ca. 25-mal höher als die von GSM. Es lassen sich bis zu hundert Telefongespräche mit einer Übertragungsrate von 8 kbit/s oder 50 Internet-Abfragen mit bis zu 384 kbit/s zeitgleich realisieren. UMTS bietet ein hohes Maß an Flexibilität bei der Ausnutzung der Bandbreite. Im Gegensatz zu den GSM-basierenden Technologien verwendet UMTS keine fixen Zeitschlitze mehr. Die Bandbreite kann sich so an die Anforderungen und die Anzahl der Nutzer dynamisch anpassen (vgl. UMTS-Forum 2002).

| Region/Zelle | Beschreibung | Garantierte Übertragungsrate |
|---|---|---|
| Global-Zelle | Schnell bewegende Empfänger (KFZ, Flugzeug, Bahn) | 144 Kbit/s |
| Makro-/Mikro-Zelle | Stadtbereich<br>Empfänger in Bewegung (Fahrrad) | 384 Kbit/s |
| Pico-/Haus-Zelle | Stadtteil<br>Haus | bis zu 2 Mbit/s |

**Tabelle 9: Garantierte Übertragungsraten bei UMTS in Abhängigkeit von der Größe der Funkzelle (vgl. UMTS-Forum 2002).**

Technologische Einflussfaktoren für die Weiterentwicklung von 3G sind:

- Frequenzbereich (vgl. Kapitel 3.3.2.7),
- Funkzellgröße (vgl. Kapitel 3.3.2.9),
- Bedarf an breitbandigen Datenübermittlungsverfahren (vgl. Kapitel 3.3.1.2),
- Implementierungsaufwand (vgl. Kapitel 3.3.2.1).

#### *3.3.2.13 4th Generation (4G)*

Die 4th Generation (4G) der Mobilnetze stellt die nächste Evolutionsstufe der Mobiltelefonnetze dar.

Werden die Geschwindigkeit, mit der sich der Markt der Mobiltelefone basierend auf dem 3G-Standard entwickelt, und die hohen Investitionen, die von den unterschiedlichen Unternehmen zum Aufbau von 3G-Netzen getätigt wurden, berücksichtigt, ist in den nächsten 7-10 Jahren der Aufbau von 4G-Netzen nicht wahrscheinlich.

Zudem existiert noch keine eindeutige Definition bzw. kein Standard, der sich dem Begriff 4G zuordnen lässt.

In einem Arbeitspapier des Think Tanks werden für die Mobilfunknetze der vierten Generation folgende Schwerpunkte identifiziert (vgl. Sietmann 2001, S. 4):

- Integration von WLANs, WLLs und Mobilfunk (GSM, UMTS),
- Hybridsysteme von Mobilfunk und digitalem Rundfunk,
- Verbesserte Effizienz des Funkkanals,
- Multistandardfähige Endgeräte durch Software-defined Radio.

Die Vielzahl der unterschiedlichen Mobilfunktechnologien stellt hohe Anforderungen an die Endgeräte, die sich oft in den Kosten niederschlägt. Ein modularer Aufbau der Endgeräte, kombiniert mit einem automatischen Softwaredownload, der je nach benötigter Mobilfunktechnologie das Endgerät umkonfiguriert, könnte teure Einzelkomponenten ersetzen. Diese sich selbst konfigurierenden Geräte könnten so Zugang zu den unterschiedlichsten Netzen erlangen, unabhängig davon, ob es sich um WLAN oder Mobilfunknetze handelt. Die Hardwarekosten dieser Geräte würden unter denen heutiger Geräte liegen, da Spezialkomponenten, die nur von einer geringen Anzahl Nutzer benötigt werden, entfallen können (vgl. Fremery 2000, S. 202 ff.).

Einen weiteren Entwicklungsschwerpunkt stellen die intelligenten Antennen dar. Ähnlich Richtfunkantennen wird nur ein bestimmtes Signal angepeilt und die Verbindung zu diesem Sender gehalten. Ändert sich die Richtung, aus der das Signal kommt, passen sich die Antennen an. Alle anderen Signale, die in einer Funkzelle existieren, werden ignoriert. Durch diesen Effekt kann eine Kapazitätssteigerung bei der genutzten Bandbreite erreicht werden (vgl. Schüttengruber/Molisch/Bonek 2001, S. 3 ff.).

Großes Erfolgspotential wird auch Hybridsystemen zuerkannt, die eine Kombination aus Mobilfunknetz und digitalen Rundfunk sowie Video darstellen, wobei der Rückkanal über das Mobilfunknetz realisiert wird (vgl. Comcar 2002).

Die Umsetzung dieser Ideen ist stark vom Erfolg der 3G-Technologien abhängig. Marktreife Systeme werden erst in ca. 7-10 Jahren am Markt verfügbar sein.

Es gelten die gleichen Einflussfaktoren wie schon in Kapitel 3.3.2.9 und 3.3.2.12.

#### *3.3.2.14 Zusammenfassende Darstellung der Technologien*

Tabelle 10 stellt die Eigenschaften der in Kapitel 3.3.1.2 bis 3.3.1.7 beschriebenen Technologien anhand von folgenden Unterscheidungsmerkmalen zusammenfassend dar.

Das Merkmal **mögliche Einsatzfelder** beschreibt die Einsatzpotentiale hinsichtlich der Tauglichkeit in unterschiedlichen Netzwerken wie LAN, WAN oder ob Technologien zur Realisierung von Mobilfunk-Netzwerken geeignet sind.

Die Eigenschaft der Merkmale:

- **Komplexität des Netzwerks** bzw. Anzahl der Anwender,
- die **maximale Übertragungsgeschwindigkeit**,
- die **Reichweite**,
- die **Verfügbarkeit der Infrastruktur**

wurden schon hinreichend in Kapitel 3.3.1.8 dargestellt.

| Technologie | Mögliche Einsatzfelder | Komplexität des Netzwerks/ Anzahl der Anwender | aktuelle max. Übertragungs-geschwindig-keit | Reich-weite | Verfüg-barkeit der Infra-struktur |
|---|---|---|---|---|---|
| Bluetooth | LAN | gering | 720 Kbit/s | 10-150m | **hoch** |
| UWB | LAN | gering bis mittel | 1600 Kbit/s | 10 m | **gering** |
| Infrarot | LAN | gering | 100 kbit/s bis zu 2,3 Gbit/s | bis 50 m | **Hoch** |
| RFID | LAN | gering bis mittel | variabel (vgl. Kapitel 3.3.2.4) | variabel (vgl. Kapitel 3.3.2.4) | **mittel bis hoch** |
| IEEE 802.11 | LAN, WAN | mittel | ca. 2 Mbit/s (Stand Juni 2001) | ca. 100 m | **Hoch** |
| HomeRF | LAN | gering | 1,6 Mbp/s | 50 m | **mittel** |
| HiperLAN/2 | LAN, WAN | mittel bis hoch | 54 Mbit/s | 5 km | **gering** |
| DECT | LAN, WAN | mittel bis hoch | 1152 kbit/s | ca. 2km | **Hoch** |
| GSM | WAN, Mobilfunknetz | hoch | 9,6 Kbit/s | bis zu 38 km | **Hoch** |
| GPRS | WAN, Mobilfunknetz | hoch | 171 Kbit/s | entspricht GSM | **Hoch** |
| EDGE | WAN, Mobilfunknetz | hoch | 473,6 kbit/s | Ent-spricht GSM | **gering** |
| 3G | WAN, Mobilfunknetz | hoch | bis zu 2 Mbit/s | Skalier-bar | **gering** |
| 4G | WAN, Mobilfunknetz | hoch | unbekannt | Unbe-kannt | nicht verfügbar |

**Tabelle 10:Zusammenfassende Darstellung der Technologien zur Vernetzung basierend auf der kabellosen Datenübertragung.**

### 3.3.3 Zunahme weltweiter virtueller „privater“ Netzwerke am Beispiel Peer-to-Peer

Peer-to-Peer stellt ein Konzept dar, dass es Anwendern erlaubt, Ressourcen und Leistungen zu teilen bei einer direkten Verbindung der beteiligten Systeme. Peer-to-Peer ist das Teilen von Computerressourcen und –services bei einer direkten Verbindung der Systeme (vgl. peer-to-peer working group 2002).

Andere Publikationen unterscheiden zwischen einem klassischen Ansatz, der die IT-Landschaft bis zur Realisierung weltweiter Peer-to-Peer Netze prägte und einer aktuellen Definition. Klassische Peer-to-Peer Netzwerke wurden für den direkten Ressourcenaustausch zwischen zwei Rechnern ohne Intermediär für den Einsatz in privaten Haushalten oder in kleinen Unternehmen konzipiert (vgl. Kini 2002, S. 75). Aktuelle Netzwerke weisen aber eine andere Struktur und auch andere Einsatzfelder auf. Webophedia erweitert aus diesem Grund die Definition: Peer-to-Peer Netzwerke sind eine Ausprägung von Netzen, in denen jede Workstation eigene Fähigkeiten und Verantwortlichkeiten besitzt. Dieses unterscheidet sich von den klassischen Client/Server-Architekturen, in denen nur einige wenige Computer die Aufgabe haben, Dienste für andere Rechner bereitzustellen. Peer-to-Peer Netzwerke sind im Regelfall einfacher aufgebaut als Client/Server-Architekturen, können aber bei hohem Datenaufkommen Leistungseinbrüche bei der Übertragung hervorrufen (vgl. Webophedia 2002).

Die Idee, Daten direkt miteinander auszutauschen, ist nicht neu, schon vor 30 Jahren haben Unternehmen auf eine Art und Weise kommuniziert, die heute als Peer-to-Peer-Anwender verstanden werden würde. Leistungssteigerung bei Prozessoren und Speicherkapazität (vgl. Kapitel 3.2) verbunden mit einer hohen Bandbreite ermöglichen den Aufbau der Netzwerke sowohl im privaten als auch im unternehmerischen oder globalen Umfeld.

Bisher dominieren fünf unterschiedliche Modelle zum Aufbau von Peer-to-Peer Netzwerken den Markt:

- Netzwerke mit atomistischer Struktur: Peer-to-Peer Netzwerke mit atomistischer Struktur besitzen keinen Server bei einer direkten Verbindung zwischen Clients.

- Nutzerzentrierte Netzwerke: Ein Index oder Verzeichnis liefert den Anwendern Adressen und Zugangsinformationen, um sich mit anderen Computern zu verbinden.
- Datenzentrierte Netzwerke: Die Anwender können nach Daten auf einem der Rechner eines anderen Anwenders suchen und diese dort auch abrufen.
- Web Mk 2: Dieses Modell vereint die drei Modelle Netzwerke mit atomistischer Struktur, nutzerorientierte Netzwerke und datenzentrierte Netzwerke in einem Modell. Zusätzlich werden dem Anwender über eine Weboberfläche Werkzeuge zur Administration eigener und fremder Daten zur Verfügung gestellt (vgl. Kini 2002, S. 77).
- Computerzentrierte Netzwerke: Bei der Nutzung von Applikationen werden diese teilweise auf dem Server ausgeführt (Koordination); Daten und Zusatzmodule werden aber über eigene oder fremde Clients zur Verfügung gestellt (vgl. Doherty 2002, S. 94).

Die Komponenten, aus denen ein solches Peer-to-Peer Netzwerk besteht, ist für alle Modelle gleich. Grundlage des Systems bilden die Nodes. Diese Basiskomponente ermöglicht es den Rechnern, simultan als Client oder Server zu agieren. Die Nodes erlauben, zusätzlich Ressourcen zu einem bestimmten Zeitpunkt oder über einen im Vorfeld zu bestimmenden Zeitraum für andere Anwender zur Verfügung zu stellen. Eine eindeutige Identifizierung ist über die NodeID möglich. Zum Betrieb eines Peer-to-Peer Netzwerkes ist es nötig, das die Node mindestens eine andere Node kennt. Es ist aber nicht erforderlich, dass alle Nodes bekannt sind. Die „Stärke“ eines Nodes errechnet sich aus der Menge der Ressourcen, die über diese Node zu Verfügung gestellt werden und wie zuverlässig über welche Dauer sie Daten übermitteln kann. Dafür verwaltet die Node Items, auf die andere Nodes zugreifen können.

Items enthalten Meta-Informationen über Files und Daten. Jedes Item lässt sich eindeutig über eine DataID Identifizieren. Es ist nicht erforderlich, dass die Items über die gleiche Node abrufbar sind wie die dazugehörigen Daten. Die Items werden redundant über das Netzwerk verteilt und stellen so ein globales Verzeichnis oder Index für Informationen dar.

Eine Sonderform der Items sind die Collections, die eine Liste von anderen Items enthalten.

In jedem Peer-to-Peer Netzwerk existieren zwei Wege, Daten oder Files zu finden. Die Informationen lassen sich entweder über ein Schlüsselwort oder die DataID finden, für die je ein eigenständiges, globales Verzeichnis im Netzwerk existiert (vgl. Ohaha Systems 2001).

Napster, eine Applikation basierend auf Peer-to-Peer zum Austausch von MP3-Dateien, hatte 25 Millionen Mitglieder im eigenen Netzwerk nach nur einem Jahr. Diese große Beliebtheit im privaten Sektor führte dazu, dass auch im B2B-Umfeld Einsatzpotentiale für diese Form der Vernetzung gesucht wurde (vgl. Patrizio 2000, S. 97 ff.). Heute existierten zwei unterschiedliche Konzepte zum Einsatz von Peer-to-Peer:

- Peer-to-Peer Computing und
- Distributed Computing (vgl. Burton 2001).

Peer-to-Peer Computing erlaubt die direkte Interaktion zwischen zwei Anwendern über Peer-to-Peer basierte Applikationen.

Distributed Computing Systeme durchsuchen das Netzwerk nach ungenutzten Ressourcen, wie unausgelastete Prozessoren oder Speicherplatz, und stellen diese Anderen zur Verfügung, um die Netzwerkperformance zu steigern.

Aus diesen beiden Anwendungskonzepten lassen sich die folgenden Einsatzpotentiale für den Anwendungsbereich Unternehmen ableiten:

- Collaboration (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Ressourcenverteilung (vgl. Kapitel 4.3.4),
- Agentensysteme zur Zusammenarbeit von Avataren in verschiedenen Netzwerken (vgl. peer-to-peer working group 2002).

Im Umfeld der privaten Haushalte ist die Situation noch unklar. Fehlende gesetzliche Rahmenbedingungen erschweren die Anwendung von Peer-to-Peer Applikationen. Schwerpunkt der Nutzung liegt im Peer-to-Peer Computing, dem Austausch von Daten. Durch die Integration von mobilen Komponenten kann die Nutzung von Peer-to-Peer Netzwerken auch auf die Bereiche Fahrzeug und Körper ausgedehnt werden.

Schwerpunkt der Diskussion um die Nutzung globaler oder regionaler Peer-to-Peer Netzwerke ist das Thema Sicherheit. Diese Debatte entwickelt sich in zwei Richtungen. Die Absicherung der Netze gegenüber Angriffen von Innen und Außen steht im

Mittelpunkt der Fragestellung, ob, wie und in welchem Umfang Peer-to-Peer Netze in Unternehmen eingesetzt werden sollen (vgl. Lowrey 2001, S. 1 ff.). Die Angriffsmöglichkeiten und Schwachstellen der Netzwerke wachsen mit der Anzahl der Nodes. Je mehr Teilnehmer ein solches System aufweist, desto größer ist auch die Anfälligkeit gegenüber Viren. Die Freigabe von Ressourcen auf dem eigenen Rechner kann bei falscher oder unzureichender Konfiguration nur eines Nodes das System für Hacker öffnen. Durch den fehlenden zentralen Server ist die Identifikation solcher Sicherheitslücken sehr viel aufwändiger als bei Client/Server-Architekturen (vgl. Doherty 2002, S. 95 f.). Hier existieren eine Reihe von Möglichkeiten, wie Verschlüsselung, Zugangsbeschränkungen oder Wasserzeichen, die detailliert in Kapitel 3.6 dargestellt werden.

Die zweite Fragestellung zum Thema Sicherheit beinhaltet die Wahrung von Copyrights bei der Distribution der Daten. Konnten Unternehmen wie Napster noch durch die Androhung von rechtlichen Schritten dazu gezwungen werden, sich der Problematik anzunehmen, ist das bei anderen Systemen schwieriger. Da Peer-to-Peer Netze über keinen zentralen Server verfügen und dadurch ein Unternehmen oder der Betreiber keinen Einfluss auf den getauschten Daten ausüben kann, bleibt fraglich, inwieweit ein solcher Tauschhandel ohne Abschaltung des Netzwerks unterbunden werden kann. Zudem ist weltweit keine rechtliche Einigung zu diesem Thema zu erwarten.

Einflussfaktoren sind:

- Anzahl der Anwender,
- Anzahl der physikalischen Störfaktoren,
- Anzahl möglicher Anwendungen,
- Anzahl physikalischer Störfaktoren,
- Ausstattung der Endgeräte,
- Bandbreite,
- Energiebedarf,
- Frequenzbereich,
- Funkzellgröße,
- Größe der Komponenten,

- Implementierungsaufwand,
- Installations-, Wartungs- und Betriebsaufwand,
- Kompatibilität,
- kritische Masse von Anwendungen und Services,
- max. zu realisierende Übertragungsrate,
- Maximale Anzahl der Netzwerkkomponenten,
- physischer Belastbarkeit,
- Sicherheit,
- Stabilität der Netze.

## 3.4 Sensortechnik und Digitalisierung

Der Umfang der Sensortechnik, digitalisierte Daten und Informationen in der Umwelt wachsen stetig. Ein Beispiel ist die Anzahl der Sensoren in einem privaten PKW für Motorleistung, Zündungssteuerung, Airbag, Brems- und Lenksysteme, die in den letzten Jahren stark zugenommen hat (vgl. Poledna 2001, S. 82).

Ein neuer Trend ist die Entwicklung des Ubiquious Computing (vgl. Kapitel 3.4.6), einer Technologie, die den Autonomitätsgrad der Sensorkomponenten stark erhöht.

Bisher wurden vornehmlich analoge Daten wie Audio- und Videosignale digitalisiert. Die Erfassung von Temperatur und Druck über Sensoren kann der Haptik, dem Fühlen oder Tastsinn, zugeordnet werden.

In Zukunft werden nicht nur Reize von drei menschlichen Sinnen erfass- und digitalisierbar sein. Neue Technologien erlauben es, das ganze Spektrum der Sinneswahrnehmungen zu erfassen, in digitale Signale umzuwandeln und gegebenenfalls darzustellen.

In den folgenden Kapiteln werden Technologien zur Datenerfassung und -ausgabe für die Bereiche:

- Audio,
- Video,
- Riechen,

- Haptik und
- Schmecken

beispielhaft beschrieben, um technologische Einflussfaktoren für eine mögliche Weiterentwicklung zu identifizieren.

Kapitel 3.4.6 beschreibt die Basistechnologie des Ubiquious Computing, das eine neue Generation von Sensoren in den verschiedenen Anwendungsgebieten (vgl. Kapitel 4.3.5, 4.4.2, 4.5.2 und 4.6.2) ermöglicht.

### 3.4.1 Audio

Das Kapitel Audio beschreibt Technologien zur Erfassung und Ausgabe von Daten, die aus oder in Audiosignale umgewandelt werden können.

Im Rahmen dieser Arbeiten werden Technologien betrachtet, die eine Komprimierung (das Zusammenfassen) der Daten bei hoher Ausgabequalität der Audiosignale ermöglichen. Dies begründet sich in der Entwicklung von Komprimierungsmechanismen der letzten Jahre, die durch ihren Einsatz tiefgreifende Veränderungen beim Umgang mit digitalen Audiodaten bewirkt haben (vgl. Bundesverband der Phonographischen Wirtschaft e.V. 2001).

Eine der großen Killerapplikationen der letzten Jahre im Bereich Komprimierung von Audiodaten war das MP3-Format. Gekoppelt mit der Nutzung kostenloser Tauschbörsen im Internet und der steigenden Bandbreite (vgl. Kapitel 3.3) entwickelte sich daraus eine ernst zu nehmende Gefahr für die Umsatzerwartungen der Musikindustrie (vgl. Abbildung 19).

Tonträger-Telegramm 2000

- Stagnation des Tonträgermarktes - erneut leichter Umsatzrückgang
- Umsatz 2000: 4,78 Milliarden DM (-2,2%)
- Absatz 2000: 262,2 Millionen Tonträger (1999: 272,5)
- hoher Anteil nationalen Repertoires (Single-Charts: 44,1%)
- Internet ist wichtiges Medium der Musikindustrie für Marketing und Absatz
- **645 Millionen DM Umsatzverlust durch Musikpiraterie**
- **Lizenzverluste durch Privatkopien von über 800 Millionen DM**

**Abbildung 19: Auszug aus dem Jahreswirtschaftsbericht 2000 des Bundesverbandes der Phonographischen Wirtschaft e.V. (vgl. Bundesverband der Phonographischen Wirtschaft e.V. 2001).**

MPEG Audio Layer-3 (MP3) ist ein Standard zur verlustfreien Komprimierung von Audio-Daten in CD-Qualität.

Daten, die eine Wiedergabe in CD-Qualität entsprechen, werden um Faktor 10 bis 12 komprimiert. Der Grundgedanke, auf dem dieser Standard basiert, ist, dass Audiodateien eine Vielzahl von Geräuschen enthalten, die vom menschlichen Ohr nicht wahrgenommen werden können. Ein Musikstück in CD-Qualität z.B. enthält auf dem Originaldatenträger zweimal mehr Informationen als tatsächlich wahrnehmbar wären. Das Entfernen dieser Informationen aus den Daten oder Dateien über einen Algorithmus und die Konvertierung der verbleibenden Informationen in das MPEG-Format, reduziert die Dateigröße signifikant fast ohne Qualitätsverlust (vgl. Fraunhofer 2002).

Die zukünftige Entwicklung von MP3 ist ungewiss. Die wachsende Popularität des Codec ist weitgehend durch die hohe Kompressionsrate und das Fehlen von Kopierschutzmechanismen begründet. Versuche der Industrie weitere, besser geschützte Formate am Markt zu etablieren, sind trotz technischer Überlegenheit und teilweise höherer Komprimierungsrate nicht erfolgreich gewesen.

Neue Audioformate wie Liquid Audio (vgl. Liquid Audio 2002) oder Audio Veda lassen höhere Komprimierungsraten zu und weisen Kopierschutzmechanismen bzw. Technologien zum Schutz des Urheberrechts auf. Mangelnde Verbreitung der Formate und fehlende Endgeräte neben dem PC wirken sich negativ auf ihre Entwicklung aus.

Zum stärksten Konkurrenten von MP3 könnten sich das Windows-eigene ms-Audio entwickeln. Die Integration in das Betriebssystem Windows und eine höhere Komprimierungsrate bei gleicher Qualität sind die Vorzüge dieses Formates. Die Musikindustrie unterstützt die Verbreitung durch die Integration von Kopierschutzmechanismen und Wasserzeichen (vgl. Kapitel 3.6.3).

Das Format VQF wurde zeitweilig als Nachfolgeformat von MP3 betrachtet. Durch die hohe Komprimierungsrate sind die Dateien ca. 33% kleiner als MP3s (vgl. VQF 2001). Die Weiterentwicklungen der Konkurrenz unterstützen aber höhere Sampleraten als 128 kbit/s und können qualitativ hochwertigere Audiodateien erzeugen. Bisher hat VQF keine Weiterentwicklung seines Produktes am Markt präsentieren können.

Kurzfristig ist mit keinen neuen revolutionären Neuentwicklungen zu rechnen. Bestehende Formate und Technologien werden im Rahmen von MPEG 4 weiterentwickelt und verbessert. Durch den zunehmenden Handel mit digitalen Medien

ist eine Integration von Inhalts-Tags, die eine bessere Katalogisierung der Daten ermöglichen (vgl. Kapitel 3.4.2.1), neben der Integration von Sicherheitsmechanismen der wahrscheinlichste Entwicklungstrend. Zusätzlich werden Medienobjekte eingesetzt, die eine Klassifizierung in unterschiedliche Objekte erlauben. Eine nähere Beschreibung des MPEG 4-Standards erfolgt in Kapitel 3.4.2.1.

Folgende Einflussfaktoren lassen sich aus obiger Beschreibung ableiten:

- Komprimierungsgrad,
- Ausgabequalität,
- Integration von Schutzmechanismen zur Sicherung von Urheberrechtsansprüchen,
- Kompatibilitätsgrad,
- zusätzlicher Informationsgehalt der Dateien.

Der **Komprimierungsgrad** in Prozent gibt an, wie stark sich die Dateigröße der komprimierten Datei im Verhältnis zum Original verändert hat.

Die **Ausgabequalität** der Audiodaten lässt sich anhand von verschiedenen Merkmalen nachweisen, z.B. durch Vergleiche mit anderen standardisierten Audioausgabegeräten, wie Radio- oder CD-Player, anhand der Samplerate oder der Anzahl der Audiokanäle.

Die Fähigkeit unterschiedlichen **Sicherheits- und Schutzmechanismen** (vgl. Kapitel 3.6) in die Audiodaten zu integrieren, stellt für die Musikindustrie in Zukunft ein Erfolgskriterium dar (vgl. Bundesverband der Phonographischen Wirtschaft e.V. 2001) und kann so auch als Einflussfaktor identifiziert werden.

Der **Kompatibilitätsgrad** der Technologie, gemessen in der Anzahl von kompatiblen Technologien, ermöglicht einen breitflächigen Einsatz.

Im Zuge der Integration in e-Commerce Applikationen müssen die komprimierten Daten **zusätzliche Informationen** enthalten, die eine Katalogisierung ermöglichen oder detaillierte Informationen über den Inhalt der Datei liefern. Im Falle einer Audiodatei wären dies z.B. der Titel oder die Musikrichtung.

### 3.4.2 Video

Die Ausgabe von Videodaten wird dominiert von Geräten wie TV, Projektoren, Röhren- oder TFT-Displays. Diese Geräte werden auch in Zukunft einen hohen Einsatzgrad

vorweisen. Doch gibt es alternative Technologien, die das Leistungsspektrum der bestehenden Geräte erweitern können. Im Folgenden werden Technologien wie e-Paper oder 3D-Bildschirme vorgestellt, die versuchen, spezielle Aufgabenbereiche der Videoausgabe abzudecken und damit neue Potentiale bei der Darstellung zu schaffen sowie die Distanz zwischen realer und virtueller Welt immer geringer werden zu lassen.

#### *3.4.2.1 Komprimierung*

Komprimierung ist das Zusammenfassen von Daten. Neue Komprimierungsmechanismen von Audiodaten haben Umsatzrückgänge in der Musikindustrie bewirkt (vgl. Kapitel 3.4.1). Im Bereich der Videokomprimierung zeichnet sich ein ähnlicher Trend ab durch die Nutzung eines als DivX:-) bekannt gewordenen Codec, wenn auch bisher noch nicht tatsächlich verifizierbar.

Bisher eingesetzte Formate, wie MPEG 2, waren qualitativ schlechter als DVD-Bildqualität, oder die Videodateien waren so groß, dass ein Tauschhandel oder der Vertrieb über das Internet nicht sinnvoll gewesen wäre.

Auslöser für die steigende, digitale Distribution von Videodaten war die Beschreibung des MPEG-4 Standards (vgl. Koenen 2000). Ursprüngliches Ziel war es, einen Standard zu entwickeln, der Bitraten unter 64kBit/s darstellen kann, unter anderem zur Anwendung in Videokonferenzen und in der Videotelefonie. Diese Zielvorgabe wurde 1994 abgeändert. Der neue Videostandard sollte ein Kodierungsstandard für Audio und Video sein, der Interaktivität, hohe Kompression und/oder universelle Zugriffsmöglichkeiten auf Bildinhalte mit einem hohen Grad an Flexibilität und Erweiterbarkeit verbinden (vgl. Koenen 2000, S. 3). Der basierend auf diesen Zielen 1998 beschriebene Standard wurde dann von unterschiedlichen, kommerziellen Anbietern in Form von Videocodec umgesetzt.

Der Hack (die illegale Modifikation) eines dieser Codecs wurde im Internet publiziert. Er zeichnete sich durch eine höhere Bildqualität (das Original ermöglicht Bitraten von bis zu 256 Kbit/s, die „Modifikation“ von bis zu 6000 Kbit/s) und die Integration eines MP3-Codex aus. Funktionen, die das Original unterstützten, wie Streaming, wurden nicht berücksichtigt. Das so genannte DivX:-) – Format (der Name ist eine Hommage an das in Amerika entwickelte DivX-Format zu Distribution von Filmen) erlaubt es, Endanwendern Filme in nahezu DVD-Qualität auf einer CD abzulegen. Die zunehmende Verbreitung von Technologien wie DSL (vgl. Kapitel 3.3.1.2) gestattet die digitale Distribution über weltweite Datennetze wie das Internet.

Die Erfolgsfaktoren für diese Technologie sind analog zu denen von MP3: hohe Kompressionsraten bei guter Qualität der Videodaten und fehlende Wasserzeichen und Kopierschutzmechanismen.

Die steigende Distribution von Videodaten hat zur Folge, dass zukünftige Entwicklungen verstärkt einen Vertrieb über weltweite Datennetze unterstützen werden. Einer dieser Videostandards ist MPEG-7, der auf Standards wie MPEG-1, MPEG-2 und MPEG-4 aufbaut. Über MPEG-7 werden multimediale Inhalte wie Audio und Video dargestellt. Zusätzlich können die Eigenschaften der Daten über eine eigene Sprache beschrieben und in Beziehung zu anderen Inhalten gesetzt werden. Eine Verknüpfung mit XML ist möglich.

Das Ziel des MPEG-7 Standards, der im Vorfeld auch als "Multimedia Content Description Interface" bezeichnet wurde, ist eine große Anzahl von standardisierten Werkzeugen zur Verfügung zu stellen um multimediale Inhalte beschreiben zu können (vgl. Hunter 1999).

So wie MPEG-4 (MPEG-2 und MPEG-1) wird auch MPEG-7 von der Moving Pictures Expert Group (MPEG) entwickelt. Im Standard sollen die folgenden Punkte beschrieben werden:

- ein Basisset von Deskriptoren (Ds) zur Beschreibung unterschiedlicher Medientypen,
- vordefinierte Strukturen über die unterschiedliche Eigenschaften der Multimediainhalte beschrieben werden können (Deskriptoren Schema),
- eine Programmiersprache zur Definition der Schemata und Deskriptoren (Description Language),
- codierte Repräsentationen von Beschreibungen zur Optimierung von Speicherung und Abruf (vgl. Hunter 1999).

Zukünftige Videokomprimierungsstandards werden neben den oben genannten Einflussfaktoren wie Bildqualität und Komprimierung durch zusätzliche Einflussfaktoren bestimmt. Die Beschreibbarkeit und eine Verknüpfung der einzelnen Objekte in den Multimediadaten wie über MPEG-7 sollen die Integration in Datennetze erleichtern. Ähnlich wie auch der kopierschutzfreie MP3-Standard hat auch die

Popularität von DivX:-) die Integration von Sicherheitsmechanismen und Wasserzeichen (vgl. Kapitel 3.6.3) in den Fokus der Entwickler gedrängt.

Die identifizierten Einflussfaktoren stimmen mit den in Kapitel 3.4.1 beschriebenen Faktoren überein:

- Komprimierungsgrad (vgl. Kapitel 3.4.1),
- Ausgabequalität,
- Integration von Schutzmechanismen zur Sicherung von Urheberrechtsansprüchen,
- Kompatibilitätsgrad (vgl. Kapitel 3.4.1),
- zusätzlicher Informationsgehalt der Dateien.

Die **Ausgabequalität** der Videodaten lässt sich anhand von verschiedenen Merkmalen nachweisen, z.B. der Farbtiefe der Auflösung oder der Bitrate der Dateien.

Die Fähigkeit, unterschiedliche **Sicherheits- und Schutzmechanismen** (vgl. Kapitel 3.6) in die Videodaten zu integrieren, stellt für die Videoindustrie ähnlich wie für die Musikindustrie in Zukunft ein Erfolgskriterium dar (vgl. Bundesverband der Phonographischen Wirtschaft e.V. 2001).

Im Zuge der Integration in e-Commerce Applikationen müssen die komprimierten Daten **zusätzliche Informationen** enthalten, die eine Katalogisierung ermöglichen oder detaillierte Informationen über den Inhalt der Datei liefern. Im Falle einer Audiodatei wären dies z.B. der Titel oder das Genre.

#### *3.4.2.2 Elektronisches Papier/ e-Paper*

Elektronisches Papier ist ein Medium, das die Vorteile der elektronischen Medien mit den Eigenschaften traditioneller Printmedien vereint. Es handelt sich also um eine digitale Displaytechnologie mit den Eigenschaften eines Blatt Papiers:

- flexibles Material,
- geringes Gewicht,
- kostengünstiges Herstellungsverfahren,
- keine Stromversorgung notwendig,

- bessere Darstellungseigenschaften als Displays und höherer Kontrast als normales Papier,
- Inhalte lassen sich modifizieren, personalisieren, löschen und wieder verwenden.

Elektronisches Papier stellt eine völlig neue Form der Visualisierung von Daten dar.

Die Idee für das elektronische Papier entstand schon in den frühen 70ern aus dem Umstand heraus, dass damalige Displays nicht kontrastreich genug waren. Das eigentliche Projekt wurde dann 1978 von Nicholas Sheridon am PARC-Forschungszentrum begonnen. Da die Resultate nicht den Ansprüchen genügten, bzw. es scheinbar keine gewinnbringenden Einsatzmöglichkeiten gab, ließ man das Projekt ruhen. Durch den Erfolg des Internets bestärkt, wurde das Projekt „Gyricon“ 1998 wieder aufgenommen. Xerox arbeitet seit vier Jahren verstärkt an der Entwicklung von e-Paper. Gyricon Media ist ein Spin-Off-Unternehmen, das aus diesen Bestrebungen heraus entstanden ist, mit dem Ziel, e-Paper weiterzuentwickeln und zu kommerzialisieren (vgl. Xerox 2000).

Das im Projekt Gyricon entwickelte e-Paper ist ein Blatt Kunststofffolie in deren Inneren sich eine große Anzahl winziger Kugeln befindet, ähnlich Tonerpartikeln. Diese Kugeln befinden sich in einer öligen Flüssigkeit und können frei rotieren. Die Kugeln sind zweifarbig, die eine Seite der Kugel ist schwarz oder rot, die andere Seite weiß. Beide Hälften besitzen eine unterschiedliche elektrische Ladung. Wird das Papier unter Spannung gesetzt, richten sich die Kugeln entsprechend ihrer Ladung aus, und es entstehen helle und dunkle Bereiche. Es ist möglich, Bilder und Schrift darzustellen wie Abbildung 20 noch einmal verdeutlicht. Das geschaffene Bild verändert sich erst wieder, wenn erneut Spannung hinzugeführt wird und ist ohne Stromversorgung lesbar (vgl. Gyricon Media 2002).

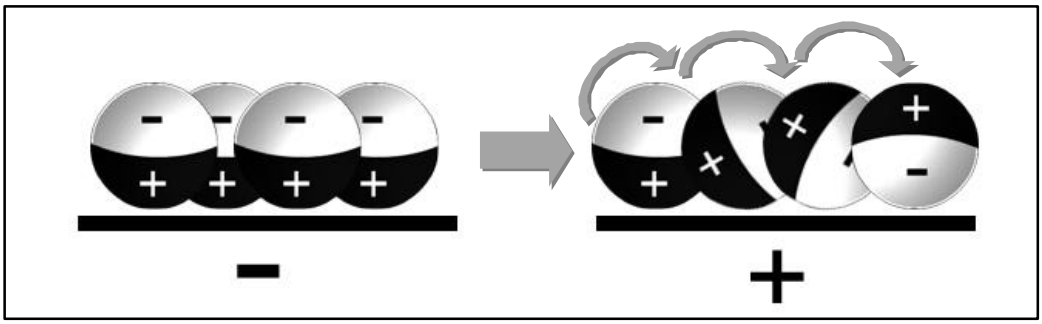

**Abbildung 20: Verfahren zur Darstellung von Daten auf elektronischem Papier von Xerox.**

Im Gegensatz zu Xerox benutzt E-Ink ein anderes Verfahren zur Darstellung der Inhalte. Der Schlüssel zur Umsetzung ist bei diesem Ansatz weniger das Papier, vielmehr eine Form von elektronischer Tinte. Zielstellung war es, ein Buch zu konstruieren, das auch umfangreiche Texte in digitaler Form darstellen kann. Der Vorteil des Ansatzes, sich auf die Tinte zu konzentrieren, liegt darin, dass sie ein größeres Anwendungsspektrum aufweist. Sie kann nicht nur auf Papier, sondern z.B. auch auf Textilien aufgetragen werden. Theoretisch kann jede Form von Oberfläche zum digitalen Datendisplay werden.

Zur Realisierung von elektronischer Tinte wird eine Flüssigkeit benötigt, die eine große Anzahl von Mikrokapseln enthält. Bisher konnten sie in einer Größe von 40 Mikrometern umgesetzt werden. Diese transparenten Plastikkugeln sind gefüllt mit einer blauen oder roten Flüssigkeit, die zusätzlich weiße Farbpigmente enthält. Wieder unterscheiden sich diese beiden Komponenten hinsichtlich ihrer elektrischen Ladung. Wird ein Spannungsfeld über der Tinte erzeugt, richten sich die weißen Farbpigmente dementsprechend aus (vgl. E-INK 2002). Das heißt:

- sie sind an der Oberfläche – die Kugel erscheint weiß,
- oder sie lagern sich am Boden ab – die Kugel erscheint blau bzw. rot (vgl. Abbildung 21).

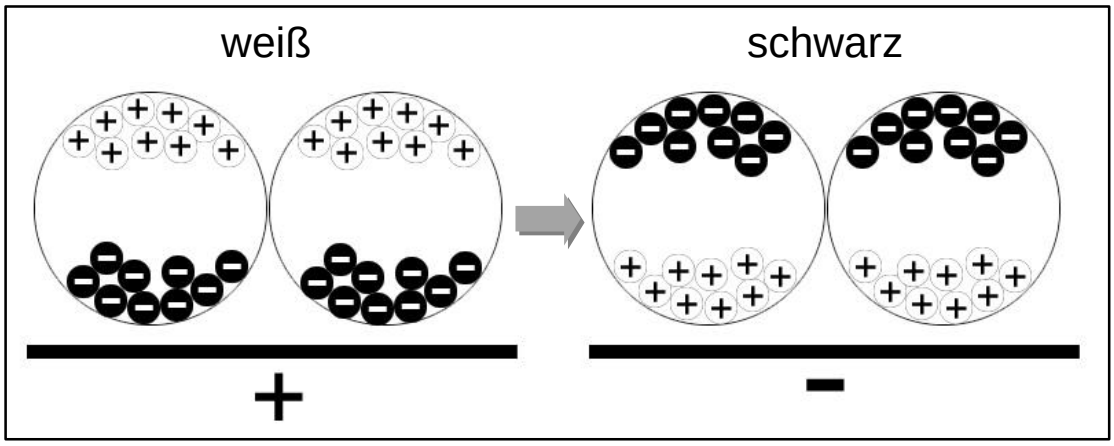


**Abbildung 21: Verfahren zur Darstellung von Daten auf nicht elektronischen Medien von E-Ink (vgl. E-INK 2002).**

Die Einsatzbereiche sowohl von elektronischem Papier als auch von elektronischer Tinte liegen bisher hauptsächlich bei der Gestaltung von einfachen Werbeflächen, die in frei definierbaren Zeitabständen die Informationen aktualisieren. Zusätzlich soll elektronisches Papier als Ersatz für Displays auf mobilen Telefonen und PDAs verwendet werden, da es sich durch hohen Kontrast bei sehr geringem Energieverbrauch

auszeichnet. Eine Umsetzung in Form einer Zeitung oder eines Buches ist bisher nur prototypisch erfolgt.

Technologische Einflussfaktoren für die Weiterentwicklung bzw. für die Etablierung am Markt sind:

- Ausgabequalität,
- Einsatzmaterialien,
- Größe/Gewicht,
- Wiederverwendbarkeit,
- Verfügbarkeit der Hard- und Software,
- Kompatibilitätsgrad (vgl. Kapitel 3.4.1),
- Miniaturisierungsgrad der Komponenten.

Die **Ausgabequalität** der Daten lässt sich anhand von verschiedenen Merkmalen nachweisen. Die oben beschrieben Technologien zur Realisierung von e-Paper unterscheiden sich in der Farbtiefe bzw. in der Verwendung unterschiedlicher Grundfarben.

Eine Verwendung unterschiedlicher **Einsatzmaterialien** zur Produktion von e-Paper hat Auswirkungen auf die oben beschriebenen Eigenschaften des Papiers oder der Tinte. Eine Veränderung der Grundeigenschaften wie Flexibilität des Materials oder der Zusammensetzung der Farbstoffe, kann neue Anwendungsbereiche, z.B. für Plakate oder elektronische Bücher, eröffnen.

Die **Größe** oder das **Gewicht** des e-Papers hat Auswirkungen auf den Einsatzbereich. Kleine Displays können im Rahmen von PDAs oder Mobiltelefonen eingesetzt werden. Entsprechend größere Trägermedien eignen sich für Zeitungen oder Plakate.

Die **Wiederverwendbarkeit** des e-Papers ist eine der Grundeigenschaften des Mediums. In der Praxis konnte die Anzahl möglicher Schreibvorgänge bei gleich bleibender Qualität auf dem Papier noch nicht ausreichend getestet werden. Es wird davon ausgegangen, dass eine hohe Wiederverwendbarkeit die möglichen Nutzeneffekte positiv beeinflusst.

Ein Einsatz der Technologie kann nur erfolgen, wenn ausreichend **Hard**- und **Software** in Form von Lese- und Schreibgeräten vorhanden ist, die den Einsatz des Mediums unterstützen.

Der **Miniaturisierungsgrad** der Komponenten, wie z.B. der Tintenkapseln, beeinflusst Faktoren wie Gewicht oder Größe des Trägermediums. Der Miniaturisierungsgrad in Prozent ist der Quotient aus der Größe der Ursprungskomponente und der betrachteten Komponente.

#### *3.4.2.3 3D-Darstellung*

Die 3D-Darstellung ist die realistische Darstellung digitaler Objekte in für den Betrachter in dreidimensionaler Form.

Ziel der beschriebenen Technologien ist es, ein virtuelles Objekt darzustellen, sodass der Betrachter den Eindruck erhält, er würde ein dreidimensionales Objekt betrachten (Höhe, Breite, Tiefe) auf einem Endgerät, das im Regelfall nur zwei Dimensionen (Höhe, Breite) abbilden kann (vgl. 4D-Vision 2002).

Einsatzpotentiale liegen vor allem in den Bereichen Medizin, Architektur, Design, Forschung und Entwicklung sowie im Entertainment-Bereich (vgl. 4D-Vision 2002).

Zur Realisierung des 3D-Effektes existieren momentan drei verschiedene Ansätze, die sich mitunter stark voneinander unterscheiden. Das zugrunde liegende Problem ist für alle Technologien gleich: Um ein dreidimensionales Bild zu erstellen, benötigt das menschliche Gehirn mindestens zwei unterschiedliche Ansichten von einem Objekt, die dann übereinander gelagert den 3D-Effekt ergeben.

Die älteste und kostengünstigste Technologie nutzt ein zusätzliches Endgerät in Form einer 3D-Brille, die gekoppelt an einen PC über einen speziellen Filter zwei unterschiedliche Bilder - für jedes Auge eines - darstellt. Nachteil dieser Lösung ist, dass die Leistung des Monitors auf beide Augen aufgeteilt wird, d.h. selbst wenn der Monitor ein Bild von 120 Hz liefert, durch den Filter nimmt jedes Auge nur ein Bild von 60 Hz wahr. Die geringe Herzzahl bewirkt, dass das Bild zu flimmern scheint und die Augen stark beansprucht werden. Weiterhin wird der 3D-Effekt nur von der Person mit Brille wahrgenommen. Die Einschränkung der Bewegungsfreiheit durch das zusätzliche Endgerät wird oft als störend empfunden.

Beim zweiten Ansatz wird die Pupillenaktivität des Betrachters über zwei Kameras aufgezeichnet, die sich in der Nähe des Bildschirms befinden. Je nach Blickrichtung

errechnet der Computer die beiden Bilder, die zur Darstellung des 3D-Effektes nötig sind. Vorteil dieser Lösung ist, dass störende Zusatzgeräte entfallen und die Bildqualität höher ist. Die Augen werden weniger stark beansprucht und die Bewegungsfreiheit bleibt, zumindest im Aktionsradium der Kameras, erhalten. Diese Technologie kann bisher nur eingesetzt werden, wenn sich ein Betrachter vor den Kameras befindet. Es ist nicht möglich, die Aktivitäten mehrerer Anwender zu überwachen und ein dreidimensionales Bild für alle Betrachter zu errechnen. (vgl. Dresden-3D 2002).

Beim letzten Ansatz verzichtet man auf die Überwachung der Blickrichtung des Betrachters. Über dem Bildschirm wird ein Filter in Form einer speziellen Lochmaske angebracht. Dieser ermöglicht acht verschiedene Betrachtungsperspektiven, die sich geringfügig voneinander unterscheiden (vgl. NeurOK 2000, S. 3 f.). Die darzustellenden Objekte müssen dementsprechend auch in acht verschiedenen Ansichten erfasst werden. Vorteil dieser Lösung ist, dass nicht nur ein Betrachter den 3D-Effekt wahrnimmt, sondern alle. Dabei ist die Bildqualität sehr gut. Nachteilig ist der Preis dieser Geräte, der sich bisher nur in speziellen Einsatzbereichen amortisiert (vgl. 4D-Vision 2002).

Folgende Einflussfaktoren lassen sich ableiten:

- Ausgabequalität,
- Anzahl zusätzlicher Endgeräte und Komponenten,
- Anzahl der Betrachter,
- Größe/Gewicht der Komponenten.

Die **Ausgabequalität** der Daten lässt sich anhand der Anzahl von Darstellungsebenen nachweisen. Es müssen minimal 2 unterschiedliche Ebenen existieren. Eine weitere Erhöhung der Anzahl verschlechtert im Regelfall die Qualität der Darstellung.

Die unterschiedlichen Ansätze zum Erfassen des Blickwinkels erfordern teilweise eigene **Endgeräte oder Komponenten,** wie 3D-Brillen oder Kameras, die eine Bewegungsfreiheit des Anwenders einschränken können oder die Anzahl der Betrachter limitieren.

Die **Anzahl der Betrachter** gibt an, wie viel Personen zeitgleich die 3D-Darstellung wahrnehmen können.

Zielstellung bei Einflussfaktoren, wie **Größe** und das **Gewicht** der Komponenten, ist es, das Gewicht in Gramm oder Kilogramm zu minimieren, die Größe der Komponenten je nach Zweck zu maximieren (Displaygröße) oder zu minimieren (Brillen, Kameras).

#### *3.4.2.4 Mixed Reality (MR)*

Der Begriff der virtuellen Realität (VR) symbolisiert eine per Computer realisierte dreidimensionale Umgebung, mit der ein Anwender interagieren kann (vgl. Milgram 1994, S. 1). Der Computer kann reale Objekte imitieren und nachbilden, die VR-Umgebung existiert aber autonom zur realen, physischen Welt.

Augmented Reality versucht, die virtuelle mit der realen Welt zu verbinden, d.h. physische mit virtuellen Objekten zu kombinieren (vgl. Breen/Whitaker/Rose/Tuceryan 1996, S. 1 f.). Es handelt sich also um eine „gemischte“ Realität, der **Mixed Reality** (MR), die sowohl physische als auch virtuelle Objekte aufweisen kann. Abbildung 22 verdeutlicht das Konzept der sich vermischenden Realitäten.

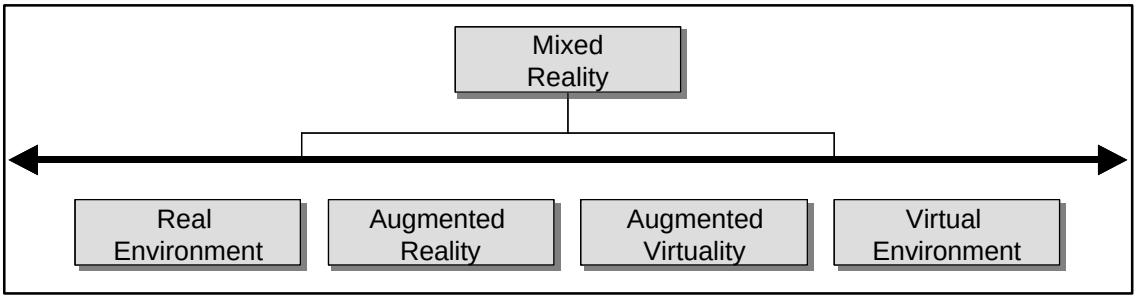


**Abbildung 22: Reality - Virtuality Continuum (vgl. Milgram 1994, S. 2).**

Milgram unterscheidet in Augmented Reality und Augmented Virtuality als Teilbereiche der Mixed Reality, die sich in den Anteilen von physischen und virtuellen Objekten voneinander unterscheiden. Augmented Reality besteht aus physischen Objekten, die durch virtuelle Elemente aufgewertet werden. Augmented Virtuality besteht aus virtuellen Objekten, die durch Objekte der physischen Welt aufgewertet werden.

Ein System zur Umsetzung einer solchen gemischten Realität stellt spezifische Anforderungen an die Hardware:

- mobile Computerkomponenten,
- haptische Sensoren,
- audiovisuelle Schnittstellen zum Anwender.

Ziel ist es, die reale mit der virtuellen Welt zu verbinden, dem Anwender Interaktionsmöglichkeiten zu geben unter Ausnutzung von 3D-Technologien.

Sind die Computersysteme heute weitgehend in der Lage, die Datenmenge von Augmented Reality zu verarbeiten (vgl. Kapitel 3.2), liegen in der Darstellung der real/virtuellen Mischwelt und in der Datenerfassung über Video und Haptik (vgl. Kapitel 3.4.4) noch Schwierigkeiten.

Die Datenbrille soll die Schnittstelle zwischen virtueller und realer Welt bilden. Über sie werden visuelle Daten erfasst und in Form von virtuellen Objekten, die in die reale Umgebung projiziert werden, wiedergegeben.

Basierend auf dem oben beschriebenen MR-Kontinuum von Milgram existieren zwei alternative Ansätze zur Realisierung solcher Datenbrillen.

Das „Video see-through AR Display“ ist im Bereich der Augmented Virtuality angesiedelt. Über diese Datenbrille werden zwei Videokanäle dargestellt. Ein Kanal enthält eine Videoaufnahme der realen Umwelt, der andere Kanal blendet die virtuellen Objekte ein. Der Anwender nimmt die Informationen, auch die der realen Welt, nicht direkt war, sondern durch die über eine Videokamera erfassten Daten. Problematisch bei dieser Technologie ist die Ausgabe der Daten in Echtzeit, wenn der Anwender sich schnell und abrupt bewegt.

Das „Optical see-through AR Display“ umgeht dieses Problem, indem dem Anwender ein direkter Blick auf die Umgebung erlaubt wird. Der Videokanal mit der Aufnahme der realen Umwelt entfällt. Bisher findet diese Technologie erst in Militärmaschinen ihren Einsatz. Zukünftig sollen aber auch Autos mit diesen Displays ausgestattet werden. Die Entwicklung von Datenbrillen, welche eine solche Darstellungsform ermöglichen, ist erst mittelfristig zu erwarten (vgl. Feiner/MacIntyre/Höllerer/Webster 1997).

Es ergeben sich folgende Einflussfaktoren:

- Ausgabequalität,
- Größe und Gewicht der einzelnen Komponenten/Miniaturisierungsgrad,
- Verfügbarkeit von Hard- und Software,
- Leistungssteigerung von Mikroprozessoren und Massenspeichermedien.

Die **Ausgabequalität** der Daten lässt sich anhand der Anzahl von Objekten und der Qualität der Darstellung von realen Objekten nachweisen. Qualitätskriterien für virtuelle Objekte sind Polygonanzahl, Farbtiefe und die maximale Anzahl der darzustellenden Objekte. Die Darstellung von realen Objekten lässt sich anhand der in Kapitel 3.4.2.1 beschriebenen Qualitätskriterien nachweisen.

Einzelne Komponenten zur Darstellung von Mixed Reality sind tragbar. Maximaler Tragekomfort kann nur gewährleistet werden, wenn im Zuge der Weiterentwicklung **Größe** und **Gewicht** abnehmen bzw. der **Miniaturisierungsgrad** als Quotient der Größe der Ursprungskomponente und der betrachteten Komponente zunimmt.

Ein Einsatz der Technologie kann nur erfolgen, wenn ausreichend **Hard-** und **Software** in Form von Sensoren, Massenspeicher, Software zur Datenerfassung und -ausgabe vorhanden ist, die den Einsatz der Technologie unterstützen.

**Leistungssteigerung** von Mikroprozessoren (vgl. Kapitel 3.2.1) und Massenspeichermedien (vgl. Kapitel 3.2.2) sind Voraussetzung für leistungsfähigere MR-Systeme. Messbar ist dieser Einflussfaktor in Größen wie Prozessortaktfrequenz oder maximale Speicherkapazität in Byte, Kilobyte, Megabyte oder Gigabyte.

### 3.4.3 Riechen

Kernpunkt dieses Kapitels ist die Umwandlung von Geruchsreizen in digitale Daten. Aufgrund der Komplexität des Geruchssinns des Menschen weisen auch die einzelnen Verfahren einen hohen Komplexitätsgrad auf (vgl. Sensorsmag 2000).

Bisher wurden Technologien realisiert, die Geruchsmuster erfassen oder Gerüche ausgeben können. Beide Technologien sollen am Beispiel des CyraNose Handheld (Input) und des iSmell™ Personal Scent Synthesizer (Output) vorgestellt werden.

Der Schlüssel für eine Technologie zum Erfassen von Gerüchen sind Sensoren. Das Unternehmen Cyrano Sciences hat einen Sensor entwickelt, der aus elektrisch leitendem Karbon und einem nicht leitenden Polymer besteht. Jeder Sensor besitzt eine unterschiedliche Ausprägung dieses Polymers, der auf eine bestimmte Art Duftmoleküle reagiert. Diese Sensormaterialien liegen als dünner Film auf einem Alumina-Substrat, das zwischen zwei elektrischen Leitungen einen chemischen Leitungswiderstand erzeugt. Treffen Geruchsmoleküle auf den Sensor, verändert sich durch eine Volumenänderung der Sensormatrix der Widerstand. Diese

Widerstandsänderung wird dann an den Nutzer weitergegeben (vgl. Cyrano Sciences 2000).

Im praktischen Einsatz des CyranoNose wird das Gerät nach dem Einschalten zuerst geeicht, d.h. ein Basiswiderstand festgelegt, der je nach Luftqualität variieren kann. Nach der Messung wird die Widerstandsveränderung zu diesem Basiswert ausgegeben (vgl. Sensorsmag 1999).

Die Firma Digiscents hat ein Gerät zur Ausgabe von Gerüchen entwickelt, dass sich über verschiedene Endgeräte wie PCs oder DVD-Player steuern lässt. Ähnlich einem Tintenstrahldrucker enthält das Gerät verschiedene Behältnisse, die je nach gewünschtem Geruch ihren Inhalt freisetzen. Diese Piolen werden erhitzt und der ausströmende Duft wird mittels eines Ventilators in den Gesichtsbereich des Anwenders transportiert. Das gleichzeitige Aktivieren mehrerer Piolen erlaubt das Erstellen verschiedener Duftvariationen. Softwareseitig existiert eine Datenbank, die schon vordefinierte Geruchsmuster enthält. Natürlich können auch eigene Geruchsvariationen erstellt werden (vgl. HowStuffWorks 2000).

Folgende Einflussfaktoren lassen sich identifizieren:

- Erfassungs- und Ausgabequalität,
- Herstellungsmaterial/Herstellungsverfahren,
- Miniaturisierungsgrad,
- Verfügbarkeit von Hard- und Software.

Die **Erfassungs- und Ausgabequalität** kann in der Menge und der Kontinuität der erfassten und ausgegebenen Daten gemessen werden. Mess- und Anwendungsfehler sollten nach Möglichkeit von System erkannt und/oder kompensiert werden.

Das **Herstellungsmaterial und das Herstellungsverfahren** haben direkt Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der sensorischen Komponenten.

Der **Miniaturisierungsgrad** der Komponenten beeinflusst Faktoren wie Gewicht oder Größe des Sensors. Der Miniaturisierungsgrad in Prozent ist der Quotient aus der Größe der Ursprungskomponente und der betrachteten Komponente.

Eine erfolgreiche Integration in eine Prozesslandschaft kann nur erfolgen, wenn ausreichend **Hard**- und **Software** vorhanden ist, die den Einsatz der Technologie unterstützen.

### 3.4.4 Haptik

Die im Folgenden beschriebenen Technologien werden eingesetzt, um haptische Wahrnehmungen digital zu erfassen und auszugeben. In der realen Welt sind haptische Reize die Summe aller Empfindungen, die durch die Berührung der Hände erfassbar sind.

Die Digitalisierung der Wahrnehmungen ist kein neues Thema. Einfache Eingabemechanismen, wie eine Maus oder ein Trackball, erfassen Handbewegungen und bilden diese digital ab. Im Zuge der Weiterentwicklung der Systeme, z.B. im Zusammenhang mit Lösungen zur Entwicklung von Mixed Reality, wird es immer wichtiger umfassende haptische Daten zu erfassen und/oder wiederzugeben.

Die Wahrnehmung von dreidimensionalen Objekten kann nicht nur über die Augen, sondern auch über den Tastsinn gesteuert werden. Dieses Berührungsempfinden kann von klassischen Eingabenmedien nicht vermittelt werden. Auch ist es im Gegenzug sehr schwer, mit diesen Geräten in einem dreidimensionalen Raum zu navigieren. Das in den obigen Kapiteln schon vielfach beschriebene Zusammenwachsen von virtueller und realer Welt wird erschwert.

Erste Lösungen wurden von der Entertainment-Industrie entwickelt. Force-Feedback-Joysticks oder Force-Feedback-Weels setzten dem Anwender einen vom Spielgeschehen abhängigen Widerstand entgegen. Der Spieler kann beispielsweise Fühlen, wenn er in einem Spiel, welches ein Autorennen simuliert, gegen eine Wand fährt oder wenn Fliehkräfte in einer Kurve das Steuern des Wagens erschweren.

Am MIT wurde die „Phantom Interface Hardware“ entwickelt und fungiert als kräftereflektierende 3D-Maus. Designer, Architekten oder Ingeneure haben mit diesem Gerät die Möglichkeit, Modelle in der virtuellen Realität zu erstellen. Die Kräfteübertragung funktioniert über einen Metallarm, an dessen Gelenken kleine Elektromotoren befestigt sind (vgl. sensible 2002).

Eine Weiterentwicklung dieses Konzeptes ist der CyberGrasp der Firma Virtual Technologies. Dieses aus drei Einzelkomponenten bestehende Produkt kann sowohl haptische Reize der Hand erfassen als auch ausgeben.

Grundlage bildet ein Datenhandschuh, der über verschiedene Sensoren an den Fingern und der Handfläche verfügt und die Bewegungen erfasst. Zusätzlich sind in Form der zweiten Komponente Vibrations-Stimulatoren an den Fingern und im Handflächenbereich installiert, die auch feinste haptische Reize wiedergeben können, zum Beispiel zum Fühlen von Materialoberflächen o.ä.. Die letzte Komponente bildet ein kräftereflektierendes Außenskelett, das ähnlich der Phantom Interface Hardware, Kräfte über kleine Elektromotoren auf die Hand übertragen kann.

Andere Technologien beschränken sich auf die Erfassung haptischer Reize wie Gestik. Mittels der „SmartKom-Software“ des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz ist es möglich, über eine Videokamera Gesten des Nutzers zu erfassen. Die Software interpretiert diese Gesten und kann je nach Gestik Prozesse starten oder beenden.

Einflussfaktoren sind:

- Erfassungs- und Ausgabequalität (vgl. Kapitel 3.4.3),
- Miniaturisierungsgrad (vgl. Kapitel 3.4.3),
- Kompatibilitätsgrad (vgl. Kapitel 3.4.1),
- Verfügbarkeit von Hard- und Software.

Eine erfolgreiche Integration in eine Prozesslandschaft kann nur erfolgen, wenn ausreichend **Hard**- und **Software** vorhanden ist, die den Einsatz der Technologie unterstützen.

### 3.4.5 Schmecken

Der Mensch kann bis zu fünf unterschiedliche Geschmacksrichtungen wahrnehmen. Er unterscheidet zwischen süß, sauer, bitter, salzig und umami. Diese einzelnen Geschmacksausprägungen ergeben sich aus Stoffen wie Suchose (süß), Salzsäure (sauer), Koffein (bitter), Natriumchlorid (salzig) und Mono Sodium Glutamat (umami).

Das Kapitel Schmecken beschreibt Technologien, die Geschmacksreize in digitale Daten umwandeln können.

Gerade in der Lebensmittelbranche ist der Geschmack ein entscheidendes Qualitätskriterium. Bisher wurde zur Qualitätsprüfung eine Reihe von speziell ausgebildeten Mitarbeitern, Geschmackstestern, eingesetzt, die stichprobenartig die Produkte aus der laufenden Produktion testen.

Diese Testverfahren sind sehr subjektiv und fallen je nach Gesundheitszustand oder „Tagesform“ der Mitarbeiter unterschiedlich aus, da das Geschmacksempfinden der Personen nicht standardisiert werden kann.

Bedingt durch die zunehmende Massenproduktion wird es immer schwieriger und kostenaufwändiger, diese Art von Tests durchzuführen. Die Firma Alpha M.O.S. hat ein Gerät entwickelt, dass unterschiedliche Geschmacksmuster digitalisieren kann. Die Funktionsweise des Gerätes ist an den Ablauf der Geschmackserkennung beim Menschen angelehnt.

Es werden fünf unterschiedliche Phasen unterschieden:

1) der Geschmack wird erfasst,
2) die erfassten Daten werden verarbeitet,
3) die ermittelten Geschmacksmuster werden gespeichert,
4) das Testmuster wird auf seinen Geschmack hin untersucht (erneute Datenerfassung),
5) ein Vergleich zwischen dem originalen Geschmacksmuster und dem Geschmacksmuster des zu testenden Produkts wird durchgeführt – das Ergebnis wird ausgegeben (vgl. Alpha M.O.S. 2002).

Im Gegensatz zu den in Kapitel 3.4.3 beschriebenen Geruchssensoren, können über die von Alpha M.O.S. entwickelte elektronische Zunge nur Flüssigkeiten getestet werden. Über speziell angepasste Sensoren können Geschmacksmuster erfasst und in elektronische Daten umgewandelt werden. Um das Geschmacksempfinden eines Menschen zu simulieren, ist es nötig, die unterschiedlichen Geschmacksrichtungen gleichzeitig zu erfassen. Die Flüssigkeitssensoren erlauben nur die Erfassung eines Geschmacksreizes, ähnlich den Sensoren zur Erfassung von Gerüchen, aus diesem Grund wird eine Vielzahl von Sensoren parallel in der zu testenden Substanz eingesetzt (vgl. Alpha M.O.S. 2002).

Die erfassten Daten werden in Form eines Geschmacksfingerabdrucks gespeichert. Dieses Geschmacksmuster enthält, vergleichbar mit biometrischen Daten, alle Informationen über Zusammensetzung und Konzentration der geschmacksrelevanten Stoffe.

Wird ein weiteres Produkt getestet, vergleicht der Computer die neu erfassten Daten mit dem schon bekannten Geschmacksfingerabdruck. Anhand der gegenübergestellten Daten lässt sich ableiten, ob das Produkt den Qualitätsanforderungen entspricht (vgl. Alpha M.O.S. 2002).

Das von Alpha M.O.S. entwickelte marktreife Gerät, der α-ASTREE, erlaubt das simultane Testen von bis zu 16 Proben in ca. 2 Minuten. Im Gegensatz zu den bisher verwendeten Verfahren bei Geschmackstests ist diese Methode objektiv, da Datenmuster verglichen werden. Die Sensorleistung liegt höher als die der menschlichen Zunge.

Unternehmen sind über diese Verfahren in der Lage, einfach, kostengünstig und mit einem objektiven Bewertungsverfahren ihre Produkte überprüfen zu können.

Die Einflussfaktoren entsprechen den in Kapitel 3.4.3 beschriebenen Faktoren.

### 3.4.6 Ubiquitous Computing (Dinge kommunizieren)

Unter “Ubiquitous Computing“ wird die Allgegenwärtigkeit von kleinsten, miteinander drahtlos vernetzten Computern verstanden, die unsichtbar in verschiedenen Alltagsgegenständen eingebaut sind (vgl. Mattern 2001, S. 1). Ubiquitous computing Systeme weisen drei Charakteristika auf, über die sie sich identifizieren lassen:

- „Verschmelzung: Die Kopplung von physischen Dingen mit einer Daten verarbeitenden Komponente lässt hybride Produkte entstehen. Wobei die neue Daten verarbeitende Komponente vom Anwender nur selten bewusst wahrgenommen wird“ (Fleisch 2001, S.182 f.).
- Vermehrung: Die Anzahl der bereits beschriebenen hybriden Produkte wird ein Vielfaches höher sein als die Anzahl aller heute existenter Computersysteme, da jedes Produkt oder sogar jede Komponente eines Produktes ein solches intelligentes Ding enthält (vgl. Christ 2001, S.8 ff.). Da theoretisch jedes uns umgebende Objekt vernetzt werden kann, nimmt die Anzahl in einem viel stärkeren Ausmaß zu, wie bei Computern oder mobilen

Kommunikationsgeräten. Besitzt der „normale“ Anwender im Regelfall ein oder zwei dieser Geräte, nutzt er doch eine große Anzahl anderer Objekte wie Stühle, Tische, Türen etc., die nun auch über Netzwerkfunktionalitäten verfügen.

- Vernetzung: „Smart devices“ können sowohl untereinander mit Menschen oder anderen Informationsquellen über verschiedene Datennetze, wie das Internet, kommunizieren (vgl. Christ 2001, S.8 ff).

Die beschriebenen Ubiquitous Computing-Systeme bestehen aus einer großen Anzahl von kleinen Computern, die miteinander kommunizieren. Diese Kleinstcomputer verfügen über die Fähigkeit, über verschiedene Sensoren Daten zu erfassen, zu verarbeiten und diese dann an entsprechende Knotenpunkte oder andere Geräte weiterzuleiten. Der Gegenstand, mit dem diese Geräte gekoppelt werden, wird dadurch Teil eines Kommunikationsnetzwerkes und weist neue Eigenschaften und Qualitäten auf. Beispielhaft sei hier das Projekt MediaCup genannt. Bei diesem Projekt wurde untersucht, ob die Einbettung von Rechnertechnologie in Alltagsgegenstände die Fragen des Informationsaustauschs zwischen den dann entstandenen Artefakten klären kann und ob dann einfache Informationsartefakte im Verbund neue Funktionalität erbringen können. Die in Karlsruhe entwickelten Tassen (MediaCups) können über Sensoren erkennen, ob beispielsweise aus ihnen getrunken wird. Diese Information wurde dann an lokale Datennetze weitergegeben. Über eine Software konnten hier die Daten analysiert werden. Aus der Anordnung der warmen Tassen konnte beispielsweise abgeleitet werden, in welchen Räumen Besprechungen stattfinden.

Diese Gegenstände, „smart devices“ oder intelligente Dinge, sind nicht wirklich intelligent wie diese Bezeichnung suggeriert. Vielmehr können sie empfangene Daten verarbeiten und sich situationsgerecht verhalten. (vgl. Mattern 2001 S.1). Der Aufbau dieser “smart devices“ wird in Abbildung 23 dargestellt.

Das *physische Ding* ist das Produkt oder die Komponente, mit der ein Kleinstcomputer gekoppelt werden soll. Es kann sowohl fest mit seiner Umwelt verankert als auch mobil sein. Die Ubiquitous Computing-Komponenten können passiv, also nur als Übermittler von Informationen agieren, oder das physische Ding auch aktiv verändern.

Die *Sender/Empfänger*-Komponente ermöglicht den Versand und den Empfang von Daten. „Smart things“ kommunizieren dabei vollautomatisch mit verschiedenen Datennetzen. Die Kommunikation kann sowohl zwischen den intelligenten Dingen

untereinander als auch zwischen intelligenten Dingen und globalen oder lokalen Netzen in Abhängigkeit von der Sende- bzw. Empfangsleistung erfolgen.

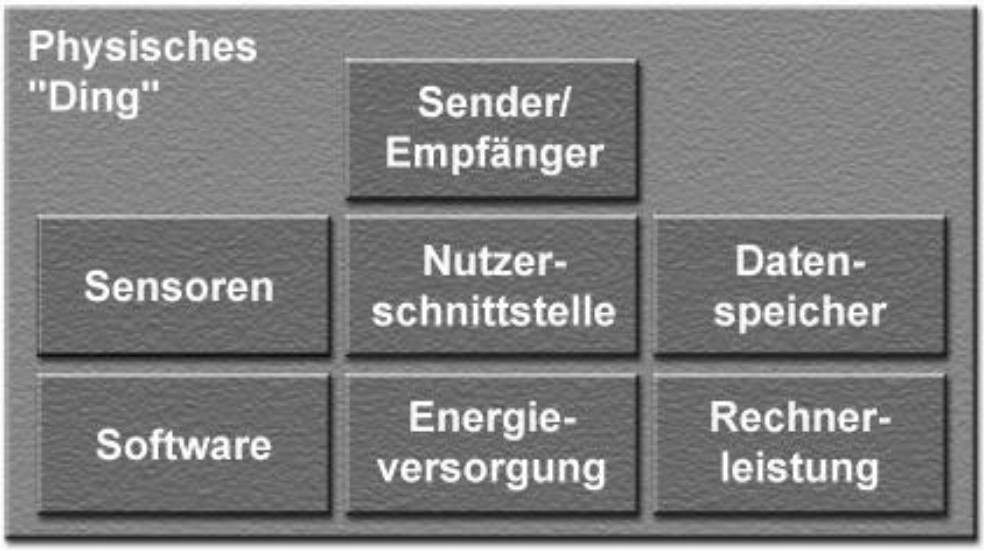


**Abbildung 23: Bestandteile von intelligenten Dingen (vgl. Fleisch 2001, S. 184 ff).**

Die Datenerfassung erfolgt über *Sensoren*, die Informationen aus dem unmittelbaren Umfeld kontinuierlich aufnehmen, speichern, weiterverarbeiten und/oder über die sendende Komponente weitervermitteln.

Die *Nutzerschnittstelle* ermöglicht die Interaktion mit dem Anwender. Im Gegensatz zu den Sensoren handelt es sich hierbei mehr um die nutzergerechte Präsentation der Daten, beispielsweise über ein kleines Display.

Der *Datenspeicher* ist nicht immer erforderlich. Können die Informationen nur mit Zeitverzögerung oder nur in bestimmten Intervallen, wie z.B. bei einem Sicherheitscheck, übermittelt werden, wird ein solcher Datenspeicher benötigt.

Je „intelligenter“ die Dinge werden, desto komplexer ist die Logik, die hinter den Funktionen steht. Um diese Komplexität verarbeiten zu können, benötigen „smart devices“ *Rechnerleistung*, die mit den an das Gerät gestellten Anforderungen steigen und fallen kann.

Elektronische Komponenten benötigen eine *Energieversorgung*. Dementsprechend sind auch intelligente Dinge auf eine Energiequelle angewiesen. Wurde bei frühen Prototypen auf die klassischen Energiespeicher, wie Batterien oder Solarzellen, zurückgegriffen, werden die heutigen Lösungen immer innovativer (vgl. Starner et. al. 1996, S. 8f).

Die elektronische Erfassung und Verarbeitung von Daten, das Empfangen und Versenden von Informationen und die Abbildung einer gewissen Logik setzen wie bei klassischen Rechnersystemen auch *Softwarekomponenten* voraus (vgl. Fleisch 2001, S. 184 ff).

Diese „intelligenten Dinge“ bilden ein „virtuelles Gegenstück“ des Objekts ab (vgl. Langheinrich/Mattern/Römer/Vogt 2000, S.2). Es ist möglich, die gesamte Historie des betrachteten Objektes abzurufen und/oder auszuwerten. Die Datenerfassung und der Versand der Daten erfolgt über die Daten verarbeitende Komponente. Eine mögliche Darstellungsform der Daten wäre beispielsweise in Form einer XML-Seite, die dann von anderen Informationssystemen weiterverarbeitet werden kann. Dem Anwender ist oft nicht einmal bewusst, dass dieses virtuelle Abbild des realen Objektes existiert. In der Literatur wird von einer „calm technology“ gesprochen, einer leisen Technologie, die nicht wahrgenommen wird (vgl. Weiser/Brown 1995). Informationstechnologien sollten Omnipresent sein, d.h. jederzeit für den Anwender nutzbar, ohne das er sich auf die Interaktion mit den Endgeräten konzentrieren muss (Geldof/Terken 2001, S. 1).

Ein Praxisbeispiel ist die Überwachung von Rindfleischlieferungen. Wird angenommen, dass jedem Stück Fleisch vollautomatisch Daten der Tiere zugeordnet werden, kann der gesamte Herstellungs- und Logistikprozess durch Chips, die den einzelnen Fleischteilen aufgeklebt werden, überwacht und auf einer Homepage abgerufen werden, würde nicht nur die Vertrauensposition gegenüber den Endkunden gestärkt. Der Verkäufer ist kontinuierlich über die Qualität der Produkte informiert, kann den Lieferstatus jederzeit nachvollziehen oder erkennen, wie viele Produkte noch in einer Geschäftsstelle vorhanden sind.

Hier kann man sehr gut die Potentiale solcher Lösungen erkennen, aber auch die Gefahren und die Probleme identifizieren, die sich bei der praktischen Umsetzung ergeben. So sind für eine reibungslose Kommunikation Standards erforderlich, die auch von allen verstanden und interpretiert werden können. Die Datenmenge, die sich aus der oben beschriebenen „Vermehrung“ der Systeme ergibt, muss erfasst und archiviert werden. Dabei soll ein kontinuierliches Abfragen der Daten möglich bleiben. Zusätzlich treten verstärkt Sicherheitsaspekte auf, die berücksichtigt werden müssen. Ein vollständig informatisiertes Umfeld bedeutet das Ende der Privatsphäre, und der Datenschutz ist gefordert, hier Lösungen möglicherweise in Form von Verschlüsselungsverfahren und Identifizierungsmechanismen anzubieten. „Die Grenzen

liegen weniger in der technischen Natur, sondern sind allenfalls ökonomischer (was darf der Zugriff auf eine bestimmte Information kosten?) oder rechtlicher Art (was darf der Gegenstand wem verraten?)“ (Mattern/Langenheinrich 2001, S. 3).

Unter technischen Gesichtspunkten ist so eine vollständige Informatisierung bzw. die Vernetzung beliebiger Dinge theoretisch möglich. Es lässt sich die Hypothese ableiten, dass die sich daraus ergebenden Nutzeneffekte, allein durch die große Anzahl von Geräten, starken Einfluss auf das wirtschaftliche und soziale Umfeld ausüben werden.

Ausgehend von Moores Gesetz, das in Kapitel 3.2 schon näher beschrieben wurde, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Leistungsfähigkeit der heutigen Prozessoren und Speicherbausteine auch in näherer Zukunft (5-7 Jahre) in einem 18-Monate-Zyklus-Rahmen erhöhen wird. Hinzukommende Entwicklungen aus den Bereichen Materialwirtschaft, Miniaturisierung, Sensortechnik, Kommunikationstechnik werden die Entwicklung der „smart devices“ begünstigen. Der nach Moores Gesetz fallende Preis ermöglicht eine steigende Produktion solcher Kleinstcomputer (vgl. Mattern/Langheinrich 2001 S. 2). Problematisch bleibt, dass mit der stark wachsenden Anzahl von Endgeräten, ein steigendes Datenvolumen verbunden ist. Bisher ist es mit aktuellen Servertechnologien nicht möglich, dieses Datenvolumen zu verarbeiten. Als Übertragungstechnologie wird in verschiedenen Studien (SMO, RFID, OMRON) RFID favorisiert (vgl. Mattern/Langheinrich 2001 S. 2 f.), da sie positive Eigenschaften der Funkübertragung - große Reichweite und große Frequenzbandbreite - gegenüber anderen kabellosen Übertragungstechnologin mit Eigenschaften wie geringer Energiebedarf für die Übertragung und hohe Speicherkapazität in sich vereint (vgl. Kapitel 3.3.2.4). Eine Alternative dazu stellt Bluetooth dar (vgl. Kapitel 3.3.2.1). Diese Technologie ist ähnlich robust, betrachtet man den Energieverbrauch oder die Infrastruktur, die zum Aufbau eines Netzes benötigt wird (vgl. Kasten/Langheinrich 2001, S. 5).

Mögliche Einsatzgebiete dieser Technologien werden sich mit dem fallenden Preis über verschiedene Anwendungsbereiche, angefangen im Businessbereich (vgl. Kapitel 4.3) bis hin zum Einsatzgebiet Body (vgl. Kapitel 4.6), weiterentwickeln. In der Praxis werden Ubiquitous Computing-Systeme bisher verstärkt im Logistikbereich entwickelt. Andere Branchen wie Medizin (Lokalisierung und Überwachung von Patienten), Maschinenbau (Überwachung von Einzelkomponenten einer Maschine) bis hin zur Druckindustrie (e-Paper), um nur einige zu nennen, werden folgen.

In den verschiedenen Anwendungsbereichen werden verschiedene Ausprägungen des Ubiquitous Computing eingesetzt, auf die verstärkt in den Kapiteln 4.3.5, 4.5.2 und 4.6.2 eingegangen wird.

Einflussfaktoren sind:

- Leistungssteigerung der Komponenten,
- Miniaturisierungsgrad (vgl. Kapitel 3.4.3),
- Technologie zur Datenübertragung (vgl. Kapitel -),
- Erfassungs- und Ausgabequalität (vgl. Kapitel 3.4.3),
- Kompatibilitätsgrad (vgl. Kapitel 3.4.1),
- Leistungssteigerung der Mikroprozessoren und Massenspeichermedien (vgl. Kapitel 3.4.2.4),
- Energiebedarf der Komponenten (vgl. Kapitel 3.2.1),
- Konfigurierbarbeit,
- Verfügbarkeit (vgl. Kapitel 3.3.2.1).

Unter **Konfigurierbarkeit** wird die Fähigkeit der Komponenten verstanden, an unterschiedliche Umweltbedingungen oder Leistungsbedürfnisse der Anwender über unterschiedliche Mechanismen angepasst zu werden.

## *3.5 Miniaturisierung*

Die Anforderungen an die einzelnen Informations- und Kommunikationstechnologien steigen stetig. Die in Kapitel 3.2 beschriebene Leistungssteigerung ist in hohem Grade abhängig von der Größe der einzelnen Bauteile. Können z.B. mehr Transistoren auf einem Chip platziert werden, steigt auch seine Leistungsfähigkeit. Kleine Baugruppen ermöglichen eine kompakte Bauweise, die wiederum die Endgeräte immer kleiner werden lässt. Die Geräte gewinnen an Mobilitätsgrad, da sie leichter zu transportieren sind.

Bisher haben sich zwei unterschiedliche Forschungsbereiche etablieren können:

- die Mikrosystemtechnik und
- die Nanotechnologie.

Hauptunterscheidungsmerkmal dieser Forschungsgebiete liegt in der Größe der Forschungsobjekte.

### 3.5.1 Mikrosystemtechnik

Ein Mikrosystem wird „als ein intelligentes miniaturisiertes System, das sensorische, Daten verarbeitende und aktuatorische Funktionen beinhaltet“ (IZET 2000), beschrieben. Die Mikrosystemtechnik beschäftigt sich mit Objekten, die in mindestens einer Dimension Abmessungen im Mikrometerbereich aufweisen (1 µm = 10-6 m) und aus vernetzten Komponenten bestehen, die im System mehr zu leisten vermögen als die Summe der Einzelkomponenten. Ferner schließt die Definition von Mikrosystemtechnik die Verfahren (Techniken) zur Herstellung von Mikrosystemen ein (vgl. Mechatronik-Portal 2002).

Der tatsächliche Begriff der Mikrosystemtechnik wurde das erste Mal im Technologiezentrum Informationstechnik GmbH (vgl. VDI 2000] geprägt. Hauptanliegen des Forschungsbereichs ist es, „Sensoren, Signalverarbeitung und Aktoren in miniaturisierter Bauform so zusammenzufügen, dass sie ‚empfinden’, ‚entscheiden’, und ‚reagieren’ können“ (VDI 2000).

Grundlage für die Entwicklung neuer Produkte der Mikrosystemtechnik bilden die einzelnen Technologien der

- Mikroelektronik,
- Mikromechanik und
- Mikrooptik.

#### *3.5.1.1 Mikroelektronik*

„Die Mikroelektronik ist eine Sammlung von Technologien und Techniken zur Herstellung von miniaturisierten Schaltkreisen“ (Academic Press 1996). „Die Mikroelektronik stellt die Hardware für Signalverarbeitung und Ansteuerung in miniaturisierten Systemen“ (Berger et al. 1997).

Ein großer Teil der in den Folgekapiteln beschriebenen Technologien basiert auf Verfahren und Innovationen der Mikroelektronik. Sie bildet die Basis für die aktuellen Miniaturisierungsbestrebungen. „Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Mikroelektronik als der Schlüsseltechnologie für technische Systeme in praktisch allen Wirtschaftssparten steigt weiterhin rasant. Neben den früher die Entwicklungsdynamik

der Halbleitertechnik dominierenden Speichertechnologien ermöglicht heute eine umfangreiche Prozesspalette mit immer kürzeren Innovationszyklen die Realisierung hochkomplexer Funktionalitäten auf einem (oder wenigen) Chip(s) für ein breites Anwendungsspektrum“ (SSE 1997). Die Ursachen für die Etablierung der Mikroelektronik liegen in den folgenden Punkten:

- „die stetig wachsende Informationsmenge und der sich daraus ableitende Zwang, Volumen und Masse der Geräte zu vergrößern. Umgekehrt resultiert daraus die Miniaturisierung der Bauelemente und Schaltungen […].
- ansteigende Gerätekosten und damit die Notwendigkeit der Verbilligung durch Realisierung aus möglichst gleichartigen, standardisierten Schaltungen, die billig und in großer Stückzahl hergestellt werden konnten.
- der Zwang nach drastischer Verringerung der Ausfallrate […].
- der Zwang, die Betriebsleitung je Bauelement mit steigender Bauelementezahl herabzusetzen.“ (Paul 1981, S. 11).

Die sich aus diesen Problemen abzuleitenden Ziele der Mikroelektronik sind Reduzierung von Volumen und Gewicht, Senkung der Verlustleistung, Steigerung der Zuverlässigkeit, Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit und Kostensenkung durch vereinfachte, automatisierte Montage (vgl. Paul 1981, S. 13).

Grundwerkstoff für die Mikroelektronik ist Silizium. Durch eine geeignete Anordnung der einzelnen Kristalle entstehen Transistoren. Diese Komponenten werden dann als Verstärker oder Schalter eingesetzt, die sowohl positive als auch negative Ladung annehmen können.

Die bisher angewandten Technologien, wie Planartechnik oder unterschiedliche Ätzverfahren, werden auch in Zukunft eine tragende Rolle bei der Konstruktion von Halbleiterelementen spielen. Über die Technologien der Mikroelektronik sind die Grenzen der Miniaturisierungsfähigkeit von auf Siliziumbasis hergestellten Halbleiterchips erkennbar und werden mittel- bis langfristig erreicht werden.

Technologische Einflussgrößen für die Weiterentwicklung sind:

- Herstellungsmaterial,
- Herstellungsverfahren.

Das **Herstellungsmaterial** hat direkte Auswirkungen auf den Miniaturisierungsgrad. Material, wie z.B. Silizium, lässt bedingt durch seine atomare Struktur keine unendliche Verkleinerung zu. Andere Materialien liefern hier bessere Ergebnisse, weisen aber evtl. andere negative Eigenschaften, wie einen hohen elektrischen Widerstand oder zu hohe Produktionskosten, auf.

Die unterschiedlichen **Herstellungsverfahren,** wie die Planartechnik oder Ätzverfahren, erlauben die Produktion von Komponenten im Mikro- oder Nanobereich. Entsprechend den Eigenschaften des Trägermaterials können so unterschiedlich feine Schalkreise oder Teilkomponenten produziert werden.

#### *3.5.1.2 Mikromechanik*

Mikromechanik ist das Studium des Verbundwerkstoffverhaltens, wobei das Zusammenwirken seiner einzelnen Komponenten als Teil der Definition des Verhaltens des heterogenen Materials untersucht wird (vgl. Ermanni 2001).

„Mikrotechniken schaffen die technologischen Voraussetzungen für die Miniaturisierung und Systemfähigkeit der einzelnen Funktionen bzw. Komponenten des Mikrosystems“ (vgl. Berger et al. 1997).

Folgende Technologien haben sich im Rahmen der Mikromechanik etablieren können:

- Bulk Mikromechanik,
- Oberflächenmikromechanik,
- LIGA-Technik,
- Laser-Mikromaterialbearbeitung,
- feinwerktechnische Verfahren.

Die Bulk Mikromechanik verwendet Tiefenätztechniken zur Herstellung dreidimensionaler Mikrostrukturen, um Gräben, Gruben, Löcher, Stege, mesaförmige Strukturen, Spitzen, Membranen, Brückenstrukturen, Biege- und Torsionsbalken auf dem Trägermaterial zu erzeugen (vgl. Büttgenbach 1991, S. 15 ff.). Die zur Umsetzung verwandten Verfahren stellen eine Weiterentwicklung der in der Mikroelektronik praktizierten Arbeitsweisen dar.

Schichtwerkstoffe sind Si, GaAs, SiO2, Si3N4, SiON, Diamant und metallische Schichten (vgl. Berger et al. 1997).

Über die Oberflächen-Mikromechanik werden freistehende und frei bewegliche flächenhafte Mikrostrukturen hergestellt (vgl. Linder 1992, S. 123 ff.), wie Membranen oder Brückenstrukturen. Grundlage bilden auch hier die in der Mikroelektronik verwendeten Ätzverfahren. Verwendete Materialien sind: Si, Poly-Si/SiO2, Si/SiO2, GaAs/AlGaAs, Diamant/Graphit (vgl. Berger et al. 1997).

Komplexe dreidimensionale Objekte werden mittels LIGA-Technik erzeugt. Basierend auf Werkstoffen wie Metallen und Keramik werden Strukturen über unterschiedliche Verfahren wie Lithographie oder Galvanoformung erstellt (vgl. Becker/Ehrfeld/Hagmann/Maner/Münchmeyer 1986, S. 35 ff.).

Laser-Mikromaterialbearbeitung ermöglicht die Bearbeitung verschiedenster Materialien über unterschiedliche Laserkonfigurationen.

Feinwerktechnische Verfahren erlauben es, Materialien, die bisher nicht für die Verwendung in der Mikromechanik geeignet waren, über Verfahren wie die Mikrozerspanung aufzuarbeiten, dass sie in mikromechanische Strukturen integriert werden können (vgl. Schaller/Bier/Linder/Schubert 1994, S. 274 ff.).

Die technologischen Einflussfaktoren entsprechen denen der Mikroelektronik.

#### *3.5.1.3 Mikrooptik*

„Mikrosysteme mit optischen Funktionen benötigen in der Regel auch optische Abbildungselemente (Spiegel, Linsen, Filter etc.). Die Mikrooptik befasst sich mit dem Entwurf und den Herstellungsverfahren solcher Elemente in miniaturisierter Form“ (vgl. Berger et al. 1997).

Die am häufigsten eingesetzten Verfahren sind:

- miniaturisierte klassische Optik,
- planare Lichtwellenleiteroptik und
- Faseroptik.

Mittels Verfahren zur Miniaturisierung von klassischen, optischen Objekten sollen Linsen, Spiegel, Prismen oder Filter so weit verkleinert werden, dass sie in Mikrostrukturen integriert werden können. Die Materialien werden über Laserdirektbelichtung, Ultraschall oder Ätzverfahren behandelt. Die am häufigsten verwendeten Werkstoffe sind Glas, Polymere und Silizium.

Basismaterialien für die planare Lichtwellenleiteroptik sind Gläser für passive Bauelemente, anorganische Kristalle, Silizium und Polymere, die in Form von geraden Streifenwellenleitern, Krümmer oder Kreuzkopplern in die einzelnen Strukturen integriert werden.

Die Faseroptik benutzt Lichtwellenleiter auf Quarzglasbasis, die eine sehr geringe Übertragsverlustrate besitzen, zur Erstellung optischer Komponenten (vgl. Noda/Okamoto/Sasaki 1986, S. 1071).

Basierend auf existierenden Technologien der Mikrosystemtechnik lassen sich unter anderem Laser-Display-Technologien, mit denen neue hochauflösende Displays und Projektoren realisiert werden können (vgl. Deter 2000), Mikropumpen, Mikroventile, Mikrorelais, Mikrospektrometer, Mikrosensoren (Airbag) sowie Schreib- und Leseköpfe für Datenspeichermedien herstellen.

Tabelle 11 gibt einen beispielhaften Überblick über bisher identifizierte Einsatzbereiche, in denen Mikrosysteme verwendet werden.

| **Einsatzbereich** | **Beispiele** |
|---|---|
| Datentechnik | Prozessoren, Festplatten, Displays, Scanner |
| Fertigungstechnik | Robotertechnologien, Montagesysteme, Anlagen für mikro- und feinwerktechnische Fertigung |
| Optik | Mikroskope, Teleskope, Projektoren, Laserkreisel, Lichtwellenleitsysteme |
| Messtechnik | Sensoren, Messinstrumente |
| Regelungs- und Steuerungstechnik | Schrittmotoren, Maschinensteuerung |
| Medizintechnik | Computer- und Kern-Spin-Tomographie, Dentaltechnik, minimal-invasive Chirurgie, Endoskopie |
| Nachrichtentechnik | Telefon, Handy, Fax |
| Haushaltstechnik | Küchenmaschinen, Klimageräte, Beleuchtungssysteme |
| Luft- und Raumfahrtechnik | Kreiselsysteme, Navigationssysteme, Drallräder zur Satellitenstabilisierung |
| Kraftfahrzeug- und Verkehrstechnik | Antiblockiersysteme, Fahrdynamikregelung, Motormanagementsysteme, Airbagsteuerung |
| Entertainment und Unterhaltungselektronik | Aufnahme- und Wiedergabegeräte für multimediale Daten (CD-, DVD-Player, Videorecorder, Camcorder) |

**Tabelle 11: Anwendungsgebiete und Beispiele für Produkte der Mikrosystemtechnik (vgl. Berger et al. 1997).**

Die zukünftigen Entwicklungsschwerpunkte der Mikrosystemtechnik liegen in den Bereichen Miniaturisierung von:

- Lasersystemen,
- Scannersystemen,
- optischen Systemen für Abbildung und Strahlmodulation,
- Elektronik.

Zusätzlich werden auch Biokomponenten wie Eiweißmoleküle (z.B. Enzyme oder Antikörper) oder biologische Zellen als biologische Sensoren oder Energielieferanten in die Systeme integriert werden (vgl. Berger et al. 1997).

Die technologischen Einflussfaktoren entsprechen denen der Mikroelektronik.

### 3.5.2 Nanotechnologie

Nanotechnologie ist die Wissenschaft, die Strukturen von atomarer Größe bis ca. 100 nm produziert, charakterisiert und einsetzt (vgl. FTE 2002, S. 1). Im Unterschied zur Mikrosystemtechnik liegt der Focus der Technologien nicht auf einer immer fortschreitenden Miniaturisierung, sondern auf dem Aufbau komplexer Strukturen durch allerkleinste Elemente.

Ausgangspunkt für die Etablierung eines Forschungsgebiets Nanotechnologie war ein Vortag von Richard P. Feynman „There's Plenty of Room at the Bottom - An Invitation to Enter a New Field of Physics“ 1959 bei einem Treffen der American Physical Society am California Institute of Technology, in dem er behauptete, dass in Zukunft ganze Datenbestände von der Größe einer Bibliothek auf einem Objekt von der Größe eines Stechnadelkopfes abgelegt werden können, ohne jedoch den Begriff der Nanotechnologie schon zu verwenden (vgl. Feynmann 1960). Erst in den 80er Jahren entstand eine Reihe von Publikationen, als Pionier gilt hier Eric Drexler, die Fertigungsmethoden auf molekularer Ebene beschreiben (vgl. Drexler 1989).

Heute existieren drei Schwerpunkte der Nanotechnologie:

- Über **Nanoelektronik** werden Schaltelemente, die Quanteneffekte ausnutzen, Nanodrähte aus Kohlenstoff und molekulare Schalter realisiert. Zusätzlich wird die Leitfähigkeit einzelner Atome und Moleküle untersucht für eine spätere Verwendung als Diode, Verstärker oder Transistor.

- **Nanocomputer** bestehen aus Elementen der Nanoelektronik. Neue Speicherkonzepte mit Polymeren und DNS-Strängen sowie Quantencomputer aus einzelnen Atomen oder Atomkernen können so entwickelt werden.
- Die **Nanomechanik** erlaubt es, dreidimensionale Objekte wie Propeller oder Zahnräder zu produzieren und diese in Nanomotoren und Miniaturrobotern einzusetzen (vgl. Rink 1998).

Die sich aus den folgenden Kapiteln ableitenden Einflussfaktoren entsprechen denen der Mikroelektronik und werden aus diesem Grund nicht noch einmal detailliert dargestellt.

#### *3.5.2.1 Nanoelektronik*

Ziel aktueller Forschungsprojekte der Nanoelektronik ist es, Chips und Prozessoren der übernächsten Generation herzustellen, da existierende Technologien in absehbarer Zeit (ca. 10 Jahre) ihr Leistungsmaximum erreichen. Abbildung 24 zeigt Technologien auf, die in diesem Bereich erforscht werden.

**Tunneltransistoren** (Resonant Tunneling Transistor) bestehen aus unterschiedlichen Schichten von 12 – 15 nm, die nur unter Spannung von Elektronen durchbrochen werden können. Das bei diesem Prozess auftretende Kühlungsproblem konnte erst in den 90er Jahren überwunden werden (vgl. Mitre 1999b).

| Technologie | Funktionsprinzip | Status |
|---|---|---|
| Tunneltransistoren | Quantenresonanz in doppelwandigen Potentialtunnel. | Serienreif |
| Einzelelektrontransistor | Coulomb Blockade in kleinen Quantenpunkten. | Experimentell (nur bei geringen Temperaturen möglich) |
| Quantenpunktzellen | Beschränkung eines einzelnen Elektrons in einer Reihen von Quantenpunkten. | Quantenpunkte können nur im Labor erzeugt werden. Quantenpunktzellen sind bisher Theorie. |
| Molekular Pendelschalter | Bewegung eines molekularen "Korns" zwischen zwei Stationen eines Schaltungsmoleküls. | Experimentell, Schaltung ist nur chemisch möglich. |
| Atom-Relais | Vibrierende Bewegungen eines einzelnen Atoms in und aus einem Band von Atomen. | Theorie |
| (verfeinertes) Molekular-Relais | Rotierende Bewegungen einer Gruppe von Molekülen in und aus einem Band von Atomen. | Theorie |

**Abbildung 24: Vergleich unterschiedlicher Nanotransistortechnologien (vgl. Mitre 1999a).**

Der **Einzelelektrontransistor** ist eine neue Form von Schaltmechanismus, wobei zwei Metallschichten durch eine 1 nm große Isolierschicht miteinander verbunden sind, die

ein einzelnes Elektron nur durch die Zugabe von Spannung überwinden kann (vgl. Montemerlo 1998).

**Quantenpunktzellen** (Quantum Dot Cell) sind kleine Inseln von ca. 5 – 100 nm Größe, die in allen drei Richtungen von Potentialbarrieren umschlossen sind. Die eingeschlossenen Elektronen können unterschiedliche Energie- und Spannungswerte annehmen, die eine treppenförmige Stromspannungskennlinie erzeugen (0 und 1) und so Transistoren in heutigen Prozessoren ersetzen könnten (vgl. Goldhaber-Gordon 1995).

Komponenten der **molekularen Elektronik** basieren auf der molekularen Struktur der einzelnen Werkstoffe. Moleküle lassen sich kostengünstig bei gleich bleibender Qualität herstellen und sind wesentlich kleiner als bekannte Halbleiterstrukturen. Haupteinsatzgebiet dieser Technologien liegt in der Konstruktion von Schaltern (vgl. Mitchell 1997).

Regelmäßige **Kohlenstoffketten** dienen zur „Verdrahtung“ der einzelnen Bauteile der Molekular-Elektronik in Form von Nanoröhren (vgl. Rink 1998).

#### *3.5.2.2 Nanocomputer*

Bisher war es lediglich möglich, einzelne Bausteine von Komponenten auf Basis von Nanotechnologien herzustellen. Die Konzeption eines Nanocomputers ist bisher nur in der Theorie möglich. Abbildung 25 zeigt die verschiedenen Technologien, mit welchen in Zukunft Nanocomputer realisiert werden sollen.

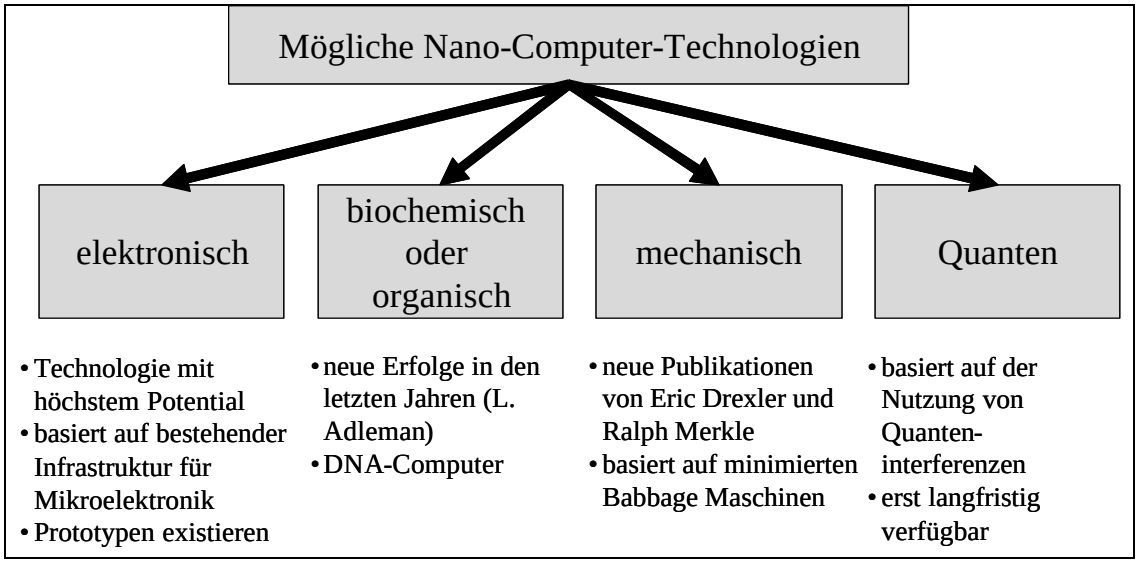


**Abbildung 25: Darstellung möglicher Nanocomputertechnologien (vgl. Mitre 1999c).**

Bisher existieren vier unterschiedliche Ansätze zur möglichen Realisierung von Nanocomputern.

(1) Weitere Miniaturisierung der Mikroelektronik (vgl. Montemerlo/Love/Ellenbogen 1999),

(2) Nutzung biochemischer oder organischer Komponenten wie die DNA (vgl. Love/Ellenbogen 1997a),

(3) ein rein mechanisches Computersystem nach einer Vision von Eric Drexler, das aus Komponenten der Nanomechanik (vgl. Kapitel 3.5.2.3) zusammengesetzt ist (vgl. Mitre 1999d),

(4) Quantencomputer, die parallele Rechenprozesse durch Ausnutzung von Interferenzen der einzelnen Quantenwellen zu nutzen (vgl. Love/Ellenbogen 1997b).

Unter Beachtung der Aufgabenstellung dieser Arbeit und dem in der Zielstellung festgelegten Zeithorizont von 5-10 Jahren werden Technologien zur Realisierung Nanocomputern nicht weiter betrachtet, da mit einer praktischen Umsetzung nicht vor 10-15 Jahren gerechnet werden kann.

#### *3.5.2.3 Nanomechanik*

Über Technologien der Nanomechanik ist es möglich, dreidimensionale Objekte von der Größe einzelner Atome oder Atomgruppen herzustellen. Die Komponenten werden z.B. über Kohlenstoffröhrchen, die nur wenige Atome groß sind, verbunden. Über diese Komponenten lassen sich Schaltungen oder Nanogetriebe, die Kohlenstoffröhrchen agieren hier als Zahlräder, realisieren. Andere Technologien verwenden DNA-Stränge zur Konstruktion von dreidimensionalen Strukturen. Diese Technologien haben den Vorteil, dass sie, wenn auch zu einem anderen Zweck, schon in der Natur vorhanden sind. Sie können weiterhin aufgrund ihrer biochemischen Eigenschaften sehr viel einfacher bearbeitet werden (vgl. Rink 1998).

Wie auch die schon in Kapitel 3.5.2.2 beschriebenen Technologien befinden sich mögliche Anwendungen erst in einer frühen Forschungsphase. Praxistaugliche Verfahren und Technologien sind nicht vor 10 Jahren zu erwarten.

## 3.6 Sicherheit

Es lassen sich verschiedene aktuelle Schwerpunkte bei der Realisierung von neuen Sicherheitstechnologien identifizieren, die sich in folgende Bereiche einteilen lassen:

- Zugangskontrolle,
- Verschlüsselung von Daten und Absicherung des Datentransfers,
- Urheberrechtsschutz der Daten,
- Zugriffsbeschränkung,
- Schutz bestehender Systeme.

Zugangskontrolle ermöglicht den Schutz von Gebäuden oder Bereichen im Unternehmen (oder privatem Umfeld), die nur von autorisierten Personen betreten werden dürfen.

- Betrachtete Technologie: Biometrische Erkennungsverfahren

Die Verschlüsselung von Daten soll es möglichen Angreifern unmöglich machen, Datenströme zu erfassen und diese dann auszuwerten.

- Betrachtete Technologie: Kryptologische und stenografische Sicherheitsmechanismen

Der Urheberrechtsschutz soll es ermöglichen, den Urheber der Daten zu identifizieren und eine unautorisierte Weitergabe bzw. Vervielfältigung zu verhindern. Im Folgenden werden beispielhaft einige Technologien beschrieben, die diese Schwerpunkte des Themas Sicherheit abdecken.

- Betrachtete Technologie: Wasserzeichen

Zugriffsbeschränkungen grenzen die Anzahl der berechtigten Personen ein, die ein System nutzen bzw. Daten einsehen dürfen.

- Betrachtete Technologie: Digitale Signatur

Neben den Technologien zum Schutz bestehender Systeme, z.B. über Firewalls oder den Schutz vor Viren, gewinnen Verschlüsselungs- und Authentifizierungsverfahren immer mehr an Bedeutung.

- Betrachtete Technologie: Weiterentwicklung von Firewallsystemen

### 3.6.1 Biometrische Erkennungsverfahren

Bei biometrischen Erkennungsverfahren erfolgt die Identifikation der Personen anhand persönlicher Merkmale (vgl. Pampus 2002, S. 5), im Gegensatz zu einer Authentisierung beispielsweise über ein Passwort, das auf wissensbasierten Merkmalen beruht oder Schlüssel bzw. Karten, die den Besitz des Identifizierungsmediums voraussetzen.

Ein Pincode oder ein Passwort ist somit personenbezogen, das schließt aber nicht aus, dass auch andere Personen dieses Wissen haben oder man den Authentifizierungscode weitergeben kann. Biometrische Erkennungsverfahren können zur Zugangskontrolle, zur Verschlüsselung von Daten in Verbindung mit den in Kapitel 3.6.2 beschriebenen kryptologischen Verfahren oder für Zugriffsbeschränkungen eingesetzt werden. Abbildung 26 verdeutlicht mögliche Einsatzpotentiale der Erfassung von biometrischen Daten am Beispiel der Fingerabdruckerfassung. Es wird zwischen der Anzahl der Geräte, der Anzahl der Erfassungen (täglich, wöchentlich, quartalsweise) und der Größe der benötigten Datenbank unterschieden. Je nach Ausprägung ergeben sich unterschiedliche Anwendungsbereiche, wie z.B. Grenzschutz (Border Control – tägliche Erfassung, mit wenigen Geräten bei Zugriff auf eine große Datenbank).

Biometrische Daten sind personengebunden, damit entfällt die Möglichkeit der Weitergabe, des Verlustes der Merkmale oder ein mögliches Vergessen. Um diese biometrischen Merkmale zu identifizieren, ist im Gegensatz zu den personenbezogenen Sicherungsmechanismen ein weiterer Arbeitsschritt nötig. Sie müssen aus den vorhandenen personengebundenen Daten wie Größe, Augenfarbe oder Fingerabdruck extrahiert werden. Dieses Sammeln und Abgleichen der Daten ist ein komplexes Verfahren, da sich einige Merkmale nicht immer exakt gleichen. Das Gesicht des Anwenders unterliegt gewissen Veränderungen, bedingt durch Mimik, Bartwuchs, Krankheit usw.. Dementsprechend komplex sind die Ansprüche an die Vergleichsverfahren und die Hardware zu Datenerfassung. Toleranzgrenzen müssen bestimmt werden. Zusätzlich sind manche biometrische Daten öffentlich. Gibt der Anwender einen Fingerabdruck ab, ist dieser auf dem Glas des Scanners zu erkennen und kann evtl. auch von Anderen erfasst werden.

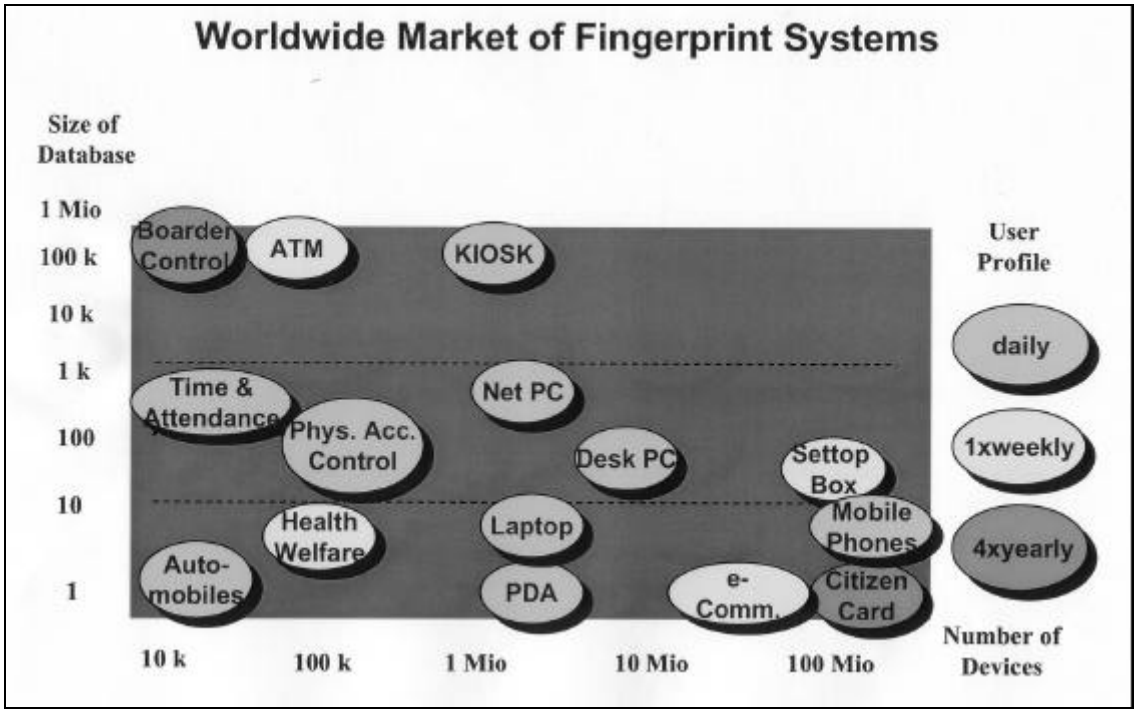


**Abbildung 26: Weltweiter Markt für Fingerabdruckerfassung nach Anwendungsbereichen (vgl. Eberhardt 2002, S. 3).**

Will man biometrische Erkennungsverfahren klassifizieren, unterscheidet man Verfahren, die physiologische Merkmale erfassen und die Erfassung von Verhaltensmerkmalen. Physiologische Merkmale sind faktische physikalische Merkmale. Die Anzahl dieser Eigenschaften ist bedingt durch die Struktur des menschlichen Körpers begrenzt. Eine mögliche Veränderung der Daten ist nur in bestimmten, fest zu definierenden Toleranzgrenzen möglich. Zu den physikalischen Merkmalen gehören z.B. der Fingerabdruck, das Gesichtsbild oder die menschliche Iris (vgl. Eberhardt 2002, S. 3).

Verhaltensmerkmale ergeben sich aus Aktionen bzw. dem Verhalten des Anwenders. Das setzt voraus, dass der Nutzer eine bestimmte Tätigkeit ausführt. Die Anzahl möglicher Verhaltensmerkmale ist größer als die der physiologischen Merkmale, da immer wieder neue Tätigkeitsmuster definiert werden können. Problematisch ist die Dynamik, der Verhaltensmerkmale unterliegen. Der Anwender kann seine Verhaltensweisen, sofern er das möchte, abwandeln. Die sich daraus ergebenden Abweichungen zum erfassten Verhalten können so groß sein, dass sie nicht über Toleranzgrenzen definierbar sind. Beispiele dafür sind Sprache oder das Verhalten bei der Benutzung der Tastatur.

Zur Anwendung in biometrischen Erkennungsverfahren müssen die Merkmale definierten Anforderungen genügen:

- Universalität: Jeder Nutzer muss dieses biometrische Merkmal aufweisen;
- Eindeutigkeit: Die Merkmale müssen sich in ihrer Ausprägung von Anwender zu Anwender unterscheiden;
- Beständigkeit: Das Merkmal darf sich nicht verändern (oder nur in zu definierenden Toleranzgrenzen);
- quantitative Erfassbarkeit;
- Performance: Die Erfassung und Verarbeitung muss so schnell und so genau wie nötig erfolgen;
- Akzeptanz des Merkmals beim Benutzer;
- Fälschungssicherheit (vgl. Scheuermann 2002, S. 6).

Werden diese Anforderungen mit den Eigenschaften der physiologischen Merkmale und der Verhaltensmerkmale assoziiert, ergibt sich folgendes Bild. Physiologische Merkmale sind besser geeignet für biometrische Erkennungsverfahren als Verhaltensmerkmale. Das Kriterium der Beständigkeit trifft auf letztgenannte Gruppe nur bedingt zu und kann bewusst vom Anwender gesteuert werden.

Momentan werden schwerpunktartig folgende Technologien eingesetzt:

- Fingerabdruckerkennung,
- Iriserkennung,
- Schreibdynamik.

In Zukunft werden die Gesichter- und Spracherkennung hinzukommen, die bisher noch technische Mängel aufweisen und als noch nicht zuverlässig genug gelten. Haupteinsatzpunkte der genannten Technologien liegen vor allem in der Raumzugangskontrolle, bei der Zeiterfassung, in Form von elektronischen Wegfahrsperren, beim Anmelden an Informationssysteme und in der Mobil-Kommunikation.

In der aktuellen Marktsituation wird der Fingerabdruckerkennung das größte Potential zuerkannt. Die Technologie ist - was die Erkennungsraten betrifft - zuverlässig, die

Endgeräte zur Erfassung der Daten sind kostengünstig und einfach zu implementieren. Softwareseitig existiert schon eine große Anzahl von Lösungen.

Die Iriserkennung liefert genauere Ergebnisse als der Fingerabdruck und damit auch ein höheres Maß an Sicherheit. Besteht bei Fingerabdrücken die theoretische Möglichkeit, dass ein Fingerabdruck mehrfach vorhanden ist, sind die Merkmale einer Iris tatsächlich nur einmal vorhanden. Es ist sogar möglich, zwischen linkem und rechtem Auge zu unterscheiden. Problematisch sind bei dieser Technologie die Kosten für die Hardware und die Dauer der Datenerfassung, die weit höher sind als die der Fingerabdruckerfassung.

Die Erfassung der Schreibdynamik als Verhaltensmerkmal ist als Verifizierungsmechanismus für digitale Signaturen denkbar. Da sich dieses Merkmal verändern kann (siehe oben), liegt die Sicherheitsstufe unter denen von Fingerabdruck- und Iriserfassung. Die Kosten für eine Implementierung und der Zeitaufwand sind mit denen der Fingerabdruckerfassung vergleichbar.

Die Einsatzpotentiale der Gesichtererfassung liegen vor allem in der Raumzugangskontrolle, bei der automatischen Zeiterfassung und in der Absicherung von Login-Prozeduren, beispielsweise an Bankautomaten. Neben der kostenintensiven Hard- und Software ist die Technologie, betrachtet man aktuelle Testergebnisse an Bankautomaten, noch nicht vollständig einsatzfähig. Ziel ist es, in ca. 5 Jahren eine Lösung zur Gesichtererkennung für den breiten Massenmarkt zu entwickeln (vgl. Pampus 2002, S. 2 ff.).

Die Spracherkennung wird ein Nischenprodukt bleiben. Vorteil dieser Technologie sind die geringen Aufwendungen für zusätzliche Hardware. So sind alle Komponenten einer solchen Lösung schon in den meisten mobilen Endgeräten enthalten. Dementsprechend liegen die Einsatzpotentiale auch im Bereich Mobilkommunikation.

Einflussfaktoren sind:

- Erfassungsgenauigkeit,
- Fälschungssicherheit,
- Kompatibilitätsgrad (vgl. Kapitel 3.4.1),
- Verfügbarkeit.

Die **Erfassungsgenauigkeit** lässt sich anhand der oben beschriebenen Faktoren wie Universalität, Eindeutigkeit, Beständigkeit der erfassten Daten nachweisen und steht damit in engem Zusammenhang mit der **Fälschungssicherheit**, die ein „Überlisten“ des Systems verhindern soll.

Die **Verfügbarkeit** von Komponenten zur Erfassung und Auswertung der Daten bildet den Schlüssel für eine Etablierung am Markt.

### 3.6.2 Kryptologische und stenografische Sicherheitsmechanismen

Kryptologie ist die Wissenschaft zur Geheimhaltung von Nachrichten und die damit verbundenen algorithmischen Methoden zur Informationssicherung. Kryptologie oder Verschlüsselung bietet dem Anwender die Möglichkeit, über verschiedene Mechanismen Daten oder einen Datenstrom so zu modifizieren, dass sie nur unter Mithilfe spezieller Technologien in verständlicher Form dargestellt werden können. Betrachtet man den Markt, werden verschiedene Verschlüsselungsverfahren eingesetzt (vgl. Schmeh 2002, S. 3 ff.).

Bei der symmetrischen Verschlüsselung wird das Ausgangsmaterial mit Hilfe eines Schlüssels, der die Kodierungsanweisungen enthält, verschlüsselt. Der Prozess kann nur mit diesem speziellen Schlüssel wieder rückgängig gemacht werden. Sender und Empfänger der Daten müssen also den gleichen Schlüssel besitzen und sich im Vorfeld über dessen Format einigen (vgl. Schmeh 2002, S. 6).

Die asymmetrische Verschlüsselung setzt unterschiedliche Schlüsselpaare ein. Jeder Anwender erhält einen öffentlichen und einen privaten Schlüssel. Mittels öffentlichen Schlüssels ist es möglich, die Daten zu verschlüsseln, aber um die Daten wieder lesbar zu machen, ist ein privater Schlüssel erforderlich. Da der öffentliche Schlüssel des Empfängers für den Versender zugänglich ist, kann er diesen zur Verschlüsselung nutzen und da nur der Empfänger den privaten Schlüssel besitzt, kann nur er die Daten entschlüsseln. Im Gegensatz zur symmetrischen Verschlüsselung müssen sich die Beteiligten nicht über den Inhalt des Schlüssels einigen (vgl. Aust 2002, S. 10 f.).

Die digitale Signatur, die in Kapitel 3.6.4 noch einmal besprochen wird, nutzt ein ähnliches Verfahren wie die asymmetrische Verschlüsselung. Auch hier wird zwischen einem öffentlichem und einem privaten Schlüssel unterschieden. Ziel ist es aber nicht, die Daten beim Empfänger wieder herzustellen, es soll lediglich eine Aussage in Form von wahr oder falsch getroffen werden. Die Signatur wird aus den unverschlüsselten

Daten mittels privaten Schlüssels erzeugt. Dieser Hash-Code wird dann mit dem zu übermittelnden Dokument versendet. Prüft der Empfänger nun das Datenmaterial mittels öffentlichem Schlüssel, kann er verifizieren, ob die Daten tatsächlich von dem Versender stammen (Wahr-oder-Falsch-Aussage), indem er den Hash-Code des Dokuments mit dem Hash-Code des Absenders (öffentlicher Schlüssel) vergleicht.

Die einzelnen Verschlüsselungstechnologien können auf verschiedenen Schichten des OSI-Referenzmodells eingesetzt werden. Verallgemeinert lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Verschlüsselungstechnologien können auf jeder Schicht (Bitübertragungsschicht, Sicherungsschicht, Vermittlungsschicht, Transportschicht, Sitzungsschicht, Darstellungsschicht, Anwendungsschicht) des OSI-Referenzmodells eingesetzt werden.
- Je höher die Schicht, desto anwendungsspezifischer ist die Lösung.
- Je tiefer die Schicht, desto transparenter ist die Lösung.

GSM-Verschlüsselungstechnologien werden beispielsweise auf den beiden untersten Schichten (Bitübertragung und Sicherung) eingesetzt. Der Anwender hat keine Möglichkeit, diesen Mechanismus zu beeinflussen. Die Email-Verschlüsselung findet auf der höchsten Ebene statt (Anwendung). Sie ist abhängig von der benutzten Anwendung und leicht zu modifizieren.

Eine optimale Schicht für Verschlüsselung gibt es nicht, je nach Anwendungsbereich müssen die Verfahren selektiert werden (vgl. Schmeh 2002, S. 10 ff.).

Im Gegensatz zu kryptografischen Verfahren werden stenografische Verfahren dazu verwandt, Daten zu verstecken. In der Informationsverarbeitung wird eine Kombination von kryptografischen und stenografischen Verfahren genutzt, um Daten vor Unbefugten zu schützen und sie in anderen Dateien zu verstecken. Der Großteil, der sich jetzt am Markt befindenden Stenografieprodukte, nutzt zusätzlich die symmetrische Verschlüsselung (vgl. Hansmann 2002, S. 2 ff.).

Folgende Einflussfaktoren lassen sich ableiten:

- Verschlüsselungsverfahren,
- Anwendungsspezifität,

- Fälschungssicherheit.

Das **Verschlüsselungsverfahren** gibt an, welche Methoden angewendet werden, um Klartext über die Verwendung eines Schlüssels in verschlüsselte Daten umzuwandeln.

Der Faktor **Anwendungsspezifität** gibt an, auf welcher Schicht des ISO-Referenzmodells der Sicherheitsmechanismus integriert wird. Dabei gilt, je höher die Schicht, desto anwendungsspezifischer und intransparenter ist die Lösung.

Der **Kompatibilitätsgrad** der Technologie, gemessen in der Anzahl von kompatiblen Technologien, ermöglicht eine breitflächige Verwendung.

### 3.6.3 Wasserzeichen

Ein digitales Wasserzeichen ist ein transparentes, nicht wahrnehmbares Muster, welches in das Datenmaterial integriert wird. Dabei ist mindestens ein spezieller Schlüsselmechanismus erforderlich, um die Daten in die Datei zu integrieren oder abzurufen. Neben der Hinterlegung von urheberrechtlich relevanten Daten, können Wasserzeichen auch zur Authentifizierung und Integritätsprüfung von Daten verwendet werden (vgl. Arnold/Funk/Busch 2000, S. 3 ff.).

Zum Schutz des Urheberrechts wird neben diversen Kopierschutzmechanismen verstärkt in Technologien zur Integration von Wasserzeichen investiert (vgl. Roth/Arnold 2002, S. 1 f.).

Die Grundlagen für die Technologie zur Erzeugung von digitalen Wasserzeichen wurden in der Stenografie (vgl. Kapitel 3.6.2) gelegt. Über unterschiedliche Algorithmen kann die Haltbarkeit eines Wasserzeichens definiert werden. Es ist möglich, dass ein Wasserzeichen mehrere Kopiervorgänge unbeschadet übersteht und dann zerstört wird.

Zukünftige Einsatzgebiete der Wasserzeichentechnologien liegen im Urheberrechtsschutz für multimediale Daten und als Authentifizierungsverfahren für digitalisierte biometrische Daten (vgl. Arnold/Funk/Busch 2000, S. 3 ff.).

Identifizierte technologische Einflussfaktoren sind:

- Fälschungssicherheit,
- Verschlüsselungsverfahren,
- Haltbarkeit,

- Kompatibilitätsgrad (vgl. Kapitel 3.4.1).

Die **Fälschungssicherheit** eines Wasserzeichens lässt sich an Faktoren wie dem Verschlüsselungsverfahren und der Anwendungsspezifität nachweisen.

Das **Verschlüsselungsverfahren** gibt an, welche Methoden angewendet werden, um Klartext über die Verwendung eines Schlüssels in verschlüsselte Daten umzuwandeln.

Die Haltbarkeit eines **Wasserzeichens** gibt an, nach wie vielen Kopiervorgängen sich die Inhalte des Wasserzeichens zerstören.

### 3.6.4 Digitale Signatur

Eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Abwicklung von Geschäftsprozessen ist eine gemeinsame Vertrauensbasis zwischen den Beteiligten. Kann der Anbieter nicht sicher sein, dass er für seine Leistung entlohnt wird, kann und will er die Leistung nicht mehr anbieten. Umgekehrt wird der Kunde für keine Leistung bezahlen, wenn er sich nicht sicher sein kann, dass er diese Leistung auch erhält. Beide Parteien benötigen einen zuverlässigen Mechanismus, im Falle, dass das Geschäft fehlschlagen sollte, um auf die jeweils andere Partei zugreifen zu können (vgl. Russel 2002, S.1).

Gibt es in der realen Welt eine ganze Sammlung von solchen Mechanismen, gestaltet es sich in der vernetzten Welt oft als schwierig, den jeweiligen Kunden oder Anbieter genau zu identifizieren. Die Lösung, die dieses Problem beseitigen soll, ist die digitale Signatur, die einen solchen Mechanismus für die digitale vernetzte Welt zur Verfügung stellt.

Ziel der digitalen Signatur ist es, z.B. folgende Fragen eindeutig zu beantworten:

- Sind die Angestellten legitimiert?
- Wird der Verkäufer das Produkt liefern?
- Wird der Kunde für die Leistung zahlen?
- Können sich Käufer und Verkäufer trauen?

Basis für die Etablierung von digitalen Signaturen ist eine gemeinsame rechtliche Grundlage. Diese Bedingung wurde 1999 im Rahmen der EU-Richtlinie, die eine elektronische Signatur mit der eigenhändigen Unterschrift gleichsetzt, geschaffen.

Der technische Hintergrund dieses Verifizierungsmechanismus wurde schon in Kapitel 3.6.2 dargestellt. Anwenderseitig werden die Signaturen über Chipkarten erzeugt. Ein

Sicherheitsproblem stellen dabei oft die Chipkartenleser dar, die in vier unterschiedliche Klassen unterteilt werden. Die Vor- und Nachteile der einzelnen Klassen werden in Tabelle 12 dargestellt.

| Sicherungs- und Funktionsstufe | Eigenschaften | Vorteile | Nachteile |
|---|---|---|---|
| Klasse 1 | einfacher Chipkartenmechanismus<br>kein zusätzlicher Sicherheitsmechanismus | einfache Anwendung<br>Massenprodukt<br>stabile Leistung<br>ausreichende Funktionalität | keine zusätzliche Sicherheit bei PIN-Eingabe<br>keine sichere Visualisierung |
| Klasse 2 | Kontaktmechanismus plus PIN-Pad<br>direkte und sichere Kommunikation während der PIN-Eingabe mit der Chipkarte | sichere PIN-Eingabe | keine sichere Visualisierung<br>nur in Deutschland Standard |
| Klasse 3 | entspricht Klasse 2 plus Display<br>sichere PIN-Eingabe und Visualisierung der relevanten Daten | sichere PIN-Eingabe<br>sichere Visualisierung | kleine Displays<br>keine Standards<br>teuer |
| Klasse 4 | wie Klasse 3 plus Authentifizierungsmodul<br>personalisierte Authentifizierung mit RSA Funktion (Rivest-Shamir-Adleman-Verschlüsselungsverfahren) | sichere PIN-Eingabe<br>sichere Visualisierung | kleine Displays<br>keine Standards<br>teuer |

**Tabelle 12: Vor- und Nachteile verschiedener Klassen von Chipkartenlesegeräten (vgl. Pfender 2002, S. 14 ff.).**

Voraussetzung für die erfolgreiche Etablierung solcher digitaler Signaturen sind Trustcenter. Diese Institutionen erstellen die Schlüsselpaare; über sie kann man auf die öffentlichen Schlüssel zugreifen. Ihre Akzeptanz und Sicherheit ermöglichen es, die Vertrauensposition zwischen den einzelnen Marktakteuren zu stärken.

Technologische Einflussfaktoren sind:

- Verschlüsselungsverfahren,
- Kompatibilitätsgrad (vgl. Kapitel 3.4.1),

- Verfügbarkeit.

Das **Verschlüsselungsverfahren** gibt an, welche Methoden angewendet werden, um Klartext über die Verwendung eines Schlüssels in verschlüsselte Daten umzuwandeln.

Die **Verfügbarkeit** von Komponenten zur Erfassung und Auswertung der Daten bildet den Schlüssel für eine Etablierung am Markt.

### 3.6.5 Weiterentwicklung von Firewallsystemen

Eine Firewall ist ein System aus Hard- und Software, das an der Schnittstelle zwischen zwei Netzen die Einhaltung von im Vorfeld bestimmten Sicherheitsrichtlinien gewährleistet.

Voraussetzung für den effektiven Betrieb einer Firewall ist, dass der gesamte Datenverkehr, der zwischen den beiden Netzen stattfindet, von der Firewall überwacht wird (vgl. Xu/Singhal 1996, S. 3). Die Notwendigkeit eines solchen Sicherheitsmechanismus lässt sich aus der steigenden Anzahl von Hackerangriffen auf Internetserver ableiten (vgl. Tabelle 13).

| Jahr | 1988 | 1991 | 1992 | 1994 | 1996 | 1998 | 2000 (erstes Halbjahr) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl bekannter Angriffe | 6 | 252 | 773 | 2340 | 2573 | 3734 | 8836 |

**Tabelle 13: Entwicklung von Hackerangriffen auf Internetserver von 1988 bis 2000 (vgl. CERT 2002).**

Je nach Sicherheitsrichtlinie werden die einzelnen Datenpakte weitergeleitet oder geblockt, dem Anwender Zugriffe gestattet oder verboten. Der Einsatz von Firewalls zum Schutz von Unternehmensnetzwerken im Gegensatz zur Absicherung jeder einzelner Komponente des Netzwerkes bietet einige Vorteile. Sicherheitsrichtlinien lassen sich so zentral verwalten und administrieren.

Ziel beim Einsatz von Firewall-Lösungen ist es, folgende Leistungen zu erbringen:

- zentraler Kontrollpunkt,
- Filtering des Netzwerkverkehrs,
- Authentifikation,
- Traffic-Kontrolle,
- Sicherung der Inhalte,

- Logging,
- Verstecken der Netzwerkstruktur,
- Proxy-Dienste,
- aktive Abwehr von Angriffen (vgl. Abraham 2000, S. 10 ff.).

Zusätzlich kann der Einsatz eines Network Address Translators evtl. Engpässe bei der Vergabe von IP-Adressen umgangen werden.

Am Markt existieren bisher zwei unterschiedliche Konzepte zur Realisierung einer Firewall. Es wird zwischen Paketfiltertechnologien und Applikation Level Gateways unterschieden (vgl. Ranum 1996, S. 6). Zusätzlich existieren am Markt eine Reihe von Hybridlösungen in Form von Stateful Packet Filtering, Circuit Level Gateways, die auf oben genannten Technologien aufbauen.

Je nach Lösung setzt sich die Firewall aus unterschiedlichen Komponenten zusammen. Die meisten am Markt verfügbaren Lösungen setzen heute

- Paketfilterungs-Router und
- Proxy-Server ein (vgl. Xu/Singhal 1996, S. 6 ff.).
- Zusätzlich wird oft noch ein Verbindungs-Gateway genutzt.

Der Paketfilterungs-Router analysiert ein- und ausgehende Datenpakete, blockt diese oder leitet sie weiter. Grundlage für seine Entscheidungen ist ein im Vorfeld zu definierendes Regelwerk. Der Vorteil eines solchen Routers liegt in seinem kostengünstigen Betrieb. Nachteilig wirkt sich die komplexe Erstellung des Regelwerks aus.

Der Proxy-Server (Application Level Gateways) agiert als Vertreter der unterschiedlichen Anwender. Über ihn können Webinhalte zwischengespeichert werden und weitere Services wie POP3 oder FTP angeboten werden. Obwohl, je nach Unternehmensgröße, unterschiedlich viele Anwender den Proxy-Server nutzen, agiert der Server vom Internet betrachtet wie ein einziger Nutzer. Rückschlüsse auf Größe und Struktur des Unternehmensnetzes fallen so schwer. In Verbindung mit einem Verbindungs-Gateway lassen sich noch zusätzliche Funktionen nutzen. Der Gateway, der genau wie der Proxy-Server keine direkte Verbindung mit anderen Netzen aufbaut, ermöglicht es, beispielsweise Adressen automatisch zu übersetzen oder eine

Nutzerauthentifizierung zu erzwingen. Im Gegensatz zu Proxy-Servern ist aber keine Inhaltskontrolle möglich.

Firewalls weisen bisher eine Reihe von Nachteilen auf. Lückenhafte Sicherheitsrichtlinien erlauben es Angreifern, die Firewall zu umgehen. Ist die Firewall einmal umgangen, bestehen keine weiteren Einschränkungen für einen Datenzugriff. Verschlüsselte Programme, wie Viren, können von der Firewall nicht erkannt werden. Interne Angriffe sind über die Firewall nicht aufzuspüren oder zu verhindern. Hinzu kommt das durch die Nutzung moderner Webservices und durch steigenden Traffic in den Unternehmen die Sicherheitsrichtlinien immer wieder modifiziert bzw. aufgeweicht werden müssen, beispielsweise bei der Nutzung des Angebots von Applikation Service Providern (vgl. Ranum 1996, S. 2 ff.).

Aus diesen Defiziten lassen sich die Entwicklungspotentiale für die Zukunft ableiten.

Firewall-Lösungen werden mehr und mehr in Verbindung mit modernen Virenscannern eingesetzt und so konfiguriert, dass sie zur internen Systemabsicherung eingesetzt werden können (vgl. Wiele 2002, S. 1 f.). Zusätzlich müssen die Systeme dynamischer werden. Die umfangreichen Regelbeschreibungen für Paketfilterungs-Router werden sich an die entsprechenden Bedingungen selbstständig anpassen (vgl. Ranum 1996, S. 3). Die beiden Komponenten Paketfilterung und Application Level Gateways werden stärker zusammenwachsen und um andere Lösungen wie Virenscanner, Verschlüsselungsmechanismen und andere Sicherheitskomponenten erweitert.

Technologische Einflussfaktoren für eine Weiterentwicklung sind:

- Konfigurierbarkeit,
- Komplexität des Netzwerks,
- Anzahl der Sicherheitsmechanismen,
- Kompatibilitätsgrad (vgl. Kapitel 3.4.1).

Die **Konfigurierbarkeit** eines Systems leitet sich aus der Anzahl der möglichen Einstellungen ab, die über GUIs oder die Hardware vorgenommen werden können.

Die **Komplexität** des Netzwerks ergibt sich aus der Anzahl der Systeme verbunden mit der Anzahl von Informationen, die über einzelne Komponenten oder das gesamte System verarbeitet werden müssen

Die Anzahl der **Sicherheitsmechanismen** gibt an, wie viel zusätzliche Sicherheitsmechanismen und Verschlüsselung in Form von Kryptologie oder Stenografie sich in Firewallsystemen integrieren lassen.

## *3.7 Konvergenz*

Konvergenz als evolutionärer Prozess des Zusammenwachsens der Bereiche Telekommunikation, Informationstechnologien, Medien und Entertainment (vgl. Kapitel 2.3.2) birgt große Innovationspotentiale in sich (vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informatik 2000, S. 27).

Die Entwicklung von Konvergenztechnologien geht auf die von Negroponte definierten TIME Märkte (vgl. Abbildung 27) zurück. Die Technologien aus den oben genannten Bereichen verschmelzen miteinander und können nicht mehr nur einem Bereich zugeordnet werden. Gleiches gilt auch für Wertschöpfungsketten und die Märkte, auf denen diese Güter angeboten werden (vgl. Zerdick/ Picot/ Schrape et al. 1999, S. 132). Dementsprechend lässt sich Konvergenz in die Konvergenz von Netzwerken, von Endgeräten, von Diensten und von Märkten unterscheiden.

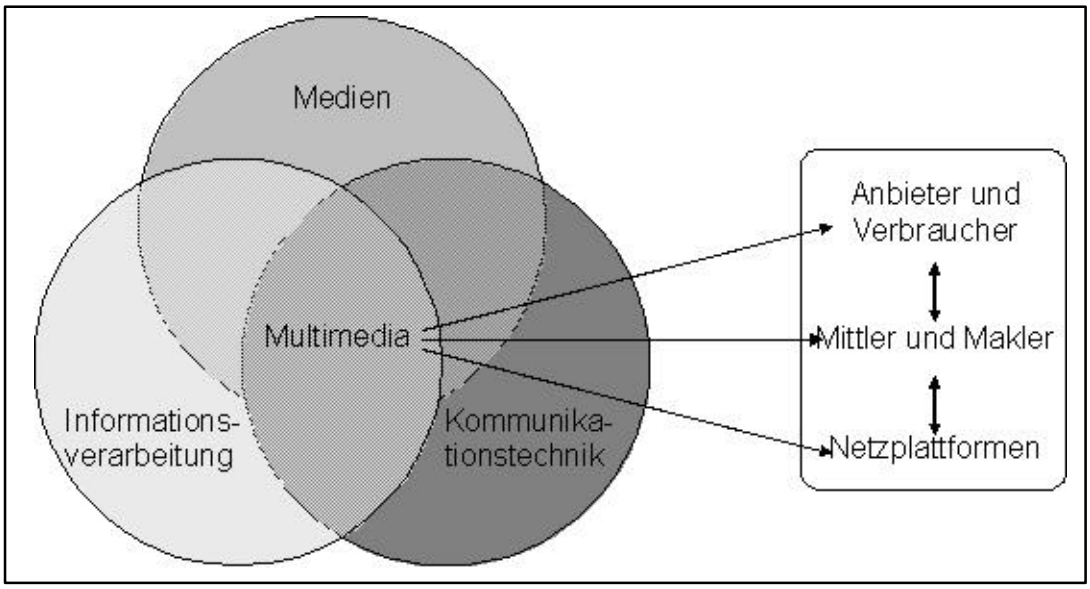


**Abbildung 27: Konvergenz der TIME-Märkte nach Negroponte.**

Auslöser für die rasante Entwicklung der Konvergenz sind andere technologische Einwicklungsschwerpunkte, auf deren Technologien Konvergenz aufsetzt. So liefern die Bereiche Leistungssteigerung, Vernetzungsgrad, Digitalisierung und Miniaturisierung grundlegende Ansätze, die dann über Technologien der Konvergenz miteinander verknüpft werden.

Entwicklungsschwerpunkte der Konvergenztechnologien liegen im Zusammenwachsen von:

- Sprach- und Datennetzen,
- Internet und Fernsehen,
- Internet und Automobil und
- in der Inhouse-Vernetzung.

Beispiele für Konvergenztechnologien sind Technologien, die das Zusammenwachsen von PC und Fernsehgeräten oder Mobilfunk- und Festnetz ermöglichen.
Die Konvergenz von Sprach- und Datennetzen wird durch den kontinuierlich steigenden Penetrationsgrad moderner Telekommunikationsendgeräte und der Weiterverbreitung des Internets vorangetrieben. Verbunden mit einem wachsenden Mobilitätsgrad und einem steigenden Bedürfnis nach Informationen der Anwender, können klassische POTS nicht mehr nur eigene Netze und Endgeräte zur Datenübermittlung nutzen. Das Angebot von zusätzlichen Dienstleistungen wie SMS oder MMS wird erst durch das Zusammenwachsen von Daten- und Kommunikationsnetzen möglich (vgl. ITG Fachgruppe 1999, S. 10. ff). Mit der steigenden Bandbreite der Übertragungstechnologien verändern sich auch die Form und der Umfang der Daten. Die Nutzung von digitalen Audio- und Videoübertragungen oder Applikationen, die dem Anwender eine Interaktion in Echtzeit ermöglichen, setzen eine kontinuierliche Erweiterung der Hardware voraus (vgl. Covell 2000, S. 87). Um die Potentiale des Entwicklungsschwerpunktes aufzuzeigen, soll im Folgenden die Technologie Voice over IP beschrieben werden, der Infrastukturdienstleister und Hardwarelieferanten, wie z.B. Cisco, das größte Entwicklungspotential zusprechen.

### 3.7.1 Voice over IP (VoIP)

Voice over IP (VoIP) kombiniert Technologien zur Sprachübertragung mit Technologien zur paketbasierten Datenübertragung in einem einzigen Netzwerk über die Nutzung eines Internetprotokolls (vgl. Dhir 2001a, S. 41).

Voice over IP ist ein Beispiel für die Konvergenz von Sprach- und Datennetzen. Ziel ist es, über die unterschiedlichsten Datennetze POTS und andere Services zur Verfügung zu stellen.

Abbildung 28 zeigt beispielhaft den Aufbau einer Voice over IP-Infrastruktur. Es ist möglich, Telefonservices sowohl über das Inter- und Intranet als auch über private

Voice Networks anzubieten. Jede Form von Endgerät zur Kommunikation, ob PC, Laptop, PDA, Telefon oder Fax, kann über eine solche Infrastruktur genutzt werden.

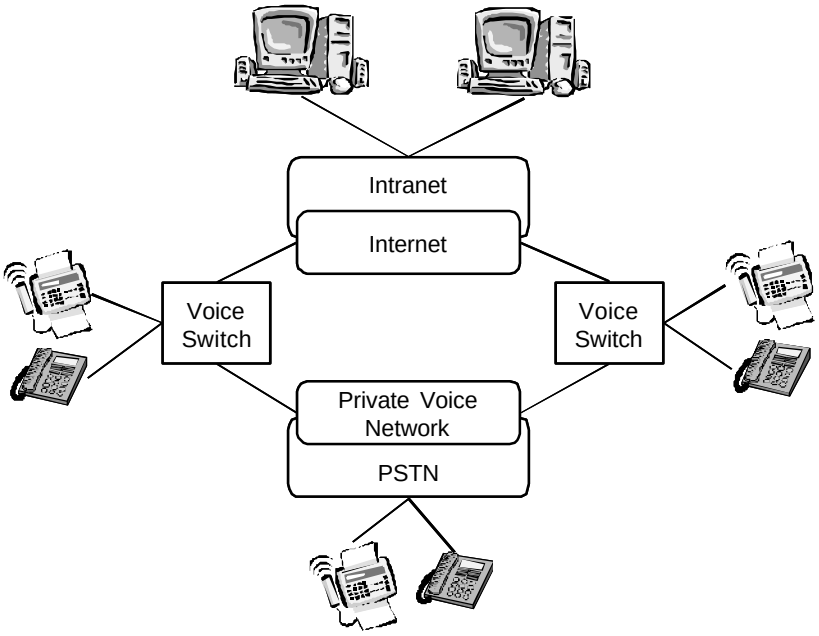


**Abbildung 28: Voice over IP-Infrastuktur (vgl. techguide.com 1998, S. 5).**

Problematisch ist die Umwandlung der Daten in das für das betreffende Datennetz nötige Format. Diese Schnittstellen werden durch spezielle Gateways oder Softwarelösungen überbrückt, die das ankommende Signal bei Bedarf digitalisieren, komprimieren oder in die entsprechenden Datenpakete zerteilen. Die Rufnummer wird in eine IP-Adresse umgewandelt und mit dem IP-Header versendet. Beim Empfänger wird das Signal wieder zusammengesetzt, dekomprimiert und in Sprachsignale umgewandelt.

Einige Datennetze, wie das Internet, sind nicht für Sprachübertragungen konzipiert worden. Dementsprechend ergeben sich für die Sprachübertragung per Voice over IP Einschränkungen. Die Tonqualität ist stark abhängig von der Netzbelastung, der Art des Nutzerzugangs und der verwendeten Hard- und Software zur Umwandlung und Wiedergabe der Signale. Bei eingeschränkter Übermittlungsleistung können so Effekte wie Echos, Verzerrungen, Rauschen oder der Verlust der Datenpakete entstehen (vgl. Covell 2000, S. 87). Die Weiterentwicklung in den Bereichen Leistungssteigerung und Vernetzung werden aber durch den breitflächigen Einsatz von DSL und leistungsfähigeren Computern diese Barrieren überwinden können.

Die Vorteile dieser Technologie liegen:

- in der Reduktion von Kosten,

- Vereinfachung,
- Optimierung und
- das mit der Nutzung zusätzlicher Applikationen verbundene erweiterte Servicespektrum.

Die Reduktion von Kosten ergibt sich aus möglichen Einsparungen von Ferngesprächen, die bei Nutzung des Internet zur Übertragung der Daten, den Kosten für die Einwahl ins Internet entsprechen. Dieser Preis liegt oft unter dem Niveau von Ferngesprächen, speziell ins Ausland.

Vereinfachung wird durch den Wegfall einzelner Netzwerkstrukturen oder ganzer Netzwerke ermöglicht. IP-Telefonie nutzt das im Unternehmen vorhandene IP-basierte Netzwerk, über das die Computer zumeist schon verbunden sind. Eine separate Infrastruktur für Telefon oder Fax entfällt.

Das Potential zur Optimierung liegt in der Möglichkeit, Dienste zusammenzufassen. Da sowohl Telefon-, Fax- und Datenservices über die gleiche Technologie und sogar das gleiche Trägermedium zur Verfügung gestellt werden, entfällt ein separates Controlling und Benchmarking. Die gleiche Applikation (vorher musste für jeden Service eine eigene Applikation genutzt werden) kann auf alle drei Services zugreifen.

Die Verbindung von Audio-, Video- und Datentransfer über das gleiche Protokoll ermöglicht es, die Vorteile des jeweiligen Services mit anderen zu verbinden, beispielsweise Videotelefonie mit integrierten Internetdiensten (vgl. techguide.com 1998, S. 8 f.).

Die Entwicklung von Voice over IP ist noch nicht abgeschlossen. Die „First generation IP telephony architectures” orientieren sich sehr stark an dem Aufbau klassischer Telefonnetzwerke (vgl. techguide 2001, S. 5 ff.). Die Weiterentwicklung in Form von „Next generation IP telephony architectures“ orientieren sich stärker an Internetarchitekturen und den Vorteilen, die aus der Integration und der Nutzung von Internetapplikationen generiert wird.

Als technologische Treiber dieser Entwicklung werden folgende Technologien genannt:

- intelligente Server,
- intelligente Telefone,

- ausbau- und skalierbare Anrufkontrollprotokolle.

Der Begriff „intelligente Server“ bezieht sich auf die Möglichkeit dieser Rechnersysteme, mit den Endgeräten zu kommunizieren und ihnen eine Auswahl von Anbietern, Preismodellen und Applikationen zur Kostenoptimierung selbständig zu Verfügung zu stellen und diese Angebote vollautomatisch zu optimieren und zu erweitern, basierend auf unterschiedlichen Betriebssystemen wie Unix, Linux oder Microsoft Windows.

Intelligente Telefone sollten als eine Form von Client agieren. Die Möglichkeit, dass die Audio, Video und andere Daten empfangen und versenden können, ist nur eine Eigenschaft. Zusätzlich müssen sie dem Anbieter weiterreichende Dienste anbieten, wie Konferenzschaltungen oder zusätzliche Inhalte aus Intra-, Extra- oder Internet.

Das Anrufprotokoll hat die Funktionen, Anrufe zu ermöglichen, sie zu beobachten und die Verbindung nach Beendigung des Gesprächs zu beenden. Es muss verschiedenen Netzwerkstrukturen unterstützen (Intra-, Extra- und Internet), kosteneffektiv zu konfigurieren und bei Bedarf skalierbar sein.

Tabelle 14 stellt die unterschiedlichen Protokolle zur Realisierung eines Voice over IP-Netzwerkes anhand ihrer Eigenschaften wie Architektur, Netzwerkstruktur, Skalierbarkeit uvm. gegenüber.

Werden die oben beschriebenen Kriterien wie Ausbaufähigkeit, Skalierbarkeit und die Anzahl der unterstützten Netzwerkstrukturen und die zu verarbeitenden Medien verglichen, ist das SIP (Session Initiation Protocol) die bisher beste Lösung.

Technologische Einflussfaktoren sind:

- Verfügbarkeit von Netzinfrastruktur,
- Kompatibilität zu Anwendungen und Komponenten,
- Installations-, Wartungs- und Betriebsaufwand.

Die **Verfügbarkeit der Netzinfrastruktur**, messbar in der Anzahl von zu realisierenden Anschlüssen, ist abhängig von Komponenten wie der Menge an verlegten Kupferkabelleitungen und Hausanschlüssen (vgl. Kapitel 3.3.1.1), der Verfügbarkeit von DSL-Modems, DSL-Splittern oder der Infrastruktur zum Betrieb der Netze bei den Telekommunikationsanbietern.

| | SIP | H.323 | MGCP | MEGACO | PRO-PRIETARY |
|---|---|---|---|---|---|
| Architektur | Peer-to-Peer | Peer-to-Peer | Master/ Slave | Master/Slave | Master/Slave |
| verarbeitete Medien | Audio, Video, Daten | Audio, Video, Daten (mit Einschränkungen) | Audio | Audio, Video | Audio |
| Netzwerk | Intra-, Extra- und Internet | Intra-, Extra- und Internet | Intranet | Intranet | Intranet |
| Ausbau-fähigkeit | Hoch | Gering | Mittel | Mittel | Mittel |
| Skalierbar-keit | Hoch | Mittel | Gering | Gering | Gering |
| Komplexität bei Weiterent-wicklung | Gering | Hoch | Mittel | Mittel | Mittel |
| Standardisie-rung | IETF | ITU-T | IETF | IETF und ITU-T | keine |

**Tabelle 14: Telefon-Standards im Bereich Voice over IP (vgl. techguide 2001, S. 18).**

Die **Kompatibilität zu Anwendungen** und **Komponenten** (Anzahl) erhöht die Einsatzpotentiale von VoIP.

Der **Installations- und Wartungsaufwand** ergibt sich aus dem Verhältnis des zeitlichen Aufwands für Installation und Wartung im Verhältnis zur Nutzungszeit.

## *3.8 Zusammenfassung*

Zielstellung dieses Kapitel war es, die einzelnen technologischen Entwicklungsschwerpunkte anhand ausgewählter Technologien zu beschreiben und Einflussfaktoren für die Entwicklung von Technologieszenarien abzuleiten.

In Kapitel 3.2 bis 3.7 wurden einzelne Technologien der technologischen Entwicklungsschwerpunkte Leistungssteigerung, Vernetzung, Sensortechnik und Digitalisierung, Miniaturisierung, Sicherheit und Konvergenz beschrieben.

Tabelle 15 stellt alle ermittelten Einflussfaktoren je Entwicklungsschwerpunkt übersichtsartig dar. Es wird zwischen technologiespezifischen Einflussfaktoren und Einflussfaktoren aus der technologischen Umwelt unterschieden.

| Technologischer Entwicklungs-schwerpunkt | technologiespezifische Einflussfaktoren | Einflussfaktoren aus der technologischen Umwelt |
|---|---|---|
| Mikroprozessoren | Anzahl der Prozessoren | Anzahl Konkurrenztechnologien |
| | Anzahl von Transistoren | Art der Daten/ Signalübertragung |
| | Art der Stromversorgung | Kompatibilität zur Hardware |
| | Energiebedarf der Komponenten | Standardisierungsbestrebungen |
| | Herstellungsmaterial für Halbleiter | |
| | Herstellungsprozess | |
| | Herstellungsverfahren | |
| | Komponenten | |
| | Kosten | |
| | Kühlung | |
| | Miniaturisierungsgrad der Komponenten | |
| | Optimierungsgrad des Befehlsvorrates | |
| | Material für Verbindungsleiter | |
| | technologische Umwelt | |
| Speichertechnologien | Anzahl Komponenten zur Datenablage (Schichten) | Anzahl von Konkurrenztechnologien |
| | Anzahl Lese- und Schreibköpfe | Kompatibilität der Infrastruktur |
| | Einsatzort/Mobilitätsgrad | Standardisierungsbestrebungen |
| | Herstellungsmaterial | |
| | Herstellungsverfahren | |
| | Kosten | |
| | Lese- und Schreibverfahren | |
| | Miniaturisierungsgrad | |
| | Schreibdichte | |
| | Speicherkapazität | |
| | Standardisierung | |
| | Verarbeitungsqualität/Störungsanfälligkeit | |
| Vernetzungsgrad | Verfügbarkeit der Komponenten | Anzahl der Anwender |
| | Anzahl physikalischer Störfaktoren | Anzahl der Übertragungstechnologien |
| | Aufwand für Installation und Wartung | Anzahl möglicher Anwendungen, |
| | Ausstattung der Endgeräte | Anzahl von Konkurrenztechnologien |
| | Bandbreite/maximale Übertragungsrate | Größe des Netzwerks/Teilnehmeranzahl |
| | Energiebedarf | kritische Masse von Anwendungen und Services |
| | Frequenzbereich | Standardisierung der Übertragungstechnologien |
| | Funkzellgröße | Verfügbarkeit der Infrastruktur |
| | Größe der Komponenten | Verfügbarkeit von Übertragungsfrequenzen |

| | | |
|---|---|---|
| | Implementierungsaufwand | |
| | Kompatibilität der Komponenten | |
| | Komplexität des Netzwerks | |
| | maximale Anzahl der Netzwerkkomponenten | |
| | maximale Übertragungsdistanz | |
| | physische Belastbarkeit | |
| | Sicherheit | |
| | Stabilität der Netze | |
| | Standardisierung | |
| | Störungsanfälligkeit | |
| | Stromversorgung | |
| | Übertragungsgeschwindigkeit Rückkanal | |
| Sensortechnik und Digitalisierung | allgemeine Leistungssteigerung der Komponenten | Anzahl der Betrachter |
| | Anzahl zusätzlicher Endgeräte und Komponenten | Anzahl von Konkurrenztechnologien |
| | Art der Datenübertragung | Anzahl zusätzlicher Geräte |
| | Ausgabequalität | Größe des Netzwerks |
| | Automatisierungsgrad bei Erfassung, Verarbeitung und Ausgabe | Verfügbarkeit der Hard- und Software |
| | Bedienbarkeit | |
| | Einsatzmaterialien | |
| | Energiebedarf | |
| | Erfassungsqualität | |
| | Gewicht | |
| | Größe | |
| | Herstellungsmaterial | |
| | Herstellungsverfahren | |
| | Komprimierungsgrad | |
| | Konfigurierbarkeit | |
| | Miniaturisierungsgrad | |
| | Schutzmechanismen | |
| | Stromversorgung | |
| | Verarbeitungsgeschwindigkeit | |
| | Vernetzungsgrad | |
| | Wiederverwendbarkeit | |
| | zusätzlicher Informationsgehalt der Dateien | |
| Miniaturisierung | Herstellungsmaterial | Anzahl von Konkurrenztechnologien |
| | Herstellungsverfahren | Kompatibilität zur Hardware |
| Sicherheit | Anwendungsspezifität | Anzahl der Sicherheitsmechanismen |
| | Bedienbarkeit | Anzahl von Konkurrenztechnologien |
| | Erfassungsgenauigkeit | Kompatibilitätsgrad (mit externen Technologien) |
| | Fälschungssicherheit | Verfügbarkeit der Hard- und Software |
| | Haltbarkeit | |

| | | |
|---|---|---|
| | Kompatibilitätsgrad (intern) | |
| | Komplexität des Netzwerks | |
| | Konfigurierbarkeit | |
| | Verfügbarkeit | |
| | Verschlüsselungsverfahren | |
| Konvergenz | Installations-, Wartungs- und Betriebsaufwand | Anzahl von Konkurrenztechnologien |
| | Kompatibilität | Kompatibilitätsgrad |
| | Verfügbarkeit | Verfügbarkeit der Hard- und Software |

**Tabelle 15: Einflussfaktoren auf die Entwicklung der einzelnen technologischen Entwicklungsschwerpunkte.**

# 4 Darstellung der Anwendungsbereiche und ihrer Konzepte

## *4.1 Überblick*

Zielsetzung ist es, Technologieszenarien für verschiedene Anwendungsbereiche zu entwickeln. Jeder der beschriebenen Anwendungsbereiche ermöglicht die Umsetzung spezifischer Konzepte. So ist e-Learning ein Konzept des Anwendungsbereichs Unternehmen, Home-Automation dagegen im Bereich Haushalt angesiedelt. Jedes dieser Konzepte kombiniert bzw. vereint eine Vielzahl von Technologien aus Punkt 3. Eine erfolgreiche Etablierung der Konzepte in den einzelnen Anwendungsbereichen ist aber nicht nur durch die Nutzung von neuen Technologien möglich. Vielmehr gibt es eine Reihe von nichttechnologischen Einflussfaktoren, die eine erfolgreiche Implementierung dieser Konzepte beeinflussen.

Folgende Anwendungsbereiche werden betrachtet:

- Global,
- Unternehmen,
- Haushalt,
- Fahrzeug,
- Körper.

Abbildung 29 verdeutlicht die Phasen/Zielsetzungen des in Kapitel 2.3.1 beschriebenen Ansatzes, die in den folgenden Kapiteln erörtert werden.

Kapitel 4.2 bis 4.6 beschreiben die Anwendungsbereiche anhand einzelner Konzepte, die in diesen Bereichen angewendet werden; identifiziert und definiert Einflussbereiche für die Entwicklung von Technologieszenarien oder Trendextrapolationen. Das jeweilige Betrachtungsobjekt wird definiert und beschrieben. Aus der Beschreibung werden dann die entsprechenden Einflussfaktoren gegebenenfalls definiert und abgeleitet.

In Kapitel 4.7 werden die gefundenen Einflussbereiche noch einmal zusammengefasst dargestellt. In der Zusammenfassung wird zwischen Einflussfaktoren aus der politischen, ökonomischen und soziokulturellen Umwelt unterschieden. Eine solche

Unterscheidung erleichtert die Erstellung von direkten und indirekten Beziehungsanalysen bzw. die Kombination mit den technologischen Einflussfaktoren zur Ableitung von Abhängigkeiten zwischen den Faktoren.

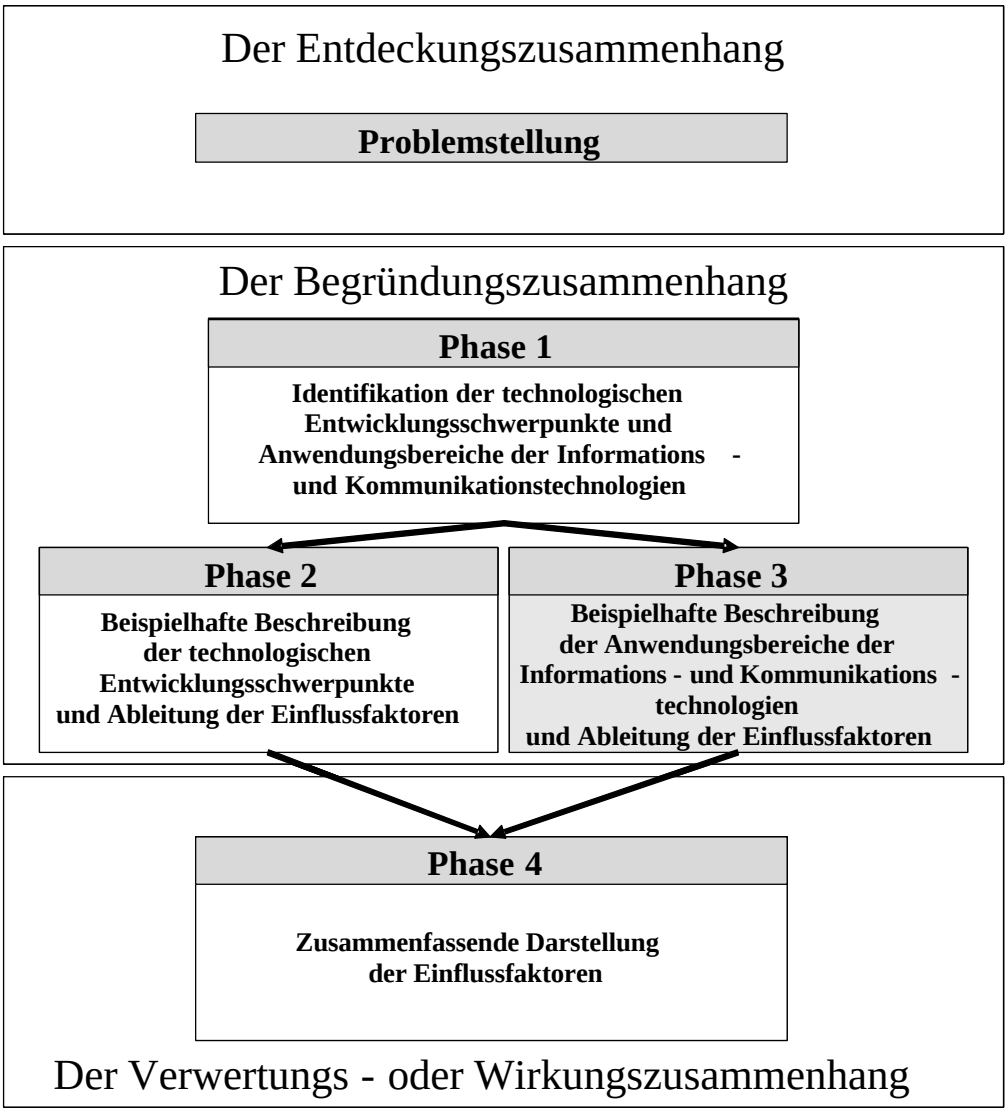


**Abbildung 29: Zielsetzung Kapitel 4.**

## *4.2 Konzepte des Anwendungsbereiches GLOBAL*

Der Anwendungsbereich Global umfasst die Konzepte Globalisierung und Regionalisierung. Ziel dieses Kapitels soll es sein, nichttechnologische Einflussfaktoren zu erkennen, die eine Entwicklung der Infrastruktur globaler Informations- und Kommunikationstechnologien beeinflussen können.

### 4.2.1 Globalisierung

Globalisierung wird als ein Prozess beschrieben, der den internationalen Warenaustausch, globale Finanzströme, Wissenschaftssaustausch, Austausch von Kultur, Informations- und Kommunikationsflüsse und den Austausch von Dienstleistungen im Allgemeinen beinhaltet (vgl. Hassan 1999, S. 300 ff.). Eine andere Definition beschreibt den Begriff als einen Prozess der „fortschreitenden weltwirtschaftlichen Integration […], der insbesondere durch ein hohes Maß an internationaler Handels- und Kapitalströme sowie durch einen rapiden technologischen Wandel gekennzeichnet ist“ (Klau 1999, S. 3). Ein weiterer Ansatz beschreibt den Begriff als einen universellen Prozess oder eine feste Anzahl von Prozessen, die vielfältige Verbindungen zwischen Staaten und Gesellschaften erschaffen und so den eigentlichen Horizont des Systems erweitern und die Rahmenbedingungen der jeweiligen Gesellschaft überschreiten, um ein neues modernes Welt-System zu formen (vgl. Held/McGrew 1993, S. 262).

“Zentral ist die nachlassende Bedeutung von Territorialität für soziale Beziehungen sowie das steigende Bewusstsein um die Welt als Einheit“ (Walter 1998, S. 2), verbunden mit der Internationalisierung von Produkten und Dienstleistungen (vgl. Oxford University Press 1997). Globalisierung ist einer der populärsten Begriffe der 90er Jahre (vgl. Barnet/Cavanagh 1994, S. 14).

Auslöser dieses Prozesses sind politische Richtlinien wie die Liberalisierung von Märkten oder der Außenpolitik, ein technologischer Wandel in den einzelnen Unternehmen, wie die Nutzung von Email oder Internet und die Kombination aus neuen Technologien und neuen (freieren) Marktzugängen (vgl. Klau 1999, S. 3). Im Vordergrund steht die Relativierung nationaler Orientierung bedingt durch Faktoren wie technologische Schübe, Economies of Scale, Innovatoren und unter Druck gesetzte Imitatoren im Vordergrund (vgl. Bredemeier 2001, S. 67).

Die Ursachen für Globalisierung, so wie sie heute gesehen wird, sind vielfältig und gehen bis in die 40er Jahre zurück. Die wirtschaftlich Liberalisierung nach dem 2. Weltkrieg, wie z.B. die multinationale Zollreduktion im Rahmen der GATT-Verhandlungen, sind Treiber für Globalisierungsbestrebungen. Ein Vergleich der durchschnittlichen Wachstumsraten von Weltproduktion und Welthandel über die letzten 50 Jahre zeigt, dass die Entwicklung der Handelsströme ca. 3% höher ist als die der Weltproduktion (vgl. Klau 1999, S. 1).

Der technologische Wandel ist neben den wirtschaftlichen und politischen Veränderungen eine weitere Triebkraft im andauernden Globalisierungsprozess. Entwicklungsschwerpunkte liegen hier in den Bereichen Transport-, Informations- und Kommunikationstechnologien. Waren es vor allem neue Transporttechnologien, die in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu gravierenden Kosteneinsparungen im Bereich Logistik führten, wurden nach dem 2. Weltkrieg die Innovationen der Informations- und Kommunikationstechnologien zur größten technologischen Triebkraft im Prozess der Globalisierung. Diese Entwicklung hält weiterhin an, unterstützt durch Technologien zur Steigerung des Vernetzungsgrad (vgl. Kapitel -) oder durch die zunehmende Konvergenz der Endgeräte (vgl. Kapitel 3.7).

Das Voranschreiten des Globalisierungsprozesses hat unter Berücksichtigung der Zielsetzung dieser Arbeit Auswirkungen auf die Bereiche:

- Wirtschaft,
- Kommunikation,
- Mobilität,
- Sicherheit (vgl. Walter 1998, S. 5 ff.),
- Kultur.

Wirtschaftlich wird sich der bisherige Trend zur Dezentralisierung der Produktion noch weiter verstärken, verbunden mit einer weiteren Dezentralisierung der Finanzmärkte, deren Wurzeln schon in den 70er Jahren liegt (vgl. Walter 1998, S. 5). Die sich dadurch ergebenden Kosteneinsparungen im Bereich der Transaktions- und Logistikkosten, z.B. durch die Auslagerung von Teilen der Produktion in Billiglohnländer, führen zu einer geringeren Marktsegmentierung bzw. geringeren Marktabgrenzungen. Unterstützt durch neue Hard- und Software agieren die internationalen Märkte schneller als bisher. „Die Innovationen und Produktionsfortschritte in den verschiedenen Technologien haben zum einen eine Intensivierung des internationalen Wettbewerbs bei bereits gehandelten Gütern zur Folge, zum anderen ermöglicht dies einen Handel mit Gütern, die vormals aufgrund hoher Transportkosten oder mangelnder Transportfähigkeit nicht international handelbar waren“ (vgl. Klau 1999, S. 3).

Internationale Datennetze erlauben eine einfache und kostengünstige Kommunikation über Ländergrenzen hinaus. Gab es bisher oft noch sprachliche Barrieren, können in

Zukunft Informationen in Echtzeit übersetzt werden. Suchmaschinen wie Google bieten schon heute an, die Suchergebnisse in die jeweilige Muttersprache zu übersetzen. Ein Großteil der kommerziell genutzten Software liegt in unterschiedlichen Landesversionen vor, die je nach Bedarf die entsprechende Sprachunterstützung liefert. Projekte wie das „Verbmobil“ vom Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz bilden die nächste Stufe in der von Sprachen unabhängigen Kommunikation. „Das Verbmobil-System erkennt gesprochene Spontansprache, analysiert die Eingabe, übersetzt sie in eine Fremdsprache, erzeugt einen Satz und spricht ihn aus. Für ausgewählte Themenbereiche (z.B. Terminverhandlung, Reiseplanung, Fernwartung) soll Verbmobil Übersetzungshilfe in Gesprächssituationen mit ausländischen Partnern leisten“ (Wahlster 2000).

Der steigende Mobilitätsgrad ist ein weiteres Ergebnis der Globalisierung. Es existieren eine ganze Reihe von unterschiedlichen Wanderbewegungen, die sowohl eine temporäre als auch permanente Zu- und Abwanderung zur Folge haben. Die sich aus diesen Tendenzen ergebenden Auswirkungen auf den Wohnungs-, Touristik- und Arbeitsmarkt erfordern eine Anpassung der Lebens- und Arbeitsbedingungen. Auch hier bieten neue Informations- und Kommunikationstechnologien ein hohes Unterstützungspotential, beispielsweise bei einer mehrsprachigen Ausbildung oder der mobilen Unterstützung von Außendienstmitarbeitern im Ausland durch mobile Internetzugänge.

Die fortschreitende Globalisierung hat starke Auswirkungen auf das Sicherheitsdenken. Dies bezieht sich auf die Sicherheitspolitik von Ländern und Ländergemeinschaften sowie auf Sicherheitsrichtlinien von Unternehmen oder privaten Haushalten. Informations- und Kommunikationstechnologien sind in den letzten Jahren immer häufiger Ziel von externen Angriffen geworden (vgl. Kapitel 3.6). Vernetzte Unternehmensstrukturen über Landesgrenzen hinaus erschweren zudem eine rechtliche Absicherung der einzelnen Netzwerkstrukturen in den unterschiedlichen Ländern.

Die kulturellen Auswirkungen von Globalisierung haben sich durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien verstärkt. Dabei sind zwei Tendenzen zu erkennen. Die Verbreitung und Vermischung von bestehenden Kulturen wird vor allem durch neue Kommunikationsmechanismen und internationalen Handel verstärkt. Zudem ermöglichen die neuen weltweiten Datennetze die Entwicklung neuer Kulturen bzw. kultureller Einflüsse (Netzkultur) (vgl. Krätke 2002, S. 1 ff.). Ein Beispiel für

diese Entwicklung sind urbane Netzwerke, die ihre eigenen kulturellen Güter produzieren und sie dann über Netzstrukturen international verfügbar machen.

Die wirtschaftlichen Auswirkungen des Globalisierungsprozesses lassen sich in den folgenden Punkten zusammenfassen:

- Erhöhung der Wohlfahrt durch Ausnutzung von Spezialisierungsvorteilen,
- Diffusion von Technologien,
- intensiverer Wettbewerb (vgl. Klau 1999, S. 6).

Diese Entwicklungsergebnisse sind stark von Einflussfaktoren wie nationaler und internationaler Marktentwicklung und der Politik der einzelnen Staaten abhängig. Die sich aus diesen Faktoren ergebenden Entwicklungen haben Einfluss auf Ebene der jeweiligen Landespolitik, wie z.B. der Arbeitsmarktpolitik oder der Außenpolitik, auf Ebene von Unternehmungen (zentrale oder dezentralisierte Unternehmensstrukturen) und auf Ebene des einzelnen Individuums oder Haushaltes (Wahl des Urlaubslandes, Mobilitätsgrad des Individuums).

Nichttechnologische Einflussfaktoren sind:

- weltpolitische Stabilität,
- Weltwirtschaftsniveau,
- regional politische Stabilität,
- regional wirtschaftliche Entwicklung,
- existierende Sanktionsmechanismen,
- kulturelle Differenzierung,
- Gesetzeslage (regional/überregional),
- Dauer von Markt- und Innovationszyklen,
- Standardisierungsbestrebungen (vgl. Kapitel 3.3.2.2),
- Kosten,
- (weltweite) Nutzenpotentiale,
- Technologieakzeptanz,
- Sicherheit (vgl. Kapitel 3.3.2.1).

Der Faktor der **politischen Stabilität** soll die **globale** oder **regionale** politische Situation im Rahmen des betrachteten Szenariozielzeitraums beschreiben. Eine Beeinflussung durch ein einzelnes Individuum ist nur in Ausnahmefällen möglich, wie z.B. Terroranschläge. Auf globaler Ebene wird der Faktor bestimmt durch die Innen- und Außenpolitik der einzelnen Staaten oder Staatengemeinschaften und durch die gewählte Regierungsform (Demokratie, Monarchie, Diktatur usw.).

Der Faktor der politischen Stabilität lässt sich anhand von finanzpolitischen Kennzahlen wie der Staatsquote oder der Steuerquote ausdrücken.

Das **Wirtschaftsniveau** oder die Weltkonjunktur spiegelt die **weltweite** wirtschaftliche Entwicklung wider. Grundlegende Merkmale zur Messbarkeit dieses Faktors, die auch für Messung der **regionalen wirtschaftlichen Entwicklung** genutzt werden, sind die Entwicklung der Bruttoinlandsprodukte, der Verbraucherpreise oder der Arbeitslosenquote der unterschiedlichen Länder.

Über die jeweilige Innen- und Außenpolitik kann ein Land **Sanktionsmechanismen** gegenüber anderen Staaten, Ländern oder Ländergemeinschaften schaffen, die einen möglichen Austausch von Gütern oder Technologien erschweren, verlangsamen oder verhindern. Dieser Effekt kann z.B. durch eine Verzollung von importierten Gütern oder ein Exportverbot von Technologien erzielt werden, messbar durch die Anzahl und die Höhe der Sanktionsmechanismen.

Die **kulturelle Differenzierung** innerhalb von Staaten oder Ländergemeinschaften kann die Etablierung von Technologien beeinflussen. So ist beispielsweise die **Gesetzgebung** der einzelnen Länder ein Produkt ihrer eigenen Kultur und kann sich stark von anderen Kulturen unterscheiden. In einem globalen Szenario ist es möglich, dass sich bestimmte Kulturen aufgrund verschiedener Glaubensrichtungen, unterschiedlicher ethischer Richtlinien oder einer anderen Form der Gesetzgebung gegenüber Technologien sperren und einen globalen Einsatz, obwohl er technisch möglich ist, verhindern. Um eine tatsächliche Messgröße für diesen Faktor zu definieren, muss explizit auf die am Szenario beteiligten Partner (bei Globalszenarien entsprechend Staaten) eingegangen werden.

Die **Dauer von Markt- und Innovationszyklen** hat Auswirkung auf den Lebenszyklus einer Technologie (vgl. Kapitel 2.2.1). Maßeinheit für diesen Faktor ist die Zeit, in der durchschnittlich die Zyklen durchlaufen werden.

Die Kosten geben als monetäre Größe die Aufwendungen für Installation und Betrieb wieder.

Neue oder erweiterte **Nutzenpotentiale** sind eine weitere Voraussetzung für den Einsatz neuer Informations- und Kommunikationstechnologien. Wird die Annahme vorausgesetzt, dass jedes Individuum oder Unternehmen seinen Nutzen maximieren möchte, werden nur die Technologien erfolgreich sein, die diese Nutzenfunktion maximieren. Die Größe der Nutzenpotentiale richtet sich z.B. nach den Einsatzgebieten, der Kompatibilität und den damit verbundenen Kopplungsmöglichkeiten zu anderen Technologien, einer Vereinfachung der Arbeitsorganisation oder der Erhöhung der Anzahl von Handlungsalternativen.

Die **Technologieakzeptanz der Anwender** ist das Vertrauen der Anwender in neue Technologien und deren Nutzung. Der Schlüsselfaktor spiegelt die Geschwindigkeit wider, mit dem neue Technologien breitflächig in die Haushalte integriert werden.

### 4.2.2 Regionalisierung

Als Gegenpol zu Globalisierungsbestrebungen lassen sich spezielle Regionalisierungsrichtlinien identifizieren. Regionalisierung als Ausrichtung der Geschäftsstrategie auf ein bestimmtes Land, eine Ländergruppe oder eine Region ist eine Gegenentwicklung zur Globalisierung. Trotz der weltweiten Ausrichtung von Großkonzernen, wie Microsoft oder großen Telekommunikationsunternehmen, existieren in diesen Unternehmen oft unterschiedliche Strategien für regionale Märkte (vgl. Herrschel/Newmann 2000, S. 2 ff.).

Bezogen auf Informations- und Kommunikationstechnologien liegen die Schwierigkeiten der Umsetzung von globalen Strategien und der Grund für die Etablierung von regionalen Strategien vor allem in den Bereichen Standardisierung und in den sich voneinander unterscheidenden gesetzliche Richtlinien. Zudem weisen einige Länder, betrachtet man das Konsumverhalten und die Investitionen von Unternehmen, eine starke Tendenz zur Bevorteiligung lokal ansässiger Lieferanten auf (vgl. Wilson 2000, S. 38 ff.).

Die Auslöser für Regionalisierungsbestrebungen der einzelnen Unternehmen liegen in den 80er Jahren: Durch die hohe Verschuldung einzelner Industriestaaten, verbunden mit hoher Arbeitslosigkeit (vgl. Emmerij 1992, S. 8 ff.), lag die Konzentration auf eigenen lokalen Märkten näher als die weltweite Expansion. In den 90er Jahren

entstanden in Europa zwei unterschiedliche Regionalisierungsbestrebungen, bedingt durch den immer stärker werdenden Einfluss der EU auf die regionalen Regierungen und einer Institutionalisierung europäischer Zentralorgane (vgl. Herrschel/Newmann 2000, S. 1186 f.).

Diese Tendenz hatte unter anderem auch starke Auswirkungen auf die Entwicklung und Akzeptanz bestimmter Informations- und Kommunikationstechnologien. Unterschiedliche Richtlinien und Gesetze im Bereich Außenhandel, Datenschutz, Zahlungsabwicklung, Copyrights setzen unterschiedliche oder auf die Bedürfnisse der einzelnen Länder angepasste Systeme voraus. Zudem haben die unterschiedlichen Länder, gerade in Europa, eine Vielzahl von verschiedenen Standards entwickelt und etabliert, die oft inkompatibel zueinander sind. Beispielhaft wären hier die unterschiedlichen TV-Formate in Europa oder Differenzen zwischen europäischen und amerikanischen Mobilfunkstandards zu nennen (vgl. Morrison/Ricks 1991, S. 20 ff.).

Nichttechnologische Einflussfaktoren entsprechen denen der Globalisierung, da Regionalisierung ein Gegenpol zur Globalisierung bildet.

## *4.3 Konzepte des Anwendungsbereichs UNTERNEHMEN*

Der Anwendungsbereich Unternehmen umfasst die Konzepte:

- des Digital Collaboration und Business Networking,
- der Telearbeit,
- der Digitalen Distribution,
- der Storage Area Networks,
- der Prozessautomation und
- des Knowledge Managements und e-Learnings.

Ziel dieses Kapitels soll es sein, nichttechnologische Einflussfaktoren zu erkennen, die eine Entwicklung der Infrastruktur von Informations- und Kommunikationstechnologien beeinflussen können.

### 4.3.1 Digital Collaboration und Business Networking

Einer der Trends der Informations- und Kommunikationstechnologien in den 80er Jahren war es, die einzelnen Unternehmensteile zu vernetzen und eine einheitliche

Anwendungsarchitektur zu realisieren (vgl. Österle 1995, S. 140 ff.). So richten sich heute die Bestrebungen der einzelnen Unternehmen auf eine Vernetzung über die Grenzen des Unternehmens heraus (vgl. Österle/Fleisch/Alt 2001, S. 19 ff.).

In seiner ursprünglichen Bedeutung drückt Collaboration Zusammenarbeit aus. Digital Collaboration ist die Zusammenarbeit unterschiedlichster Individuen oder Gruppen von Individuen über die Unternehmensgrenzen hinaus unter Ausnutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien (vgl. Salopek 2000, S. 38).

Dabei ist Collaboration eine Form der Kommunikation oder des Datenaustauschs, die mit der Anbieter-Nachfrager-Konstellation eines Marktplatzes vergleichbar ist, eine many-to-many-Kommunikation. Im Regelfall existieren weniger als zehn Kommunikationspartner und die Digitale Zusammenarbeit ist zielorientiert.

Nach Salopek werden vier unterschiedliche Ausprägungen von Digital Collaboration unterschieden:

- Die Kommunikationspartner agieren gleichzeitig, aber an unterschiedlichen Orten.
- Die Kommunikationspartner agieren gleichzeitig am gleichen Ort.
- Die Kommunikationspartner agieren zu unterschiedlichen Zeiten an unterschiedlichen Orten.
- Die Kommunikationspartner agieren zu unterschiedlichen Zeiten am gleichen Ort.

Hinsichtlich dieser Kriterien unterscheidet sich Digital Collaboration nicht vom klassischen Collaboration-Ansatz - der Aspekt der Digitalisierbarkeit des Arbeitsmaterials eröffnet ein neues Spektrum von Erfüllungsorten, wie beispielsweise das Internet (vgl. Keenan/ Ante/Elgin/Hamm 2002, S. 5 f.). Aus diesem Fakt ergibt sich der Trend, dass viele elektronische Marktplätze, die viele Anbieter und Nachfrager vereinen, zu Collaboration-Plattformen weiterentwickelt werden. Sie bieten ihren Kunden ein System an, über das Prozesse unternehmensübergreifend in der digitalen, vernetzten Welt abgewickelt werden können. Treten bei dieser Form der Collaboration auf Anbieter- und auf Nachfragerseite ausschließlich Unternehmen auf, die eine unternehmenseigene Prozesslandschaft externen Partnern über integrierte Lösungen zur Verfügung stellen, bezeichnet man dies auch als Business Networking.

Business Networking vereinfacht die Zusammenarbeit zwischen zwei Unternehmen so weit, dass sie wie ein Unternehmen agieren. Informationen über den Verkauf eines Produktes sind sofort allen Unternehmen in der Supply Chain verfügbar (vgl. Österle/Fleisch/Alt 2001, S. 24).

Die Entwicklung der Business Networking Systeme wird in Abbildung 30 dargestellt.

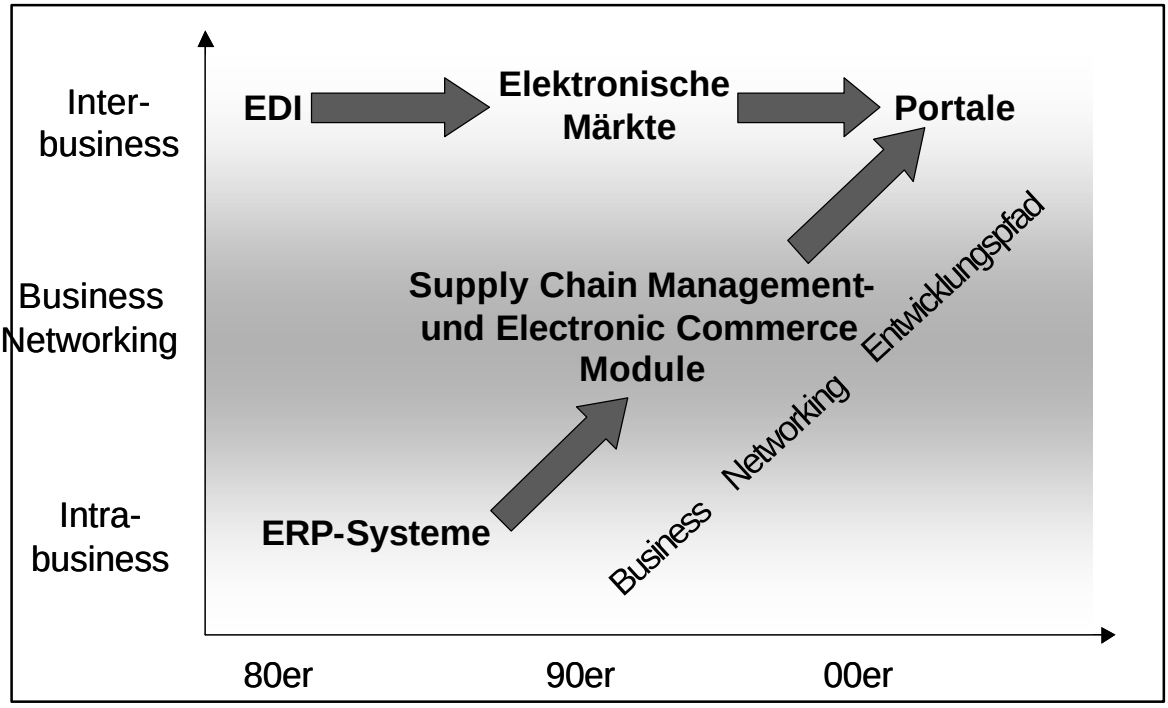


**Abbildung 30: Die Entwicklung des Business Networking (vgl. Alt/Fleisch 2000, S. 9).**

Business Networking verfolgt die Zielsetzung, ein Netzwerk von Prozessen mit Unterstützung der Informations- und Kommunikationstechnologien über die eigenen Unternehmensgrenzen hinweg den unterschiedlichen Stakeholdern zur Verfügung zu stellen (vgl. Österle/Fleisch/Alt 2001, S. 36).

Klassische Collaboration-Systeme entwickelten sich aus EDI-Applikationen über die elektronischen Marktplätze hin zu Portallösungen. Sie werden oft über Dritte realisiert und betrieben, sie können oft nur rudimentär in die bestehende Infrastruktur der Informations- und Kommunikationstechnologien integriert werden. Business Networking entstand aus internen ERP-eigenen Prozessen und weist aus diesem Grund einen höheren Integrationsgrad auf. Die Umsetzung von Business Networking Systems hat sowohl Auswirkungen auf die Strategie und die organisatorische Struktur als auch auf die eingesetzten und einzusetzenden Informations- und Kommunikationstechnologien (vgl. Alt/Fleisch 2000, S. 10).

Voraussetzung für erfolgreiche Business Networking Systems ist die erfolgreiche Anbindung der Partnerunternehmen an die Informations- und Kommunikationsstruktur. Aus diesem Kriterium lassen sich auch die wichtigsten Einflussfaktoren für Zukunftsszenarien ableiten. Die Anbindung verschiedener Partner an ein System setzt einen hohen Standardisierungsgrad auf Ebene der zu übermittelnden Daten und auf Prozessebene voraus. Hinzu kommt eine hohe Kommunikationsbereitschaft der Partner und der Willen, eigene Prozesse zu überdenken und gegebenenfalls neu zu gestalten (Flexibilität). Allgemeine Einflussfaktoren sind die Investitionsbereitschaft der Unternehmen, Kostendruck, der durch hohe Konkurrenz auf einem Markt oder ungünstige wirtschaftliche Rahmenbedingungen entstehen kann, und das Wissen und die Toleranz gegenüber den eingesetzten Informations- und Kommunikationstechnologien bezüglich Bedienbarkeit, Sicherheit und Implementierbarkeit.

Nichttechnologische Einflussfaktoren für die Weiterentwicklung von Digital Collaboration und Business Networking sind:

- Entwicklungen des Anwendungsbereichs Global (vgl. Kapitel 4.2),
- Kommunikation zwischen den Marktakteuren,
- Investitionsbereitschaft,
- Identifikation von Nutzenpotentialen,
- Organisationsstruktur,
- Dauer von Markt- und Innovationszyklen (vgl. Kapitel 4.2.1),
- Technologieakzeptanz (vgl. Kapitel 4.2.1),
- Kosten,
- Verfügbarkeit breitbandiger Übertragungstechnologien,
- Bedienbarkeit,
- Kompatibilität.

Der Faktor **Kommunikation zwischen den Marktakteuren**, messbar z.B. anhand des Datenvolumens, das versendet oder empfangen wird, soll die Kommunikationsbeziehungen zwischen den einzelnen Unternehmen aufzeigen.

Die **Investitionsbereitschaft** gibt im Rahmen dieser Arbeit an, ob ein Unternehmen gewillt ist, in Zukunft in Technologien zu investieren. Die Investitionsbereitschaft leitet sich aus der wirtschaftlichen Situation des Unternehmens ab, die über finanzielle Größen messbar ist. Sie wird durch gesteigerte Ertragsentwicklungen in der Zukunft erhöht.

Der Einflussfaktor **Identifikation von Nutzenpotenialen** beschreibt die Fähigkeit der Akteure, Nutzenpotentiale zu erkennen.

Unter **Organisationsstruktur** wird die Gesamtheit aller organisatorischen Regeln in einem Unternehmen verstanden.

**Kosten** sind Aufwendungen in Form von monetären Mitteln, Zeit oder Leistungen, die zur Zielerreichung erbracht werden müssen.

Die **Verfügbarkeit** gibt an, wann (Zeitrahmen) die Technologie bzw. funktionierende Endgeräte für den Anwender zur Verfügung stehen.

Die **Bedienbarkeit** einer Technologie gibt an, ob der Anwender in der Lage ist, Technologien intuitiv und effektiv anwenden zu können. Dabei stehen die Simplizität und die Fehlertoleranz im Mittelpunkt der Betrachtung.

Der **Kompatibilität**, gemessen in der Anzahl von kompatiblen Technologien, gibt an, inwieweit die eingesetzten Technologien in der Lage sind, Informationen auszutauschen.

### 4.3.2 Telearbeit

Durch den steigenden Vernetzungs- und Mobilitätsgrad, verbunden mit einer immer stärkeren Digitalisierung bzw. Virtualisierung bisher analoger Güter, verändert sich auch die Arbeitswelt (vgl. Rensmann/Gröpler 1998, S. 2 f.). Im Zuge der Bestrebungen der Unternehmen im Rahmen des Business Networking Prozesse outzusourcen, verändern sich ferner die Arbeitsbedingungen für die Arbeitnehmer (vgl. Kevin/Lamond/Standen 2001, S. 1151 ff.).

In der wissenschaftlichen Literatur existieren eine Reihe von Definitionen für den Begriff der Telearbeit. Allgemeiner Konsens herrscht über den Aspekt, dass Telearbeit außerhalb der Räumlichkeiten des Unternehmens durchgeführt wird.

„The term ‘telecommuting’ generally describes a work arrangement in which employees work in their homes and ‘commute’ to their offices through the use of such technologies

as computers, modems, fax machines, and electronic mail. The boundaries of the telecommuting organization then become more psychological than physical, as employees take their work home and transform part of their home into part of the company's workplace" (McQuarrie 1994, S. 79).

Eine andere Definition beschreibt Telearbeit als eine Tätigkeit, die unter Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien primär die Arbeit zum Arbeiten anstatt den Arbeitenden zur Arbeit transportiert. Der Telearbeiter nutzt Informations- und Kommunikationstechnologien zur Unterstützung, um seine arbeitsvertraglichen Verpflichtungen teilweise zu Hause oder wohnortnah zu erfüllen (vgl. Rensmann/Gröpler 1998, S. 13). Durch neue mobilitätsgradsteigernde Technologien hat sich das Einsatzfeld von Telearbeit stark erweitert. Wurde bei einer klassischen Betrachtung von Teleworking davon ausgegangen, dass der Arbeitnehmer hauptsächlich von zu Hause arbeitet, wandelt sich das Bild heute (vgl. Daniels/Lamond/Standen 2001, S 1151 ff.).

Telearbeit ist eine Form der Dezentralisierung, d.h. Unternehmensteilen oder bestimmten Personen mehr Autonomie zu geben und damit die wirtschaftliche Flexibilität zu erhöhen, indem Aufgaben und Verantwortlichkeiten ausgelagert werden (vgl. Drücke/Feuerstein/Kreibich 1986, S. 42 ff.).

Telearbeit als eine spezielle Arbeitsform wird ein hohes Potential zugesprochen. So soll sich die Anzahl der Telearbeiter in Europa bis 2005 auf 28,8 Millionen verdreifachen (vgl. Network Briefing Daily 2001, S. 5).

Abbildung 31 verdeutlicht eine mögliche Systematisierung der einzelnen Ausprägungen von Telearbeit nach Arbeitsstätten.

Unter Satellitenbüros werden Außenstellen mit umfassender IuK-Technik verstanden. Die Arbeitsstätte wird vom Arbeitgeber betrieben. Vorteile einer solchen Lösung sind Datenschutz und Datensicherheit, die durch die Infrastruktur und Regulierungen des Arbeitgebers abgesichert werden (vgl. Daniels/Lamond/Standen 2001, S. 1153 f.).

In Nachbarschaftsbüros, oft auch in Telezentren oder in Telehäuser, teilen sich Arbeitnehmer von unterschiedlichen Arbeitgebern ein Büro. Die Infrastruktur wird im Regelfall vom Betreiber der Räumlichkeit gestellt und gewartet. Daraus ergeben sich für die Arbeitgeber Kostenvorteile, denn Infrastruktur muss nicht einzeln beschafft und gewartet werden.

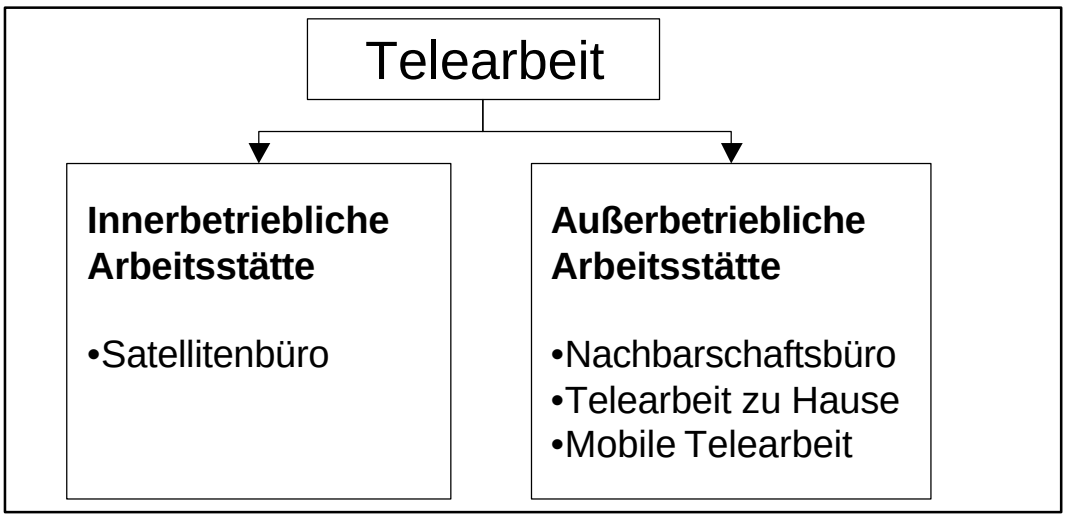


**Abbildung 31: Arbeitsstätten der Telearbeit (vgl. Rensmann/Gröpler 1998, S. 15).**

Telearbeit zu Hause ist die bekannteste Form der Telearbeit. Der Arbeitnehmer ist über eine Datenleitung mit seinem Unternehmen verbunden und erledigt seine Aufgaben teilweise oder vollständig von der heimatlichen Wohnung (vgl. Daniels/Lamond/Standen 2001, S. 1153 f.).

Mobile Telearbeit wird oft von Mitarbeitern im Außendienst oder Vertrieb angewandt (vgl. Craipeau/Marot 1983, S. 5). Es ist möglich, über entsprechende Informations- und Kommunikationstechnologien aus dem Hotel oder vom Kunden aus, Zugriff auf die firmeneigenen Daten zu erhalten. Dabei kann es sich um vollständig mobile Geräte wie moderne Handys oder WLAN-fähige PDAs oder Laptops handeln oder um teilweise mobile Geräte wie ein Laptop, das beim Kunden einen Telefonanschluss nutzt (vgl. Rensmann/Gröpler 1998, S. 14 ff.).

Die sich hieraus ergebenden Vorteile für die Unternehmung liegen vor allem in der organisatorischen Dezentralisierung der räumlichen Entballung und in der zeitlichen Desynchronisierung bzw. Flexibilisierung (vgl. Toffler 1983, S. 204).

Zur Ableitung von Einflussfaktoren ist es notwendig, die Voraussetzungen für Telearbeit zu spezifizieren. Neben rein technischen Faktoren, wie Zugangsmöglichkeit zu Datennetzen, Übertragungsgeschwindigkeit, eingesetzte Software oder der Leistungsfähigkeit des eingesetzten Computers, existieren eine ganze Reihe von nichttechnologischen Voraussetzungen. Die technischen Faktoren werden in diesem Kapitel nicht ausführlich beschrieben, vielmehr sind die einzelnen Komponenten und ihr technisches Potential schon in Kapitel 3 hinreichend dargestellt worden. Die Voraussetzungen (technische Faktoren ausgeklammert) für erfolgreiche Telearbeit im Unternehmen lassen sich unter folgenden Gesichtspunkten zusammenfassen:

- politische, konjunkturelle und infrastrukturelle Rahmenbedingungen (vgl. Kreibich et al. 1990, S. 59),
- Einbindung in die Organisation,
- Verknüpfung mit Management (vgl. Klayton-Mi 2002, S. 1),
- soziale Aspekte,
- rechtliche Aspekte.

Politische, konjunkturelle und infrastrukturelle Rahmenbedingungen haben Auswirkungen auf die Investitionsbereitschaft und Organisation von Unternehmen und auf die Entwicklung von Technologien zur Unterstützung der Telearbeit. Eine mögliche Integration von Telearbeit in das unternehmerische Umfeld ist demnach von diesen externen Effekten abhängig.

Bei der Einbindung in die Organisation ist es gegebenenfalls erforderlich, existierende Arbeitszeitmodelle anzupassen (vgl. Olson 1983, S. 183) und zu klären, inwieweit sie mit der Unternehmenskultur zu vereinbaren sind. Es wird zwischen permanenter, alternierender, sporadischer und Sonderformen der Telearbeit unterschieden. Hauptdifferenzierungsmerkmal ist die wöchentliche Arbeitszeit in Form von Telearbeit je Arbeitnehmer. Alternierende Telearbeit ist eine Form der Arbeitszeitmodelle, bei dem der Arbeitnehmer sowohl vom Telearbeitsplatz als auch im Unternehmen arbeitet. Diese Ausprägung wird von den meisten Angestellten bevorzugt (vgl. Rensmann/Gröpler 1998, S. 84.). Die Sonderformen der Telearbeit spiegeln sich in der mobilen Telearbeit wider. Im Gegensatz zu den anderen oben beschriebenen Arbeitszeitmodellen ist Telearbeit nicht die primäre Tätigkeit des Arbeitnehmers, vielmehr wird eine Sekundärfunktion erfüllt, kurzfristig Informationen vom oder an das Unternehmen weiterzuleiten. Die Arbeitszeit wird also völlig unabhängig von der Telearbeit erfasst.

Ein weiterer Aspekt bei der Einbindung von Telearbeit in die Organisation ist die Kommunikation mit Mitarbeitern (Kollegen, Vorgesetzten). Hier sind entsprechende Regelungen, wann, wer, wie, mit wem kommunizieren kann (Feedback) und muss, (Leistungskontrolle) festzulegen (vgl. Nilles 1983, S. 5).

Herausforderungen für das Management ergeben sich aus der eigenverantwortlichen Tätigkeit der Mitarbeiter. Die Personalführung wird weiterhin erschwert durch die Tatsache, dass der Arbeitnehmer maximal sequentiell im Unternehmen ist. Der Manager

muss mit dem Arbeitnehmer klare Ziele vereinbaren und entsprechende Kompetenzen und Mittel zur Zielerfüllung verteilen. Voraussetzung für diese Form des Managements - Management by Objectives - ist, dass im Unternehmen dieser Zielbildungsprozess verankert und dokumentiert ist, beispielsweise in Form einer Zielpyramide (vgl. Rensmann/Gröpler 1998, S. 111 ff.).

Der Schlüssel für erfolgreiche Telearbeit ist der Arbeitnehmer selbst. Nicht jeder Mitarbeiter ist geeignet für Telearbeit. Als ein grundlegendes Kriterium für erfolgreiche Telearbeit gilt, dass der Mitarbeiter die Tätigkeit freiwillig ausführt bzw. eine positive Einstellung gegenüber der delegierten Tätigkeit hat. Er sollte die Fähigkeit besitzen, Verantwortung zu übernehmen, effektives Zeitmanagement zu betreiben, sich selbst motivieren können, kommunikationsfähig und innovationsfreudig sein. Zusätzlich muss der Mitarbeiter in der Lage sein, die technischen Hilfsmittel effektiv als Unterstützungsinstrument einzusetzen (vgl. Schwierzock 2001, S. 84).

Unternehmensseitig darf der Arbeitnehmer nicht isoliert werden, sondern muss trotz seiner Abwesenheit in die Organisation eingebunden werden. Grundlage bildet die Kommunikation mit Mitarbeitern und Vorgesetzten über die unterschiedlichsten Medien, wie Telefon, Email, per Videokonferenz oder Vor-Ort-Präsenz.

Die Absicherung in rechtlichen Fragen, sowohl auf Seite der Unternehmung als auch auf Arbeitnehmerseite, bildet ein weiteres Erfolgskriterium. Neben den Vorgaben des Arbeits-, Steuer- und Versicherungsrechts ergeben sich für die Unternehmung immer mehr datenschutzrechtliche Anforderungen. Mit der steigenden Anzahl von Hackerattacken oder anderen Angriffen von Innen und Außen werden restriktivere Datenschutzrichtlinien nötig. Dabei handelt es sich um vorgeschriebene Verhaltensweisen, Verschlüsselungsmechanismen oder spezielle Identifizierungsverfahren (vgl. Kapitel 3.6), die dem Arbeitnehmer und dem Arbeitgeber den Schutz der eigenen Daten erlauben.

Als Schlüssel für die Weiterentwicklung der Telearbeit gelten im Allgemeinen technologische Innovationen (vgl. Rensmann/Gröpler 1998, S. 215 ff.). Sie sollen die Kommunikation zwischen den einzelnen Prozess- oder Projektbeteiligten erhöhen und vereinfachen. Die sich aus Moores Gesetz ergebenden fallenden Preise für Hardware (vgl. Kapitel 3.2) werden neben der Erweiterung der Übertragungsbandbreite und dem steigenden Mobilitätsgrad als Enabler der Telearbeit gesehen. Die Weiterentwicklung der Software, besonders im Bereich der Bedienerfreundlichkeit und

Integrationsfähigkeit in bestehende Infrastrukturen des Unternehmens, sind weitere Kriterien, die eine positive Entwicklung von Telearbeit begünstigen können.

Es lassen sich folgende Einflussfaktoren identifizieren:

- Identifikation von Nutzenpotentialen (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Organisationsstruktur (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Mitarbeiter,
- Technologieakzeptanz (vgl. Kapitel 4.2.1),
- Kommunikationskosten,
- Verfügbarkeit (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Kosten für Hardware,
- Installations-, Wartungs- und Betriebskosten,
- Bedienbarkeit (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Sicherheit (vgl. Kapitel 3.6).

Der Einflussfaktor **Mitarbeiter** bezieht sich auf die Eignung der Individuen, in unterschiedlichen Organisationsformen zu arbeiten unter Berücksichtigung ihrer Qualifikation und Persönlichkeit.

Die **Kommunikationskosten** geben die Aufwendungen in monetären Größen wieder, die benötigt werden, um auf die jeweilige Kommunikationsinfrastruktur zuzugreifen.

Aufwendungen für die Beschaffung von Hardware (Infrastruktur) werden im Einflussfaktor **Kosten für Hardware** zusammengefasst. Dementsprechend geben die **Installations-, Wartungs- und Betriebskosten** die Aufwendungen für Installation, Wartung und Betrieb wieder.

### 4.3.3 Digitale Distribution

Unter digitaler Distribution wird im Rahmen dieser Arbeit der Vertrieb von Gütern in Form von digitalen Medien verstanden, z.B. Dokumente, Audio- oder Videofiles.

Der Trend zur Dezentralisierung, sei es durch neue Formen der Arbeitsorganisation (vgl. Kapitel 4.3.2) oder durch den steigenden Vernetzungsgrad zwischen den

Marktpartnern (vgl. Kapitel 4.3.1), wird verstärkt durch die Möglichkeit, mehr Informationen digital zur Verfügung zu stellen (vgl. Kapitel 3.4).

Waren es Mitte der 80er Jahre noch Emails oder einfache Office-Dokumente, die über Datennetze verteilt wurden, ist es heute ein breites Spektrum von unterschiedlichen Daten wie Audio- oder Videodateien, das zusätzlich über weltweite Datennetze versendet wird. Das steigende Datenvolumen stellt neue Ansprüche an die im Unternehmen eingesetzten Informations- und Kommunikationstechnologien. Es entsteht nicht nur eine Nachfrage nach höherer Bandbreite oder mehr Speicherkapazität, vielmehr werden neue Applikationen benötigt, die den digitalen Distributionsprozess unterstützen und vereinfachen (vgl. Ginarlis 2001, S. 184 ff.).

Beispielgebend für den Trend ist die Distribution von Audiodateien im B2C-Bereich (vgl. Garrty/Korentang/Brandle 2001, S. 6.). Einen weiteren Anwendungsbereich bildet das Digital Publishing, über das Unternehmen mit aktuellen Informationen auf digitalem Weg versorgt werden sollen. Hierbei handelt es sich z.B. um Studien, Informationen über Rohstoffpreise, Absatzmarktanalysen uvm.. Ist die digitale Aufbereitung der Daten heute weitgehend gelöst, liefern die Integration in ERP-Systeme und die automatisierte Auswertung der Daten noch Entwicklungspotential (vgl. Goldman 2000, S. 22).

Die digitale Distribution von Videodaten bildet ein zusätzliches Segment. Die breite Diskussion über Anwendungen wie Video-on-Demand-Systeme aus den 80er und 90er Jahren wurde damit aufs Neue entfacht, die auch durch den regen Tausch illegaler Kopien im Internet noch weiter verstärkt wird (vgl. Hobbs 2002, S. 74).

Hinzu kommt die Distribution von speziellen Datenformaten zur Unterstützung branchenspezifischer Problemstellungen, wie die Übermittlung von digitalen Röntgenbildern, CAD- oder Geoinformationen.

Die Umsetzung von Systemen sowohl zum digitalen Vertrieb als auch zum Empfang und zur Verarbeitung der Daten ist abhängig von folgenden Einflussfaktoren:

Neben allgemeinen Faktoren, wie wirtschaftliche und konjunkturelle Lage oder die Investitionsbereitschaft der Unternehmen, spielt hier auch das Geschäftsmodell des vertreibenden Unternehmens eine tragende Rolle. Hat sich im Bereich B2B das Prinzip „Bezahlung gegen Inhalte“ schon weitgehend durchgesetzt, gibt es hier im B2C Bereich enorme Probleme durch kostenlose oder illegale Angebote. Dementsprechend hoch sind

die Erwartungen der Unternehmen an rechtliche Richtlinien für die digitale Distribution (vgl. LeBlanc 2000, S.48 ff), wobei es schwer sein wird, diese auch international durchzusetzen. Anwenderseitig sind die Bedienbarkeit der Applikationen und die Kompatibilität zu existierenden Lösungen im Unternehmen von Bedeutung. So muss beispielsweise das Röntgenbild, das von einer Spezialklinik an einen Arzt digital übermittel wird, sich problemlos per Knopfdruck in die elektronischen Patientenakte integrieren lassen. Funktioniert dieser Prozess nicht, werden diese Systeme von den Anwendern abgelehnt. Technologische Einflussfaktoren, wie die Übertragungsgeschwindigkeit (Bandbreite), Speicherbedarf, Mobilitätsgrad, wurden schon in Kapitel 3 diskutiert und dargestellt.

Zusammenfassende Darstellung der Einflussfaktoren:

- Geschäftsmodelle,
- Identifikation von Nutzenpotentialen (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Verfügbarkeit (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Kosten (Herstellung, Vertrieb) (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Sicherheit (vgl. Kapitel 3.6),
- gesetzliche Richtlinien,
- Technologieakzeptanz (vgl. Kapitel 4.2.1),
- Kommunikationskosten (vgl. Kapitel 4.3.2),
- Bedienbarkeit (vgl. Kapitel 4.3.1).

Das **Geschäftsmodell** beschreibt die Methode, mit der ein Unternehmen seine ertragsbringenden Leistungen erzielt.

Der Einflussfaktor **gesetzliche Richtlinien** gibt an, inwieweit Geschäfts- oder Distributionsvorgänge rechtlich abgesichert sind bzw. der Gesetzgebung entsprechen.

### 4.3.4 Storage Area Networks

Das kontinuierliche Ansteigen der Datenmengen, z.B. durch die digitale Distribution (vgl. Kapitel 4.3.3) in den Unternehmen, erfordert nicht nur eine steigende Bandbreite, sondern auch immer mehr Speichermedien, um diese Daten ablegen zu können. In

Kapitel 3.2.2 wurden die einzelnen Technologien dieser Speichermedien und ihr zukünftiges Entwicklungspotential dargestellt.

Mehr und mehr Unternehmen versuchen nun, die sich aus einer hohen Bandbreite ergebenen Geschwindigkeitsvorteile auch bei der Verwaltung und Nutzung der einzelnen Speichermedien zu nutzen.

Das SAN (Storage Area Network) ist ein Netzwerk, das die einzelnen Speichermedien, wie Festplatten, CD- oder DVD-ROM, mit den unterschiedlichen Computern verbindet. Es ist nicht mehr nötig, jede Komponente im Netzwerk mit Speichermedien (Festplatten) auszustatten. Das SAN soll einen sicheren und fehlerfreien Hochgeschwindigkeitszugriff auf die Ressourcen im Netzwerk erlauben (vgl. Olson 1999, S. 1 f.). Eine andere, etwas genauere Definition beschreibt SANs als ein skalierbares auf Fibre Channel Protokollen basierendes Netzwerk, das einen High-Speed-Datentransfer zwischen Servern und zwischen Servern und Datenspeichermedien ermöglicht.

Im Gegensatz zur etablierten Form der Speicherverwaltung ergeben sich durch das SAN für das Unternehmen einige Vorteile:

- Verfügbarkeit,
- Verlässlichkeit,
- Skalierbarkeit,
- Leistungssteigerung,
- einfache Administration,
- geringe Betriebskosten (vgl. Olson 1999, S. 1 f.; Hogg 1998, S. 3; Yoshida 2000, S. 4 f.).

Erfolgreiches Dokumenten- und Datenmanagement kann nur erfolgen, wenn die gesuchten Informationen jederzeit und von jedem Accesspoint aus abgerufen werden können. SANs erlauben es, eine einzelne Kopie von Dokumenten oder Daten über unterschiedliche Wege jedem Anwender bei Bedarf zur Verfügung zu stellen (Availability). Da dieses System nicht nur die Verwaltung der Informationen ermöglicht, sondern auch den Transport überwacht, ist im Gegensatz zu konventionellen Lösungen die Fehlerquote gering (Reliabilty).

Ein zentralisierter Pool von Servern und Speichermedien erlaubt es, bei Bedarf Komponenten hinzuzufügen, um die Leistung zu erhöhen, oder Teile des Systems bei

geringem Informations- oder Datenbedarf abzuschalten (Scalability). Diese Modifikationen werden sofort, bedingt durch das zentralisierte Management, für den Anwender nutzbar.

Moderne SANs basieren auf Fibre Channel (Lichtleitkabel), damit ist eine Bandbreite von 100 MB/sec möglich. Das SAN trennt Übertragungen der klassischen Netzwerkstruktur von denen, die durch den Abruf und das Speichern von Daten entstehen, und kann dadurch die Performance steigern.

Durch die zentrale Verwaltung der Ressourcen und bedingt durch die Stern-Topologien von Fibre-Channel-Networks, sind SANs einfach zu managen.

Kostenvorteile entstehen durch die steigende Datenredundanz und durch Kosteneinsparungen im laufenden Betrieb, wie geringere Ausfallzeiten sowie konstante Bandbreite. Zusätzlich ist es einfach, neue Hardware in das System zu integrieren. Komplexe zeit- und kostenintensive Anpassungen an das bestehende Netzwerk entfallen durch die Zentralisierung.

SANs unterscheiden sich hauptsächlich in zwei Punkten von regulären Netzwerken.

In einem klassischen LAN werden Clients über einen Server verbunden. Jeder dieser Server besitzt und kontrolliert seine eigenen Daten. Steigt der Speicherbedarf an, muss jeder der betroffenen Server vergrößert werden. Diese neuen Ressourcen stehen dann aber nicht dem gesamten Netzwerk, sondern nur mit diesem Server verbundenen Clients zur Verfügung. Ein SAN verbindet diese Server. Werden neue Ressourcen hinzugefügt, hat das gesamte Netzwerk Speicher gewonnen und nicht nur einzelne Clients.

Der zweite Unterschied liegt in den verwendeten Protokollen. LAN-Protokolle setzen den Schwerpunkt auf die Kommunikation der Netzwerkkomponenten untereinander. Da ein SAN dies, bedingt durch seine Struktur, nicht benötigt, können größere Datenpakete versendet werden, was zu einer Steigerung der Bandbreite führt (vgl. Hogg 1998, S. 4 f.).

Bisher etablierte Lösungen erlauben den Aufbau eines SANs von der Größe eines LANs. Nach Publikationen der einzelnen SAN-Hersteller ist der nächste evolutionäre Schritt die Kopplung von WANs mit bekannten Speichertechnologien aus den SANs. Bedingt durch die verwendeten Übertragungstechnologien und –protokolle ist es bisher nur möglich, SANs von einer Größe von 10 km aufzubauen, für ein SWAN (Storage

Wide Area Network) müssen aber Distanzen von bis zu 100 km überbrückt werden. Da SANs nicht IP basiert arbeiten, ist eine Erweiterung in ein SWAN schwierig.

Einflussfaktoren sind:

- Identifikation von Nutzenpotentialen (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Organisationsstruktur (vgl. Kapitel 4.2.1),
- Technologieakzeptanz (vgl. Kapitel 4.2.1),
- Kompatibilität (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Verfügbarkeit (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Leistungssteigerung (vgl. Kapitel 3.2),
- Installations-, Wartungs- und Betriebskosten (vgl. Kapitel 4.3.2),
- Sicherheit (vgl. Kapitel 3.6).

### 4.3.5 Prozessautomation

Prozessautomation ist der Ablauf von Prozessen ohne manuelle Interaktion oder Unterbrechung. Neue Technologien im Bereich Vernetzung (vgl. Kapitel 3.3.2.5) und Sensortechnik (vgl. Kapitel 3.4) ermöglichen eine fortschreitende Automatisierung von bisher manuellen Prozessabläufen. Der Versuch, jede neue Form von Prozessautomation zu beschreiben, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Aus diesem Grund soll anhand zweier Beispiele das zugrunde liegende Prinzip erläuternd dargestellt werden, mit dem Ziel, mögliche Einflussfaktoren zu identifizieren.

Im Rahmen des in Kapitel 3.4.6 Ubiquitous Computing wurde schon auf das Konzept von „Dingen-die-denken“ oder „smart things“ eingegangen. Hier sollen erweiternd die Potentiale dieses Konzepts für die Prozessautomation in einem Unternehmen dargestellt werden.

In den 90er Jahren haben viele Institutionen/Unternehmen ihre innerbetrieblichen papier-basierten Prozesse durch Unterstützung von Informations- und Kommunikationstechnologien in Form von Dokumenten- oder Workflowmanagementsystemen zum großen Teil automatisieren können (vgl. DStatG 2001, S. 3). Durch den steigenden Vernetzungsgrad zwischen den Unternehmen (vgl. Kapitel 4.3.1) ist es nun erforderlich geworden, auch Prozesse, die direkt auf Informationen von Stakeholdern zugreifen, zu automatisieren. Problematisch stellt sich

in Zeiten des e-Business die Realisierung von Systemen dar, die eine große Masse von Daten basierend auf unterschiedlichen Standards bewältigen können. Viele der auf dem Markt schon verfügbaren Lösungen, z.B. von Siebel oder SAP, definieren diese Form der Prozessautomation sehr unterschiedlich, daher existieren auch sehr unterschiedliche Lösungsansätze (vgl. Wolf 2000).

Einfache Lösungen liefern einen Webzugang, über den man auf unterschiedliche Dokumente zugreifen kann, die mit Anweisungen für ein Workflowmanagementsystem gekoppelt sind. Der Vorteil dieses Ansatzes liegt in der Einfachheit der Implementierung dieser Lösung. Die bestehenden Prozesse werden einfach um eine Funktionalität (Internetzugriff) erweitert.

Ein zweiter Ansatz wandelt das bestehende Dokumenten- oder Workflowmanagementsystem in ein webbasiertes Anwendungssystem um, das vielfach auch in Form eines klassischen Webservers betrieben wird (vgl. Frank/Schauer 2002, S. 1 ff).

Einflussfaktoren für die Weiterentwicklung des Konzepts Prozessautomation sind:

- Identifikation von Nutzenpotentialen (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Organisationsstruktur (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Informationsbedarf,
- Kommunikationskosten (vgl. Kapitel 4.3.2),
- Technologieakzeptanz (vgl. Kapitel 4.2.1),
- Kosten für Hardware (vgl. Kapitel 4.3.2),
- Installations-, Wartungs- und Betriebskosten (vgl. Kapitel 4.3.2),
- Bedienbarkeit (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Sicherheit (vgl. Kapitel 3.6).

Der Faktor **Informationsbedarf** gibt an, wie viel Informationen aus welchen Quellen benötigt werden.

### 4.3.6 Knowledge Management und e-Learning

Das Wissen, ob in Form von Patenten und Markenzeichen als strategisches Wissen über Märkte und Mitbewerber oder als technologisches Know-how, wird in Zukunft im Zentrum der Wertschöpfung stehen (vgl. Gehle 2000, S. 119).

Knowledge Management ist ein systematischer Ansatz (basierend auf Erkenntnissen der Informations- und Kommunikationstechnologien, Personalmanagement, strategischem Management und organisatorischem Management), der implizites und explizites Wissen als Schlüsselressource darstellt, über die eine Verbesserung der Organisation des Wissens beim Individuum, im Team, in der Organisation oder organisationsübergreifend erreicht werden soll, um Innovationen, Qualität der Leistungen und Produkte sowie Kosteneffektivität zu verbessern (vgl. Eppler 1998).

Eine mehr technische Definition beschreibt Knowledge Management als:

„Ein System, welches das Sammeln, Organisieren, Aufbereiten, Analysieren und Verbreiten von Wissen in all seinen Formen innerhalb einer Organisation steuert. Es unterstützt Organisationsfunktionen, während es auf die Bedürfnisse eines Individuums in einem zielgerichteten Zusammenhang abzielt“ (Jackson 1998).

Die prognostizierte Entwicklung des Marktes für Knowledege Management Systeme wird in Abbildung 32 dargestellt.

Als Voraussetzung für die erfolgreiche Etablierung von Knowledge Management Systemen werden in der Literatur folgende Punkte genannt:

- Vernetzung der Unternehmen auch über mehrere Standorte hinweg,
- Speicherung von Daten in zentralen Datenbanken,
- Umstellung der Kommunikation auf digitale Medien,
- Anpassung der Geschäftsprozesse an die digitale Distribution von Information (vgl. Heinold 1999).

Die Knowledge Management Lösungen bestehen aus Komponenten zum Dokumentenmanagement, Collaboration und Information Retrieval.

Die META Group prognostiziert mittelfristig einen Wandel im Aufbau von Knowledge Management Systemen hin zu Internet basierten, multifunktionalen Enterprise

Information Portals (EIP), die Wissen, Inhalte und Prozesse im Unternehmen miteinander verbinden.

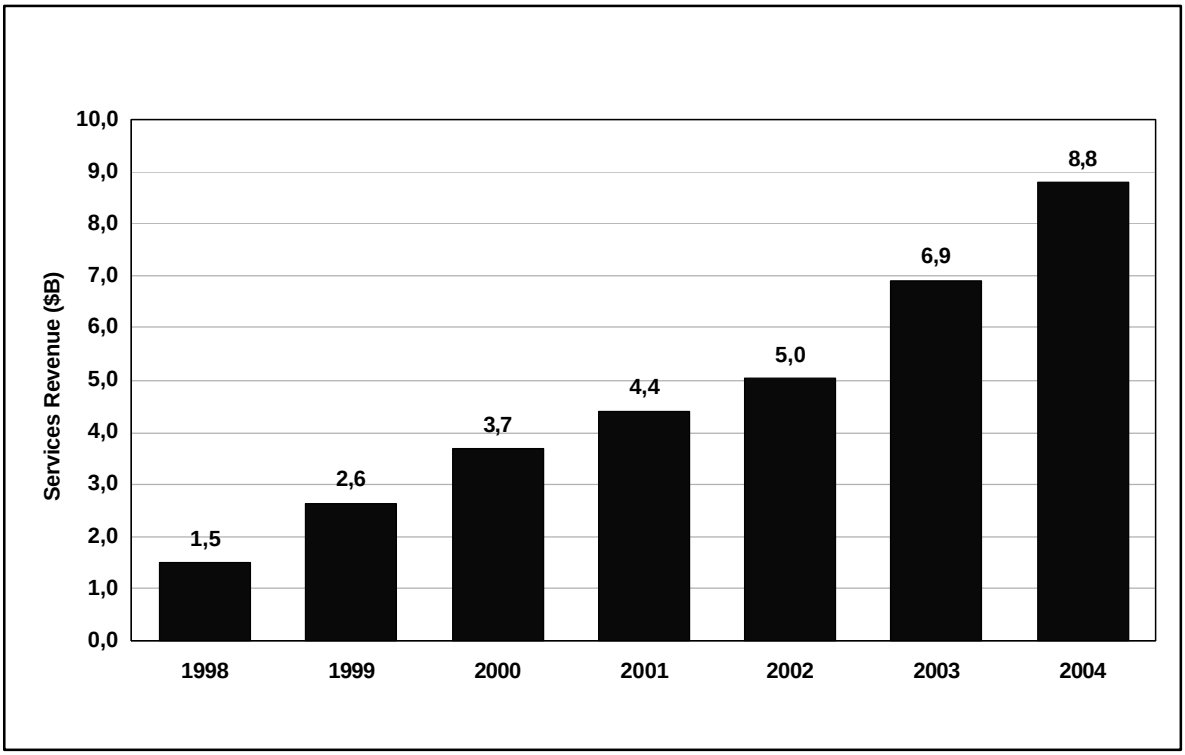


**Abbildung 32: Prognostizierte Entwicklung des Marktes für Knowledge Management Systeme (vgl. Ovum 2000).**

e-Learning (auch Online-Lernen oder Web-based Teaching (WBT)) kennzeichnet die Verschmelzung von Ausbildung und Internet, wobei Angebot und Vermittlung von Wissensinhalten unter Einsatz von moderner Technologie realisiert werden.

Es ist die Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien im Lernprozess und kann als Teilsegment des Knowledge Managements gesehen werden (vgl. Keating 2002, S. 57).

e-Learning-Systeme setzen sich aus drei Komponenten zusammen:

- Inhalte,
- Zusatzleistungen,
- Infrastruktur (vgl. Keating 2002, S. 73 ff.).

**Inhalte** sind Dokumente, Audiodaten, Videos, Simulationen, die kursrelevante Informationen aus internen und/oder externen Quellen für den Lernenden enthalten.

**Zusatzleistungen** sind Dienstleistungen, die durch das Unternehmen oder Dritte angeboten werden, um den Lernprozess zu unterstützen. Dazu gehören

Managementtools, der Zugriff auf externe Archive oder Bibliotheken, unterstützende Softwaretools.

Die **Infrastruktur** schließt Hard- und Software ein, über die ein Lernprozess über Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglicht werden kann, wie z.B. Lernportale, Chaträume, Foren, Dokumentenarchive (vgl. Lennox 2001, S. 1 f.).

Unterstützungstechnologien zur Umsetzung von e-Learning liegen in den Bereichen:

- Vernetzung – Verbindung der einzelnen Arbeitsplätze per Kabel oder kabellose Verbindungen,
- Digitalisierung – das Erfassen und die Ausgabe von komprimierten Audio- und Videodaten,
- Leistungssteigerung,
- Sicherheit und
- Konvergenz – Übermittlung von Sprache, Bild und digitalen Informationen über ein Netzwerk (vgl. Lennox 2001, S. 2 ff.).

Es lassen sich folgende Einflussfaktoren identifizieren:

- Organisationsstruktur (vgl. Kapitel 4.2.1),
- Mitarbeiter (vgl. Kapitel 4.3.2),
- Qualität von Wissen/Inhalten,
- Applikations- und Serviceangebote,
- Kosten (vgl. Kapitel 4.3.2),
- Identifikation von Nutzenpotentialen (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Technologieakzeptanz (vgl. Kapitel 4.2.1).

Der Einflussfaktor **Qualität von Wissen/Inhalten** bewertet die gegebenen Inhalte hinsichtlich ihrer Tauglichkeit zur Zielerreichung.

Das **Applikations- und Serviceangebot** beschreibt die Menge an Anwendungen und Dienstleistungen, auf die der Nutzer zugreifen kann.

## 4.4 Konzepte des Anwendungsbereichs HAUSHALT

Private Haushalte nutzen verstärkt Informations- und Kommunikationstechnologien (vgl. Abbildung 33). Die beiden in der wissenschaftlichen Literatur populärsten Konzepte auf dem Gebiet IT in privaten Haushalten sind Home Networking und Home-Automation, die im Folgenden näher dargestellt werden sollen.

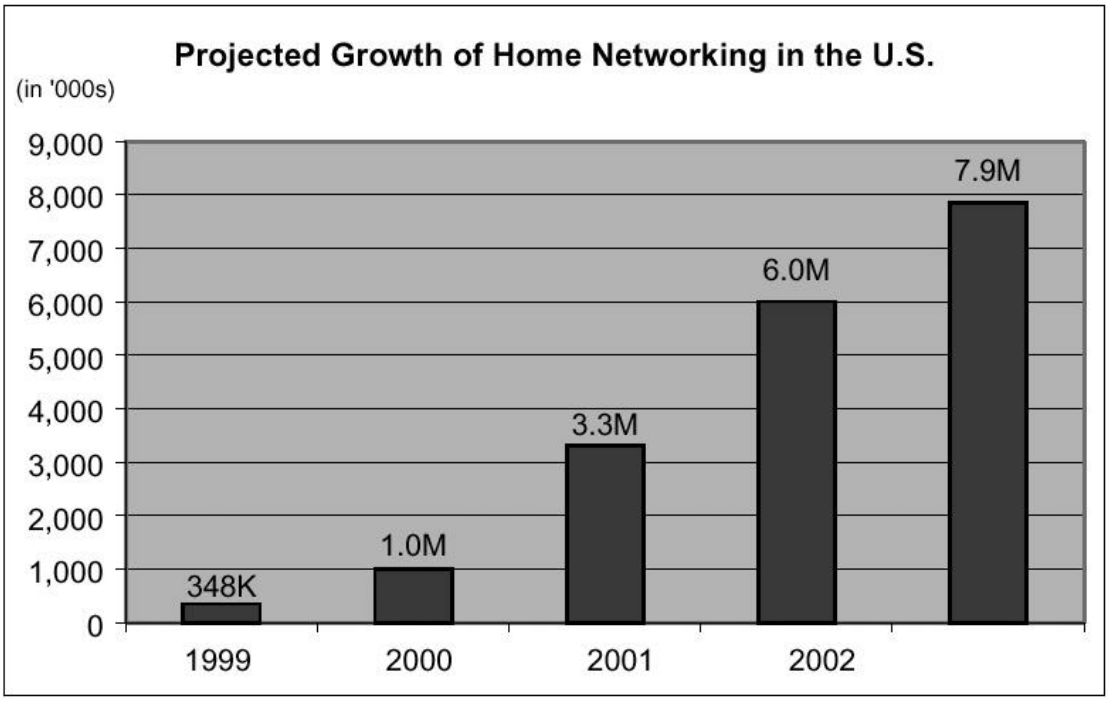


**Abbildung 33: Wachstum der Heimnetzwerke in den US (vgl. HomeRF Working Group 2001, S. 1).**

### 4.4.1 Heimnetzwerke (Home Networking)

Wie auch der Anwendungsbereich Unternehmen nutzen die privaten Haushalte mehr und mehr moderne Kommunikationsmedien wie das Internet (vgl. Wahlbeck 2001, S. 26). In den USA wurde in 2001 in ca. 20 Mio. Haushalten mehr als ein PC pro Wohnung genutzt, und es wird davon ausgegangen, dass diese Anzahl sich bis Ende 2003 verdoppeln wird. Die Gartner Group prognostiziert für Ende 2003 ca. 7,8 Millionen Heimnetzwerke (vgl. Wahlbeck 2001, S. 26).

Heimnetzwerke sind Netzwerkstrukturen, die Geräte der privaten Haushalte miteinander verbinden und den Zugriff auf andere Datennetze ermöglichen (vgl. IEC 2002).

Über Heimnetzwerke werden unterschiedliche Geräte des Haushalts miteinander verknüpft (vgl. Brenner/Kolbe 1997, S. 13 f.). Die einfachste Form eines solchen Netzwerkes ist die Verbindung von zwei Computern. Durch den steigenden Komplexitätsgrad der Haushaltsgeräte ist es auch möglich, z.B. Fernseher,

Waschmaschinen, DVD-Player, Telefone, Klimaanlagen, Heizungen uvm. in ein bestehendes Netzwerk zu integrieren.

Die einzelnen Komponenten des Netzwerkes lassen sich in die folgenden Cluster einordnen:

- PC und Produktivitäts-Cluster,
- Kommunikations-Cluster,
- Management- und Kontroll-Cluster,
- Entertainment-Cluster.

Abbildung 34 verdeutlicht diese Einteilung der Netzwerkkomponenten an Beispielen.

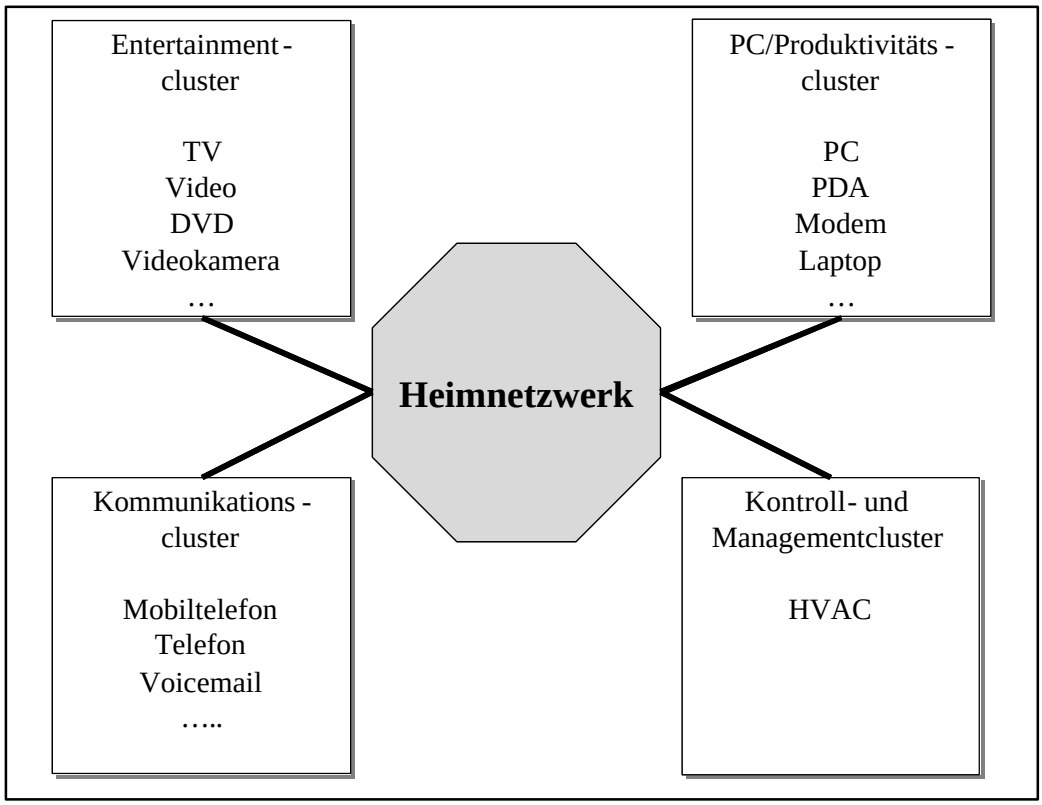


**Abbildung 34: Komponenten eines Heimnetzwerkes (vgl. Reynolds 2000, S. 28).**

Zur Verbindung der einzelnen Komponenten können vier unterschiedliche Gruppen von Technologien verwendet werden:

1. Auf der Datenübertragung über installierte Kabel (Ethernet oder Koaxialkabel) basierende Netzwerke existieren im unternehmerischen Umfeld schon länger als in privaten Haushalten. Aus diesem Grund ist ihre Funktionsweise ausgereift und vielfach getestet. Die Kompatibilität der Hardware von Endgeräten ist weitgehend gewährleistet. Problematisch ist die Installation

eines solchen Netzwerkes in Gebäuden (Wohnungen), die nicht schon im Vorfeld für die Nutzung von Heimnetzwerken konzipiert wurden. Das Verlegen der Kabel kann oft durch den Aufbau der Wohnung oder des Hauses nicht optimal realisiert werden und durch eine nachgelagerte Verlegung der Übertragungsmedien unter Putz entstehen zusätzliche Kosten.

2. Alternative 2 nutzt die in Gebäuden vorhandenen Telefonleitungen als Netzwerkinfrastruktur. Dieser Ansatz basiert auch auf der Datenübertragung per Kabel, nutzt aber eine schon vorhandene Infrastruktur. Der Nachteil dieser Netzwerke liegt in der limitierten Anzahl von Anschlüssen in einem Wohnhaus (vgl. Frenzel 2001, S. 40).

3. Die Nutzung von Stromleitungen (Powerlines) als Medium zur Datenübertragung stellt die dritte Alternative dar. Im Gegensatz zu Alternative 1 und 2 nutzt sie bestehende Infrastrukturen (Kosteneinsparung) und kann eine hohe Anzahl von Zugängen in Form von Steckdosen vorweisen. Der Nachteil dieses Ansatzes liegt in der geringeren Geschwindigkeit der Datenübertragung im Gegensatz zu den oben beschriebenen Vorschlägen. X-10 ist ein Protokoll zum Versand der Daten über das Stromnetz und gilt im Zusammenhang mit Home-Automation als das Protokoll, das den größten Nutzen bietet.

4. Die vierte Alternative stellen kabellose Heimnetzwerke dar. Durch diese Technologien lassen sich äußerst flexible Netzwerke mit hoher Bandbreite realisieren. Die umständliche Installation von Infrastruktur (z.B. das Verlegen von Kabel) und die Problematik der Zugänge entfallen (vgl. Wahlbeck 2001, S. 26 f.).

Die oben beschriebenen Alternativen erlauben den Einsatz folgender Technologien zur Realisierung:

| Kabel | Kabellos |
|---|---|
| Ethernet (vgl. Kapitel3.3.1.5) | IEEE 802.11a (vgl. Kapitel 3.3.2.5 ) |
| Koaxialkabel (vgl. Kapitel 3.3.1.1 ) | IEEE 802.11b (vgl. Kapitel 3.3.2.5 ) |
| Powerline (vgl. Kapitel 3.3.1.4 ) | IEEE 802.15.3 (vgl. Kapitel 3.3.2.1 ) |
| HomePNA (vgl. Kapitel 3.3.1.6 ) | HomeRF (vgl. Kapitel 3.3.2.6 ) |
| IEEE 1394 | Bluetooth (vgl. Kapitel 3.3.2.1 ) |
| | Ultra Wideband Frequency (vgl. Kapitel 3.3.2.2 ) |

**Tabelle 16: Technologien zur Realisierung von Home Networking (vgl. Vroomen, S. 22 f.).**

Der Kern bisheriger Netzwerke ist mindestens ein handelsüblicher PC, alle anderen Komponenten des Netzwerkes werden über dieses Gerät gesteuert und verwaltet. Die Steuerung über ein zentrales Gerät vereinfacht die Installation und Administration der Netzwerke (vgl. Dhir 2001b, S. 106).

Markttreiber auf dem Gebiet der Heimnetzwerke sind in den USA die Kabelnetzbetreiber, die über ihre Set-Top-Box einfache Heimnetzwerke realisieren wollen. Die Zielstellung, über diese Schnittstelle Haushalte mit Film- und Fernsehangeboten zu beliefern und Aufzeichnungen und Verteilung im Heimnetzwerk zu ermöglichen, wurde aufgrund des verstärkten Aufkommens von Film- und Musiktauschbörsen und ungeklärter rechtlicher Rahmenbedingungen wieder verworfen. Nach Aussagen der Kabelnetzbetreiber in den USA sind es Dienste im Bereich Sicherheit und Monitoring, die über eine solche Integration in ein Heimnetzwerk angeboten werden sollen (vgl. Robins 2001, S. 28).

Viele Anwender wünschen sich flexiblere Netzwerkstrukturen, die von unterschiedlichen Geräten gesteuert werden können, z. B. um Musik in einem Zimmer zu hören und zusätzlich ein Video auf dem Fernseher einzuspielen, ohne erst über den zentralen Rechner die Aufgaben zu verteilen (vgl. O'Rourke 2002, S. 12). Zukünftig werden Heimnetzwerke nicht mehr für die Realisierung gemeinsamer Internetzugänge oder der Verbindung, der im Haushalt eingesetzten Computer genutzt, vielmehr werden verstärkt andere Endgeräte in die Infrastruktur integriert und gezielt Prozesse im Haushalt gesteuert:

"According to the results of a Consumer Electronics Association (CEA) survey […], entertainment features of home networks, such as distributed video and internet audio, have grown nearly as popular with consumers as the safety and efficiency applications

that have sustained the industry. The survey found that 53% of participants were somewhat to very interested in having the ability to listen to a single source of music from any room in the house. Fifty-eight percent expressed interest in watching a central video source-such as a DVD player in the living room-on televisions in other parts of the house, and 36% were interested in video conferencing using televisions or computer monitors within the home. Approximately one-third of the survey participants indicated that they had seen or heard something about home networks during the previous 12 months, but 22% said they would not know whom to call for installation of a home network" (Manafy 2001, S. 10).

Audio- und Videostreams und die Anbindung von Endgeräten, wie Fernseher oder Videorecorder, stellen andere Ansprüche an die Netzwerkinfrastruktur wie die Reichweite, Bandbreite und den Standardisierungsgrad. Handelt es sich beim Heimnetzwerk um ein ausschließlich aus PCs bestehendes Netzwerk, können alle oben beschriebenen Technologien verwendet werden. Die Übermittlung multimedialer Inhalte ist nur durch den Einsatz der folgenden Technologien heute schon zu gewährleisten, sofern die Endgeräte über eine entsprechende Schnittstelle verfügen:

- Ethernet,
- IEEE 1394,
- IEEE 802.11 (vgl. O'Rourke 2002, S. 12).

Bisher ist noch nicht erkennbar, welche der oben beschriebenen Technologien sich als Standard etablieren kann (vgl. Zyska 2001, S. 6).

Das Wachstum des Marktes für Heimnetzwerke stellt nicht nur ein enormes Marktpotential für die Vertreiber von Hardware dar. Vielmehr fehlt es bisher an Applikationen, die moderne Heimnetzwerke mit multifunktionalen Komponenten unterstützen. Zusätzlich werden neue Endanwenderschnittstellen integriert, wie z.B. Webpads, PDAs, Mobile Phones oder Set-Top-Boxen. Ziel der Anbieter ist es, den PC als Steuereinheit im Netzwerk zu ersetzen (Terminals, Webpads), parallele Lösungen anzubieten (PDA) und die Netzwerkinfrastruktur durch neue Endgeräte zu erweitern (Set-Top-Box) (vgl. Dhir 2001b, S. 106).

Der PC wird mittelfristig noch die zentrale Komponente der Heimnetzwerke bleiben. Die Grundlage für diese Aussage bilden die folgenden speziellen Vorteile der PCs:

- Kompatibilität – die Möglichkeit über den PC Zugang zu anderen Anwendungsbereichen zu erlangen, wie Unternehmen, Auto oder Körper.
- Flexibilität – über den PC lassen sich eine ganze Reihe von unterschiedlichen Arbeitsprozessen durchführen, wie Videobearbeitung, Audiobearbeitung, Dokumentenerstellung, Spielen uvm.
- Awareness – ein hoher Anteil der Bevölkerung hat mindestens einen PC (in den USA >50%)
- Leistungssteigerung – PCs werden kontinuierlich weiterentwickelt und in ihrer Leistungsfähigkeit verbessert (vgl. Dhir 2001b, S. 106).

Einflussfaktoren für die Weiterentwicklung von Heimnetzwerken liegen neben gesamtwirtschaftlichen Faktoren in folgenden Faktoren:

- Identifikation von Nutzenpotentialen (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Technologieakzeptanz (vgl. Kapitel 4.2.1),
- Bedienbarkeit (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Kosten (vgl. Kapitel 4.2.1),
- Investitionsbereitschaft (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Standardisierungsbestrebungen (vgl. Kapitel 3.3.2.2),
- Marktabdeckung der eingesetzten Endgeräte,
- Design,
- Größe,
- Gewicht,
- gesundheitliche Verträglichkeit der Technologie,
- Sicherheit (vgl. Kapitel3.6).

Die **Marktabdeckung** der eingesetzten Geräte in Prozent gibt den Marktanteil der betrachteten Technologie im Verhältnis zu Konkurrenzprodukten an.

Das **Design** beschreibt die physische Gestaltung des Betrachtungsobjektes. Eigenschaften des Objekts wie Material, Größe, Farbe oder Form können zur Beschreibung genutzt werden.

Die **Größe** in mm, cm oder m beschreibt die physischen Maße des Betrachtungsgegenstandes.

Das **Gewicht** in mg, g oder kg gibt an, wie schwer ein Objekt ist.

Die **gesundheitliche Verträglichkeit** als Einflussfaktor für die Szenarioentwicklung gibt an, ob und wenn ja in welchem Umfang gesundheitliche Beeinträchtigungen entstehen können.

### 4.4.2 Home-Automation

Grundlage für das Kapitel 4.4.1 bilden Technologien, die ausschließlich die Vernetzung einzelner Geräte des Haushalts ermöglichen. So bezieht sich das Kapitel Home-Automation auf den Einsatz von Technologien und Anwendungskonzepten, die einzelne Komponenten des Netzwerks aufweisen müssen, um aktiv und nutzenmaximierend im Netzwerk arbeiten zu können.

Home-Automation ist der Prozess oder ein System, das durch die Nutzung verschiedener Methoden und Technologien dem Anwender die Möglichkeit bietet, sein Leben komfortabler, sicherer und effizienter zu gestalten (vgl. homeautomation.org 2000). Über die Technologien des Home-Automation ist es möglich, Prozesse wie die Regulierung der Klimaanlage oder Heizung, die Steuerung von Beleuchtungssystemen, die Konfiguration von Sicherheitsmechanismen teilweise oder vollständig zu automatisieren (vgl. Weber 2002).

Im Zusammenhang mit dem Begriff der Home-Automation wird in der Literatur auch der Begriff der Smart Homes geprägt.

Ein Smart Home (intelligentes Haus) ist ein Haus oder Gebäude, dass mit spezieller strukturierter Verdrahtung ausgerüstet ist, um es Inhabern zu ermöglichen, eine Reihe automatisierter elektronischer Hauptvorrichtungen entfernt zu steuern oder zu programmieren, indem man einen einzigen Befehl einträgt. Z.B. kann ein Eigenheimbesitzer in den Ferien ein Telefon benutzen, um das Sicherheitssystem des Hauses, die Heizung, das Licht oder die Stereoanlage zu steuern. (vgl. Whatis?com 2002).

Die Eigenschaften, die den Netzwerkkomponenten den Einsatz in Home-Automation-Systemen ermöglichen, setzen sich aus Technologien der Bereiche Vernetzung, Digitalisierung und Sensortechnik, Sicherheit und Konvergenz zusammen.

Viele Endgeräte im Haushalt verfügen schon heute über Komponenten, die eine Verbindung mit einem PC ermöglichen. Diese Geräte stellen Insellösungen dar, die oft durch fehlende Kompatibilität und Schnittstellenprobleme eine vollständige Integration in das Heimnetzwerk verhindern. Eine Betrachtung des aktuellen Markts für Home-Automation lässt einzelne Schwerpunkte erkennen, in denen zukünftig verstärkt Technologien entwickelt werden:

- die automatisierte Küche,
- Steuerung der Heizungs- und Klimaanlage,
- Steuerung der Beleuchtung,
- Sicherheit,
- Entertainment.

Die automatisierte Küche gilt als das Referenzbeispiel für Home-Automation. Einzelne Unternehmen (Miele, Siemens) entwickeln Endgeräte wie Kühlschränke, Mikrowellenherde, Geschirrspüler oder Öfen, die in eine Heimnetzwerkstruktur eingebunden werden können und miteinander kommunizieren. Gesteuert wird die Anlage über Displays an den jeweiligen Geräten oder über ein Webpad. Eine Aktualisierung der Software wird durch eine Anbindung an das Extra- oder Internet der jeweiligen Unternehmen gewährleistet (vgl. Siemens 2001b).

Durch die Kommunikation der einzelnen Netzwerkkomponenten untereinander ist nicht nur die Optimierung von Arbeitsprozessen und des Stromverbrauchs möglich. Über den Kühlschrank, der einen integrierten Barcodescanner enthält, kann der Einkaufsprozess durch die Anbindung an das Internet teilweise oder vollständig automatisiert werden. Anhand der gesammelten Informationen aus Kühlschrank, Ofen oder Mikrowelle ist es möglich, Gerichte vorzuschlagen, Ernährungspläne zu erstellen oder Einkaufslisten mit aktuellem Preisvergleich der Anbieter zur Verfügung zu stellen (vgl. Fairlie 2001, S. 106 f.).

Beispielhaft sei hier das Produkt Miele@home der Firma Miele erwähnt.

„Kernstück des Konzepts ist eine zentrale Steuerung im Haus zur Bedienung der Geräte und zur externen Kommunikation. Die Bedienung läuft über einen Flachbildschirm in der Küche, der auf Fingerdruck reagiert. Der dazugehörige Rechner verschwindet beispielsweise im Oberschrank. Der Bildschirm bekommt einen Rahmen aus Edelstahl,

dessen Design an die übrigen Miele-Geräte angepasst ist. So ergibt sich - zum Beispiel beim Einbau über einem Backofen - eine harmonische Optik.

Über diesen Monitor, dem „Familienterminal“, können dann alle elektronisch gesteuerten Hausgeräte angewählt werden. Dabei geht Miele@home weit über simple Kontrollfunktionen hinaus, also etwa der Überprüfung, ob der Herd ausgeschaltet ist. So kann zum Beispiel die Waschmaschine - wenn der Besitzer es wünscht - eigenständig den Kundendienst rufen und auch gleich die Fehlerdaten übermitteln. Und der Miele-Kundendienst kann nach Abstimmung mit dem Besitzer neue Programmdaten über die Update-Funktion einspeisen - ohne ins Haus zu kommen“ (Miele 2002).

Andere Lösungen sind verstärkt auf die Optimierung des Energieverbrauchs oder die anwenderspezifische Anpassung der Temperatur und Beleuchtung ausgelegt. Grundlage dieser Produkte bildet das Bedürfnis der Anwender, Energie zu sparen. Aus diesem Grund sind es verstärkt Unternehmen aus dem Energiesektor, die eine solche Lösung anbieten. Zur Verbindung der einzelnen Geräte werden Powerlines (Stromkabel) genutzt. Der Vorteil liegt in dem geringen Installationsaufwand der Leitungen, die im Regelfall schon vorhanden sind. Zur Steuerung des Systems werden nur geringe Datenmengen übertragen, die Leistung der Verbindungsleitungen ist ausreichend. Eine Anbindung an den Dienstleister oder das Internet ermöglicht ein regelmäßiges Update der Software und eine Fehlerbehandlung.

Auch für die privaten Haushalte hat das Thema Sicherheit eine hohe Relevanz. In Home-Automation-Systemen können mit geringem Aufwand Komponenten zur Sicherung des Hauses, der Wohnung, eines Zimmers oder von Datenströmen installiert werden. Die Absicherung der Kommunikation erfolgt über die in Kapitel 3.6.2 beschriebenen Technologien.

Komponenten, wie Kameras oder Mikrofone, z.B. zur Überwachung eines Babies, lassen sich durch Verbindungen über Kabel oder Funk integrieren. Daten können entweder über verschiedene Terminals im Haus oder durch die Anbindung an weltweite Datennetze wie das Internet als Datenstream oder über eine Webseite angerufen werden.

Technologien aus dem Bereich Sensortechnik (vgl. Kapitel 3.4) erlauben es, Wasserschäden zu erkennen, Brände zu entdecken, Gifte aufzuspüren (z.B. CO-Gehalt), verdorbene Waren (Gerüche), Glasbruch, Stimmen oder Taschenlampen zu erkennen

(vgl. DeMaria 2002, S. 58) und sich über das Heimnetzwerk oder andere Netzwerke mit dem Endanwender in Verbindung zu setzen.

Der Entertainment-Sektor stellt einen weiteren Bereich der Home-Automation dar. Es ist möglich, über kabellose oder auf Kabel basierenden Medien multimediale Inhalte im Haus zu verteilen und an den verschiedenen Endgeräten abzurufen. Voraussetzung ist, dass die Netzwerkkomponenten in der Lage sind, die Inhalte wiederzugeben. Über die Nutzung von DVD-Wechslern können z.B. Filme über das Netzwerk auf die verschiedenen Fernsehgeräte oder Bildschirme übertragen werden. Ein Abspielgerät kann so „unsichtbar“ im Keller installiert werden (vgl. DeMaria 2002, S. 57 ff.).

Die Einflussfaktoren für die Etablierung der Home-Automation-Systeme entsprechen weitgehend den in Kapitel 4.4.1 beschriebenen Faktoren. Die Technologieakzeptanz der Anwender, gekoppelt mit der Investitionsbereitschaft der Anwender, bildet die Grundlage für eine Weiterentwicklung der Systeme.

## *4.5 Konzepte des Anwendungsbereichs FAHRZEUG*

Mit der Entwicklung der unterschiedlichen Technologien zur kabellosen Datenübermittlung entstanden auch neue potentielle Anwendungsfelder für die Automobil- und Fahrzeugindustrie. Das steigende Informationsbedürfnis, verbunden mit einem wachsenden Mobilitätsgrad, sowie neue Technologien zur Datenerfassung und -verarbeitung verändern die einzelnen Komponenten eines Fahrzeugs. In den folgenden Kapiteln werden die zwei eng miteinander verknüpften Konzepte der Telematik und der intelligenten Fahrzeuge beschrieben, mit dem Ziel, mögliche Einsatzpotentiale für Informations- und Kommunikationstechnologien und nichttechnologische Einflüsse für den Anwendungsbereich Fahrzeug zu identifizieren.

### 4.5.1 Automotive Telematics

Als Telematik wird die Symbiose bzw. Konvergenz der Telekommunikation und Informatik bezeichnet (vgl. Denert 2001, S. 5). Telematikanwendungen verknüpfen unterschiedliche Industriezweige wie die Softwareindustrie mit den Anbietern von Haushaltsgeräten, den Herstellern von mobilen Endgeräten oder der Automobilbranche.

Eine spezielle Ausprägung dieses Konzepts bildet der Bereich Automotive Telematics. Die unter diesem Begriff zusammengefassten Informations- und Kommunikationstechnologien dienen zur Steigerung der Funktionalität von

Fahrzeugen. Eine genauere Definition liefert die Electronic Group der Universität Warwick:

"[Telematik ist], eine Kombination von Nachrichtentechniken und von Informationstechnologien. Unter Telematik wird ein ausgedehntes Spektrum von Vernetzungstechnologien verstanden, die das Management von Transportanforderungen, die Routenplanung und die Analyse von Verkehrsinformationen während der Planungs- und der Reisephase erleichtern. Telematiksysteme und die Dienstleistungen, die eingeführt werden, um sie zu stützen, haben unermessliches Potential in der Verbesserung des Verkehrsstroms, in der Verkehrssicherheit, in der Optimierung der logistischen Leistungsfähigkeit des Anwenders. Sie bilden wichtige Anwendungen in der Medizin und in der industriellen Herstellung“ (vgl. Electronics Group 2002).

Im Folgenden wird der Begriff Telematik als Synonym für Automotive Telematics verwendet.

Nach einer Marktprognose der Firma ARC wird der Absatzmarkt für Automotive Telematics-Systeme bis 2005 auf ca. 50 Millionen Einheiten anwachsen. Heute werden ca. 3 Millionen Einheiten dieser Systeme eingesetzt (vgl. ARC 2000, S. 2).

Die Komponenten einer Telematik-Infrastruktur werden in Abbildung 35 dargestellt.

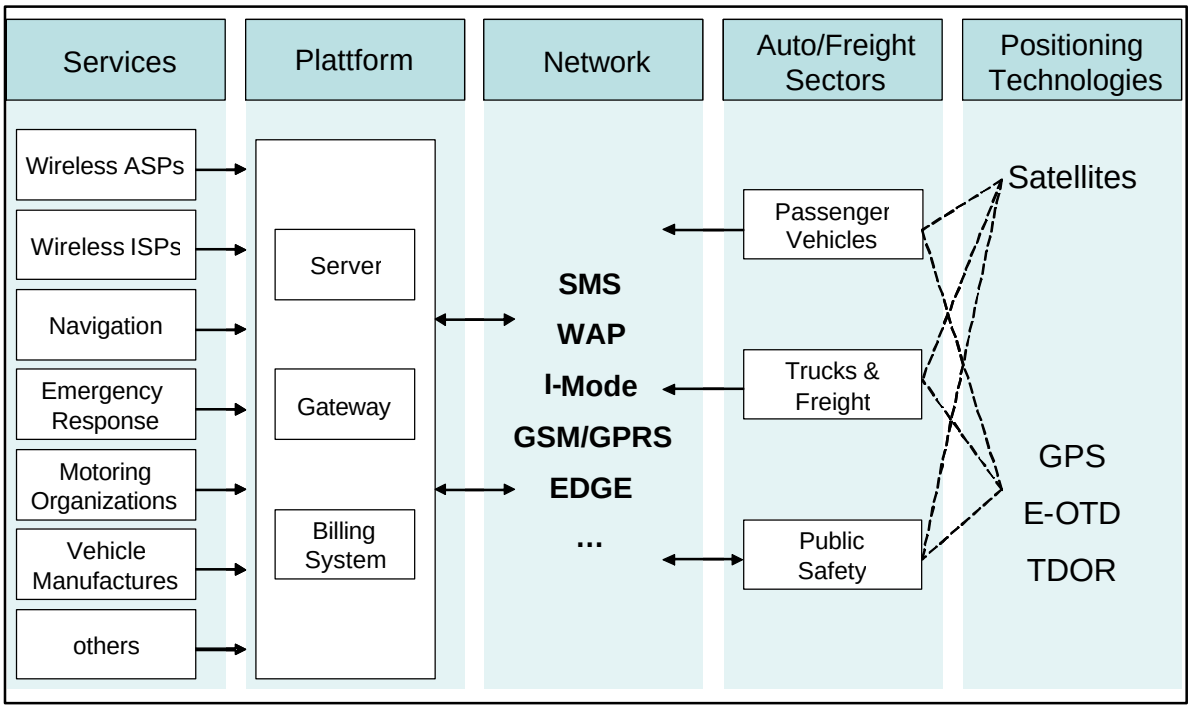


**Abbildung 35: Komponenten einer Telematik Infrastruktur (vgl. ARC 2000, S. 2).**

Der Aufbau eines Telematiksystems entspricht weitgehend dem Aufbau anderer mobiler Datennetze mit Location based Services. Die einzelnen Dienstleistungen werden über einen Server angeboten und sind mittels eines Gateways abrufbar. Werden kostenpflichtige Angebote in Anspruch genommen, wird zusätzlich ein Billigsystem genutzt. Die Informationen werden über Technologien wie GSM, GPRS oder UMTS versendet und auf dem Endgerät in Form einer WAP- oder I-Mode-Seite dargestellt. Infrastrukturen zur Positionsbestimmung des Fahrzeugs wie GPS oder über Funkzellen mittels GPRS sind notwendig, um die Daten zum richtigen Empfänger zu leiten.

Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Datenübertragung sind Technologien, die die Mobilität des Fahrzeugs unterstützen. Eine ausreichende IT-Infrastruktur muss sowohl innerhalb als auch außerhalb des Fahrzeugs vorhanden sein, z.B. Bildschirm oder GPS-Empfänger im/am Fahrzeug und eine ausreichende Netzabdeckung über GSM außerhalb des Fahrzeugs. Als Enabler für Telematik gelten die folgenden Technologien:

- Mobile Internet (vgl. Kapitel 3.3.2 ),
- Internet als weltweites Datennetz,
- WAP (Wireless Application Protocol),
- GPS (Global Positioning System),
- GSM Cell Location (vgl. Kapitel 3.3.2 ),
- mobile data communication,
- RF tags (vgl. Kapitel 3.3.2 ),
- IVR (Interactive Voice Response),
- in-vehicle networks (vgl. ARC 2000, S. 2).

Bis auf die Komponente zur Spracherfassung (Interactive Voice Response) sind alle oben genannten Technologien dem Bereich Vernetzung bzw. Datenübertragung über kabellose Medien zuzuordnen; die im Fahrzeug verwendeten Technologien wie Sensoren oder Datenspeicher werden in Kapitel 4.5.2 näher beschrieben.

Triebkräfte für die Entwicklung von Telematik sind:

- **Technology Push** – die zunehmende Digitalisierung von Daten verbunden mit neuen Technologien zur Vernetzung erlaubt es, den Endanwender zu jeder Zeit und an jedem Ort mit Informationen abzurufen. Weiterentwicklungen von

Sensorsystemen eröffnen neue Möglichkeiten zur Datenerfassung durch das Fahrzeug. „Intelligente“ Software optimiert Verkehrsflüsse und unterstützt bei Entscheidungsprozessen.

- **Push der Fahrzeughersteller** – Hightech und Telematik wird als Differenzierungskriterium eingesetzt. Neue Einnahmequellen eröffnen sich durch die Etablierung neuer Dienste. Zukünftige Effizienzsteigerung durch Diagnosesysteme und ein besseres Customer Relationship Management lassen sich durch Telematiksysteme verwirklichen.
- **Staatliche Förderung** – viele Staaten unterstützen den Auf- und Ausbau von Telematiknetzen, z.B. die Nutzung von Unfallmeldern oder das Monitoring öffentlicher Verkehrsmittel.
- **Market Pull Business User** – Zur Unterstützung der beruflichen Tätigkeit werden Endanwender zusätzliche Dienstleistungen, wie Email, Inter-, Extra- oder Intranetzugriff nachfragen. Navigationssysteme mit automatischem Staumeldeservice bieten kurz- und mittelfristig das größte Absatzpotential.
- **Market Pull Personal Users** – Private Endanwender fragen nach ähnlichen Dienstleistungen wie die geschäftlichen Anwender, wie Email oder Internet. Zusätzlich lässt sich eine steigende Nachfrage von Diensten aus dem Segment Sicherheit (Sicherung des Fahrzeugs und Unterstützung bei Betrieb des Fahrzeugs) verzeichnen.
- **Start-ups –** Es ergeben sich neue Potentiale für Unternehmen auf Hard- und Softwaremärkten. Neue Dienstleistungen werden entwickelt und angeboten (vgl. Telematics Research Group 2002, S. 4 f.).

Die Applikationstypen orientieren sich stark an den oben beschriebenen Triebkräften für Telematiksysteme und unterstützen Trends in der Weiterentwicklung von Fahrzeugen. Mögliche Einsatzpotentiale solcher Systeme liegen in den Bereichen:

- Navigation und Routenoptimierung,
- Kommunikationsunterstützung,
- Sicherheit,
- Fahrzeugüberwachung,

- Verkehrsüberwachung.

Die Unterstützung bei **Navigation und Routenplanung** ist eines der klassischen Felder der Telematik. Funktionierende Systeme basierend auf der Nutzung optischer Speichermedien wie der CD gekoppelt mit Positionsbestimmung über GPS haben sich auf dem Markt etablieren können. Rudimentäre Routenoptimierung, z.B. durch die Auswertung von Staumeldungen im Internet oder Radio, sind integriert. Das Leistungspotential dieser Systeme ist noch nicht ausgereizt. Neue Eingabe- und Datenerfassungsmechanismen, wie Sprache oder Haptik, sind erst in prototypischen Projekten entwickelt worden. Lokalisierungstechnologien neben GPS (Funkzellenortung über GPRS, EDGE, UMTS, UWB, 4G-Technologien) sind noch nicht breitflächig verfügbar, bedingt durch fehlende Infrastruktur in und um das Fahrzeug.

**Kommunikationsunterstützung** durch die Konvergenz von mobilen Endgeräten und Fahrzeug ist bisher breitflächig nur im Rahmen von Freisprechanlagen umgesetzt worden. Anbieter aus dem Luxussegment, wie BMW oder Mercedes, integrieren in ihren aktuellen Modellen die nötige Infrastruktur in den Fahrzeugen. Kommunikationsdienstleistungen, wie Email, Internet oder das Telefonieren, werden so durch die Infrastruktur des Fahrzeugs ermöglicht. Entwicklungspotential liegt auch hier in der Verbesserung der Datenerfassung und in der Steuerung der Geräte (akustische und haptische Eingabe der Daten). Zusätzlich können durch die Erhöhung der Bandbreite bei der Datenübertragung mehr Informationen in unterschiedlicher Form (Audio, Video) bereitgestellt werden.

Das Thema **Sicherheit** ist eines der Schwerpunktthemen im Bereich Telematik und weist zwei unterschiedliche Ausrichtungen auf, die Absicherung des Fahrzeugs gegen Diebstahl oder Beschädigung und die Erhöhung der Fahrsicherheit (vgl. Motorola 2000).

Systeme, die per GPS ein entwendetes Fahrzeug finden und es bei Bedarf durch Abschaltung des Motors bewegungsunfähig machen, konnten sich schon am Markt etablieren. Zukünftige Entwicklungen, basierend auf Technologien wie RFID oder UWB, erkennen den Fahrer vollautomatisch. Die mögliche Integration biometrischer Erkennungsmechanismen, z.B. die Gesichtserkennung, ist aber erst langfristig zu erwarten.

Auch Systeme zur Unterstützung des Fahrers wie ABS oder moderne Airbagsteuerung existieren schon einige Jahre am Markt. Innovationen in der Sensortechnologie werden neue Nutzenpotentiale aufdecken, z.B. die Integration von Restlichtverstärkern bei Nachtfahrten, Augmented Reality-Displays auf der Frontscheibe oder das automatische Erkennen von Straßenzeichen, Fahrzeugen und des Straßenverlaufs.

Durch die Datenerfassung im Fahrzeug (**Fahrzeugüberwachung**) verbunden mit den Technologien zur Datenübertragung ist es möglich, Dienstleistungen wie eine automatische Meldung bei einem Unfall an Polizei, Notruf oder Versicherung zu senden oder bei einem Ausfall von Bauteilen im Fahrzeug eine Werkstatt zu kontaktieren oder Reparaturhilfen abzurufen (vgl. Motorola 2000).

Das Unternehmen Mercedes-Benz arbeitet an einer Telematik-Anwendung (Tele Aid), die eine Unterstützung bei Fahrzeugausfällen und in Unfallsituationen bieten soll:

“Tele Aid, das eingebaute Dringlichkeitsanrufsystem, das auf fast jedem 2000-Modell MERCEDES-BENZ Standard ist, könnte erweitert werden, um zusätzliche Services wie Tele-Diagnose einzuschließen. Z.B. im Falle eines Zusammenstoßes, kann der Fahrer eine SOS- Taste betätigen, um mit der MERCEDES-BENZ-Fahrer-Unterstützung in Verbindung zu treten, in der Fachleute mit dem Fahrer über eine spezielle Kommunikationsverbindung sprechen können. Gleichzeitig ermittelt das System die Fahrzeuginformationen und -position (mittels des GPS-Systems des Autos). Während dieser Service bereits für die meisten Inhaber von MERCEDES-BENZ Autos 2000 verfügbar ist, konnten in naher Zukunft Informationen mit Maschine und Chassismanagementdaten übermittelt werden“ (AutoWold 2002).

Der letzte große Anwendungsbereich für Telematik ist die **Verkehrsüberwachung**. Durch Telematiksysteme ist es möglich, die Position der Fahrzeuge zu bestimmen. Existiert eine kritische Masse dieser Fahrzeuge, kann z.B. die Steuerung von Ampeln oder Parkleitsystemen entsprechend dem aktuellen Verkehrsfluss angepasst werden (vgl. Günter 2001, S.12).

Folgende nichttechnologische Einflussfaktoren lassen sich identifizieren:

- Identifikation von Nutzenpotentialen (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Investitionsbereitschaft (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Installationskosten (vgl. Kapitel 4.3.2),

- Wartungskosten (vgl. Kapitel 4.3.2),
- Komplexität der Systeme,
- Bedienbarkeit (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Technologieakzeptanz (vgl. Kapitel 4.2.1),
- Größe (vgl. Kapitel 4.4.1),
- Gewicht (vgl. Kapitel 4.4.1),
- gesetzliche Regulierungen (vgl. Kapitel 4.3.3)
- Umweltschutzrichtlinien,
- Standardisierung,
- Nutzungskosten (vgl. Kapitel 4.3.2).

Die **Komplexität der Systeme** lassen sich anhand der Anzahl der unterschiedlichen Komponenten feststellen, aus der die Systeme aufgebaut sind.

Die Beschreibung des Faktors **Umweltschutzrichtlinien** zeigt, wenn vorhanden, spezielle Richtlinien und Gesetze auf, die dem Umweltschutz dienen und den Einsatz der Technologie behindern oder verbieten.

Der Einflussfaktor **Standardisierung** gibt an, ob eine Standardisierung erfolgt ist oder nicht.

### 4.5.2 Intelligente Fahrzeuge

Die in Kapitel 4.5.1 beschriebenen Anwendungsmöglichkeiten von Telematiksystemen setzen voraus, dass jedes Fahrzeug eine Reihe von Informations- und Kommunikationstechnologien enthält, die den Prozess Datenerfassung, Datenverarbeitung, evtl. Datenversand und Ausgabe der Daten ermöglichen.

In moderne Automobile, LKW, Busse oder Motorräder ist eine große Anzahl von Informations- und Kommunikationstechnologien integriert. Der Begriff „intelligentes“ Fahrzeug soll keine tatsächliche Intelligenz suggerieren. Intelligente Fahrzeuge besitzen Komponenten, die aufgrund des Einsatzes von Informations- und Kommunikationstechnologien selbständig Daten erfassen, sie verarbeiten und evtl. wiedergeben können ohne Interaktion des Anwenders.

Tabelle 17 zeigt alle Hersteller, die bisher Komponenten von Telematiksystemen installiert haben.

| Marke | Einsatzregion oder -land | Kommentar |
|---|---|---|
| Audi | Deutschland, USA | Telematikanwendungen in Deutschland, „OnStar" für den US-Markt |
| BMW | Deutschland, USA | Vorlage von Telematik-Services in Deutschland und für den US-Markt |
| Citroen | Frankreich | „AutoPC" für den Xsara und C5 in Frankreich |
| Fiat | Italien | Verbindungsservice (Connect-Services) für viele europäische Länder |
| Ford-USA | USA | Einfache Telematikdienste im Lincoln, mit „Wingcast" als neuen Service |
| Ford-Europa | GB, Deutschland | Einfache Telematikdienste im Focus und Mondeo |
| GM-USA | USA | „OnStar" hat in der USA 2 Millionen Kunden |
| GM-Europa | Deutschland, Europa | „OnStar" im Opel, neues Serviceportal wird implementiert |
| GM-Japan | Japan | Neue Initiative „e-Cruze" und Pläne für „OnStar" in Japan |
| Honda | Japan, USA | „Inter Navi" Telematik Service in Japan, „OnStar" in den USA (im Acura) |
| Lancia | Italien | Verbindungsservice (Connect-Services) für viele europäische Länder |
| Mazda | Japan | „Mazda Telematik Center" in Japan |
| Mercedes | Deutschland, USA | „MayDay Telematik Service" in Deutschland |
| Nissan's Infinity | USA | Hat Telematikdienste in unterschiedlichen Modellen angeboten (Entwicklung abgebrochen) |
| Nissan | USA, Japan | „CompasLink" und „Carwings" für Japan, evtl. „Wincast" für die USA |
| Renault | Frankreich | Unterschiedliche Telematikdienste für Deutschland und Frankreich |
| Saab | USA | „OnStar" für den US-Markt |
| Subaru | USA | evtl. „OnStar" für unterschiedliche Modelle (noch kein Vertragsabschluss) |
| Toyota/Lexus | USA | „Lexuslink" als Telematikdienst im LS430 |
| Toyota | USA, Japan | Kein Angebot auf US-Markt, „Monet" in Japan, evtl. "GBook" |
| Volvo | USA, Nord-Europa | „On-Call Plus" in den USA, „RTI" (Road and Traffic Info) in Europa |
| VW | Deutschland | Neues Online Portal für den deutschen Markt im W8 |

**Tabelle 17: Übersicht von Automobilherstellern mit integrierten Telematiklösungen (vgl. Telematics Research Group 2002, S. 7 f.).**

Die in das Fahrzeug integrierten Informations- und Kommunikationstechnologien dienen nicht ausschließlich dem Zweck, mit der „Außenwelt“, dem Bereich der Umwelt außerhalb des Fahrzeugs, zu kommunizieren. Einige Komponenten bzw. Technologien nutzen beispielsweise für die Verbesserung der Fahrzeugleistung, Sicherheit und Fahreigenschaften des Fahrzeugs nur das Fahrzeug interne Netzwerk:

“Die steigende Nachfrage nach sicheren und effizienteren Automobilen hat eine digitale Revolution eingeleitet. Elektrische Bremsen werden hydraulische Mechanismen ersetzen und so die Sicherheit erhöhen, Betriebskosten senken und die Nutzung umweltschädlicher Substanzen in Bremssystemen unnötig machen. Lenkgestänge werden verschwinden und ersetzt durch elektrische Lenksysteme, die ein höheres Maß an Sicherheit ermöglichen” (vgl. Poledna 2001, S. 82).

Im Zuge der Weiterentwicklung der Fahrzeuge verändern sich die eingesetzten Komponenten. Ähnlich dem Prinzip „Fly-by-Wire“ setzt sich in der Automobilbranche das Konzept „Drive-by-Wire“ durch, die Substitution von mechanischen und hydraulischen Elementen durch elektronische Bauteile (vgl. Poledna 2001, S. 82). Die Vorteile einer solchen Entwicklung sind problemlos zu identifizieren. Softwareupdates ersetzen aufwändige Reparaturen, Produktions- und Entwicklungskosten fallen, elektronische Komponenten benötigen weniger Platz und sind leichter als mechanische Elemente. Ferndiagnose und –wartung ist nur über elektronische Bauteile möglich.

Die erfolgreiche und präzise Steuerung dieser Bauteile setzt die Existenz eines In-Car-Networks voraus (vgl. Nath 1998).

Bisher erfolgt die Verbindung der einzelnen Komponenten per Kabel. Technologien wie Bluetooth oder UWB erlauben eine kabellose Anbindung einzelner Endgeräte, wie z.B. ein Display oder PDA. Die Leistungsfähigkeit eines solchen Netzwerkes ist abhängig von der Bandbreite, dem Übertragungsmedium und von der zentralen Prozessoreinheit (vgl. Scott 2001, S. 93).

Die Prozessoreinheit muss, werden die Anwendungsgebiete von Telematik aus Kapitel 4.5.1 betrachtet, minimal folgende Dienste und Technologien neben der Steuerung des Fahrzeugs unterstützen:

- Spracheingabe,
- Java Applikationen,

- Darstellung von Grafik,
- Bluetooth,
- IEEE 1394,
- UWB und
- Audio-Codecs (vgl. Scott 2001, S. 93).

Die Leistungsfähigkeit der Prozessoren in aktuell lieferbaren Fahrzeugen kann nur teilweise die obigen Features unterstützen. Basierend auf der in Kapitel 3.2.1 getroffenen Annahme, dass sich die Prozessorleistung alle 18 Monate verdoppelt, werden leistungsstarke Prozessoren für Fahrzeuge in den nächsten drei Jahren zur Verfügung stehen (vgl. Scott 2001, S. 94).

Neben der Leistungssteigerung von Prozessoren ist auch eine kontinuierliche Erhöhung des Speicherbedarfs zu erkennen. Applikationen, wie die grafische Darstellung von Webinhalten, Emails, Wartungshistorie oder der Download von Musik über Satellit oder andere kabellose Medien über das Radio, setzen fahrzeugeigene Speicherressourcen voraus.

Das Fahrzeug von morgen wird eine Reihe von Technologien zur Datenübertragung unterstützen, Beispiele sind Bluetooth, UWB, Firewire, GPS, GSM, GPRS, UMTS, EDGE und RFID. Die Vielzahl der möglichen Übertragungstechnologien ergibt sich aus dem breiten Anwendungsspektrum der Telematik.

Steuerungssysteme für Motoren, Getriebe, Bremsen und Airbags werden weiterhin (langfristig) Kabel basiert arbeiten, da kabellose Übertragungsmedien störungsanfälliger gegen Umwelteinflüsse sind. Um die Anzahl der Kabel zu begrenzen, ist ein Fahrzeug in Module eingeteilt, die einzelne Prozessoren enthalten. GPS, GPRS, EDGE und UMTS bilden die Grundlage für die Kommunikation mit der Umwelt und zur Lokalisierung des Fahrzeugs (vgl. Kapitel 4.5.1). RFID, Bluetooth und UWB werden zur Übertragung eingesetzt, wenn Daten nicht per Kabel versendet werden können oder der Bedienungskomfort zu sehr eingeschränkt wird. Mittels RFID können Daten über den Reifendruck versandt werden (vgl. Fleisch 2001, S. 184). Durch die Beweglichkeit der Räder lässt sich eine Datenübertragung nur schwer realisieren. Rein technisch besteht keine Notwendigkeit für den Einsatz von kabellosen Headsets, doch der

Nutzengewinn durch die erhöhte Bewegungsfreiheit und den Tragekomfort rechtfertigen den Einsatz der Technologie.

Weiterentwicklung und Integration neuer Sensoren erhöhen die Fahrsicherheit und den Fahrkomfort. Hauptfokus der Entwicklung liegt auf dem Bereich der „Smart Sensors“ (vgl. Chu/Haussecker/Zhao 2002, S. 1 ff.). Smart Sensors unterscheiden sich dahin gehend von „normalen“ Sensoren, dass die Verarbeitung der erfassten Daten über einen auf dem Sensor integrierten Prozessor erfolgt und die Ergebnisse dann in einer standardisierten Form an die zentrale Steuereinheit versendet werden (vgl. Kapitel 3.4.6). Der Vorteil dieser Technologien liegt in der gesteigerten Kompatibilität der Komponenten des In-Car-Networks. In Fahrzeugen werden bisher verstärkt Temperatur-, Druck- und Geräuschsensoren verwendet. Zukünftig ist es denkbar, auch optische Sensoren zu integrieren, z.B. zur Identifikation von Straßenzeichen oder Straßenverlauf (vgl. Morrison 2000).

Software zur Unterstützung der Wiedergabe von Audio- und Videodaten dienen vornehmlich der Erhöhung des Fahrkomforts. Codecs zur Wiedergabe von MP3 oder MPEG2 bis MPEG7 können die Insassen durch audiovisuelle Darstellung von Informationen unterstützen oder unterhalten (vgl. Scott 2001, S. 94).

Der Einsatz der oben beschriebenen Technologien kann Probleme aufwerfen. Der multimediale „Overload“ kann die Konzentration des Fahrers stören und ihn von seiner eigentlichen Aufgabe ablenken (vgl. Scott 2001, S. 94).

Bei einem Totalausfall der elektrischen Steuerungseinheit können Sicherheitsrisiken entstehen, z.B. Versagen der Lenkung oder der Bremsen, Ausfall der Fahrzeugbeleuchtung uvm.. In vielen Staaten existieren gesetzliche Regelungen und Institutionen, die den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien im Fahrzeug beschränken können.

Nichttechnologische Einflussfaktoren für eine Weiterentwicklung liegen verstärkt in:

- der Identifikation von Nutzenpotentialen (vgl. Kapitel 4.3.1),
- der Technologieakzeptanz (vgl. Kapitel 4.2.1),
- der Bedienbarkeit (vgl. Kapitel 4.3.1),
- dem Applikations- und Dienstleistungsangebot (vgl. Kapitel 4.3.6),
- den Kosten für Installation und Wartung (vgl. Kapitel 4.3.2),

- den gesetzlichen Regulierungen (vgl. Kapitel 4.3.3)
- dem Design (vgl. Kapitel 4.4.1),
- dem Material (vgl. Kapitel 4.4.1),
- dem Gewicht (vgl. Kapitel 4.4.1).

## 4.6 Konzepte des Anwendungsbereichs KÖRPER

Im Zuge der Mobilisierung einzelner Komponenten der IT-Infrastruktur, die durch das wachsende Bedürfnis nach Mobilität der Endanwender bestimmt wird, ist es immer schwieriger, Endgeräte, wie Laptops oder mobile Telefone, Anwendungsbereichen wie Office oder Home zuzuordnen. Viele dieser Geräte werden in mehreren dieser Anwendungsbereiche eingesetzt und teilweise auch in Bereichen, die nicht durch die oben beschriebenen Gebiete abgedeckt werden. So kann ein PDA mit Internetanbindung z.B. zur Planung von Privat- oder Geschäftsterminen eingesetzt werden. Zusätzlich kann der Nutzer über das Gerät und dessen Kommunikationsschnittstellen, wie Infrarot oder Bluetooth, in Geschäften bezahlen oder Informationen zu einzelnen Produkten abrufen und speichern. Die Technologie greift dafür zwar auf bestehende Netze zurück, die dafür benötigte Infrastruktur wird aber am Körper getragen und kann weder dem betrieblichen noch dem häuslichen Umfeld zugeordnet werden, wie es in der Vergangenheit bei Netzwerken möglich war.

Bei den Technologien, die im Anwendungsbereich Körper eingesetzt werden, handelt es sich um IT-Infrastrukturen oder Komponenten dieser Strukturen, auf die der Anwender teilweise oder kontinuierlich Zugriff hat, unabhängig von seiner geografischen Position, und die im Umfeld seines Körpers installiert werden.

Kombiniert man die in Kapitel 3 dargestellten Technologien mit dem Anwendungsbereich Körper, lassen sich daraus einzelne Konzepte für eine mögliche Weiterentwicklung ableiten. Es ist aus den Bereichen Vernetzung, Miniaturisierung, Digitalisierung, Leistungssteigerung und Konvergenz abzuleiten, dass sich bei der Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologiestrukturen für den Anwendungsbereich Körper drei Stufen ergeben.

Charakteristisch ist die kontinuierliche Annäherung der Hardware an den Körper des Nutzers. Geprägt wird diese Entwicklung durch die Miniaturisierung der Endgeräte, die Leistungssteigerung und Standardisierung bei der kabellosen Datenübertragung und

neue Entwicklungen in der Sensortechnik und Digitalisierung. Stufe eins beinhaltet die Weiterentwicklung mobiler Endgeräte, die schon heute eingesetzt werden. In einer zweiten Stufe werden die Informations- und Kommunikationstechnologiensysteme dann kontinuierlich getragen und sind in Gegenständen wie Kleidung und Taschen integriert – als spezielle Ausprägung der Ubiquitious Computing werden bei diesen „Wearables“ die IT-Komponenten als solche kaum noch wahrgenommen. In einer dritten Stufe wird dann der Körper selbst als Teil der IT-Infrastruktur genutzt.

### 4.6.1 Mobile computing/mobile Endgeräte

Tragbare Endgeräte wie Handys oder PDAs sind aus unserem Umfeld kaum mehr wegzudenken und werden schon seit ca. 20 Jahren genutzt. Der Großteil der Anwender solcher Technologien nutzt diese Geräte nicht nur im Büro und zu Hause, sondern auch auf dem Weg zur Arbeit und bei Freizeitaktivitäten außerhalb des häuslichen Umfeldes. Der Anwender trägt sie bei sich, egal wo er sich befindet.

Diese Geräte lassen sich einfach transportieren, besitzen die Möglichkeit (oft über verschiedene Übertragungsmedien), mit anderen Geräten zu kommunizieren oder auf Datenbestände zuzugreifen und lassen sich problemlos ablegen, eine Verknüpfung mit Kleidung oder Körper entfällt. Es handelt sich um den Einsatz im körpernahen Umfeld. Die Geräte sind nicht immer eingeschaltet und größtenteils nur sequentiell mit anderen Datennetzen verbunden. „Advances in wireless networking technology have engendered a new paradigm of computing, called mobile computing, in which users carrying portable devices have access to a shared infrastructure independent of their physical location” (vgl. Forman/Zahorjan 1994, S. 1).

Die mobilen Geräte bestehen aus folgenden Komponenten: Sender/Empfänger, Sensoren, Nutzerschnittstelle, Datenspeicher, Rechnerleistung, Energieversorgung, Softwarekomponenten, deren allgemeine Funktionen in Punkt 3.4.6 ausführlich dargestellt wurden. Sie unterscheiden sich aber von den dort beschriebenen „smart devices“ dahin gehend, dass sie keinem anderen Gegenstand „Intelligenz“ verleihen, sondern ein eigenständiges Objekt darstellen. Mobile Endgeräte können untereinander vernetzt werden und auf globale oder lokale Datennetze zugreifen. Sensoren sind nur in mobilen Geräten, die speziell zur Datenerfassung konzipiert worden sind, enthalten. Beispielhaft sollen hier mobile Analysegeräte aus der chemischen Industrie genannt werden, die es ermöglichen, chemische Zusammensetzungen zu erkennen.

Die Nutzerschnittstelle entspricht einer Tastatur oder einem ähnlichen Eingabegerät wie Touchscreens; zusätzlich ist auch die Datenerfassung über Spracheingabe möglich. Die Ausgabe der Daten erfolgt über eine Form von Display, das mit dem Endgerät verbunden ist. Datenspeicher und Rechnerleistung spielen eine immer größere Rolle. Wurde mit mobilen Endgeräten ausschließlich eine spezielle Aufgabe gelöst, das Telefonieren oder die Datenerfassung, ist hier ein Trend zur Multifunktionalität zu erkennen. Das in Kapitel 3.7 als Konvergenz beschriebene Zusammenwachsen der ursprünglich weitgehend unabhängig voneinander operierenden Industrien der Informations- & Kommunikationstechnologien und der Medien stellt neue Anforderungen, beispielsweise Videodaten zu übertragen, und Herausforderungen für die Weiterentwicklung der Rechenleistung und Datenspeicher an die Hersteller. Wird der Markt der mobilen Endgeräte heute noch durch das Handy und den Handheld bzw. PDA im klassischen Sinne dominiert, ist ein Zusammenwachsen der einzelnen Endgeräte zu mobilen Terminals erkennbar. Ein mobiles Telefon wird heute schon nicht mehr nur zum Telefonieren genutzt, vielmehr bietet es Zusatzfunktionen an, z.B. Terminkalender, Adressbücher oder MP3-Player. Damit befinden sie sich in direkter Konkurrenz zu den PDAs. Minicomputer bieten hingegen noch einige Vorteile gegenüber diesen Kommunikationsendgeräten. Sie besitzen ein Betriebssystem, das mit dem klassischer Computer kompatibel ist. Dadurch können Anwendungen vom PC auf diese Endgeräte überspielt werden – der Nutzen ist für den Anwender größer als bei den Anwendungen, die heutige Handys bereitstellen.

Die Energieversorgung mobiler Endgeräte erfolgt fast ausschließlich über Akkus, z.B. Lithium-Polymer-Akkus bei Handys oder Batterien, deren Leistung stetig ansteigen. Zusätzlich gibt es Bestrebungen, andere Energiequellen zu nutzen, wie die Wasserstoff- oder Solarzelle.

Die Software spielt eine immer stärkere Rolle, da die Anwendungslandschaft durch das Zusammenwachsen der Endgeräte immer komplexer wird. Ein Betriebssystem ist die Voraussetzung für den Betrieb dieser Produkte, wobei auf dem Markt bisher noch kein klarer Gewinner zu erkennen ist. Fakt bleibt, dass neben den klassischen Betriebssystemen, wie WindowsCE oder Java, nun vermehrt Open Source Produkte, z.B. Linux, auf mobilen Endgeräten installiert werden.

Auf die weitere Infrastruktur zur Bereitstellung von Funknetzen und die verschiedenen Übertragungsstandards soll in diesem Kapitel nicht weiter eingegangen werden, da sie in Kapitel 3.3.2 hinreichend dokumentiert wurden.

Der erweiterte Aktionsradius der mobilen Endgeräte erlaubt im Gegensatz zu stationären Geräten ein erweitertes Anwendungsspektrum. Hinzu kommt der Punkt, dass ein mobiles Endgerät meist genau einem Individuum zugeordnet werden kann. Auch wenn sich beispielsweise mehrere Verkäufer einen Barcode-Leser teilen, kann ihn doch nur einer benutzen. Ähnlich Kapitel 4.5 wird es immer interessanter für Kunden und Dienstleister, zu wissen, „wo“ sich der Handynutzer befindet, und „was“ er gerade macht, um ihn gezielt mit Informationen zu versorgen. Werden diese Anwendungen kombiniert mit neuen Übertragungstechnologien, vgl. Kapitel 3.3, ergeben sich neue Entwicklungspotentiale für Informations- und Kommunikationstechnologien. Ein Ziel ist beispielsweise, das Angebot von Location Based Services zu erweitern, die aber erst mit der Etablierung von GPRS realisiert werden können. Zusätzliche Dienstleistungen werden aber erst bei einer optimalen Kombination aus Nutzenpotentialen für Anwender und Bandbreite zu realisieren sein. Handys werden, was die Wahl des Übertragungsmediums betrifft, flexibler und über eine gewisse Intelligenz verfügen. Damit wird sich die Konkurrenz zu den Minicomputern verstärken. Und auch hier werden die Endgeräte zusammenwachsen, da mit steigender Bandbreite auch die Anforderungen an die Endgeräte bezogen auf die Funktionsvielfalt steigen werden.

Die verschiedenen mobilen Geräte unterscheiden sich durch ihren Mobilitätsgrad, bedingt durch Reichweite und Größe der Geräte und durch die Dauer ihres Einsatzes. Gibt es mobile Endgeräte, wie z.B. Web-Pads, die zwar tragbar sind, aber doch nur im häuslichen oder unternehmerischen Umfeld eingesetzt werden, ist der Aktionsradius eingeschränkt. Dementsprechend werden aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen auch unterschiedliche Technologien eingesetzt.

Die Ist-Situation ist geprägt durch eine Reihe von mobilen Endgeräten mit einer Primärfunktion und teilweise auch einigen Sekundärfunktionen. Die größte Dynamik liegt dabei in den Märkten für mobile Kommunikation, PDAs und Minicomputern. Die Zielsetzung bei Mobilfunkgeräten ist auf die Maximierung der Übertragungsleistung, verbunden mit der Etablierung neuer Anwendungen und Dienstleistungen, ausgerichtet. Das Hauptziel bei Minicomputern liegt darin, das größte Maß an Funktionalität,

verbunden mit einer fortschreitenden Miniaturisierung und Leistungssteigerung, zu erreichen.

Die Datenübertragung erfolgt über GSM-Netze (vgl. 3.3.2.9), wobei erste Anbieter auch schon auf GPRS-Netze (vgl. 3.3.2.10) zurückgreifen. Bei den Betriebssystemen ist noch kein eindeutiger Standard zu erkennen, hier gibt es verschiedene Ansätze von Windows-basierten Systemen (WindowsCE) über PalmOS bis hin zu Linux. Die Einbeziehung weltweiter Datennetze erfolgt über Funkmodems, deren Leistungsfähigkeit von der Bandbreite der angebotenen Technologie zur Datenübertragung abhängig ist. Der Anwender ist dabei nur sequentiell online. Die Datenübertragung über Kurzstrecken erfolgt über Infrarot (vgl. Kapitel 3.3.2.3) und in steigendem Maß über Bluetooth (vgl. Kapitel 3.3.2.1). Auch hier gibt es nur sequentielle Verbindung zu anderen Geräten.

Die Grenzen des Mobile Computing liegen in den Bereichen der kabellosen Datenübertragung, im Mobilitätsgrad und in der Leistungsfähigkeit der Endgeräte (vgl. Forman/Zahorjan 1994).

Mobile Geräte benötigen für den höchsten Grad an Effektivität eine kontinuierliche Anbindung an bestehende Datennetze. Dies ist aber, wie oben beschrieben, mit Technologien wie GSM nicht möglich. Hinzu kommen die, im Vergleich zur Datenübertragung per Kabel, geringen Bandbreiten. Weiterhin entstehen Sicherheitsbedenken bezüglich der Datenübertragung selbst. Die kabellose Datenübertragung bietet mehr Angriffspunkte als die Datenübertragung per Kabel, da diese als Medium begrenzt ist. Funksignale können Wände durchdringen (wenn auch abgeschwächt) und könnten aus diesem Grund einfacher von Außenstehenden abgehört werden. Der Aufwand zur Absicherung solcher Systeme ist entsprechend höher als der Aufwand zur Absicherung von Systemen, die auf die Datenübertragung per Kabel zurückgreifen.

Eine weitere Herausforderung stellt sich durch den Mobilitätsgrad. Der Anwender kommuniziert nicht nur mit einem anderen Bezugspunkt, vielmehr wechseln die Kommunikationspunkte mit der Bewegung des Nutzers. Um eine effektive Datenübermittlung zu gewährleisten, ist es wichtig, die Position des Endgeräts so genau wie möglich zu ermitteln. Hinzu kommt, dass mobile Endgeräte bei effektiver Ausnutzung ihrer Möglichkeiten mehr Daten benötigen. Die Nutzung Location Based Services, also Dienstleistungen, deren Angebot und Umfang von der Position des Anwenders abhängig sind, basiert auf diesen nutzerspezifischen Daten. Das Endgerät

muss nicht nur identifiziert werden, sondern es muss auch mit den verschiednen Anbietern kommunizieren können und Sicherheitsrichtlinien beachten.

Die Tragbarkeit der Endgeräte stellt einen dritten Komplex von Fragestellungen dar, die für die Weiterentwicklung des Mobile Computing von Bedeutung ist. Eine der Hauptprobleme ist, wie oben schon beschrieben, die Stromversorgung. Gerade komplexe Anwendungen, wie die Übermittlung von streaming Videos, sind nicht nur rechenintensiv, sondern stellen auch hohe Anforderungen an die Stromversorgung. Andere Probleme liegen im Bereich der Nutzerschnittstelle. Zu kleine Bildschirme ermöglichen keine optimale Nutzerführung. Hinzu kommt eine nur begrenzte Speicherkapazität, die sich indirekt proportional zur Größe des Endgeräts verhält. Ein letzter Aspekt stellt die Sicherheit der Daten dar. Mobile Endgeräte werden durch ihren Einsatz unter verschiedenen klimatischen Bedingungen leichter beschädigt. Durch den hohen Grad an Miniaturisierung lassen sie sich einfacher entwenden oder gehen schneller verloren als stationäre Geräte (vgl. Forman/Zahorjan 1994).

Weiterhin wird es langfristig nicht darauf ankommen durch fortschreitende Konvergenz so viel unterschiedliche Funktionen wie möglich zu integrieren und so den Komplexitätsgrad der Geräte zu erhöhen. Vielmehr wird der Nutzer die Anwendungsstruktur diktieren. Dementsprechend wird die Anzahl der Funktionen wieder abnehmen und die Geräte viel stärker personalisiert (vgl. Esler/Hightower/Anderson/Borriello 1999, S. 1).

Es lassen sich folgende Einflussfaktoren aus obiger Beschreibung ableiten:

- Identifikation von Nutzenpotentialen (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Mobilitätsgrad,
- Nutzungsradius (vgl. Übertragungsdistanz – Kapitel 3.3.1.1),
- Funktionsvielfalt/Komplexitätsgrad,
- Bedienbarkeit (vgl. Kapitel 4.3.1),
- Technologieakzeptanz (vgl. Kapitel 4.2.1),
- gesetzliche Richtlinien (vgl. Kapitel 4.3.3),
- Umweltschutzregulierungen (vgl. Kapitel 4.5.1),
- Sicherheit (vgl. Kapitel3.6),

- Anwendungs- und Dienstleistungsangebot (vgl. Kapitel 4.3.6),
- Kosten/Preis (vgl. Kapitel 4.3.1).

Mobilität bezeichnet den Wechsel eines Individuums zwischen definierten Einheiten eines Systems. Der **Mobilitätsgrad** gibt an, in welchem Umfang das Individuum seine Mobilität nutzt.

Der Faktor **Funktionsvielfalt** gibt die Menge von Applikationen und Funktionen an, die über ein Gerät genutzt werden können.

### 4.6.2 Wearable Computer

Die Idee tragbare Computer zu entwickeln, ist nicht neu und baut auf den in Kapitel 4.6.1 beschriebenen Technologien auf. Am MIT wurde von Thorp und Shannon schon in den 60er Jahren ein erstes tragbares Gerät zur Verbesserung der Gewinnchancen beim Roulette entwickelt (vgl. Huang 2000). Ende der 80er Jahre wurde bei AT&T Research Europe der Active Badge entwickelt - ein Gerät zur Lokalisierung von Personen über eine Identifikationsmarke (aktive Badge). Die Datenübertragung an den Empfänger erfolgte über Infrarot, und die Informationen waren dann im Internet abrufbar. Ende der 90er Jahre wurde am Xerox Palo Alto Research Center der PARCTab entwickelt. Eine Art Minipager, der sich in ständigem Kontakt mit anderen Rechnern befindet.

Im Gegensatz zu den im Punkt 4.6.1 beschriebenen Geräten handelt es sich bei „Wearables“ um tragbare Endgeräte, die ganz oder teilweise in die Kleidung integriert werden, d.h. sie werden permanent getragen. Dementsprechend können sie nicht wie beispielsweise ein PDA einfach abgelegt werden. Eine genaue Definition ist in der wissenschaftlichen Literatur schwierig, da eine Vielzahl von Wissenschaftlern den Begriff anhand von gewünschten Eigenschaften beschreibt. Wearables erfüllen mindestens die Eigenschaften der Tragbarkeit, der handfreien Interaktion mit dem Benutzer, der Interaktion von Sensoren, des selbstständigen Bemerkbarmachens sowie des kontinuierlich Inbetriebseins (vgl. Uhrig 2000, S. 2). Starner sieht Wearable Computing als „Versuch(,)Computer Teil des täglichen Lebens werden zu lassen, indem sie in Kleidung (z.B. Schuhe) oder in Form eines kleidungsähnlichen Objektes (z.B. Sonnenbrillen) gebracht werden“ (Starner 1996, S.1). Der Unterschied zu den in 4.6.1 betrachteten mobilen Endgeräten liegt in der handfreien Interaktion, die mögliche Kopplung mit anderen Gegenständen und des kontinuierlichen Inbetriebseins. Mann

beschreibt Wearables als „kontinuierlich in Bereitschaft, unrestriktiv ohne die Aufmerksamkeit des Anwenders zu sehr zu fordern, als kontrollier- und überwachbarer Teil der Umwelt, personalisierbar und nutzbar als Kommunikationstool“ (Mann 1997, S. 203 ff.).

Die Komponenten der Wearable Computer entsprechen denen der „smart devices“ (vgl. Kapitel 3.4.6). Sie werden, wie oben beschrieben, mit anderen Objekten gekoppelt. Wie aus der Bezeichnung „Wearable“ abzuleiten ist, handelt es sich hierbei um die Kleidung oder tragbare Gegenstände wie Taschen oder Schmuck. IBM hat beispielsweise eine Uhr auf Linuxbasis entwickelt, die Informationen über ein Bluetooth-Modul übermittelt und über ein Touchscreen und einen Fingerabdruckscanner verfügt (vgl. IBM Reesearch 2001).

Die Stromversorgung erfolgt bisher über klassische Energielieferanten wie Batterien oder Solarzellen. Da Wearables aber am Körper getragen werden, gibt es alternativ zur klassischen Stromversorgung Projekte, die körpereigene Energiequellen zur Stromversorgung nutzen wollen (vgl. Starner 1996, S. 8).

Das Sende- und Empfangsmodul ermöglicht die Kommunikation mit anderen Geräten und verschiedenen Datennetzen. Übertragungstechnologien reichen hier je nach Anwendungsbereich von RFID und Bluetooth bis UMTS und decken so das ganze Spektrum der Datenübertragung per Funk ab. Einige Geräte verfügen auch über Komponenten/Anschlüsse zur Datenübermittlung per Kabel oder Satellit, die aber nur als zusätzliche Alternative zur Funkübertragung gesehen werden. RFID und Bluetooth sind die bisher favorisierten Technologien zur Datenübertragung für Kurzstrecken. WLAN für Übertragungen bis 300 m und für Langstreckenübertragungen werden UMTS-Technologien eingesetzt.

Der erfolgreiche Einsatz von Wearables ist an eine Reihe von technischen Bedingungen geknüpft:

- kontinuierlicher Zugriff auf Informationen oder Informationslieferanten:

  Der Anwender hat jederzeit die Möglichkeit, mit dem Wearable Computer zu interagieren. Dementsprechend müssen die Geräte dem Mobilitätsanspruch des Anwenders genügen und eine gewisse Robustheit aufweisen.

- Sensorfunktionalität verbunden mit der Fähigkeit, die empfangenen Daten in Modelle des Anwenderverhaltens zu integrieren:

Der Wearable Computer muss ununterbrochen die Umwelt des Anwenders überwachen und die gesammelten Daten zur Errechnung von Modellen benutzen, die die Umwelt des Nutzers widerspiegeln, um ihn optimal mit Informationen versorgen zu können.

- Adaption des Anwenderverhaltens:

  Die Verhaltensweisen des Anwenders werden erkannt und es werden dementsprechend Informationen geliefert - dabei sollte sich das System an die Verhaltensweisen anpassen können.

- Augmented und mittelbare Interaktion mit der Umwelt des Anwenders:

  Daten sollten so aufbereitet werden, dass eine modifizierte Darstellung (Augmented Reality) möglich ist. Denkbar wäre das Einblenden einer Konstruktionsbeschreibung beim Betrachten bestimmter Werkstücke o.ä.. (vgl. Starner 2001a, S. 46).

Da die Entwicklung von Wearables noch am Anfang steht, gibt es eine Reihe von Problemen, z.B. bei der praktischen Realisierung solcher Geräte. Diese Herausforderungen liegen in den Bereichen:

- Stromversorgung,
- Hitzemanagement,
- Networking,
- Sicherheit.

Im Gegensatz zur Leistungssteigerung der Chips und der fortschreitenden Miniaturisierung entwickeln sich die Komponenten zur Stromversorgung sehr viel langsamer. Hinzu kommt, dass die einzelnen Komponenten der Systeme keine physische Verbindung benötigen, da bisher jedes Teil des Systems, sofern nicht über Kabel verbunden, eine eigene Stromversorgung benötigt. Wiederaufladbare Batterien bilden auch nur eine Teillösung des Problems und erfordern einen erhöhten Wartungsaufwand. Andere Ansätze, wie oben schon erwähnt, wollen die körpereigenen Energiequellen wie Haptik, Körperwärme oder Blutdruck nutzen. Eine dritte Alternative bieten Solarzellen oder die Stromversorgung über Radiowellen (vgl. Kapitel 3.3.2.4).

Eine weitere Schwierigkeit stellt das Hitzemanagement dar. Einzelne Komponenten sind auf Kühlmechanismen angewiesen, die eine fortschreitende Miniaturisierung der Geräte verhindern und teilweise kostenintensiv sind. So musste 1998 für einen Chip mit einer Minimalleistung von 40 W mindestens einen Dollar pro zusätzliches Watt für Kühlmechanismen investiert werden (vgl. Starner 2001a, S. 51 f.). Alternativen zu Kühlchips und Ventilatoren sind bisher nur prototypisch umgesetzt. So gibt es Ideen, solche Systeme durch den bei Bewegung entstehenden Luftzug zu belüften oder die Abwärme der Chips in die Kleidung zu leiten und so dem Nutzer eine zusätzliche Wärmequelle zur Verfügung zu stellen, wenn es draußen kalt ist.

Wearables benötigen Zugang zu verschiedenen Netzwerken. Starner identifiziert drei Kommunikationsformen:

- Off-Body – zu einem fest installierten Netzwerk,
- On-Body – die Kommunikation der Komponenten untereinander,
- Near-Body – die Interaktion mit Gegenständen im Einflussbereich des Anwenders.

Jede dieser Formen stellt spezifische Anforderungen an Hard- und Software, benutzt unterschiedliche Technologien zur Datenübertragung und wird unterschiedlich stark beansprucht. Dementsprechend wichtig sind Standards und ein hohes Maß an Kompatibilität.

Durch die Integration in die verschiedenen Netzwerke spielt die Sicherheit solcher tragbaren Systeme eine große Rolle. Wearables sammeln während ihres Betriebs eine ganze Reihe personenbezogener Daten und nutzen dieses Wissen, um bestimmte Prozesse zu automatisieren. Ein Kunde betritt einen Laden und sein Wearable Computer bezahlt vollautomatisch beim Verlassen des Geschäfts, da er erkannt hat, welche Produkte gekauft wurden, und über alle Informationen zur Abwicklung des Zahlungsvorgangs verfügt. Erhöht man die Sicherheitsstufe, kann das System den Zahlungsvorgang nicht mehr selbständig abwickeln und der Nutzen solcher Systeme sinkt. Andererseits muss die Privatsphäre des Anwenders zu jeder Zeit gewahrt bleiben und ein möglicher Datenmissbrauch verhindert werden. Diese Diskussion ist nicht neu und wurde auch vielfach in anderen Bereichen geführt (Zahlungsvorgänge im Internet, personalisierte Werbung auf dem Handy, usw.), stellt aber für die Weiterentwicklung von Wearables eine große Herausforderung dar (vgl. Starner 2001b, S 60 ff.).

Eine Auswahl aktueller Projekte, die das Anwendungsspektrum von Wearables aufzeigt, ist in Tabelle 18 dargestellt.

Die Schwerpunkte der Entwicklung liegen in den Bereichen Gesundheitswesen, Freizeit, Sicherheit und Produktion.

Bisher werden Wearables vorrangig genutzt, da sie sich handfrei bedienen lassen. Zukünftig zeichnet sich aber eine verstärkte Nutzung von Sensortechnologien ab. Erfolgt bisher die Steuerung hauptsächlich durch Spracheingabe, gibt es in der Zukunft einige alternative Ansätze. Wearables sollen selbstständig erkennen, was der Anwender möchte. Das Gerät benötigt Sensoren zum Erfassen von Gestik, biometrischen Daten, Komponenten zur Bewegungswahrnehmung von Personen, Kameras, usw. (vgl. Pederson 2001, S. 1).

| | **Gesundheits-wesen** | **Freizeit** | **Sicherheit** | **Produktion** |
|---|---|---|---|---|
| Interaktion Person-Umwelt | Sportbrain tracker & SportPort<br>EGo | Mbracelet | Technologies for house arrest | Xerox active badges |
| Interaktion Person-Person | | Charmed Badge<br>Mbracelet<br>Lovejackets & Digital Insignia #1 | | |
| Computer-systeme am Körper | Wearable Motherboard Smart Shirt | Brave New Unwired World<br>CharmIT; Developer's Kit<br>i-wear (second skin)<br>MIThril vest | Wearable Motherboard Smart Shirt<br>Exoskeletons | Mobile Assistant IV<br>Via II PC<br>MIThril vest |

**Tabelle 18: Anwendungsbereiche von Wearable Computing.**

Die nichttechnologischen Einflussfaktoren entsprechen denen in Kapitel 4.6.1 beschriebenen Faktoren.

## 4.7 Zusammenfassung

Zielstellung dieses Kapitel war es, die einzelnen Anwendungsgebiete der Informations- und Kommunikationstechnologien anhand ausgewählter Konzepte zu beschreiben und Einflussfaktoren für die Entwicklung von Technologieszenarien abzuleiten.

In Kapitel 4.2 bis 4.6 wurden einzelne Konzepte der Anwendungsbereiche Global, Unternehmen, Haushalt, Fahrzeug und Körper beispielhaft beschrieben. Aus den einzelnen Beschreibungen wurden jeweils Einflussfaktoren abgeleitet.

Tabelle 19 stellt alle ermittelten Einflussfaktoren je Entwicklungsschwerpunkt übersichtsartig dar. Es wird zwischen politischen, ökonomischen und soziokulturellen Einflussfaktoren unterschieden. Diese Trennung vereinfacht die Realisierung von direkten bzw. indirekten Beziehungsanalysen zur Berechnung von Technologieszenarien oder Trendextrapolationen.

| Anwendungsbereich | Einflussfaktoren: politisch | Einflussfaktoren: ökonomisch | Einflussfaktoren: soziokulturell |
|---|---|---|---|
| Global | existierende Sanktionsmechanismen | (weltweite) Nutzenpotentiale | ethische Richtlinien |
| | regionale politische Stabilität | Dauer von Markt- und Innovationszyklen | Gesetzeslage (regional/überregional) |
| | weltpolitische Stabilität | Mitgliedschaft in Wirtschaftsbündnissen | kulturelle Differenzierung |
| | | nationale und internationale Marktentwicklung | Multilingualität |
| | | Realisierungskosten | Sicherheitsbewusstsein |
| | | regionale wirtschaftliche Entwicklung | Standardisierungsbestrebungen |
| | | Weltwirtschaftsniveau | Technologieakzeptanz |
| Unternehmen | existierende Sanktionsmechanismen | (weltweite) Nutzenpotentiale | Bedienbarkeit |
| | regionale politische Stabilität | allgemeine Kostenentwicklung | ethische Richtlinien |
| | Situation auf dem Arbeitsmarkt | Applikations- und Serviceangebote | Form der Arbeitsorganisation |
| | Sozialpolitik | Dauer von Markt- und Innovationszyklen | Gesetzeslage (regional/überregional) |
| | Umweltschutzregulierungen | Geschäftsmodelle | gesetzliche Richtlinien |
| | weltpolitische Stabilität | Identifikation von Nutzenpotentialen | gesundheitliche Verträglichkeit der Technologie |
| | | Investitionsbereitschaft | Identifikation von Nutzenpotentialen |
| | | Kommunikation zwischen den Marktakteuren | Informationsbedarf |
| | | Kommunikationskosten | kulturelle Differenzierung |
| | | nationale und internationale Marktentwicklung | Mitarbeiter |
| | | Realisierungskosten | Multilingualität |
| | | regionale wirtschaftliche Entwicklung | Organisationsstruktur |
| | | Technologieverfügbarkeit | Qualität von Wissen/Inhalten |
| | | Weltwirtschaftsniveau | Sicherheitsbewusstsein |
| | | | Standardisierungsbestrebungen |
| | | | Technologieakzeptanz |
| Haushalt | existierende Sanktionsmechanismen | allgemeine Kostenentwicklung | Bedienungsfreundlichkeit |
| | regionale politische Stabilität | Applikations- und Serviceangebote | Design |
| | Situation auf dem Arbeitsmarkt | Dauer von Markt- und Innovationszyklen | ethische Richtlinien |
| | Sozialpolitik | Identifikation von Nutzenpotentialen | Gesetzeslage (regional/überregional) |
| | Umweltschutzregulierungen | Investitionsbereitschaft | gesundheitliche Verträglichkeit der Technologie |
| | weltpolitische Stabilität | Kommunikationskosten | Gewicht |
| | | Marktabdeckung der eingesetzten Endgeräte | Größe |
| | | Realisierungskosten | Identifikation von Nutzenpotentialen |
| | | Technologieverfügbarkeit | Informationsbedarf |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | Sicherheitsbewusstsein |
| | | | Standardisierungsbestrebungen |
| | | | Technologieakzeptanz |
| Fahrzeug | existierende Sanktionsmechanismen | Applikations- und Dienstleistungsangebot | Bedienungsfreundlichkeit |
| | regionale politische Stabilität | allgemeine Kostenentwicklung | Design |
| | Situation auf dem Arbeitsmarkt | Dauer von Markt- und Innovationszyklen | ethische Richtlinien |
| | Sozialpolitik | Identifikation von Nutzenpotentialen | gesetzliche Regulierungen |
| | Umweltschutzregulierungen | Investitionsbereitschaft | gesundheitliche Verträglichkeit der Technologie |
| | weltpolitische Stabilität | Kommunikationskosten | Gewicht |
| | | Komplexität der Systeme | Größe |
| | | Kosten für Installation, Wartung und Nutzung | Identifikation von Nutzenpotentialen |
| | | Marktabdeckung der eingesetzten Endgeräte | Informationsbedarf |
| | | Material | Sicherheitsbewusstsein |
| | | Realisierungskosten | Standardisierungsbestrebungen |
| | | Technologieverfügbarkeit | Technologieakzeptanz |
| Körper | existierende Sanktionsmechanismen | allgemeine Kostenentwicklung | Bedienbarkeit |
| | regionale politische Stabilität | Anwendungs- und Dienstleistungsangebot | Bedienungsfreundlichkeit |
| | Situation auf dem Arbeitsmarkt | Dauer von Markt- und Innovationszyklen | Design |
| | Sozialpolitik | Identifikation von Nutzenpotentialen | ethische Richtlinien |
| | Umweltschutzregulierungen | Identifikation von Nutzenpotentialen | Funktionsvielfalt |
| | weltpolitische Stabilität | Investitionsbereitschaft | gesetzliche Richtlinien |
| | | Komplexität der Systeme | gesundheitliche Verträglichkeit der Technologie |
| | | Kosten für Installation, Wartung und Nutzung | Gewicht |
| | | Marktabdeckung der eingesetzten Endgeräte | Größe |
| | | Material | Identifikation von Nutzenpotentialen |
| | | Realisierungskosten | Informationsbedarf |
| | | Technologieverfügbarkeit | Mobilitätsgrad |
| | | | Nutzungsradius |
| | | | Sicherheit |
| | | | Sicherheitsbewusstsein |
| | | | Standardisierungsbestrebungen |
| | | | Technologieakzeptanz |

**Tabelle 19: Einflussfaktoren der unterschiedlichen Anwendungsbereiche der Informations- und Kommunikationstechnologien.**

# 5 Zusammenfassung und Ausblick

Ausgangspunkt dieser Arbeit war die Entwicklung unterschiedlicher Informations- und Kommunikationstechnologien und das Bedürfnis der Marktakteure, diese Entwicklung zu prognostizieren, um Investitionsentscheidungen besser fällen zu können und den Faktor Unsicherheit zu reduzieren.

Zielstellung war es, die folgenden Fragen hinreichend beantworten zu können:

1. Welche technologischen Entwicklungsschwerpunkte existieren im Rahmen der Informations- und Kommunikationstechnologien?
2. Welche unterschiedlichen Anwendungsbereiche existieren im Rahmen der Informations- und Kommunikationstechnologien?
3. Welche Einflussfaktoren lassen sich aus der beispielhaften Beschreibung ausgewählter Technologien der identifizierten technologischen Entwicklungsschwerpunkte ableiten?
4. Welche Einflussfaktoren lassen sich aus der beispielhaften Beschreibung ausgewählter Konzepte der Anwendungsbereiche der Informations- und Kommunikationstechnologien ableiten?

Voraussetzung für die Prognose war die Identifikation und Klassifizierung von bestehenden Technologien und ihrer Anwendungsgebiete (Frage 1 und 2).

Es wurden folgende Entwicklungsschwerpunkte identifiziert:

- Leistungssteigerung,
- Vernetzung,
- Sensortechnik und Digitalisierung,
- Miniaturisierung,
- Sicherheit,
- Konvergenz.

Es wurden folgende Anwendungsgebiete identifiziert:

- Global,
- Unternehmen,

- Haushalt,
- Fahrzeug,
- Körper.

Jeder dieser Entwicklungsschwerpunkte lässt sich unterschiedlichen Technologien zuordnen, über deren Beschreibung eine Ableitung von technologischen Einflussfaktoren möglich ist.

Diese Einflussfaktoren bilden die Grundlage für die Entwicklung von Technologieszenarien. Kapitel 3.8 zeigt alle ermittelten Einflussfaktoren zu einer möglichen Szenarioentwicklung oder Trendextrapolation aus den technologischen Entwicklungsschwerpunkten der Informations- und Kommunikationstechnologien in zusammengefasster Form (Frage 3).

Den Anwendungsgebieten der Informations- und Kommunikationstechnologien wurden Konzepte zum Einsatz unterschiedlicher Informations- und Kommunikationstechnologien zugeordnet, über die nichttechnologische Einflussfaktoren abgeleitet wurden.

Kapitel 4.7 zeigt alle ermittelten Einflussfaktoren als Grundlage für eine weitere Prognose aus den Anwendungsgebieten der Informations- und Kommunikationstechnologien in zusammengefasster Form (Frage 4).

Die Trennung der technologischen Entwicklungsschwerpunkte und Anwendungsgebiete der IuK erlaubt es, Beziehungsanalysen modular aufzubauen. Durch die Kombination der unterschiedlichen Einflussfaktoren lassen sich sowohl global Szenarien als auch Szenarien unter gesonderten Betrachtungsaspekten, wie z.B. die Entwicklung der Technologien im Bereich Vernetzungsgrad im Anwendungsgebiet Unternehmen, erstellen. Abbildung 36 verdeutlicht diese Kombination anhand der Beispielszenarien: Entwicklung der Vernetzung im Bereich der Unternehmung und allgemeine Entwicklung der Digitalisierung und Sensorik.

Für Investitionsentscheidungen sollten die hier überblicksartig dargestellten Technologiebeschreibungen je nach Fragestellung noch weiter verfeinert und mit aktuellen Marktanalysen kombiniert werden. Zusätzlich sollten die einzelnen Faktoren hinsichtlich einer Beziehung zueinander (direkt und indirekt) bewertet und Schlüsselfaktoren identifiziert werden. Auf der Basis dieser Auswahl können dann

mögliche Zukunftsbilder ermittelt werden, aus denen sich dann die einzelnen Szenarioausprägungen ableiten lassen.

Die hier identifizierten technologischen Entwicklungsschwerpunkte unterliegen einem stetigen Wandel. Die kontinuierliche Überarbeitung der Schwerpunkte und die Suche nach neuen, innovativen Technologien helfen, auch in Zukunft, die Ergebnisse dieser Arbeit für Investitionsentscheidungen nutzen zu können.

**Abbildung 36: Beispielhafter Aufbau von Szenarien unter Nutzung der ermittelten Einflussfaktoren.**

# Literaturverzeichnis

**[4d-Vision 2002]**

o.A.: Informationen zum 4D-Vision-Verfahren auf Basis von Perspektivenansichten. 4d-Vision 2001, http://www.4d-vision.de, Stand April 2002.

**[aboutfiberoptics 7/2001]**

o. A.: The Basics of fiber optics. aboutfibreoptics.com 2001, http://www.aboutfiberoptics.com/ facts.htm, Stand Juli 2001.

**[Abraham 2000]**

Abraham, F.: Firewalls – Funktionen, Lösungen, Zukunft. Atsec information security GmbH Seminar „Die Bedrohung aus dem Internet“, Wiesbaden, Nov. 2000.

**[Academic Press 1996]**

o.A.: Microelectronic. Academic Press, Inc. 1996, http://www.academicpress.com/ inscight/02111997/microel1.htm, Stand Mai 2002.

**[ADSLGuide.org.uk 2000]**

o.A.: RADSL FAQ. ADSLGuide.org.uk, 2000, http://www.adslguide.org.uk/ qanda.asp?faq=radsl, Stand: Oktober 2000.

**[Allied Business Intelligence 9/2000]**

o. A.: ABI Press Releases: Cable Modems are the Residential Choice. Allied Business Intelligence, New York 2000, http://www.alliedworld.com/data/bin/CAB00PR.pdf, Stand September 2000.

**[Allied Business Intelligence 2001a]**

o. A.: ABI Press Releases: In a war of wireline broadband technologies - Cable still will slightly reign over DSL. Allied Business Intelligence, New York 2001, http://www.alliedworld.com/data/bin/ BLIN01PR2.pdf, Stand Juni 2001.

**[Allied Business Intelligence 2001b]**

o. A.: ABI Press Releases: US Cable revenues nearly double over next five years. Allied Business Intelligence, New York 2001, http://www.alliedworld.com/data/bin/ CATV01PR1.pdf, Stand Mai 2001.

**[Alpha M.O.S. 2002]**

o. A.: E.Nose & E.Tongue principle. Alopha M.O.S. 2002, http://www.alpha-mos.com/tecprinciple.htm, Stand Juni 2002.

**[Alt/Fleisch 2000]**

Alt, R..; Fleisch, E.: Business Networking Systems: Characteristics and Lessons Learned. In: International Journal of Electronic Commerce, Winter 2000, Vol. 5 Issue 2, S. 7-28.

**[Amelung/Corsepius 1991]**

Amelung, T.; Corsepius, U.: Strategische Führung im Spannungsfeld des gesellschaftlichen Wertewandels. In: ZfB, 61. Jg. 1991, Nr 1, S. 34-46.

**[Ames/Gabor 2000]**

Ames, P.; Gabor, J.: The Evolution of Third-generation Cellular Standards. In: Intel Technology Journal, 2nd Quarter 2000, http://www.intel.com/technology/itj/q22000/articles/ art_6.htm, Stand November 2000.

**[Ansoff 1976]**

Ansoff, Igor: Managing Surprise and Discontinuity: Strategic Response to Weak Signals. In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 28. Jg., Nr. 1/76, S. 129-152.

**[ARC 2000]**

o. A.: Automotive and Freight Telematics - Growth Opportunities in Wireless Data. ARC 2000, http://www.arcgroup.com/homepage.nsf/gvi/aft_aftBro.pdf/$file/aftBro.pdf, Stand Juni 2002.

**[Arnold/ Funk/ Busch 2000]**

Arnold, M.; Funk, W.; Busch, C.: Technische Schutzmaßnahme multimedialer Daten. In: Dittrich (Hrsg): Beiträge zum Urheberrecht VI, Volume 22 of OESGRUM. Manz'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung GmbH, Wien 2000.

**[Ashley et.al. 2000]**

Ashley, J.; Bernal M.-P.; Burr G. W.; Coufal H.; Guenther H.; Hoffnagle J. A.; Jefferson C. M.; Marcus B.; Macfarlane R. M.; Shelby R. M.; Sincerbox G. T.: Holographic data storage. In: IBM Journal of Research and Development, Vol. 44, No. 3, 2000 - Directions in information technology, p. 341-369.

**[Aust 2002]**

Aust, C.: Trusted e-Business: effiziente und sichere elektronische Geschäftsprozesse. PECOS, Im Rahmen der CEFIS-Vortragsreihe, Hannover, CeBit 2002.

**[AutoWold 2002]**

o. A.: Mercedes-Benz Pioneers New Intelligent Car Technologies - Exciting Possibilities for Telematics Include “Car As Sensor” and Multimedia Services. AutoWold 2002, http://www.autoworld.com/news/mercedes/benz_s55.htm, Stand Juni 2002.

**[Ayres 1971]**

Ayres, R. U.: Prognose und langfristige Planung. Carl Hanser Verlag, München 1971.

**[Barnet/Cavanagh 1994]**

Barnet, R. J.; Cavanagh, J.: Global Dreams. Imperial Corporations and the New World Order. New York 1994.

**[Battelle aktuell]**

o. A.: Technologie-Management: Szenarien, Planungsgrundlage für Branchen. In: Battelle aktuell, 1/April 1985, S. 22-23.

**[Becker/Ehrfeld/Hagmann/Maner/Münchmeyer 1986]**

Becker, E.W.; Ehrfeld, W.; Hagmann, P.; Maner, A.; Münchmeyer, D.: Microelectronic. In: Engineering 4 (1986), 35-56.

**[Berger et al. 1997]**

Berger, J.; Bûttgenbach, S.; Karthe, W.; Kergel, H.; Lehr, H.; Reichl, H.: MIKROSYSTEMTECHNIK - Von den Technologien zur Anwendung. VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (GMM) 1997, http://www.vdivde-it.de/mst/mikrosystemtechnik/papers/gmm02.html, Stand Juni 2002.

**[Bluetooth 2001]**

o. A.: Specification of the Bluetooth System – wireless connection made easy. Version 1.1, Blutooth Februar 2001, http://www.bluetooth.com/pdf/Bluetooth_11_Specifications_ Book.pdf, Stand Juni 2002.#

**[Bonsor 2002]**

Bonsor, K.: How Holographic Memory Will Work. Howstuffworks.com 2002, http://www.howstuffworks.com/holographic-memory.htm, Stand April 2002.

**[Böventer at al. 1997]**

Böventer, E. (Hrsg.]: Einführung in die Mikroökonomie. 9., bearb. Auflage, München [u.a.], Oldenbourg, 1997.

**[Breen/Whitaker/Rose/Tuceryan 1996]**

Breen, D. E.; Whitaker, R. T.; Rose, E.; Tuceryan, M.: Interactive Occlusion and Automatic Object Placement for Augmented Reality. In: Eurographics '96 Proceedings, Elsevier Science Publishers B.V, Poitiers, France, August 1996, pp. 11—22.

**[Brenner 1994]**

Brenner, W.: Grundzüge des Informationsmanagements. Springer, Berlin; Heidelberg, 1994.

**[Brenner, Kolbe 1997]**

Brenner, W., Kolbe L.: Anwendungen im Haushalt (Überblick). In: Mertens, P. et al: Lexikon der Wirtschaftsinformatik. Springer, Berlin; Heidelberg 1997.

**[Brockhoff 1977]**

Brockhoff, K: Prognoseverfahren für die Unternehmensplanung. Gabler, Wiesbaden 1977.

**[Brockhoff 1994]**

Brockhoff, K: Forschung und Entwicklung : Planung und Kontrolle. 4. Auflage, Oldenbourg, München 1994.

**[Bullinger 1994]**

Bullinger, H.-J.: Einführung in das Technologiemanagement: Modelle, Methoden, Praxisbeispiele. Teubner, Stuttgart 1994.

**[Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2000]**

o. A.: Kommunikations- und Informationstechnik 2010 – Trends in Technologie und Markt. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, SecuMedia-Verlag, 2000.

**[Bundesverband der Phonographischen Wirtschaft e.V 2001]**

o. A.: Jahreswirtschaftsbericht 2000. Bundesverband der Phonographischen Wirtschaft e.V. 2001, http://www.ifpi.de/index.htm?jumpUrl=/jb/2001/jb01b.html, Stand Juni 2000.

**[Burton 2001]**

Burton, J.: BUSINESS TO BUSINESS; Peer-to-Peer Grows Up And Gets a Real Job. In: New York Times 13.6.2001, http://query.nytimes.com/search/abstract?res= F40816F734580 C708DDDAF0894D9404482, Stand Juni 2002.

**[Büttgenbach 1991]**

Büttgenbach, S.: Mikromechanik. Einführung in Technologie und Anwendungen. Teubner, Stuttgart 1991.

**[Cahners In-Stat Group 2001]**

o. A. Cahners In-Stat Group: Wireless LANs Moving Toward The Enterprise Mainstream. Cahners In-Stat Group, San Jose 2001, www.instat.com, Stand Juli 2001.

**[CATV Cyberlab 7/2001]**

o. A. CATV Cyberlab: Cable Speeds – It is not cut and dry – read why. GecKo Research & Publishing, Nashville 2001, http://www.catv.org/frame/cmur_speed.html, Stand Juli 2001.

**[CERT 2002]**

o. A. : CERT/CC Statistics 1988-2002. Cert 2002, http://www.cert.org/stats/cert_stats.html, Stand Juni 2002.

**[Chu/Haussecker/Zhao 2002]**

Chu, M.; Haussecker, H.; Zhao, F.:Scalable Information-Driven Sensor Querying and Routing for ad hoc Heterogeneous Sensor Networks. In: International Journal of High Performance Computing Applications 2002, http://www2.parc.com/spl/projects/cosense/pub/idsq.pdf, Stand Juni 2002.

**[Cisco 2002]**

o.A.: GPRS White Paper. Cisco 2002, http://www.cisco.com/warp/public/cc/so/ neso/gprs/gprs_wp.htm, Stand Juni 2002.

**[Comcar 2002]**

o. A.: COMCAR - Communication and Mobility by Cellular Advanced Radio. Comcar 2002, http://www.comcar.de/overview.html, Stand April 2002.

**[Constellation 3D 2002]**

o. A. : technology. Constellation 3D 2002, http://www.c-3d.net/technology.html, Stand Juni 2002.

**[Covell 2000]**

Covell, A.: Digital Convergence: The Next Phase Approaches. Information Week 18.12.200, Issue 817, S. 86-89.

**[Craipeau/Marot 1983]**

Craipeau, S. ; Marot, J.-C.: Telework. Montpellier 1983. In: Telework : impact on living and working conditions. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, Dublin 1984.

**[Christ 2001]**

Christ, E.: Von der Vernetzung von Unternehmen zur Vernetzung von Dingen. In: alma 1/2001, S. 8-12.

**[Cyrano Sciences 2000]**

o. A.: Cyrano Sciences' Sensor Technology - The Heart of the Cyranose 320 Electronic Nose. Cyrano Sciences 2000, http://cyranosciences.com/technology/sensor.html, Stand April 2002.

**[Daniels/Lamond/Standen 2001]**

Daniels, K.; Lamond, D.; Standen, P.: Teleworking: Frameworks for Organizational Studies. In: Journal of Management Studies Dezember 2001, Vol 38 Issue 8, S. 1151-1186.

**[Delphi 1998]**

o.A.: Delphi ’98 – Umfrage – Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Frauenhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe 1998.

**[DeMaria 2002]**

DeMaria, M. J. : Home Smart Home. In: Network Computing 7.1.2002, Vol. 13 Issue 1, S. 55-61.

**[Denert 2001]**

Denert, E.: Visions of Mobility. In: Stimmen, J. (Hrsg.): Telematik – NetzModerneNavigatoren. Buchhandlung Walter König, Köln 2001.

**[Deter 2000]**

Deter, C.: Einprägsames Bilderleben mit Laser - Großbildprojektion, der flachste Bildschirm variabel in Größe, Norm und Farbe. Interview von Innovationen und Innovationspolitik für die Informationsgesellschaft in Berlin Brandenburg 2000, http://www.isst.fhg.de/ info@polis/nr9/Deter.html, Stand Mai 2002.

**[Dieter 1991]**

Dieter, W. H.: Technologiemanagement – Theorie und Praxis. In: Müller-Böling, D., Seibt, D., Winand, U. (Hrsg): Innovations- und Technologiemanagement, C. E. Poeschel Verlag, Stuttgart 1991.

**[Dhir 2001a]**

Dhir, A.: Voice and Data Converge In VoIP. In: Wireless systems Design Mai 2001, Vol. 6 Issue 2, S. 41-49.

**[Dhir 2001b]**

Dhir, A.: Home Networking – The Transition form PCs to Information Appliances. In: ECN: Electronic Component News, 15.05.2001 Corporate Pofiles, Vol 45 Issue 6, S. 106.

**[Doherty 2002]**

Doherty, S.: P2P Taps The Enterprise. In: Network Computing 18/3/2002, Vol. 13 Issue 6, Seite 94-96.

**[Dresden-3D 2002]**

o. A.: Dresden-3D Display (D4D) – how it works. Dresden-3D 2002, http://www.dresden3d.com/english/products_how_js.htm, Stand April 2002.

**[Drexler 1989]**

Drexler, K. E.: The Challenge of Nanotechnology. NANOCON PROCEEDINGS, Seattle, Washington 1989, http://www.halcyon.com/nanojbl/NanoConProc/nanocon1.html #anchor528648, Stand Juni 2002.

**[Drücke/Feuerstein/Kreibich 1986]**

Drüke, H.; Feuerstein, G.; Kreibich, R: Büroarbeit im Wandel - Tendenzen der Dezentralisierung mit Hilfe neuer Informations- und Kommunikationstechnologien. In: RKW-Schriftenreihe Mensch und Technik, Eschborn 1986.

**[Düberdorfer 2001]**

Dübendorfer, T: An Extensible Infrastructure and a Representation Scheme for Distributed Smart Proxies of Real World Objects. ETH Zürich Institute of Information Systems, Zürich April 2001.

**[Duncan 2001]**

Duncan, S.: Data on Bluetooth – A Guide to its Deployment, Mobile Streams Limited, 2001.

**[Durlacher 2001]**

o. A.: Mobile Commerce Report. Durlacher Mai 2001, http://www.durlacher.com/fr-research.htm, Stand Juni 2001.

**[Dussauge/Hart/Ramanantsoa]**

Dussauge, P.; Hart, S.; Ramanantsoa, B.: Strategic Technology Management. McGraw-Hill, Paris 1992.

**[DSLReports.com 2002]**

o.A.: ADSL – Definition. DSLReports.com, 2002, http://www.dslreports.com/information/kb/ADSL, Stand Juni 2002

**[DStatG 2001]**

o.A.: Anforderungen an ein aussagekräftiges System von Statistik in der Wirtschaft. Deutsche Statistische Gesellschaft 2001, http://www.dstatg.de/archiv/WS_Anforderungen_2002_Mueller.pdf, Stand Juni: 2002.

**[Eberhardt 2002]**

Eberhardt, K.: Touchless Fingerprint Sensor System mit erweiterten Sicherheitsmerkmalen. TST – Touchless Sensor Technology AG, im Rahmen der CEFIS-Vortragsreihe, Hannover CeBit 2002.

**[ECIN 2001]**

o.A.: Neue Studie: Viele IT-Investitionen laufen ins Leere. ECIN März 2002, http://www.ecin.de/news/2002/03/18/04060/, Stand 03.05.2002.

**[ECMA 1999]**

o. A.: Standard ECMA-274 - Data Interchange on 120 mm Optical Disk using +RW Format - Capacity: 3,0 Gbytes and 6,0 Gbytes, ECMA – Standardizing. Information and Communication Systems 2002, http://www.ecma.ch/, Stand Mai 2002.

**[E-Ink 2002]**

o. A.: E-Ink Technology. E-Ink 2002, http://www.eink.com/technology/index.html, Stand Januar 2002.

**[Electronics Group 2002]**

o. A.: Glossary of Telematic Systems and Terms. Electronics Group 2002, http://www.warwick.ac.uk/atc/electronics/teleassess/glossary.htm#T, Stand Juni 2002.

**[Emmerij 1992]**

Emmerij, L.: Globalization, Regionalisation and World Trade, In: Columbia Journal of World Business Sommer 1992, Vol. 27, Issue 2, Seite 6-14.

**[Engesser 1988]**

Engesser, H. (Hrsg.): Duden Informatik. B. I. Wissenschaftsverlag, Mannheim 1988.

**[Eppler 1998]**

Eppler, Dr. M.: Wissensmanagement - Ein konzentrierter Ueberblick. In: Mueller (Ed.), Handbuch Human Resources Management, Weka Verlag, Zürich 1998, http://www.mediamanagement.org/modules/pub/view.php/knowledgemedia-8, Stand 26.08.2002.

**[Erdmann/ Petersen 1975]**

Erdmann, H.W.; Petersen, J.: Strukturen empirischer Forschungsprozesse - Einführung in die wissenschaftstheoretischen, methodologischen und statistischen Grundlagen empirisch-pädagogischer Forschung. Henn, Ratingen [u.a.] 1975.

**[Ericsson 2002]**

o.A.: GPRS - General Packet Radio Service. Ericsson 2002, http://www.ericsson.com/ technology/GPRS.shtml, Stand Juni 2002.

**[Ermanni 2001]**

Ermanni, P.: Composites Technologien. Institute of Mechanical Systems Centre of Structural Technologies 2001, http://www.imes.ethz.ch/st/teaching/fachvertiefung/einfuehrung/30-545-WS0001-V1.pdf, Stand Mai 2002.

**[Esler/Hightower/Anderson/Borriello 1999]**

Esler, M.; Hightower, J.; Anderson T.; Borriello, G.: Next Century Callenges: Data-Centric Networking for Invisible Computing. In: Proceedings of Mobicom 99, Seattle WA August 1999. http//citeseer.nj.nec.com/esler99next.html, Stand Dezember 2001.

**[ETSI 2002]**

o. A. ETSI: Broadband Radio Accecc Networks (BRAN) ; HIPERACCESS; System Overview. Technical Report TR102003 v1.1.1 (2002-03) 2002, http://www.etsi.org, Stand März 2002.

**[Fairlie 2001]**

Fairlie, R.: A Peek at the FUTURE of Digital Domiciles. In: Fortune Sommer 2001, Vol. 143 Issue 13, S. 102-110.

**[Feiner/MacIntyre/Höllerer/Webster 1997]**

Feiner, S.; MacIntyre, B.; Hollerer, T.; Webster, T.: A Touring Machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. In: Personal Technology 1(4): 208-217 1997, http://www.cc.gatech.edu/~blair/papers/perstech.pdf, Stand Juni 2002.

**[Feymann 1960]**

Feynmann, R.: There's Plenty of Room at the Bottom - An Invitation to Enter a New Field of Physics. American Physical Society 1960, http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html, Stand Juni 2002.

**[Financial Times Deutschland 2001]**

o. A.: Cebit: Themen-Rundgang PC und Peripherie - "Star Trek" Speichersystem. In: Financial Times Deutschland 19.03.2001, http://www.ftd.de/tm/hs/1068064.html?nv=rs, Stand Juni 2002.

**[Finkenzeller 2000]**

Finkenzeller, K.: RFID-Handbuch. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, Carl Hanser Verlag, München, Wien 2000.

**[Fleisch 2001]**

Fleisch, E.: Betriebswirtschaftliche Perspektiven des Ubiquitous Computing. In: H. U. Buhl, A. Huther, B. Reitwiesner: Information Age Economy, Physica-Verlag, Heidelberg 2001, S. 177-191.

**[Foerster/Green/Somayazulu/Leeper 2001]**

Foerster, J.; Green, E.; Somayazulu, S.; Leeper, D.: Ultra-Wideband Technology for Short- or Medium-Range Wireless Communications. In: Intel Technology Journal 2. Quartal 2001, http://intel.com/technology/itj/q22001/articles/art_4.htm, Stand Juni 2002.

**[Forman/Zahorjan 1994]**

Forman, G. H.; Zahorjan, J.: The Challange of Mobile Computing. UW CSE Tech Report # 93-11-03 1993, ftp.cs.washington.edu, Stand März 2002.

**[Frank/Schauer 2002]**

Frank, U., Schauer, H.: Software für das Wissensmanagement – Einschlägige Systeme und deren Einführung. Uni-Koblenz, 2002, http://www.uni-koblenz.de/~iwi/publicfiles/PublikationenFrank/wisuWM.pdf, Stand: Oktober 2002.

**[Fraunhofer 2002]**

o. A.: MPEG Audio Layer-3. Fraunhofer 2002, http://www.iis.fhg.de/amm/techinf/layer3/index.html, Stand Juni 2002.

**[Fremery 2000]**

Fremery, F.: Eine Revolution in Silizium – Rekonfigurierbare Logik im Vergleich. In: c't 17/2000, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover, August 2002, S. 202.

**[Frenzel 2001]**

Frenzel, L.: Home Networking: What, When, And How It Can Bloom. In: Electronic Design 04.06.2001, Vol. 49 Issue 12, S. 40.

**[Frerichs/Kübler 1980]**

Frerichs, W.; Kübler, K.: Gesamtwirtschaftliche Prognoseverfahren. Vahlen, München 1980.

**[Friedrichs 1973]**

Friedrichs, J.: Methoden empirischer Sozialforschung. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg 1973.

**[FTE 2002]**

o. A.: Nanotechnologie – Auf der Ebene der Atome verwischen sich die Grenzen. In: FTE Info Vol 21, Februar 1999, http://europa.eu.int/comm/research/rtdinf21/de/dossier1.html, Stand Juni 2002.

**[G-series ITU-T Recommendations 2000]**

o.A. : Splitterless Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL) Transceivers. G-series ITU-T Recommendations, 2000, http://www-comm.itsi.disa.mil/itu/r_g0900.html, Stand : Januar 2001.

**[Garrty/Korentang/Brandle 2001]**

Garrty, B.; Korentang, J.; Brandle, L.: Digital Delivery in Europe ist the Focus of Plug. In: Billboard 14.04.2001, Vol 113 Issue 15, S. 6-9.

**[Gausemeier/Fink/Schlake 1996]**

Gausemeier, Fink, Schalke: Szenario-Management – Planen und Führen mit Szenarien. 2., bearb. Aufl., Hanser, München; Wien 1996.

**[Geldof/Terken 2001]**

Geldof, S; Terken, J.: Talking wearables exploit context. In: Personal and Ubiquitous Computing Vol. 5, 2001, S. 62-65.

**[Gehle 2000]**

Gehle, M.: IT-unterstützter Wissentransfer in der internationalen Forschung und Entwicklung: Ein Praxisbericht über den „Markplatz des Wissens“ der BMW AG. In: Wirtschaftsinformatik 42 (2000) Sonderheft IT & Personal, S. 119 – 124.

**[Gerpott 1999]**

Gerpott, Torsten J.: Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement: Eine konzentrierte Einführung. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1999.

**[Geschka 1995]**

Geschka, H.: Methoden der Technologiefrühaufklärung und der Technologievorhersage. In: Zahn, E.(Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement, Schäfer-Poeschel, Stuttgart 1995.

**[Ginarlis 2001]**

o. A.:Financial Services in the Virtual World. Geneva Papers on Risk & Insurance April 2001, Vol 26 Issue 2, S. 184-206.

**[Gisholt 1976]**

Gisholt, O.: Marketing-Prognosen unter Berücksichtigung der Delphi-Methode. Verlag Paul Haupt, Bern und Stuttgart 1976.

**[Gleißer/Füser 2000]**

Gleißner, W.; Füser, K.: Moderne Frühwarn- und Prognosesysteme für Unternehmensplanung und Risikomanagement. Competence-Stite 2001, http://www.competence-site.de, Stand Juni 2001.

**[Goldhaber-Gordon 1995]**

Goldhaber-Gordon D. J. K.: Quantum-Dot Cells and Wireless Electronic Logic. MITRE Nanosystems Group and Physics Department, Massachusetts Institute of Technology 1995, http://www.mitre.org/technology/nanotech/goldhaber_on_qdot_cells.html, Stand Mai 2002.

**[Goldman 2000]**

Goldman, D.: Digital Publishing Is Driven By Producers Not Readers. Adweek Eastern Edition 05.06.2000, Vol. 41 Issue 23, S. 22-23.

**[Götze 1993]**

Götze, Uwe: Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. DUV, Wiesbaden 1993.

**[Grohns 2000]**

Grohs, G.: Chip, Chip, hurra! - Die Herstellung von Halbleiterbauelementen. Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover Ausg. 24 Jg. 2000, Seite 274

**[Gründel 2002]**

Gründel, N.: Technologie für den Pentium 10. Spiegel Online 2002, http//www.spiegel.de/netzwelt/technologie/0,1518,185587,00.htm, Stand 31.05.2002.

**[Grupp 1992]**

Grupp, H.: Nutzung von Wissenschafts- und Technikindikatoren bei der Identifikation und Bewertung von Innovationsprozessen. In: Technologiefrühaufklärung (Hrsg.) vom VDI-Technologiezentrum, Stuttgart 1992, S. 41-70.

**[GSMWorld 2002]**

o.A.: What is General Packet Radio Service? GSWWorld.com 2002, http://www.gsmworld.com/technology/gprs/intro.shtml, Stand Juli 2002.

**[Günter 2001]**

Günter, J.: Verkehrstelematik – Technische Möglichkeiten der Zukunft. Internationales Symposium Verkehrstelematik 2001, http://www.iv-salzburg.at/static/iv/guenther.pdf, Stand Juni 2002.

**[Gyricon Media 2002]**

o. A.: Smart Paper. Gyricon Media 2002, http://www.gyriconmedia.com/smartpaper/index.asp, Stand Juni 2002.

**[Hansmann 2002]**

Hansmann, F.: Steganografie und Innere Sicherheit. Nach dem 11. September: Dürfen Daten noch verborgen werden? Stenagos GmbH, Im Rahmen der CEFIS-Vortragsreihe, Hannover CeBit 2002.

**[Hassan 1999]**

Hassan, R.: Globalization: Information Technology and Culture within the Space Economy of late Capitalism. In: Information Communikation & Society Sep. 99, Vol. 2 Issue 3, S. 300-317.

**[Heinold 1999]**

Heinold, E. F.: Vom Knowledge Management bis zum Intranet: Neue Chancen für Verlage. Fachdienste.de 1999, http://www.fachdienste.de/p27.htm, Stand Juni 2001,

**[Held/ McGrew 1993]**

Held, D.; McGrew, A. G.: Globalization and the Liberal Democratic State. In: Government & Opposition 28: 2, 1993, 261-285.

**[Herrschel/Newmann 2000]**

Herrschel, T.; Newmann, P.: New Regions in England and Germany: An Examination Of The Interaction Of Constitutional Struktures, Formal Regions And Informal Institutions. Urban Studies Juni 200, Vol. 37 Issue 7, Seite 1185-1203.

**[Hobbs 2002]**

Hobbs, B.: NBC's Tandberg Television digital distribution system. Broadcast Engineering Februar 2002, Vol. 44 Issue 2, S. 74.

**[Hogg 1998]**

Hogg, A. G. R.: Storage Area Networks – Frequently Asked Questions. Hitachi Data Systems Corporation, Storage Line of Business, 1998, http://www.Hitachi.com, Stand Februar 2001.

**[Holzkamp 1973]**

Holzkamp, K.: Sinnliche Erkenntnis - Zusätze historischer Ursprung und gesellschaftliche Funktion der Wahrnehmung. Athenäum-Fischer-Taschenbuch-Verl., Frankfurt am Main 1973.

**[homeautomation.org 2000]**

o. A.: Homeautomation – Definition. Homeautomation.org 2000, www.homeautomation.org, Stand Juni 2001.

**[HomePNA.org 2002]**

o.A.: THE HOME PHONELINE NETWORKING ALLIANCE: SIMPLE, HIGH-SPEED ETHERNET TECHNOLOGY FOR THE HOME. HomePNA.org 2002, http://www.HomePNA.org/docs/wp1.html, Stand Juni 2002.

**[HomeRF Working Group 2001]**

o. A. HomeRF Working Group: Home Network Technologies. HomeRF Working Group Inc. 2001, http://www.homerf.org/data/tech/consumerwhite-Paper.pdf, Stand März 2002.

**[Horx/Wippermann 1996]**

Horx, M., Wippermann, P.: Was ist Trendforschung. Econ, Düsseldorf 1996.

**[HowStuffWorks 2000]**

o. A.: Digital Scents Create Stink on the Web. HowStuffWorks 2000, http://www.howstuffworks.com/news-item219.htm, Stand April 2002.

**[Huang 2000]**

Huang, P.: Wearable Computers Are Coming, Whether You Like It Or Not. Computer Engineering and Networks Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, 2000, http://www.inf.ethz.ch/vs/events/HUK2kW/Huang.pdf, Stand Dezenber 2002.

**[Hungenberg 2000]**

Hungenberg, H.: Strategisches Management in Unternehmen: Ziele – Prozesse – Verfahren. Gabler, Wiesbaden 2000.

**[Hungenberg 2001]**

Hungenberg, H.: Strategisches Management in Unternehmen: Ziele – Prozesse – Verfahren, 2. überarb. und erw. Aufl., Gabler, Wiesbaden 2000.

**[Hunter 1999]**

Hunter, J.: MPEG-7 - Behind the Scenes. D-Lib Magazine September 1999, Volume 5, Number 9, http://www.dlib.org/dlib/september99/hunter/09hunter.html, Stand Juni 2002.

**[Huss/Honton 1987]**

Huss, Honton: Scenario Planning - what style should you use? Long Range Planning 1987, Vol. 20, No 4, S. 21-29.

**[IBM Almalden 2002]**

o. A.: New Mechanisms - Introduction: Alternative Storage Mechanisms. IBM Almaden Research Center 2002, http://www.almaden.ibm.com/sst/html/newmech/newmech.htm, Stand April 2002.

**[IBM Think Research Online 2002]**

o. A.: Back to the Future: Copper Comes of Age. IBM Think Research Online 2001, http://domino.research.ibm.com/comm/wwwr_thinkresearch.nsf/pages/copper397.html, Stand Mai 2002.

**[IEC 2002]**

o. A.: Home Networking - Definition and Overview. IEC – International Engineering Consortium 2002, http://www.iec.org/online/tutorials/home_net/, Stand 06.2002.

**[IEEE 1998]**

o. A.: IEEE Std 1394-1995 – Description - IEEE Std 1394-1995 IEEE Standard for a High Performance Serial Bus. IEEE 1998, http://standards.ieee.org/reading/ieee/std_public/ description/busarch/1394-1995_desc.html, Stand Juni 2002.

**[IEEE802.org 2002]**

o. A.: IEEE 802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks. IEEE802.org 2002, http://ieee802.org/15/about.html, Stand Juni 2002.

**[Intel Research 2002]**

o. A.: Mooreslawgraph. Intel Research 2002, http://www.intel.com/research/silicon/pix/mooreslawgraph2.gif, Stand März 2002.

**[International Engineering Consortium 2000a]**

o.A.: Very-High-Data-Rate Digital Subscriber Line (VDSL) - Definition and Overview. International Engineering Consortium, 2000, http://www.iec.org/online/tutorials/vdsl/, Stand Juni 2000.

**[International Engineering Consortium 2000b]**

o.A.: Spectral Compatibility of Digital Subscriber Line (DSL) Systems - HDSL. International Engineering Consortium, 2000, http://www.iec.org/online/tutorials/spectral_compat/topic03.html, Stand Juni 2000.

**[International Engineering Consortium 2000c]**

o.A.: Spectral Compatibility of Digital Subscriber Line (DSL) Systems - SDSL. International Engineering Consortium, 2000, http://www.iec.org/online/tutorials/spectral_compat/topic04.html, Stand Juni 2000.

**[ITG Fachgruppe 1999]**

o. A.: FMC – Konvergenz von Fest- und Mobilfunknetzen. ITG-Fachgruppe 5.2.4 im Fachausschuß Kommunikationsnetze und –systeme der Informationstechnischen Gesellschaft des Technisch-Wissenschaftlichen Verbandes der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e.V. 1999, http://www.imst.de/mobile/itg/fmcbuch.pdf, Stand Dezember 2002.

**[IZET 2000]**

o. A.: Mikrosystemtechnik (MST). IZET 2000, http://www.mst.izet.de/mst-definition.html, Stand Juni 2002.

**[Jackson 1998]**

Jackson, C.: Process to Product: Creating tools for knowledge management. Paper 1998

**[Jantsch 1967]**

Jantsch, E.: Technological Forecasting in Perspective. Paris 1967.

**[Johnsson 1999a]**

Johnsson, M.: HiperLAN2 Global Forum (H2GF). HiperLAN/2 Global Forum 1999, http://www.hiperlan2.com/presdocs/site/hiperlan2.exe, Stand März 2002.

**[Johnsson 1999b]**

Johnsson, M.: HiperLAN/2 – The Broadband Radio Transmission Technology Operating in the 5 GHz Frequency Band. HiperLAN/2 Global Forum 1999, http://www.hiperlan2.com/, Stand März 2002.

**[Johnson/Scholes 1988]**

Johnson, G.; Scholes, K.: HiperLAN/2 – Exploring Corporate Stategy. Englewood Cliffs 1988.

**[Jung 2001]**

Jung, V.: Wege in die Informationsgesellschaft. Unterlagen zur BITKOM Pressekonferenz, Berlin 6. Februar 2001.

**[Kahn/Wiener 1972]**

Kahn, H; Wiener A. J.: Ihr werdet es erleben: Voraussagen der Wissenschaft bis zum Jahre 2000. Molden, Wien 1972.

**[Kasten/Langheinrich 2001]**

Kasten, O.; Langheinrich M.: First Experiences with Bluetooth in the Smart-Its Distributed Sensor Network. Workshop on Ubiquitous Computing and Communications. In: Proc. PACT 2001, Oct. 2001.

**[Keating 2002]**

Keating, M.: Geschäftsmodelle für Bildungsportale – Einsichten in den US-amerikanischen Markt. In Bentlage, U. [Hrsg.]: E-learning : Märkte, Geschäftsmodelle, Perspektiven. Verlag Bertelsmann-Stiftung, Gütersloh 2002.

**[Keenan/Ante/Elgin/Hamm 2002]**

Keenan, F.; Ante, S., E.; Elgin, B.; Hamm, S.: The NEW Teamwork. Business Week 18.02.2002 Issue 3770, S. 12-17.

**[Kern/Schröder 1977]**

Kern, W., Schröder, H.-H.: Forschung und Entwicklung in der Unternehmung. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg 1977.

**[Kevin/Lamond/Standen 2001]**

Kevin, D.; Lamond, D.; Standen, P.: Teleworking: Frameworks for Organizational Research. In: Journal of Management Studies Dec2001, Vol. 38 Issue 8, S.1151 – 1186.

**[Kini 2002]**

Kini, R. B.: Peer-to-Peer Technology: A Technology Reborn. In: Information Systems Management, Sommer 2002, Vol. 19 Issue 3, S. 74-85.

**[Klau 1999]**

Klau, A.: Globalisierung – Definition, Bestimmungsgründe, Auswirkungen. Reihe des Instituts für Allgemeine Wirtschaftsforschung, Abteilung für Mathematische Ökonomie, Freiburg 1999.

**[Klayton-Mi 2002]**

Klayton-Mi, M. A.: Telemanagement: The New Management Doctrine. Mary Washington College, Fredericksburg, Virginia 2002, http://departments.mwc.edu/buad/www/ KlaytonMi/TELEMANA.htm, Stand Juni 2002.

**[Koenen 2000]**

Koenen, R.: MPEG-4 – Overview. International Organisation for Standardisation, Beijing, Juli 2000, http://www.iis.fhg.de/amm/techinf/mpeg4/mp4_overv.pdf, Stand Juni 2002.

**[Kolbe 1997]**

Kolbe L. M.: Informationstechnik für den privaten Haushalt – Anwendungen und Infrastrukturen. Physica-Verlag, Heidelberg 1998.

**[Kolnsberg 2001]**

Kolnsberg, S.: Drahtlose Signal- und Energieübertragung mit Hilfe von Hochfrequenztechnik in CMOS-Sensorsystemen. Krefeld 2001, http://www.ub.uni-duisburg.de/ETD-db/theses/available/duett-07182001-135552/unrestricted/komplett.pdf, Stand April 2002.

**[Komag 2002]**

o. A.: Harddrive – Technology Overview. Komag Inc. 2002, http://www.komag.com/technology/komagtech.html, Stand Februar 2002.

**[Krätke 2002]**

Krätke, S. (2002): Global Media Cities in a Worldwide Urban Network. GaWC Research Bulletin 80, http://www.lboro.ac.uk/gawc/rb/rb80.html, Stand Mai 2002.

**[Kreibich et al. 1990]**

Kreibich, R.; Drüke, H.; Dunkelmann, H.; Feuerstain, G.: Zukunft der Telearbeit – Empirische Untersuchungen zur Dezentralisierung und Flexibilisierung von Angestelltentätigkeiten mit Hilfe neuer Informations- und Kommunikationstechnologien. RKW-Schriftenreihe, Lengericher Handelsdruckerei, Lengerich 1990.

**[Kreikebaum 1991]**

Kreikebaum, H.: Strategische Unternehmensplanung. 4. Aufl., Kohlhammer, Stuttgart [u.a.] 1991.

**[Krückeberg/Spaniol 1990]**

Krückeberg, F.; Spaniol, O. (Hrgs.): Lexikon Informatik und Kommunikationstechnik. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1990.

**[Kroy 1995]**

Kroy, W.: Technologiemanagement für grundlegende Innovationen. In: Zahn, E. (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement, Schäfer-Poeschel, Stuttgart 1995.

**[Kyas 1998]**

Kyas, O.: ATM-Netzwerke – Technologien – Design – Betrieb. 4. aktualisierte und erweiterte Auflage, International Thomas Publishing, Bonn 1998.

**[Langheinrich/Mattern/Römer/Vogt 2000]**

Langheinrich, M.; Mattern, F.; Römer, K.; Vogt H.: First Steps Towards an Event-Based Infrastructure for Smart Things. Ubiquitous Computing Workshop (PACT 2000) October 15-19, 2000, Philadelphia, PA., http://www.inf.ethz.ch/vs/publ/papers/firststeps.pdf, Stand Juni 2002.

**[LeBlanc 2000]**

LeBlanc, L.: Industry Awaits Digital Guidelines. In: Billboard, 04.11.2000, Vol. 112 Issue 45, S. 48-50.

**[Lennox 2001]**

Lennox, D.: The Role of a Learning Content Management System in Speedy Time to Performance. WBT Systems 2001, http://www.wbtsystems.com/downloads/ whitepapers/managing-knowledge.pdf, Stand August 2002.

**[Lerner 2000]**

Lerner, E. J.: The end of the road for Moores Law? IBM Think Research Online 2000, http://domino.research.ibm.com/comm/wwwr_thinkresearch.nsf/pages/moore499.html, Stand Mai 2002.

**[Linder 1992]**

Linder, C. u. a.: Surface micromachining. In: J. Micromech. Microeng. 2 (1992), S. 122-132.

**[Lipinski 2001a]**

Lipinski, K. (Hrsg.): Lexikon Verkabelung. 3., aktualisierte und erw. Auflage, MITP-Verl., Bonn 2001.

**[Lipinski 2001b]**

Lipinski, K. (Hrsg.): Lexikon LAN-Technologien. 3., aktualisierte und erw. Auflage, MITP-Verl., Bonn 2001.

**[Liquid Audio 2002]**

o. A.: Liquid Audio – Company Profile. Liquid Audio 2002, http://www.liquidaudio.com/ company/profile/index.asp, Stand Juni 2002.

**[Lowrey 2001]**

Lowrey, J.: Peer-to-Peer – A Security Nightmare or a Secure Opportunity? Endeavors Technology 2001.

**[Love/Ellenbogen 1997a]**

Love J. C.; Ellenbogen, J. C.: Biochemical and DNA-Based Nanocomputers. MITRE Nanosystems Group 1997, http://www.mitre.org/technology/nanotech/biocomputers.html, Stand Mai 2002.

**[Love/Ellenbogen 1997b]**

Love J. C.; Ellenbogen, J. C.: Quantum Nanocomputers. MITRE Nanosystems Group 1997, http://www.mitre.org/technology/nanotech/quantum.html, Stand Mai 2002.

**[Macharzina 1999]**

Macharzina, K.: Unternehmensführung: das interne Managementwissen; Konzepte – Methoden – Praxis. 3., aktualisierte und erw. Aufl., Gabler, Wiesbaden 1999.

**[Manafy 2001]**

Manafy, M.: facts, figures & findings. Source: EMedia Aug. 2001, Vol. 14 Issue 8, S. 10.

**[Mann 1997]**

Mann, S.: On the Bandwagon or Beyond Wearable Computing. In: Personal Technologies, Vol. 1, No. 4, 1997.

**[Martino 1973]**

Martino, J. P.: Trent Exploration. In: Bright, J. R./Schoenman, M. E. F. (Hrsg.): A Guide to Practical Technological Forecasting, Englewood Cliffs 1973, S. 106-125.

**[Mattern 2001]**

Mattern, F.: Ubiquitous Computing: Vision und technische Grundlagen. In: INFORMATIK-INFORMATIQUE 5/2001, S. 4-7 (joint issue with Novática and Upgrade), Oktober 2001- Aktualisierte Version des Beitrags in Eberspächer, J.; Hertz, U (Hrsg.): Leben in der e-Society: Computerintelligenz für den Alltag. Springer-Verlag, 2002, S. 27-33.

**[Mattern/Langenheinrich 2001]**

Mattern, F.; Langheinrich, M.: Allgegenwärtigkeit des Computers - Datenschutz in einer Welt intelligenter Alltagsdinge. In: Müller, G.; Reichenbach, M. (Hrsg.): Sicherheitskonzepte für das Internet, Springer-Verlag, S. 7-26, Mai 2001.

**[McQuarrie 1994]**

McQuarrie, F. A. E.: Telecommuting: Who really benefits? In: Business Horizons, Nov/Dec 1994, Vol. 37 Issue 6, S. 79-84.

**[Mechatronik-Portal 2002]**

o. A.: Mechatronik: Definition und Begriffsbestimmung – Microsystemtechnik. Mechatronik Portal 2002, http://www.mechatronik-portal.de/mechatronik_definition.html, Stand Juni 2002.

**[Meffert 1998]**

Meffert, H.: Marketing: Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung: Konzepte – Instrumente – Praxisbeispiele, Gabler, Wiesbaden 1998

**[Meyer-Schönherr 1992]**

Meyer-Schönherr: Szenario-Technik als Instrument der strategischen Planung. Ludwigsburg [u.a.] : Verl. Wiss. & Praxis 1992.

**[Microsoft Press 2000]**

o.A.: Computer-Fachlexikon - Fachwörterbuch. Ausgabe 2000, Microsoft Press, Unterschleißheim 2000.

**[Microsoft Presseservice 2001]**

o.A.: Europas Wirtschaftsunternehmen setzen auf IT-Investitionen: Nur neue Technologien bringen Wettbewerbsvorteile. Microsoft 2001, http://presse.microsoft.at/ News_ShowPage.asp? newsId=231&secId=4, Stand 15.04.2002.

**[Miele 2002]**

o. A.: Pressemeldung: Miele@home: erweiterte Bedienoberfläche und neue Funktionen. Miele 2002, http://www.miele.de/indexa.html?page=/D/presse/doc_2002/doc_2002022.html, Stand Juni 2002.

**[Milbrandt 2002]**

Milbrandt, C.: White Paper - G.shdsl. Cisco-Systems, 2002, http://www.cisco.com/warp/public/cc/so/neso/dsso/global/shdsl_wp.htm, Stand Dezember 2002.

**[Milgram 1994]**

Milgram, P.: A taxanomy of mixed reality visual displays. In: IEICE Transactions on Information Systems, Vol E77-D, No.12 December 1994.

**[Mitchell 1997]**

Mitchell, Dr. W: Assessment of Molecular Electronic Memory Technology. In: Ashton, Dr. G. R.: Solid State Memory Study. National Media Laboratory 1997 http://www.nta.org/ Publications/TechnicalReports/TechnologyAssessments/SolidStateMemoryStudy/molecular.html, Stand Mai 2002.

**[Mitre 1999a]**

o. A.: Comparison of Nanotransistor Technologies. MITRE Nanosystems Group and Electrical and Computer Engineering Department Carnegie Mellon University 1999, http://www.mitre.org/technology/nanotech/compare_chart1.html, Stand Mai 2002.

**[Mitre 1999b]**

o. A.: Resonance Tunneling Devices. MITRE Nanosystems Group and Electrical and Computer Engineering Department Carnegie Mellon University 1999, http://www.mitre.org/ technology/nanotech/resonance_tunneling_device.html, Stand Mai 2002.

**[Mitre 1999c]**

o. A.: Future Nanocomputer Technologies. MITRE Nanosystems Group and Electrical and Computer Engineering Department Carnegie Mellon University 1999, http://www.mitre.org/ technology/nanotech/futurenano.html, Stand Mai 2002.

**[Mitre 1999d]**

o.A.: Mechanical Nanocomputers. MITRE Nanosystems Group 1999, http://www.mitre.org/ technology/nanotech/mechanical.html, Stand Mai 2002.

**[Montemerlo 1998]**

Montemerlo, M. S.: Description of Single-Electron Transistors. MITRE Nanosystems Group and Electrical and Computer Engineering Department Carnegie Mellon University 1998, http://www.mitre.org/technology/nanotech/single_electron_transistor.html, Stand Mai 2002.

**[Montemerlo/Love/Ellenbogen 1999]**

Montemerlo, M. S.; Love, J. C.; Ellenbogen, J. C.: Overview of Electronic Nanocomputers. MITRE Nanosystems Group and Electrical and Computer Engineering Department Carnegie Mellon University 1999, http://www.mitre.org/technology/nanotech/nano_elect_ovw.html, Stand Mai 2002.

**[Moore 1965]**

Moore, G. E.: Cramming more components onto integrated circuits. In: Electronics Magazine, Volume 38, Number 8, 19.4.1965, http://www.intel.com/research/silicon/moorespaper.pdf, Stand März 31.05.2002.

**[Morgan Stanley 2001]**

o.A..: The Technology and Internet Primer – Dec 2000. Morgan Stanley Dean Witter 2001, www.morganstanley.com, Stand März 2001.

**[Morrison 2000]**

Morrison, D.: Sensors Measure Up To Emerging Automotive Safety Standards - Occupancy seat sensors and angular-rate sensors enhance the effectiveness of airbags

and vehicle dynamic controls. Electronic Design 2000, http://www.elecdesign.com/magazine/2000/sep0500/specreports/2SR1.shtml?ads=power, Stand Juni 2002.

**[Morrison/Ricks 1991]**

Morrison, A. J.; Ricks, D. A.: Globalisation vs. Regionalisation: Which Way For The Multinational? In: Organizational Dynamics Winter 1991, Vol. 19, Issue 3, Seite 17-30.

**[Motorola 2000]**

o.A.: Telematics – Technology. Motorola 2000, http://www.motorola.com/automotive/telematics/technology/, Stand Juni 2002.

**[Nath 1998]**

Nath, N., M.: CAN protocol eases automotive-electronics networking (controller-area networking). EDN ACCESS 17.08.1998, http://www.findarticles.com/m0EDN/n17_v43/ 21106559/p1/article.jhtml, Stand Juni 2002.

**[Network Briefing Daily 2001]**

o. A.: Europe Warms to Teleworking. In: Network Briefing Daily 26.10.2001, S. 5.

**[Networkworld 2002a]**

o.A.: Übertragungsmedien. Networkworld.de 2002, http://www.networkworld.de/onlinelexikon/detail.cfm?datei=/onlinelexikon/1/F007091.HTM, Stand Juni 2002.

**[Networkworld 2002b]**

o.A.: Kabel. Networkworld.de 2002, http://www.networkworld.de/onlinelexikon/detail.cfm?datei=/onlinelexikon/2/F007132.HTM, Stand Juni 2002.

**[Networkworld 2002c]**

o.A.: Kabelverteilnetze. Networkworld.de 2002, http://www.networkworld.de/onlinelexikon/detail.cfm?datei=/onlinelexikon/5/F009375.HTM, Stand Juni 2002.

**[Networkworld 2002d]**

o.A.: Powerline. Networkworld.de 2002, http://www.networkworld.de/onlinelexikon/detail.cfm?datei=/onlinelexikon/4/F009704.HTM, Stand Juni 2002.

**[NeurOK 2000]**

o. A.: NeurOK 3D Approach. Neurostereodisplay. NeurOK LLC 2000, http://3d.neurok.com, Stand April 2002.

**[Nilles 1983]**

Nilles, J. M.: An overview of office workstation in the home. Hekt. Ms. Graduate School of Business Administration, University of Southern California, Los Angeles November 1983.

**[Noda/Okamoto/Sasaki 1986]**

Noda, J.; Okamoto, K.; Sasaki, Y.: J. Lightwave Techn. In: LT-4 (1986), 1071 ff..

**[Ochsner 1997]**

Ochsner, H: DECT – The standard explained. The CECT-Forum Februar 1997, http://www.dectweb.com/dectforum/dectforum/dectforum.htm, Stand Februar 2002.

**[Olson 1983]**

Olson, M. H.: Remote Office work. In: Communikation of the ACM 1983, Vol. 26 No. 3, S. 183.

**[Olson 1999]**

Olson, C.: A Plain English Guide to Storage Area Networks. SanCastle Technologies, Inc., 1999.

**[Ohaha Systems 2001]**

o. A.: Smart Decentralized Peer-to-Peer Sharing: Thaking Gnutella, Frenet to the next Level. The Ohaha Systems 2001, http://www.ohaha.com/design.html, Stand November 2001.

**[Orckit 2001a]**

o.A.: How does ADSL work. Orkit 2001, http://www.orckit.com/asp/sub.asp?sec=128&sub=626, Junli 2001.

**[Orkit 2001b]**

o. A.: HDSL2 Benefits. Orkit 2001, http://www.ftd.de/tm/hs/1068064.html?nv=rs, Stand Junli 2001.

**[O'Rourke 2002]**

O'Rourke, B.: The Future of Multimedia Home Networking. In: Elektronic News 14.01.2002, Vol 48 Issue 3, S. 12-14.

**[Österle 1995]**

Österle, H.: Business-Engineering : Prozeß- und Systementwicklung. Springer, Berlin [u.a.] 1985.

**[Österle/Fleisch/Alt 2001]**

Österle, H.; Fleisch, E.; Alt, R.: Business networking : shaping collaboration between enterprises. Springer, Berlin [u-a-] 2001.

**[Ovum 2000]**

o.A.: OVUM Reports 1998 & 1999. Ovum 2000, http://www.ovum.com, Stand Juni 2001.

**[Oxford University Press 1997]**

o. A.: A Dictionary of Finance and Banking. Oxford University Press 1997. Oxford Reference Online. Oxford University Press. 4 JUN 2002 http://www.oxfordreference.com/ views/ENTRY.html?subview=Main&entry=t20.001610, Stand Juni 2002.

**[Pampus 2002]**

Pampus, Dr. J.: Komfortable Sicherheit mit Gesichtserkennung. Cognitec Vision Software AG 2002, Im Rahmen der CEFIS-Vortragsreihe, Hannover CeBit, 2002.

**[Patrizio 2000]**

Patrizio, A.: New Life for Peer-to-Peer Computing. In: Information Week 2000, Vol. 813, Seite 97-104.

**[Paul 1981]**

Paul, R.: Mikroelektronik: Technologie- und Schaltungstechnik. Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1981.

**[Pederson 2001]**

Pederson, T.: Magic Touch: A Simple Object Location Tracking System Enabling the Development of Physical-Virtual Artefacts in Office Environments. Department of Computing Science, Umeå University, Sweden. In: Personal and Ubiquitous Computing, Abstract Volume 5 Issue 1 (2001) S. 54-57

**[peer-to-peer working group 2002]**

o. A.: what is peer-to-peer? peer-to-peer working group 2001, http//.www.peer-tp-peer.org/whatis/index.html, Stand Juni 2002.

**[Perez 2002]**

Perez, M.: Ultra Wideband: The Ultimate Disruptive Technology. ultrawidebandplanet.com 11.06.2002, http://www.ultrawidebandplanet.com/technology/article/0,,10850_1355831, 00.html, Stand Juni 2002.

**[Perillieux 1987]**

Perillieux, René: Der Zeitfaktor im strategischen Technologiemanagement: früher oder später Einstieg bei techn. Produktinnovationen? Schmidt, Berlin 1987.

**[Pfeiffer 1992]**

Pfeiffer, S.: Technologie Frühaufklärung. S+W, Hamburg 1992.

**[Pfender 2002]**

Pfender, S.: Technologien für digitale Signaturen – Wie sicher kann eine digitale Signatur sein? Oder What you see – Is what you sign? Towitoko German Technology 2002, Im Rahmen der CEFIS-Vortragsreihe, Hannover CeBIT, 2002.

**[Poledna 2001]**

Poledna , S.: TTP scheme fuels safer drive-by-wire. Electronic Engineering Times 05.03.2001 Issue 1156, S. 82-84.

**[Porter 1996]**

Porter, M. E.: Wettbewerbsvorteile : Spitzenleistungen erreichen und behaupten = (Competitive advantage). 4., durchges. Auflage, Campus-Verlag, Frankfurt 1996.

**[Popper 1973]**

Popper, K. R.: Logik der Forschung . 5. Aufl., Nachdr. d. 4., verb. Aufl., Mohr, Tübingen 1973.

**[Ranum 1996]**

Ranum, M. J.: The Future of Firewalls. Ranum.de 1996, http://web.ranum.com/pubs/futr-fw/sld001.htm, Stand Mai 2002.

**[Reg-TP 2000]**

o. A.: Zuordnung der ersteigerten UMTS/IMT-2000 Frequenzblöcke. Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post 2000, http://www.regtp.de/tech_reg_tele/start/fs_06.html, Stand Dezember 2000.

**[Reibnitz 1992]**

Reibnitz, U. von: Szenario-Technik – Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung. 2. Auflage, Gabler 1992.

**[Reith/Malone 2001]**

Reith, C. H.; Malone, D. C.: Understanding the fundamental concepts for interpreting or conducting meta-analyses. In: Formulary August 2001, Vol. 36 Issue 8, S. 594-600.

**[Rensmann/Gröpler 1998]**

Rensmann, J. H.; Gröpler, K.: Telearbeit – Ein praktischer Wegweiser. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1998.

**[Reynolds 2000]**

Reynolds, M.: A Smarter Home Network. In: Electronic News 11/12/2000, Vol. 46 Issue 50, S. 28.

**[Rieger 2001]**

Rieger, S.: IBM: Neues Verfahren bringt Durchbruch bei Festplatten. ZDNet Deutschland GmbH 2001, http://news.zdnet.de/cgi-bin/de/printer_friendly.cgi?id=2086990, Stand Januar 2002.

**[Rink 1998]**

Rink J.: Meisterhafte Kleinarbeit: Nanotechnologie – die industrielle Revolution des 21. Jahrhunderts? In: c’t 21/1998, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover 1998.

**[Robins 2001]**

Robins, A.: Cable wants home control. In: Electronic Media 10.09.2001, Vol. 20 Issue 37, S. 28-32.

**[Rogge 1972]**

Rogge H. J. : Methoden und Modell der Prognose aus absatzwirtschaftlicher Sicht. Ein Beitrag zur Prognoseforschung im Unternehmensbereich, Berlin 1972.

**[Roth/Arnold 2002]**

Roth, V., Arnold, M.: Improved Key Management for Digital Watermark Monitoring. Frauenhofer Institute for Computer Graphics, Darmstadt 2002, http://www.igd.fhg.de/igd-a8/, Stand April 2002.

**[Russell 2002]**

Russell , T.: The Smart Card as Corporate ID Card. Datakey Inc. 2002, Im Rahmen der CEFIS-Vortragsreihe, Hannover CeBit 2002.

**[Ryan 1998]**

Ryan, J.: Wireless Enterprise Networking. The Applied Technologies Group, Natick 1998.

**[Salopek 2000]**

Salopek, J., J.: Digital Collaboration. In: Training & Development Juni 2000, Vol. 54 Issue 6, S. 38-44.

**[Schaller/Bier/Linder/Schubert 1994]**

Schaller, T.; Bier, W.; Linder, G.; Schubert, K.: F&M, In F&M Heft 5-6 [1994], 274-278.

**[Schechter/Ross 2002]**

Schechter, B.; Ross, M.: Leading the Way in Storage. IBM Think Research Online 2002,
http://domino.watson.ibm.com/comm/wwwr_thinkresearch.nsf/pages/storage297.html, Stand April 2002.

**[Scheuermann 2002]**

Scheuermann, Dr. D.: Biometrische Erkennungsverfahren: Welchen Nutzen bringt die Technik heute? Fraunhofer Institut für Sichere Telekooperation 2002, Im Rahmen der CEFIS-Vortragsreihe, Hannover CeBit 2002.

**[Schierenbeck 1983]**

Schierenbeck, H.: Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre. 7. Aufl., Oldenbourg, München 1983.

**[Schmeh 2002]**

Schmeh, K.: Kryptographie-Integration ins Internet. GITS AG 2002, Im Rahmen der CEFIS-Vortragsreihe, Hannover CeBit, 2002.

**[Scholles 1998]**

Scholles, F. : Gesellschaftswissenschaftliche Grundlagen – Planungsmethoden. Institut für Landesplanung und Raumforschung 1998, http://www.laum.uni-hannover.de/ilr/lehre/Ptm/Ptm_Szenario.htm, Stand Juni 2002.

**[Schumann/Meyer/Stöbele 1999]**

Schumann, J.: Grundzüge der mikroökonomischen Theorie. Springer 1999

**[Schüttengruber/Molisch/Bonek 2001]**

Schüttengruber/Molisch/Bonek: Intelligente Antennen im Mobilfunk – Tutorial. Institut für Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik der Technischen Universität Wien 2001,
http://www.nt.tuwien.ac.at/mobile/research/smart_antennas_tutorial/index.de.html,
Stand April 2002.

**[Schütz 1975]**

Schütz, W.: Methoden der mittel- und langfristigen Prognose – Eine Einführung. Wilhelm Goldmann Verlag, München 1975.

**[Schwierzock 2001]**

Schwierzock, N.: Strategien und Erfolgsfaktoren für verteiltes Arbeiten am Beispiel Teleworking. In: Bullinger, H.-J.: Innovative Arbeitsgestaltung im Büro der Zukunft. Frauenhofer IRB Verlag, Stuttgart 2001.

**[Scott 2001]**

Scott, A.: 32-bit power drives the intelligent car. In: Electronic Engineering Times 05.03.2001 Issue 1156, S. 93-95.

**[Scourias 1995]**

Scourias, J.: A Brief Overview of GSM. University of Waterloo 1995, http://kbs.cs.tu-berlin.de/~jutta/gsm/js-intro.html, Stand Juli 2002.

**[SEiCOM 7/2000]**

o. A.: Homepage SEiCOM – Lexicon – Glasfaser. SEiCOM 7/2000, http://www.seicom-muc.de/index.html?/booklet/index.htm?/booklet/glasfaserkabel.htm, Stand April 2002.

**[Sellin/Sellin 1980]**

Sellin, R.; Sellin, H.: Gabler Wirtschaftslexikon. 10., neubearbeitete Auflage, G-K, Betriebswirtschaftlicher Verlag Gabler, Wiesbaden 1980.

**[sensible 2002]**

o. A.: Haptics Research. sensable 2002, http://www.sensable.com/haptics/haptics.html, Stand Juni 2002.

**[Sensorsmag 1999]**

o.A.: A New Electronic Nose. In: Sensorsmag 5/1999, S. 33, http://www.sensorsmag.com/articles/0599/0599_p33/main.shtml, Stand August 2002.

**[Sensorsmag 2000]**

o. A.: Before You Buy That Fish - Check Its Smellprint! In: Sensorsmag, 2000, http://www.sensorsmag.com/articles/0500/18/main.shtml, Stand April 2002.

**[Sepp 1992]**

Sepp, Hoger M.: Strategische Frühaufklärung: Eine ganzheitliche Konzeption aus ökologieorientierte Perspektiven. Gabler, Wiesbaden 1992.

**[Siemens 2001a]**

o. A.: Standards der schnurlosen Sprach- und Datenübertragung. Siemens AG 2001, http://www.siemens-mobile.de/mobile/downloads/white-Papers/WirelessStandards_d.doc, Stand Juni 2002.

**[Siemens 2001b]**

o. A.: TRENDS - Bilder aus der Zukunft. Siemens AG 2001, http://w4.siemens.de/FuI/de/archiv/pof/heft2_01/artikel02/index.html, Stand Juni 2002.

**[Siemens 2002]**

o.A.: Wireless Connectivity for Portable Technology. Siemens AG 2002, http://www.siemens.nl/umts/about/bluetooth.asp, Stand Februar 2002.

**[Sietmann 2001]**

Sietmann, R.: Quo vadis, Mobilfunk? – Nebenbuhler und Nachfolger von UMTS. In: c't 5/01, Seite 94, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover 2001.

**[Specht 1996]**

Specht, G.; Beckmann, C.: F&E-Management. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1996.

**[SSE 1997]**

o. A.: Förderschwerpunkt Smart System-Engineering - Abschlußbericht (Kurzfassung, 35 Seiten) der Vorphase des Leitprojektes SSE (Smart System Engineering). Smart System Engineering 1997, http://www.e-technik.uni-erlangen.de/~sse/sse_kurz.html, Stand Mai 2002.

**[Staehle 1985]**

Staehle, W. H.: Management: Eine verhaltenswissenschaftliche Einführung. 2. Aufl., Vahlen, München 1985.

**[Stahl/Harhoff/Moch 1998]**

Stahl, K.; Harhoff, D.; Moch, D.: Informationstechnologie - Preisentwicklung und Produktivitätseffekte. ZEW 1998, http://www.zew.de/de/forschung/projekte.php3 ?action=detail& nr=118, Stand 20.01.2002.

**[Stahlknecht 1997]**

Stahlknecht, P.: Einführung in die Wirtschaftsinformatik. 8. Auflage, Springer Heidelberg 1997.

**[Starner et al. 1996]**

Starner , T.; Mann, S.; Rohdes, B.; Healey, J.; Russel, K., B.; Levine, J.; Pentland, A., P.:Wearable Computing and Augmented Reality. The Media Laboratory Massachusetts Institute of Technology 1996, http://citeseer.nj.nec.com/cache/papers/cs/405/ ftp:zSzzSzwhitechapel.media.mit.eduzSzpubzSztech-reportszSzTR-355.pdf/starner96wearable.pdf, Stand Juni 2002.

**[Starner 2001a]**

Starner T.: The Challenges of Wearable Computing Part I. In: IEEE Vol 21, T. 4, 2001 S. 44-53.

**[Starner 2001b]**

Starner T.: The Challenges of Wearable Computing Part II. In: IEEE, Vol 21, T. 4, 2001 S. 54-67.

**[Stieler 1999]**

Stieler, Dr. W.: Daten von der Rolle? Tesa-ROM soll zur Marktreife entwickelt werden. In: c’t 10/1999, März 1999, S. 40, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover 1999.

**[Stieler 1999]**

Stieler, Dr. W.: Daten von der Rolle? Tesa-ROM soll zur Marktreife entwickelt werden. In: c't 10/1999, S. 40, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, Hannover März 1999.

**[Svenson 2000]**

Svenson, A.: HyperLAN/2 – A new wireless Standard. In: HiperLAN2 Global Forum (H2GF) Seminar on Wireless Connectivity, Belgien 2000, http://www.hiperlan2.com/presdocs/ site/wirelessconnectivity28600.ppt, Stand März 2001.

**[TechChannel 2000a]**

o. A.: DSL - Schneller ins Internet. TecChannel 2002, http://www.tecchannel.de/ internet/418/2.html, Stand März 2002.

**[TechChannel 2000b]**

o. A.: 1394 / Firewire / i.Link im Detail. TechChannel 2000, http://www.tecchannel.de/ hardware/299/2.html, Stand Juni 2002.

**[TechChannel 2001]**

o. A.: Grundlagen: Festplattentechnik. TecChannel 2001, http://www.tecchannel.de/hardware/641/index.html, Stand April 2002.

**[techguide.com 1998]**

o. A.: Voice over IP (VoIP). techguide.com 1998, http://www.itpapers.com/cgi/ LoginIT.pl?redurl=/cgi/PViewIT.pl?scid=6*paperid=8069, Stand Juni 2002.

**[techguide.com 2001]**

o. A.: Voice over Internet Protocol. techguide.com 2001, http://www.itpapers.com/ cgi/PSummaryIT.pl?paperid=20545&scid=6, Stand Juni 2002.

**[Telematics Research Group 2002]**

o. A.: Worldwide Telematics: Regional Markets & Forecast. Telematics Research Group 2002, http://www.telematicsresearch.com/PDFs/WW_ExecSum.pdf, Stand Juni 2002.

**[Theil 1966]**

Theil, H.: Applied Economic Forecasting. Amsterdam 1966.

**[Toffler 1983]**

Toffler A.: Die dritte Welle - Zukunftschance: Pespektiven für die Gesellschaft des 21. Jahrhunderts. Goldmann, München 1983.

**[TU-Berlin 2002]**

o.A.: Die Festplatte als magnetisches Speichermedium. TU-Berlin 2002, http://www.physik.tu-berlin.de/~ich/haupt.htm, Stand April 2002.

**[TU-Chemnitz 2000]**

o. A.: Kabelgebundener Datentransfer zwischen PC und Notebook - IEEE 1394. TU-Chemnitz 2000, http://www.tu-chemnitz.de/informatik/RA/kompendium/vortr_2001/pc/upunkt5.html, Stand Juni 2002.

**[Tuttlebee 1992]**

Tuttlebee, Dr. W. H. W.: Cordless Personal Communications. In: IEEE Communications Magazine, Dezember 1992, S. 42 – 53, http://www.dectweb.com/LearningZone/DECTTech.htm.

**[Uhrig 2000]**

Uhrig, S.: Future Trends – Visionen des Mobile Computing im 21. Jahrhundert. Fachbereich Informatik, Fachgebiet Betriebssysteme, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt 2000.

**[Ulrich 1984]**

Ulrich, H.: Management. Haupt, Bern 1984.

**[Ulrich 1990]**

Ulrich, H.: Unternehmenspolitik. 3. Aufl., Bern-Stuttgart 1990.

**[Ulrich/Krieg 1974]**

Ulrich, H.; Krieg, W.: St. Galler Management-Modell. 3. Aufl. Haupt, Bern 1974.

**[UMTS Forum 2002]**

o.A.: What is UMTS? UMTS Forum 2002, http://www.umts-forum.org/what_is_umts.html, Stand Januar 2002.

**[UMTS Forum Report No. 8 1999]**

o.A. UMTS Forum Report No. 8: The Future Mobile Market – Global trends and developments with a focus on Western Europe. UMTS Forum März 1999, www.umts-forum.org, Stand Januar 2002.

**[Ungerer 2001]**

Ungerer, T.: Mikroprozessoren – Stand der Technik und Forschungstrends. In: Informatik Spektrum 24 Februar 2001, Ausgabe 1, S. 3-15, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001.

**[UWB.org 2002]**

o. A.: What is Ultra Wideband technology? UWB.org 2002, http://www.uwb.org/faqs.html, Stand Juni 2002.

**[VDI 2000]**

o. A.: MIKROSYSTEMTECHNIK > DEFINITION: WAS IST MIKROSYSTEMTECHNIK? VDI/VDE-Technologiezentrum Informationstechnik GmbH 2000, http://www.vdivde-it.de/mst/mikrosystemtechnik/def_mst.html, Stand Mai 2002.

**[VQF 2001]**

o. A.: So what exactly is VQF? VQF 2001, http://www.vqf.com/faq.php3, Stand Januar 2002.

**[Vries 2000]**

Vries, J. de: Die Kommunikation der Zukunft ist frei von zeitlichen, räumlichen oder technischen Fesseln. Siemens AG Information and Communication Networks Vertrieb Deutschland 12/2000.

**[Vroomen 2001]**

Vroomen, P.: Home Networking Headway. In: Electronic News 08.03.1999, Vol. 45 Issue 2260, S. 22-24.

**[Wahlbeck 2001]**

Wahlbeck, A.: Comparing Home Networking Technologies. In: Electronic News 29.01.2001, Vol. 47 Issue 5, S 26-28.

**[Wahlster 2000]**

Wahlster, W.: Infotext – Verbmobil. Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI GmbH), Saarbrücken 2000, http://www.dfki.de/~wahlster Stand Juni 2002.

**[Walter 1998]**

Walter, G.: Globalisierung - Begriffe, Prozesse, Konsequenzen. In: Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württenberg (Hrsg.): Globalisierung als Chance. 7. Forum der LpB 1998.

**[Weber 2002]**

Weber, F.: Home-Automation-Systeme erobern langsam aber sicher die privaten Haushalte- Alles unter Kontrolle. CH-Forschung 2002, http://www.ch-forschung.ch/pd/9804/art_02.htm, Stand Juni 2002.

**[Webophedia 2002]**

o. A.: peer-to-peer architecture. Webophedia.com 2002, http://www.webophedia.com/TERM/P/peer_to_peer_architecture.html, Stand Juni 2002.

**[Weiser/Brown 1995]**

Weiser, M.; Seely Brown, J.: Designing Calm Technology. Xerox PARC Institute 21.12.1995. http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/calmtech/calmtech.htm, Stand Januar 2002.

**[Welge/Al-Laham 1992]**

Welge, M. K.; Al-Laham, A.: Planung - Prozesse, Strategien, Maßnahmen. Gabler, Wiesbaden 1992.

**[Welge/Al-Laham 1999]**

Welge, M. K.; Al-Laham, A.: Strategisches Management: Grundlagen – Prozess – Implementierung. Gabler, Wiesbaden 1999.

**[Whatis?com 2002]**

o. A.: smart home or building – Definition. Whatis?.com 2002, http://whatis.techtarget.com/definition/0,,sid9_gci540859,00.html, Stand Juni 2002.

**[Wiele 2002]**

Wiele, Dr. J.: Kein Patenrezept für IT-Grundschutz – Security wird dynamischer. NetworkWorld Deutschland, Computerwoche Verlag GmbH 2002, http://www.networkworld.de/defaults/printversion.cfm?id=79642&pageid=0, Stand Mai 2002.

**[Wilson 2000]**

Wilson, T.: B2B Warning: Don’t be an ugly American. In: Internet Week 9.10.2000, Issue 832, Seite 38-41.

**[Wirbel 1997]**

Wirbel, L.: Rockwell adds a C (for consumer) to DSL mix. EETimes, 1997, http://www.eetimes.com/news/97/979news/rockwell.html, Stand: Januar 2001.

**[Wöhe 1990]**

Wöhe, G.: Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 17. Aufl., Vahlen, München 1990.

**[Wolf 2000]**

Wolf, R.: Messaging, Groupware, Dokumentenmanagement, Workflow: Kommt das papierlose Büro? MONITOR – Magazin der Informationstechnik, Ausgabe 3/2000, http://www.monitor.co.at/index.cfm?storyid=2191, Stand April 2002.

**[World Wide Packets 7/2001]**

o.A.: World Wide Packets Website: A Technology Paper – Last mile broadband technologies. Veradale 2001, http://www.worldwidepackets.com/solutions/papers/wp_lastmile.jsp 7/2001.

**[Wolfrum 1994]**

Wolfrum, B.: Strategisches Technologiemanagement. 2., überarbeitete Auflage, Gabler, Wiesbaden 1994.

**[Wunderer/Grunwald 1980]**

Wunderer, G., Grunwald, W.: Führungslehre. de Gruyter, Berlin 1980.

**[Xerox 2000]**

o. A.: Xerox Spins Out Gyricon Media Inc. To Commercialize Electronic Reusable Paper - "The Paper Of The Future". Xerox 2000, http://www.xerox.com/go/xrx/template/ 019e.jsp?id=Xerox+Spins+Out+Gyricon+Media+Inc+to+Commercialize+Electronic+Reusable+Paper_11990813&Xcntry=USA&Xlang=en_US, Stand Juni 2002.

**[Xu/Singhal 1996]**

Xu, J.; Singhal, M.: Ligical Firwalls: A Mechanism for Security in Future Networking Environments. Department of Computer and Information Science, The Ohio State University Columbus 1996.

**[Yoshida 2000]**

Yoshida, H.: Hitachi Storage Central and Storage Area Networks. Hitachi Data Systems, Santa Clara, 2000, http://www.hds.com, Stand Februar 2001.

**[Zahn 1995]**

Zahn. E.: Gegenstand und Zweck des Technologiemanagements. In: Zahn, E.(Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement, Schäfer-Poeschel, Stuttgart, 1995.

**[Zenk 1998]**

Zenk, A.: Lokale Netze – mit neuer Technik in das Jahr 2000: Technologien, Konzepte, praktischer Einsatz. Bonn 1998.

**[Zerdick/ Picot/ Schrape et al. 1999]**

Zerdick, A.; Picot, A.; Schrape, K.; et al. : Die Internet-Ökonomie. Strategien für die digitale Wirtschaft. Springer Verlag 1999

**[Zyska 2001]**

Zyska, P.: Home networking standards battle being fought on a new level. In: Computer Dealer News 13.04.2001, Vol. 17 Issue 8, S. 6.

# Versicherung

Hiermit versichere ich, daß ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts habe ich keine Unterstützungsleistungen erhalten.

Weitere Personen waren an der Abfassung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Die Hilfe eines Promotionsberaters habe ich nicht in Anspruch genommen. Weitere Personen haben von mir keine geldwerten Leistungen für Arbeiten erhalten, die nicht als solche kenntlich gemacht worden sind. Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Unterschrift