



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Vernetzte Welt

Kommunikation für die Gesellschaft



INNOVATION

Deutschland. Das von morgen.

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Publikationen; Internetredaktion
11055 Berlin

Bestellungen

Schriftlich an den Herausgeber
Postfach 30 02 35
53182 Bonn
oder per
Tel. : 01805 - 262 302
Fax: 01805 - 262 303
(0,12 Euro/Min.)
E-Mail: books@bmbf.bund.de
Internet: <http://www.bmbf.de>

Koordination

Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt e.V.
Helmut Schmidt

Autor

Dr. Mathias Schulenburg, Köln

Gestaltung

Suzy Coppens, Köln
www.bergerhof-studios.de

Bonn, Berlin 2005

Gedruckt auf Recyclingpapier

Bildnachweis

Titelbild: Siemens AG, München
Seite 4: BergerhofStudios, Köln
Seite 5, rechts: MPI für Pflanzenzüchtung, Köln
Seite 5, links: Siemens AG Archiv, München
Seite 6: Deutsche Telekom AG, Bonn
Seite 7: Grafik, BergerhofStudios, Köln
Seite 8: Deutsche Telekom AG, Bonn
Seite 9: Deutsche Lufthansa AG, Frankfurt
Seite 10: Airbus S.A.S.
Seite 11, oben: ESA
Seite 11, unten: MPI für Radioastronomie, Bonn
Seite 12: MPI für Pflanzenzüchtung, Köln
Seite 13, oben: Schreiner LogiData GmbH & Co. KG, München
Seite 14, oben: PolyIC GmbH&Co.KG, Erlangen
Seite 14, unten: BergerhofStudios, Köln
Seite 15, oben: TeleGeography Research, PriMetrica, Inc.
Seite 15, unten: BergerhofStudios, Köln
Seite 16: Grafik, BergerhofStudios, Köln
Seite 17, rechts: Bank of England
Seite 17, links: Smithsonian Institution, Washington
Seite 18: Bildmontage, BergerhofStudios, Köln
Seite 19, links: Uni Karlsruhe
Seite 19, rechts: Montage, BergerhofStudios, Köln
Seite 20, oben: Smithsonian Institution, Washington
Seite 20, unten: IEEE History Center
Seite 21: Bildbearbeitung nach einer Vorlage von Robert W. Coburn
Seite 22: Merck KGaA, Darmstadt
Seite 23: Fraunhofer (HHI), Berlin
Seite 24, oben: Osram Opto Semiconductors GmbH, Regensburg
Seite 24, unten: Carl Zeiss, Oberkochen
Seite 25, oben: Deutsche Telekom AG, Bonn
Seite 25, unten: Osram Opto Semiconductors GmbH, Regensburg
Seite 26: Deutsche Telekom AG, Bonn
Seite 28: BergerhofStudios, Köln
Seite 29: Siemens AG, München
Seite 30: Siemens AG, München
Seite 31: Siemens AG, München
Seite 32: BergerhofStudios, Köln



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Vernetzte Welt

Kommunikation für die Gesellschaft



Kaum eine Technologie hat in unserer Gesellschaft in den letzten hundert Jahren – ausgehend von den Forschungsarbeiten von James Clerk Maxwell und Heinrich Hertz – so eine rasante Entwicklung erfahren, wie die Kommunikationstechnologie. Internet und Mobilfunk haben unseren Alltag erobert. Das Handy und der Computer sind wichtige Bestandteile unseres täglichen Lebens geworden. Zukünftig wird eine Verschmelzung von Internet und Sprachkommunikation völlig neue Perspektiven der Kommunikation eröffnen. Wir leben in einer sich rasant fortentwickelnden VERNETZTEN WELT.

Für eine moderne Industrienation wie Deutschland ist ein hohes Maß an Innovation unverzichtbar, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können. Kommunikationstechnologien sind und werden in Zukunft ein noch wichtigerer

Vorwort

Innovationsmotor sein. Mehr als die Hälfte der Industrieproduktion und über 80% der Exporte Deutschlands hängen heute vom Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnik und elektronischer Systeme ab. Deutschland ist einer der Systemführer für Kommunikationstechnologien. Praktisch alle führenden Systemanbieter für Mobilfunksysteme sind in Deutschland mit Forschung, Entwicklung und Produktion⁰ präsent. Ebenso nimmt die Forschung in Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen international eine Spitzenposition ein.

Im Rahmen der Innovationsinitiative „Partner für Innovation“ arbeiten Wissenschaft, Wirtschaft und die Bundesregierung daran, dass Deutschland bei der Entwicklung innovativer Technologien und Anwendungen für die Kommunikationsnetze der Zukunft – der VERNETZTEN WELT – auch weiterhin eine führende Rolle zukommt.

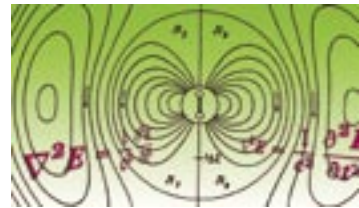
Mit dieser Broschüre soll die von den modernen Kommunikationstechnologien ausgehende Faszination vermittelt und veranschaulicht werden. Gleichzeitig soll deutlich gemacht werden, welche Dynamik sich in der zukünftigen Entwicklung ergeben wird und warum die Bundesregierung diesen für die gesellschaftliche und wirtschaftliche Zukunft unseres Landes so wichtigen Aspekt weiterhin fördern wird. Denn: Gefördert wird, was Arbeit schafft.

A handwritten signature in black ink, reading 'E. Bulmahn'.

Edelgard Bulmahn
Bundesministerin für Bildung und Forschung

Inhalt

Kommunikation und Gesellschaft	4-15
Was ist Kommunikation?	4
Eine Pflanze stellt Weichen	5
Glasfasern	6
Funknetze für das mobile Internet	8
Ein Netz geht in die Luft	9
Die Konferenz über den Wolken	10
Netze für die Wissenschaft	10
Das Honigszenario – wie aus Mini Mega wird	12
Etiketten mit Grips	13
Vernetzte Welt und Gesellschaft	15
Wie elektromagnetische Netze in die Welt kamen	16 - 21
Michael Faraday	17
James Clerk Maxwell	18
Heinrich Hertz	19
Guglielmo Marconi	20
Hedy Lamarr	20
Wie das Netz zum Menschen kommt – Mensch-Maschine-Interface	22 - 25
Dritte Dimension	23
Digitale Datenbrille	24
Netze für die Ohren	24
Internet im Auto	24
Autos gehorchen auf's Wort	25
Standards schaffen Märkte	26 - 27
Sicherheit	28 - 29
Funkwellen als Risiko?	29
Fördern was die Zukunft sichert	30 - 31
Die künftigen Schwerpunkte: Next Generation Networks	31
Literatur	32



Kommunikation und Gesellschaft

Die Welt ist voller Zeichen, die Kunst, sie zu verwenden, heißt Kommunikation. Ohne den Austausch verabredeter Zeichen würde die Welt zum Stillstand kommen, und keineswegs nur die Technosphäre, auch Pflanzen und Tiere wären ohne Kommunikation nicht lebensfähig, und erst recht nicht der Mensch.

*My baby whispers in my ear
Mmmm, sweet nothings
He knows the things I like to hear
Mmmm, sweet nothings*

Brenda Lee

Was ist Kommunikation?

Beim Menschen unterscheiden die Sozialwissenschaften als Kommunikationsarten die Einwirkung äußerer Zeichen auf einen Menschen – Winnetou liest Spuren –, den Austausch von Zeichen unter Menschen – Brenda werden süße Nichtigkeiten zugeflüstert – und die an Medien gebundene Kommunikation weniger Kommunikatoren mit vielen Empfängern. Die letzte, vornehmlich von Funk und Fernsehen gepflegte Kommunikationsart ist die beliebteste. Sie erfährt derzeit einen weiteren Qualitätssprung durch die Einführung des Digitalen Terrestrischen Fernsehens und des High-Definition-TV, das dem heimischen Pantoffelkino endgültig die technische Qualität des alten Filmtheaters gibt. Aber auch die Kommunikation von Mensch zu Mensch hat durch den

Station Nr. 50 der Telegraphenstrecke Paris-Berlin in Köln, 1834 in Betrieb genommen. Die Flügelstellung symbolisierte Zeichen und Worte, der Datendurchsatz betrug etwa ein Wort pro Minute, entsprechend 0,1 Byte/Sekunde. Die erste offizielle Nachricht aus Frankreich berichtete von einem Attentat auf den Bürgerkönig Louis Philippe am 28. Juli 1835. Der hatte sich seinerzeit unversehrt in seinen Steigbügeln aufgerichtet und „Ich bin noch da!“ gerufen. Den Entscheidungsfindern von heute stehen Gigabyte pro Sekunde zur Verfügung, der Inhalt mehrerer Enzyklopädien, weltweit. Die Datenflut wird vornehmlich für Bilder benötigt.



Mobilfunk neue Qualitäten gewonnen, Short Messages (SMS) sind Kult geworden. Dazu kommt eine Kommunikationsform, die es vor dem Computer nennenswert nicht geben konnte, die Kommunikation unter Maschinen.

Das explosionsartige Wachstum aller dieser Kommunikationsformen wird von Kommunikationsnetzen getragen, deren Anfänge sehr bescheiden waren, die modernen Netze begannen mit einem – Pflanzensaft.

Eine Pflanze stellt Weichen

1842 zeigte der schottische Arzt und Entdecker William Montgomery in einflussreichen Kreisen Londons Stücke von Guttapercha her, einer Art Kunststoff, gewonnen aus dem Saft der Guttaperchapflanze. Die Einwohner Singapurs, versicherte er, verstünden aus dem Stoff Axtstiele zu fertigen, die in warmem Wasser verformbar würden. Guttapercha wurde populär. 1846 schickte Wilhelm Siemens seinem Bruder Werner eine Probe aus England. Der fand, dass sich damit Kabel so umpressen und isolieren ließen, dass sie für eine unterirdische Verlegung taugten. Am 1. April 1849 wurde die Strecke Berlin-Frankfurt eröffnet. Die Geschichte endete mit abenteuerlichen und erfolgreichen Seekabelverlegungen, die den Namen Siemens weltbekannt machen und die Vernetzung der Welt einleiten sollten.

Isolierte Metallkabel erfuhren eine ständige Verfeinerung, heute sind Koaxialkabel der Stand der Technik, die Mikrowellen führen, denen zahlreiche Daten, Hörfunk- und Fernsehkanäle aufgeprägt sind. Das Guttapercha ist weniger schmackhaften Verbindungen gewichen, da sich Nagetiere darüber herzumachen pflegten. Schließlich wurde Licht als Informationsträger neu entdeckt, geleitet von Fasern aus Glas, was die Entwicklung drastisch beschleunigte.



Guttapercha-Pflanze.

Kabelverlegungsschiff „Faraday“ der Gebrüder Siemens.



Vermittlungsstellen sind wichtige Knotenpunkte des weltweiten Datenverkehrs.

Glasfasern

Die Idee, Glasfasern zur Informationsverarbeitung zu nutzen, ist alt, schon Alexander Graham Bell ließ, 1880, ein „Photophone“ patentieren, sein Telefon allerdings erwies sich als viel praktikabler. Dann machte sich allmählich die Erkenntnis breit, dass Glasfasern Licht transportieren können. Wenn nämlich ein optisch dichtes Medium wie Glas oder Wasser an ein optisch dünneres Medium wie Luft grenzt, wird das Licht bei streifendem Einfall auf diese Grenze „total reflektiert“, also vollständig. Und in einer Glasfaser ist aus Platzgründen der Lichteinfall immer streifend. Der Erste, der ein Glasfaserbündel zur Bildübertragung nutzte, war Heinrich Lamm, er übertrug 1930 das Bild einer Glühbirne.

Dann kam die Idee auf, Lichtimpulse durch Einzelfasern zu schicken, mit den Impulsen ließ sich Information übertragen. Als 1960 der Laser realisiert wurde, schien die ideale Lichtquelle gefunden. Indes: Die Laserimpulse kamen nicht weit, die Glasfasern dämpften das Licht zu stark. Das änderte sich im September 1970, als die Corning Glass Werke, USA, einen Prozess zur Erzeugung hochreiner Fasern bekannt gaben.

Die heute erhältlichen Glasfasern sind so klar – wäre Meerwasser gleichermaßen durchsichtig, könnte man von einem Schiff aus mit einem auf den Meeresboden gerichteten Teleskop selbst über den tiefsten Tiefseerinnen schwebend, also noch in 11.000 Metern Tiefe, die Muschelschalen am Grund zählen. Wenn es dort welche gibt.

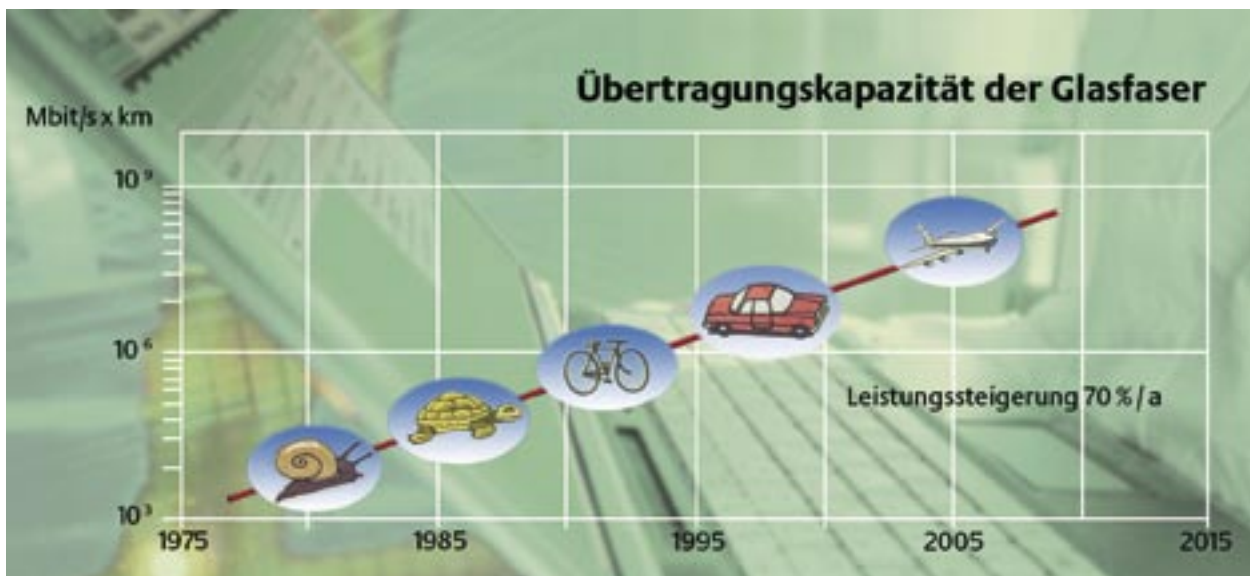
Die in Meereskabeln versenkten Glasfasern brauchten früher „Repeater“, Einheiten, in denen Lichtimpulse in Stromimpulse umgewandelt wurden, die wieder frisches, starkes Licht erzeugten – anderenfalls wären die Nachrichten nur als matte, unlesbare Fünkchen am Ziel angekommen. Heute können spezielle Glasfasern Lichtimpulse in der Form so genannter „Solitonen“ transportieren, die Verstärkung übernehmen Erbium-dotierte Faserabschnitte, die Wandlung Licht-Elektrizität-Licht entfällt. In Australien werden so bereits Tausende Kilometer ohne Repeater überbrückt, mit Datenübertragungsraten von 1,6 Terabit pro Sekunde.

Glasfasernetze bilden das Rückgrat der Informationsgesellschaft, gegenüber Satellitenverbindungen haben sie den Vorteil größerer Schnelligkeit und Robustheit. Wenn in der Videokonferenz Wort und Bild erst in den geostationären Orbit in 36.000 Kilometer Höhe und zurück müssen, kommen zwischen Frage und Antwort eine halbe Sekunde zu liegen

– ausreichend für normale Besprechungen, schlecht für interaktive Spiele oder Telemanipulation. Dann sind erdgebundene Netze gefragt.

Deutschland gehört, auch Dank vorausschauender politischer Förderung, zu den am besten vernetzten Regionen der Welt. Die Leistungsfähigkeit seiner Netze ist auf viele Faktoren zurückzuführen, verlegte Glasfasern oder Koaxialkabel sind nur eine Sache, eine andere die ständige Steigerung der Leistungsfähigkeit dieser Infrastruktur durch technisch/physikalische Raffinessen. So lassen sich im Medium Glasfaser verschiedene Lichtfarben als unabhängige Kanäle zur simultanen Signalübertragung nutzen. Für die Technik der Verpackung von Informationen in Lichtimpulse ist eine große Zahl verschiedener Komponenten notwendig: Optische Schalter, Verstärker, Verteiler, Modulatoren, Diodenlaser etc. – rund um das Netz ist ein Feuerwerk an Innovationen vonnöten. Deutsche Entwicklungen sind daran maßgeblich beteiligt.

Die Übertragungskapazität von Glasfasern hat sich über die Zeit in einem Verhältnis gesteigert, das den Geschwindigkeiten von Flugzeug und Schnecke entspricht. Dadurch hat die Leistungsfähigkeit des World Wide Web mit dem Bedarf mühelos mithalten können.





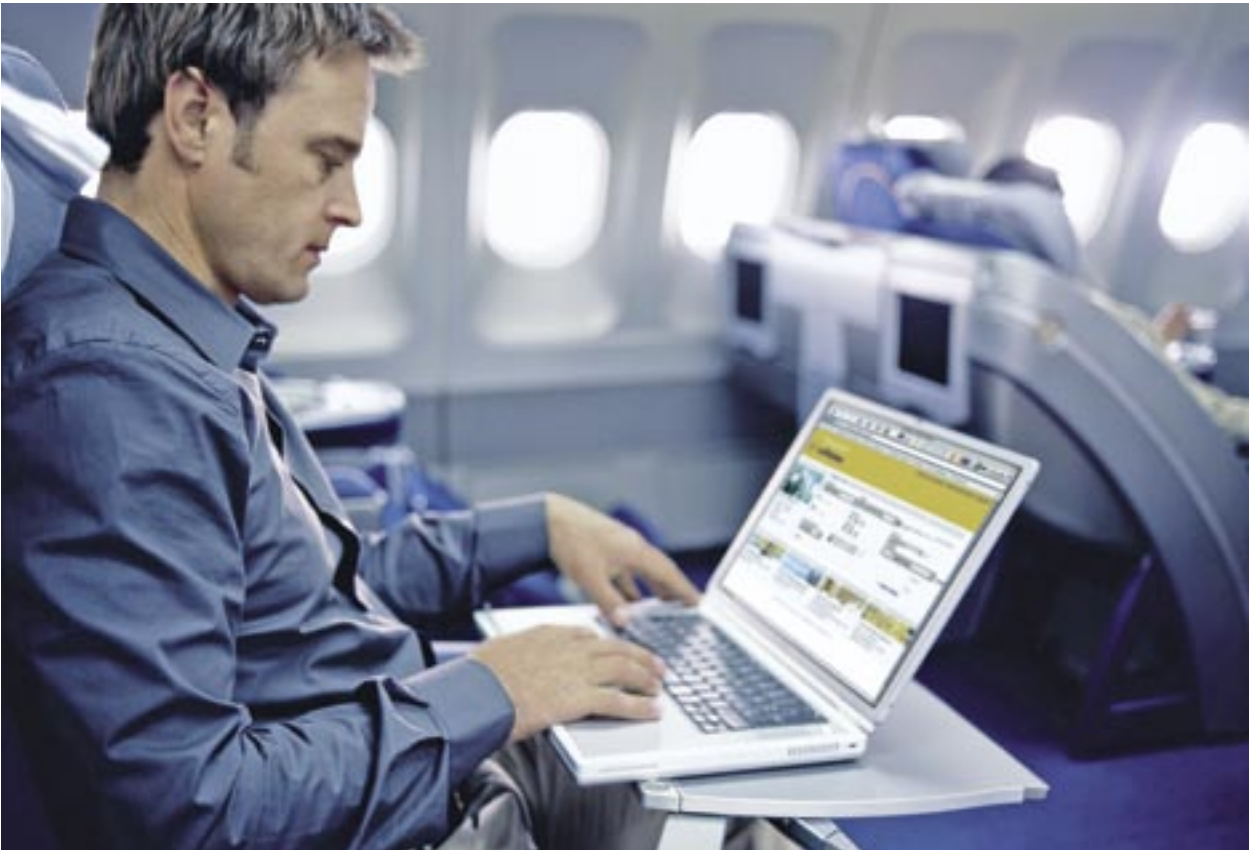
UMTS holt Multimedia auf das Handy.

Funknetze für das mobile Internet

Kabelgebundener Informationsaustausch hat einen Nachteil: Wenn es nur ihn gäbe, müsste jeder, der daran teilhaben will, an eine Art von Steckdose. Bei der mittlerweile erreichten Verbreitung von mobilen Notebooks, PDAs und Handys wird das mehr und mehr als Zumutung empfunden. Die Annehmlichkeiten drahtloser Verbindungen sind ja auch tatsächlich überzeugend: Ist es nicht schön, wenn man als Rundfunkreporter an einem Tagungsort sein Notebook aufklappen kann, ins Internet kommt, Hintergründe zum eben geführten Interview einholen und seinen Beitrag als mp3-Anhang via Mail an den Sender schicken kann? Ein Blick umher zeigt: Auch die anderen Damen und Herren sitzen vor aufgeklappten Notebooks. Ob dringlich oder nicht: Die Vorzüge des mobilen Internets sind für viele Berufszweige derart überzeugend, dass ein Hotel ohne WLAN-Breitbandverbindung künftig

Einbußen fürchten muss. Um das mobile Internet herum sind derart viele Serviceleistungen denkbar, dass sein kontinuierliches Wachstum auch dann angenommen werden kann, wenn der Fortschritt gelegentlich schwächelt. Die Entwicklung wird entsprechend vom BMBF gefördert.

Wie mobil kann das Internet werden? Die schöne Vision vom Drehbuchschreiben unterm Apfelbaum ist in den Ballungsgebieten heute schon real, mit UMTS und einer Einschubkarte für das Notebook kann das Drehbuch via Internet von unterwegs - vom Apfelbaum, vom Auto aus - zum Produzenten geschickt werden. Eine andere Einschubkarte zaubert - vorerst wiederum in den Ballungsgebieten - digitales Fernsehen auf das Notebook-Display, das überdies direkt auf der Festplatte gespeichert und mit einem Videoschnitt-Programm von Werbeblöcken befreit werden kann. Auch im ICE



Notebook erwünscht: Die großen Fluggesellschaften bereiten das Büro über den Wolken vor.

wird der Internetanschluss nicht mehr lange auf sich warten lassen; überraschend, vielleicht: Die technischen Herausforderungen sind hier größer als bei der Fliegerei.

Ein Netz geht in die Luft

Es gibt bereits Firmenjets mit Internet-Zugang, und Boeing wie Airbus arbeiten daran, die Technik auch breiteren Kreisen zu erschließen. Die technischen Schlüsselkomponenten sind flache, an der Flugzeugoberseite befestigte Antennen, die ein schon von Christian Huygens (1629-1695) entdecktes Prinzip bemühen: Einen großen, elektromagnetische Wellen abstrahlenden Körper darf man sich aus vielen kleinen Strahlern bestehend vorstellen, die allesamt „elementare“ Kugelwellen abstrahlen. Die überlagern sich zu einer großen Welle. Deren

Fortpflanzungsrichtung hängt wieder von den Phasenbeziehungen der Elementarwellen zueinander ab. Kurz: Aus vielen Einzelementen bestehende „Phased-Array“-Antennen können ihre Vorzugsrichtung für Sendung und Empfang blitzschnell elektronisch bestimmen und so auch von einem mitunter heftig bewegten Flugzeug aus verlässlich geostationäre, in 36.000 Kilometern Höhe kreisende Kommunikationssatelliten anpeilen – so kommt der Internetzugang für Airbus und Jumbo zustande.

Die Konferenz über den Wolken

Der erste Mensch, der den Atlantik fliegend überquerte – Charles Lindbergh, im Mai 1927 – hatte alles am Boden gelassen, was entbehrlich schien, sogar Funkgerät und Fallschirm. Vor seiner Nase blockierte ein Zusatztank die Sicht; wenn er sehen wollte, wohin er flog, musste er durch ein Periskop äugen. Meist aber flog seine fliegende Kiste in völliger Schwärze. Der ärgste Gegner des Unternehmens war die Müdigkeit, Lindbergh stampfte mit den Füßen, um sich wach zu halten.

Keine achtzig Jahre später werden manche seiner Enkel mit einem Komfort über den Atlantik schweben, den sich Lindbergh und Zeitgenossen nicht träumen lassen konnten, mit klimpernden Eiswürfeln in den Cocktails, alkoholfrei, denn sie haben zu tun. Der Airbus 380 hat Raum genug für ein Konferenzzimmer, die Entscheidungsfinder kommen mit schicken Notebooks an, die nichts lieber tun, als sich zu vernetzen.

Konferenzen sind nicht immer so effektiv, wie sie sein sollten. Das muss nicht die Schuld der Beteiligten sein, es sind auch technische Widrigkeiten, die das Getriebe knirschen lassen. Die gut geölte Konferenz im Airbus könnte so aussehen: Nach der altmodisch-höflichen Vorstellung – das muss sein unter Menschen, stimmt die Chemie? – klappen die Damen und Herren ihre Notebooks auf, deren Displays nun einen stilisierten Konferenztisch anzeigen. Dem sind Fotografien der Teilnehmer zugeordnet, in der richtigen Sitzordnung. Wer ein Portrait anklickt, holt die Visitenkarte des/der Beteiligten

Zum Komfort des A380 wird auch der Internetzugang gehören.



auf den Schirm, jetzt weiß man schon mal verlässlich, wer wer ist und kann das auch abspeichern. Man kommt auf Konkretes zu sprechen, das als Icons auf den Bildschirmen erscheint. Was den Beteiligten bewahrenswert erscheint, wird per Drag-and-Drop in vorbereitete Ordner expediert und so fort. Alles das klingt technisch simpel, nur: Für die Allgemeinheit gibt es das nicht – noch nicht. „Ad-Hoc“-Netzwerke könnten das Wunder bewirken: Mit WLAN oder Bluetooth ausgestattete Notebooks könnten, wenn sie in Funkreichweite kommen, spontan ein Netzwerk bilden, ohne schweißtreibende Konfiguration. Derzeit gibt es noch Bedenken, was Sicherheit und Verlässlichkeit angeht.

Wenn die Konferenz ein erfreuliches Ergebnis hat, werden die Beteiligten etwas zur Entspannung wünschen. Das könnte der neue Image-Film der Firma sein, in dem sie zu sehen sind, gerade fertig geworden und verfügbar über die Internetverbindung des Flugzeugs. Die Zuschauer sind besonders vom Ton beeindruckt. Der ist nach der Phased-Array-Antenne die zweite Anwendung des Huygenschen Prinzips: Zahlreiche kleine phasengesteuerte (mit kleinen relativen Verzögerungen arbeitende) Lautsprecher geben jedem Zuschauer im Raum die Möglichkeit, die Akteure akustisch zu orten, weit besser noch als mit der bekannten Stereotechnik und vor allem weniger stark vom Sitzplatz abhängig. IOSONO[®] heißt das vom Fraunhofer Institut für Digitale Medientechnologie IDMT in Ilmenau entwickelte System.

Wieder am Boden. Dort, im thüringischen Ilmenau, ist im Saal 3 der „Linden Lichtspiele“ die Fraunhofer-Idee realisiert, insbesondere jüngere Zuschauer nehmen wochenlange Wartezeiten in Kauf, um das mal hören zu können. Der weltweit erfolgreiche mp3-Standard kommt aus der gleichen Ideenschmiede. Es ist also nach wie vor möglich, Sachen zu erfinden, die die Leute haben wollen. Davon lebt der Standort Deutschland.

Netze für die Wissenschaft

Der Fortschrittsslogan „immer schneller, immer weiter, immer mehr“ ist häufig Gegenstand der Zivilisationskritik, es gibt indessen eine Klientel, die aus sehr guten und allgemein akzeptierten Gründen nicht genug bekommen kann – die Wissenschaft. Denn seit es Computer gibt, verfügt die Forschung über eine neue Erkenntnisquelle: Die rechnerische Simulation von Zusammenhängen, die sich nur durch unermüdliches Zahlenfressen erleuchten lassen (für einfache



Europa als Mosaikbild. Klimasimulation und Wettervorhersage erfordern die feinmaschige Erfassung von Daten, die von Netzen zusammengefasst werden.

lineare Zusammenhänge genügten Hirn, Bleistift und Papier.) Um aber chaotische Gegebenheiten wie das Klimageschehen halbwegs transparent und durch Visualisierung begreifbar machen zu können, kann die Rechenkapazität nicht hoch genug sein. Ein Mittel, kritische Kapazitäten zusammen zu bekommen, ist die Bündelung vieler Computer durch Breitband-Kommunikationsnetze.



In der Vernetzung von Teams und Maschinen zu Wissenschaftsnetzen nimmt Deutschland eine sehr gute Position ein. Das vom BMBF geförderte Pilotprojekt VIOLA (Vertically Integrated Optical Testbed for Large Applications) wird mit Bandbreiten von bis zu 10 Gigabit pro Sekunde, dem tausendfachen einer T-DSL-Leitung, international zur Spitzengruppe gehören. Die Forscher werden in kürzester Zeit auf zentral abgespeicherte riesige Simulationsdatensätze zugreifen können, von denen ein einziger bis zu einem Terabyte groß ist, das 1500-fache des Dateninhalts einer CD. Und VIOLA ist keine Endstation, die damit gewonnenen Erfahrungen fließen in das geplante Forschungsnetz X-WiN ein, das das bisherige G-WiN-Netz ablöst.

Darüber werden dann auch sehr handfeste Anwendungen laufen, so die Simulation des Klima- und Wettergeschehens, die die Vernetzung einer großen Zahl von Messstationen und Computern erfordert. Wenn die entstehenden Datensätze auszutauschen sind, müssen wieder Hochgeschwindigkeitsnetze bemüht werden.

Der Welt größtes Radioteleskop entsteht derzeit in Holland und Deutschland, eine schlangensterntartige Anordnung von 25.000 einfachen Radiosensoren, die ihre Daten über ein ultraschnelles Internet mit einer Bandbreite von 10 Terabit pro Sekunde (entsprechend 400 Stunden Video in DVD-Qualität, pro Sekunde!) auf einen Supercomputer fließen lassen. Der macht aus alledem ein Super-Radioteleskop, das blitzschnell seine Blickrichtung ändern kann und Abbildungen von im Radiowellenbereich nie gekannter Auflösung liefert. Das Interesse gilt den Flegeljahren des Universums, als die Glut des Urknalls soweit abgekühlt war, dass die ersten Galaxien, Sterne, Planeten entstehen konnten.

Das Honig-Szenario – wie im Web aus Mini Mega wird

Man kann es leicht ausrechnen: Wenn es in jeder Lavendelblüte ein Tröpfchen Nektar mit 0,5 Millimeter Durchmesser zu holen gäbe und der Nektar pro Kubikzentimeter 1,5 Gramm wiegt, müssen für ein Pfund Lavendelhonig mindestens fünf Millionen Bienenaktionen herhalten – Anfliegen, Abchecken, Rüssel rein, Saugen, Rüssel raus etc. Dass es sich für die Biene überhaupt lohnt, so winzige Mengen zu sammeln, hat mit der beeindruckenden Effizienz und technischen Raffinesse des Insekts zu tun: Es kann im Ultravioletten sehen und so den Füllstand vieler Blütenarten abschätzen, es nimmt zur Orientierung die Polarisation des Himmelslichtes und das Erdmagnetfeld wahr etcetera und ist Teil eines von Duftstoffen, Schwänzeltänzen und kollektiver Intelligenz orchestrierter Netzwerks.

So ähnlich wird auch in Kommunikationsnetzen Geld verdient, wenn etwa wenige Kilobit in der Gestalt eines kleinen Kalenders für wenige Cent von vielen angefordert werden, zum Beispiel auf den Webseiten von Reisebüros und Fluggesellschaften. Wenn die Verrechnung für diesen Kalenderservice nur Centbruchteile kostet, kann das Ganze ein gutes Geschäftsmodell sein. Und viele interessante Geschäftsmodelle machen ein damit verbundenes Netz interessant für weitere Geschäfte, wie den Verkauf von Autos oder Schlagern.

Richtig spannend wird es, wenn Kommunikationsnetze mit der wirklichen Welt verknüpft werden, etwa mit Gas- und Elektrizitätsnetzen. So erproben Energieversorgungsunter-

nehmen zur Zeit, wie man kleine dezentrale Wärme und Strom erzeugende Haushaltsthermen so über Kommunikationsnetze orchestrieren kann, dass sie zugleich als virtuelles Stromkraftwerk benutzt werden können.

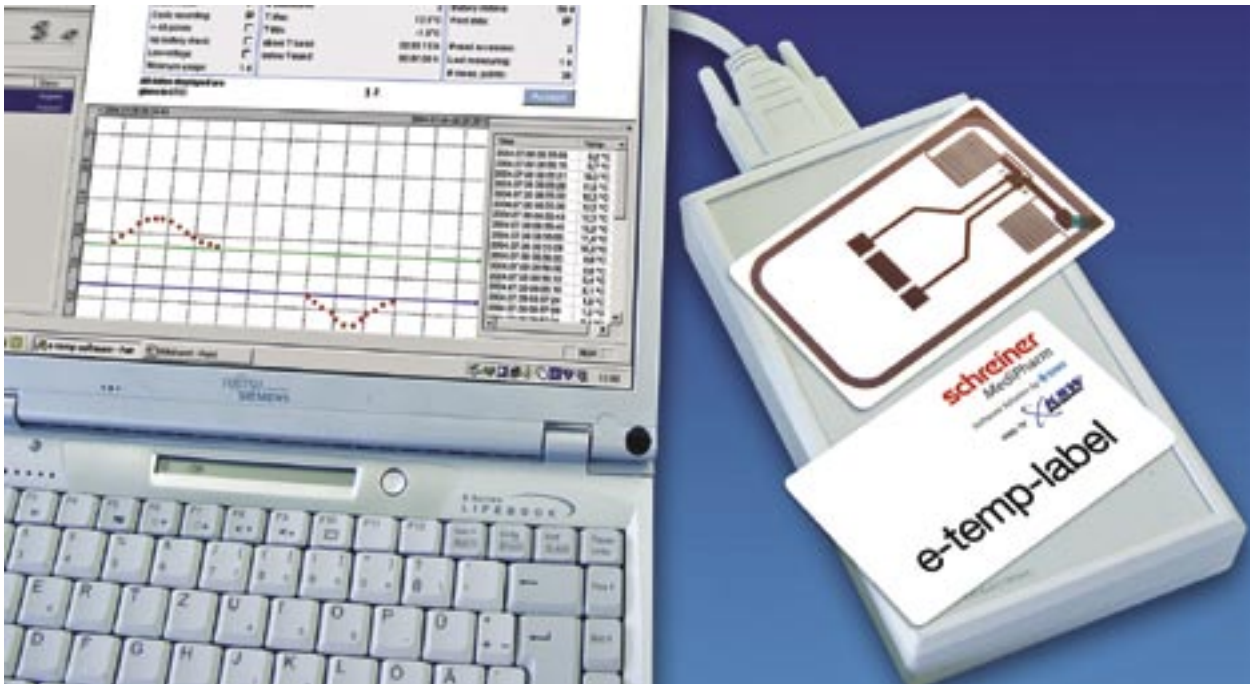
Wenn die Aktien dieser Unternehmen gehandelt werden, sind wieder Netze im Spiel, der Handel findet in einem Computernetz statt, schreiende Herren auf dem Parkett werden seltener.

Überhaupt ändert sich die Arbeit. Allein in Deutschland arbeiten inzwischen fast 300.000 Beschäftigte allein für Ausrüstung und Betrieb von Telekommunikationsnetzen. Weil viele Anwendungen der Kommunikationstechnik erst im Aufbau befindlich sind, in der Wirtschaft wie beim Staat, ist hier noch Raum für Wachstum. Neue Märkte entstehen, die es früher nicht gab: Heute schon bindet das Netz Scharen von Spielern in virtuelle Welten ein. Die Spiele heißen MMORPGs, Massive Multiplayer Online Role-Playing Games, die beliebtesten haben hundertausende Mitspieler. Der Besuch der immer raffinierteren Kunstwelten kostet Gebühren, mehr noch: Die Spieler können in der Kunstwelt virtuelle Schwerter schmieden, Kunstfiguren in eine Heldenkarriere lenken und – beides zum Kauf anbieten. Der Handel mit solchen Nichtigkeiten hat im Oktober 2004 die 100-Millionen-Dollar-Schwelle durchbrochen und wächst nach Moore's Law: Vervierfachung alle drei Jahre. Die Fähigkeit, emissionsarm wachsen zu können, mag sich noch als die wichtigste Eigenschaft der Netze herausstellen.

Dennoch: Auch die Zukunft kommt nicht ohne materielle Warenströme aus, deren Lenkung allerdings wird ungleich eleganter und effizienter als heute erfolgen, Dank intelligenter Etiketten.

Lavendel – mit einem Bienen-„Netzwerk“ können dessen winzige Nektarspuren zu handelbaren Honigmengen addiert werden.





Etiketten mit Grips

*Weißt Du, wieviel Sternlein stehen
an dem blauen Himmelszelt? ...
Gott der Herr hat sie gezhlet
dass ihm auch nicht eines fehlt ...*

Volkswaise, Text: Wilhelm Hey

Jeder Geringere hätte das Universum hierfür wegen Inventur schließen müssen, mittlerweile aber stehen auch dem Menschen Mittel zu Gebote, umfangreiche Warenbestände in Null-Komma-Nichts zu erfassen – wenn denn die eine oder andere Schwierigkeit überwunden werden kann. Was wieder anzunehmen ist, das Mittel der Wahl sind so genannte RFIDs, meist Englisch wie „Aarfid“ ausgesprochen.

RFID ist die Abkürzung für RadioFrequenz-IDENTifikation, eine Technik, die von einem Chip aus gednntem Silizium Gebrauch macht, der mit einer papierdünnen Antenne verbunden ist. RFIDs gibt es in allen möglichen Formen und Farben, sie sind robust genug, in Textilien eingenäht zu werden, überstehen Wasch- und Schleudergnge, sie können als selbstklebendes Etikett ausgelegt sein, in der Schuhsohle

Label mit Temperatur-Sensor, Auswertungs- und Speicherchip, Flachbatterie und RFID-Technik zum berührungslosen Auslesen der Daten. Das High-Tec-Tag verrät, ob, wann und wie lange es ein einstellbares Temperaturintervall verlassen hat und kann so Mängel beim Transport temperaturempfindlicher Güter wie Medikamente oder Lebensmittel dingfest machen.

ruhen. RFID-Chip plus Drumherum werden als RFID-Tag bezeichnet – Anhänger, Markierung.

RFIDs werden in der Regel nicht von Batterien gespeist, ein Hochfrequenzimpuls der richtigen Art liefert genügend Energie, den Chip aufzuwecken und ihn einfache Aufgaben erfüllen zu lassen, wie das Auslesen eines Speichers, die Aufnahme kurzer Informationen in diesen und schließlich das Rücksenden einer Information. Anstelle des gedünnten Siliziumchips werden seit kurzem auch solche aus leitendem Plastikmaterial gefertigt, die sich womöglich ähnlich billig herstellen, womöglich sogar drucken lassen wie ein konventionelles Etikett. Plastik wie Silizium lassen sich auch mit mehr oder minder komplexen Strukturen versehen, mit denen Computerfunktionen realisierbar sind. RFIDs wird eine große Zukunft vorhergesagt, sie gelten in der IT-Industrie als „the next big thing“.

Zu den besonders interessierten Kunden zählen Supermärkte, deren Warenumschlag sich mit RFIDs oder „Smart Labels“ weiter verbessern lässt. Ein mit RFID-Funktechnik und

etwas Rechenpower ausgestattetes Regal etwa könnte falsch einsortierte Waren melden, es würde rechtzeitig bemerken, wann welche Ware nachzuliefern wäre, es könnte die elektronischen Preisschilder neu einstellen etc. Die bislang realisierten elektronischen Preisschilder arbeiten mit flauen LCD-Anzeigen, dabei muss es nicht bleiben. Gut möglich, dass sie leuchtend bunten OLED-Displays weichen, die etwa in einem Mini-Film zeigen, wie das erworbene Perlhühnchen richtig zubereitet wird. Wer das Rezept nach Hause tragen möchte, tippt das Preisschild an und das Rezept gleitet auf elektromagnetischen Wellen in das hierfür vorgesehene Memory in der Kleidung der Kundin.

Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik konstatiert, dass die Entropie in der Welt zunimmt. Das bedeutet in der Praxis, dass die Unordnung zunimmt, was jedes Teenagerzimmer bestätigt. In der industriellen Fertigung geht Unordnung richtig ins Geld, folglich werden Funketiketten hier hochprofitabel werden. Derzeit testen Airbus und Philips, welchen Nutzen RFIDs haben können; das Inventar eines Flugzeugs wie etwa die komplette Ausstattung mit Schwimmwesten lässt sich wesentlich schneller bestimmen, wenn die Gegenstände mit Tags ausgestattet sind. Auch die für die Flugzeugwartung erforderlichen Werkzeuge versucht Airbus mit Tags komplett und verfügbar zu halten. Die Industrie wird mit Tags ihre Lieferketten transparenter und effizienter machen können, und wenn die Europäische Union, wie geplant, die Produkthaftungsregelungen verschärft, werden wieder Tags die dann erforderlichen zusätzlichen Kontrollen möglich und



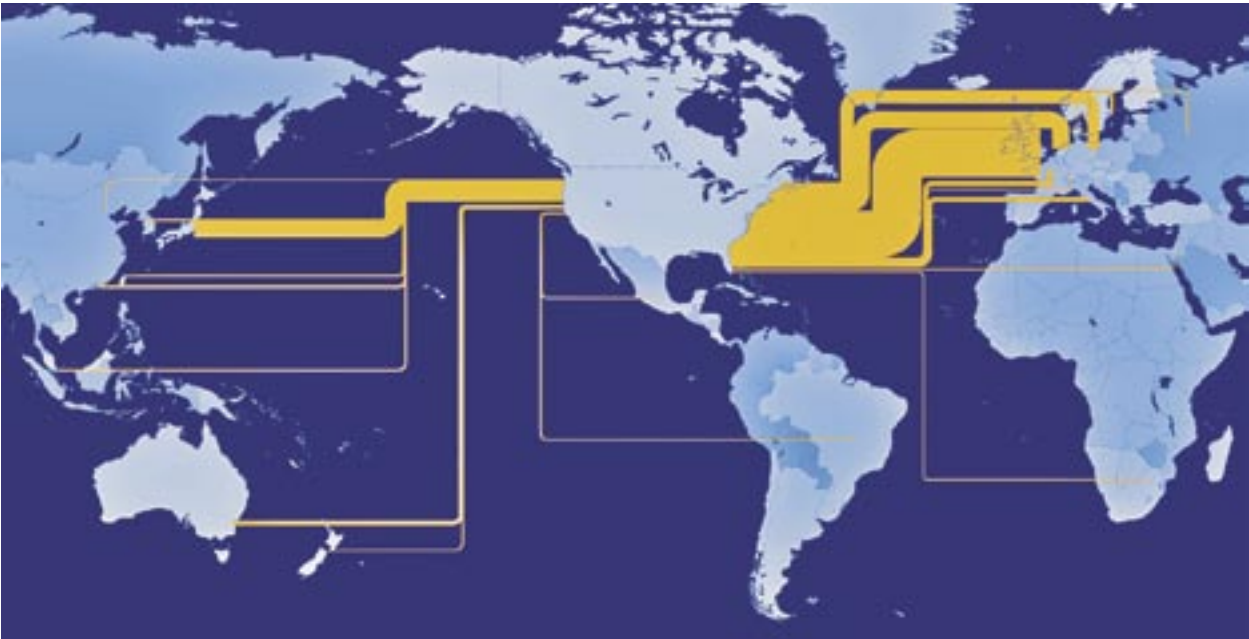
RFID-Chips aus Kunststoff können in Kürze in Massen produziert werden. Deutsche Forscher realisierten die weltweit schnellste, mit 600 Kilohertz taktbare integrierte Schaltung aus organischem Material. Die Plastikelektronik wird in „intelligenten Etiketten“ zum Einsatz kommen.

bezahlbar machen. Damit verwandt ist das für die Industrie immer drängendere Problem der Produktfälschung, auch hierfür werden Tags als mögliche Abhilfe gesehen. Der Zoll der Zukunft wird elektromagnetisch in die Container gucken.

Natürlich werden sich Tags auch im Alltag ausbreiten, als Diebstahlsicherungen etwa für CDs und DVDs sind sie lange schon in Gebrauch. Die Forschung denkt aber bereits die Handtasche an, die via Funk ihren Inhalt checkt und etwa das vergessene Portemonnaie anmahnt. Natürlich kann man auch Gegenstände eigener Wahl betaggen und der Handtasche als befreundet und unentbehrlich vorstellen. Die Möglichkeiten sind grenzenlos.

Wenn der Köln-Marathon startet, haben die Teilnehmer RFID-Tags am Schnürsenkel. Mit entsprechenden Geräten an Start und Ankunft kann dann für Tausende von Teilnehmern die Laufzeit individuell bestimmt werden.





Informationsströme im Internet.

Vernetzte Welt und Gesellschaft

Die vernetzte Welt bietet natürlich neue Missbrauchsmöglichkeiten; andererseits, was die große Politik betrifft: Das Internet wird von den Diktaturen gefürchtet, nicht den De-

Gerberoy in der Normandie. Die Vernetzung würde dem Ort nichts von seiner Besonderheit nehmen.



mokratien. Was dagegen die Wirtschaft betrifft: Das Internet ermöglicht es einer vergleichsweise kleinen Schar tapferer, freier Programmierer, gegen Monopole anzutreten. Nicht unähnlich jenem kleinen Dorf in Gallinix. Und ermüdende Werbung? Gegen Pop-Ups hilft der Pop-Up-Blocker. Tauschbörsen helfen nicht nur, den Keller zu entrümpeln, sondern machen Märkte möglich, die weltweit vielleicht nur eine winzige Zahl von Sammlern interessieren. Das Netz hilft so auch Minderheiten, Minderheitsgeschmack, zu überdauern.

Ästhetik? Die vielleicht stärkste Seite der neuen Technik. Sie erfordert keine rauchenden Schloten, keine riesigen Glaskästen, kein Strippengewirr in der Luft, ein mittelalterliches Dorf wie Gerberoy in der Normandie könnte voll vernetzt genau so bleiben, wie es ist. Jetzt nur mit Fenstern zur großen Welt, kleinen Notebooks, mit denen sich, vernetzt, Geld verdienen lässt. Und einem intelligenten Kühlschrank, der seine Milchtüten sprechen lässt „Trink’ mich, sonst werde ich sauer!“ Dem man dann aber auch sagen kann: „Halt die Klappe!“ Und er hält sie.

Das wird es nämlich weiterhin geben: Stumme, dumme Gegenstände, wie zu der Zeit, als die elektromagnetischen Wellen in die Welt kamen ...



Faraday, Maxwell, Hertz, Marconi – wie die mobile Kommunikation in die Welt kam

Da nun zugleich das Land abfällt, so kömmt man fort
mit unglaublicher Schnelle ... Genug, ich war den andern
Morgen um zehn Uhr in Regensburg und hatte also
diese vierundzwanzig und eine halbe Meile in einund-
dreißig Stunden zurückgelegt.

Der Geheime Rat Johann Wolfgang von Goethe auf dem Weg nach Italien, 1786. Im zeitlichen Mittel brachte jede Stunde den Dichter ganze sechs Kilometer weiter; das Gefühl „unglaublicher Schnelle“ darf man ihm dennoch abnehmen, denn Goethe war ein scharfäugiger Beobachter. Mithin zeigt die Szene: Vor der Industrialisierung floss die wahrgenommene Zeit anders, ergiebiger.

Auch hatte jeder Ort seine eigene Zeit; die Kirchturmuhren richteten sich nach dem jeweiligen Sonnenhöchststand am Mittag: 12 Uhr in Bonn bedeutete mithin 12 Uhr und fünfundzwanzig Minuten in Berlin. Niemanden störte das; die Langsamkeit der Verkehrsmittel ließ die Zeitunterschiede unterwegs gleichsam versickern. Das sollte sich erst mit der Ausbreitung der Eisenbahn ändern.

Knapp drei Jahre nach Goethes Tod wurde zwischen Nürnberg und Fürth die erste deutsche Strecke eröffnet, am 7. Dezember 1835; 15 Jahre später war das Schienennetz auf über 5000 Kilometer gewachsen und um die Jahrhundertwende schon hätten allein deutsche Schienen einmal um den

ganzen Globus gereicht. Das erreichbare Reisetempo stellte sehr schnell alles in den Schatten, was Menschen bis dahin gewohnt waren. Der Anblick der Landschaft vom fahrenden Zug aus verstörte nicht nur Victor Hugo:

„Die Blumen am Feldrain sind keine Blumen mehr, sondern Farbflecken, oder vielmehr rote und weiße Streifen; es gibt keinen Punkt mehr, alles wird Streifen ...“

Der bunte Zeitteppich wich einem geordneten Muster: Um Fahrpläne aufeinander abstimmbare, um Zuganschlüsse möglich zu machen, musste dem Schienennetz ein Zeitnetz zur Seite gestellt werden. Dafür wurden zunächst die Uhren entlang der Eisenbahnstrecken synchronisiert; die Literatur weist aus, wie umständlich das zu Beginn, in England, geschah:

„Jeden Morgen händigte ein Bote der Admiralität dem diensttuenden Beamten des Postzuges von Euston nach Holyhead eine Uhr mit der genauen Zeit aus. In Holyhead wurde die Uhr den Beamten der Kingston-Fähre übergeben, die sie nach Dublin brachten. Auf dem Rückweg wurde die Uhr in Euston erneut dem Boten der Admiralität übergeben.“ Mit solchen Methoden wäre der Fortschritt wohl stecken geblieben, dann aber gelang es Mitte des 19. Jahrhunderts einer Handvoll hochbegabter Gelehrter, eine ganz neue Realität zu erschließen, die Welt des Elektromagnetismus, und das mit denkbar primitiven Mitteln. Ganz vorn dabei war ein sympathischer Engländer aus kleinsten Verhältnissen, Michael Faraday ...



Michael Faraday auf einer britischen 20-Pfund-Note. Der Umstand wird durch eine glaubhafte Anekdote erst so richtig pikant: Als der berühmte englische Staatsmann William Gladstone in seiner Eigenschaft als Schatzkanzler einmal an einer Demonstration der neuesten Wunder der Elektrizität durch Michael Faraday teilnahm, bemerkte er kühl: „Sehr interessant, Mr. Faraday, aber wo ist der praktische Wert?“ Faraday antwortete: „Eines Tages, Sir, werden Sie es besteuern können.“



Michael Faraday

Michael Faraday kam im September 1791 als Sohn bitterarmer Leute in einem Vorort von London zur Welt. Schon früh zum Mitverdienen verpflichtet, trug er für den Buchhändler und -binder Riebau Zeitungen aus. Mit 13 beförderte Riebau ihn zum Lehrling und duldete, dass Faraday die Bücher, die er band, auch las. So geriet Faraday an einen Artikel der *Encyclopaedia Britannica* über Elektrizität, der ihn faszinierte. Faraday baute aus alten Flaschen und Trödelkram einen einfachen elektrostatischen Generator und versuchte sich mit Erfolg an einer elektrochemischen Batterie. Ein ihm geschenktes Ticket für die Vorlesungen des damals hochberühmten Chemikers Sir Humphry Davy sollte zum Glückslos werden; Faraday schrieb mit, band das Geschriebene zum Buch und schickte eine Kopie an Davy. Als einer von dessen Assistenten im Streit scheid, bot Davy Faraday den Job an und eine der verblüffendsten wissenschaftlichen Karrieren nahm Fahrt auf. Am Ende seiner Lehrjahre, 1820, begann Faradays Ruhm als Chemiker den seines Meisters zu überstrahlen.

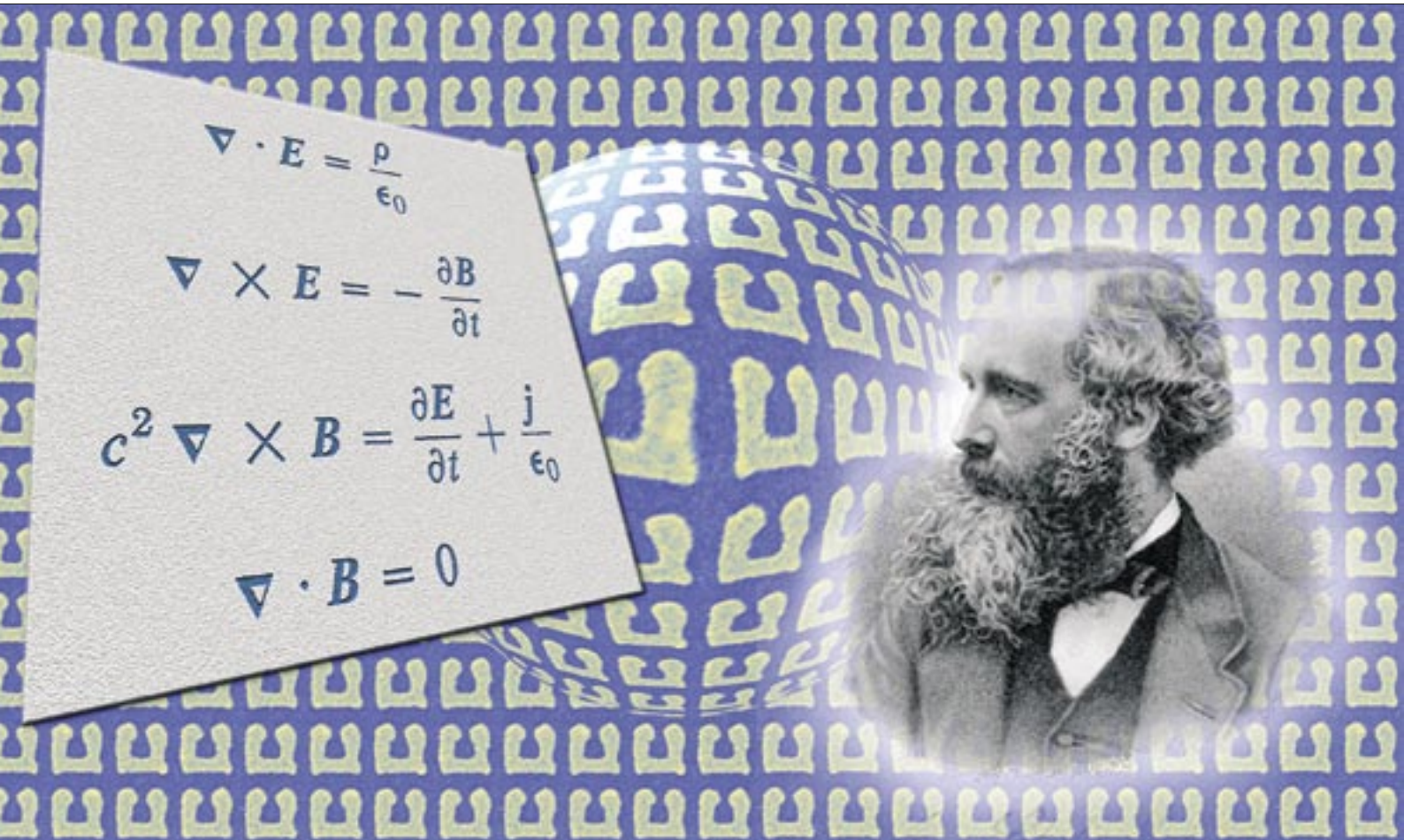
1820 hatte der Däne Hans Christian Ørsted entdeckt, dass sich um stromdurchflossene elektrische Leiter ein Magnetfeld bildete, André-Marie Ampère aus Frankreich zeigte, dass die magnetischen Kräfte zirkuläre Eigenschaften hatten, die einen magnetischen Monopol – wäre er realisierbar – in Kreisen um den Draht getrieben hätten. Faraday griff die Entdeckungen auf und baute eine Apparatur, die die Vermutungen bestätigte und den ersten elektrischen Motor darstellte. Fortan widmete sich Faraday der Elektrizität. Am 29. August 1831 umwickelte er einen dicken Eisenring an einer Seite mit isoliertem Draht, umhüllte die gegenüber liegende Seite gleichermaßen, schloss die zweite Spule an ein Galvanometer an und schickte einen Strom durch die erste. Die Nadel des Galvanometers zuckte und zeigte so einen Stromfluss an. Im Herbst des gleichen Jahres bewegte Faraday einen Dauerma-

gneten auf eine Spule zu und erhielt wieder Galvanometerausschläge. Magnete, wusste er, waren von Kräften umgeben, die man sichtbar machen konnte, wenn man ein Stück Pappe darüber hielt und Eisenfeilspäne darauf streute. Vor seinen Augen entstanden „Kraftlinien“, die in einem elektrischen Leiter einen Strom „induzieren“ konnten, wenn beide relativ zueinander bewegt wurden. In der Folge erfand Faraday den ersten Dynamo.

Es folgte eine Fülle weiterer Entdeckungen, 1839 aber erzwang eine allgemeine Erschöpfung (oder eine Quecksilbervergiftung) eine Schaffenspause, die erst 1845 zu Ende ging. Faraday entdeckte, dass ein Magnetfeld polarisiertes Licht beeinflussen kann – der Effekt trägt bis heute seinen Namen. Er fand, dass sich Substanzen in verschiedene magnetische Klassen einteilen ließen. 1850 flossen seine Erfahrungen in neue Vorstellungen vom Raum zusammen: Der war nicht „Nichts“, sondern ein Medium, das elektrische und magnetische Kräfte vermitteln, „Felder“ tragen konnte. So kam die Feldtheorie in die Welt. James Clerk Maxwell räumte später freimütig ein, dass seine in Mathematik gefassten Ideen über elektrische und magnetische Felder ihren Ursprung in Faradays Arbeiten hatten.

Ab etwa 1855 begann der geniale Experimentator spleenig zu werden. Queen Victoria („We are not amused“) wollte ihn in den Adelsstand erheben. Faraday aber wollte als der einfache Mr. Faraday enden, als der er begonnen hatte. Ein Haus, in dem seine Frau und er ihre Tage beschließen konnten, nahm er dagegen dankend an. Er starb 1867 und liegt im Highgate Cemetery, London, begraben.

Michael Faraday hatte in einem der aufregendsten Kapitel der menschlichen Erkenntnisgeschichte eine herausragende Rolle gespielt – und soll dabei auch noch sehr nett gewesen sein.



James Clerk Maxwell

Wenn die Menschheit in zehntausend Jahren zurückblickt, wird als größtes Ereignis des 19. Jahrhunderts wohl die Entdeckung der elektrodynamischen Gesetze durch James Clerk Maxwell gelten.

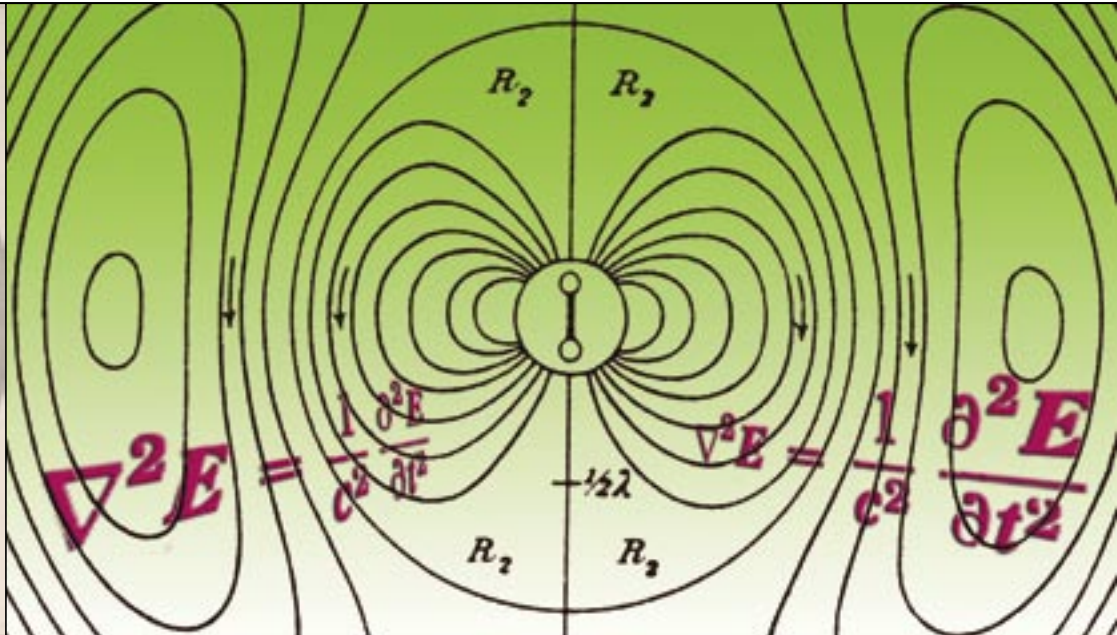
Richard P. Feynman,
amerikanischer Physiknobelpreisträger

James Clerk Maxwell wurde im Juni 1831 in Edinburgh, Schottland, geboren, dem Jahr, in dem Faraday die magnetische Induktion entdeckt hatte. Die Eltern waren wohlhabend und hatten Landbesitz, weshalb James unter Bauernkindern aufwuchs. Das trug ihm einen starken schottischen Akzent und die Liebe zum Landleben ein, beides hat er sein Leben lang behalten. Auf der Edinburgher Akademie freilich, auf die er mit zehn Jahren geschickt wurde, nannten sie ihn, der größte Theoretiker des 19. Jahrhunderts werden sollte, deswegen anfänglich *Dafty*, Dämlack. Mit 16 schrieb sich Maxwell an der Universität Edinburgh ein, wo er nicht sonderlich auffiel. Seine Elektrizitätsstudien begann er 1855 in Cambridge mit Faraday als einem seiner geistigen Väter. Sein erster größerer Aufsatz über Elektrizität wurde 1856 mit dem Titel „On Faradays Line of Forces“ veröffentlicht. (Faraday, mathematisch ungebildet, fragte ihn später einmal, ob es nicht auch ohne Formeln ginge.)

1968 machte Victor Veselago an der Universität Moskau zwei Konstanten in den Maxwellschen Gleichungen negativ und fand, dass die Gleichungen dann merkwürdige optische Effekte vorhersagten. Materialien mit solchen Effekten sind jetzt – u.a. an der TU Karlsruhe – realisiert worden (Hintergrundbild): Der wirksame Teil ist ein Muster von winzigen bauchigen U-s aus Gold, die für Mikrowellen als Nanoschwingkreise (Spalt-Ring-Oszillatoren) wirken und verquere Eigenschaften hervorrufen. Mögliches Entwicklungsziel: Optiken, die noch viel feinere Dinge abbilden können als alle bisherigen.

Maxwell wurde auf vielen physikalischen Gebieten erfolgreich, den größten Ruhm aber erwarb er mit den „Maxwellschen Gleichungen“, einem in moderner Schreibweise sehr kompakten Formelwerk, aus dem sich die gesamten Grundlagen der Elektrizitätslehre ableiten lassen (wofür freilich ein Studium nötig ist). Noch heute können begabte Theoretiker dieses Formelwerk anwerfen, um in der Welt des Elektromagnetismus auf Entdeckungstour zu gehen – und fündig werden. Eines der jüngsten Beispiele ist die von Maxwells Gleichungen inspirierte Entdeckung exotischer Materialien, mit denen sich unter anderem MRI (Magnetic Resonance Imaging)-Scanner verbessern lassen sollten.

Maxwells hatte es gehaut, die experimentelle Verwirklichung aber nicht erlebt (er starb jung, mit 48): Seine Gleichungen umschrieben die Grundlage der modernen Zivilisation. Sie sagten elektromagnetische Wellen voraus, die sich mit Lichtgeschwindigkeit durch den Raum bewegen konnten – heute die immateriellen Träger von Rundfunk, Fernsehen, Mobiltelefon, Internet und vielem mehr. Experimentell bestätigt wurde das erst 1887 von einem jungen deutschen Physiker, Heinrich Hertz.



Heinrich Hertz, der erste Physiker, der elektromagnetische Wellen senden und empfangen konnte. Dass so etwas möglich sein sollte, hatten die Maxwellschen Gleichungen behauptet, aus denen sich eine Wellenformel (rot, in moderner Schreibweise) ableiten ließ.

Heinrich Hertz

„Es tut mir wirklich manchmal leid, dass ich nicht damals gelebt habe, wo es noch so viel Neues gab,“ schrieb Heinrich Hertz an seine Eltern, als er sich 1878 am Polytechnikum zu München eingeschrieben hatte. Er hatte an die Ära gedacht, als Mikroskop und Teleskop erfunden wurden. Dabei sollte Hertz in seinem kurzen Leben – er wurde nur 37 Jahre alt – etwas finden, das ein neues Universum der Technik begründete: Er ließ die elektromagnetischen Wellen, die bis dahin nur als Möglichkeit in den Maxwellschen Gleichungen geruht hatten, Realität werden.

Heinrich Hertz, 1857 in Hamburg geboren, wuchs in einer großbürgerlichen Familie auf. Er muss eine Art Universalta-
lent gewesen sein, hochgebildet, mathematisch vorzüglich, mit einem extremen Gedächtnis, mit dem er sich 100 Fabeln Wort für Wort merken konnte. Selbst in handwerklichen Dingen war er sehr gut, nur mit Musik konnte er nichts anfangen. Seine Biographen vermerken den Makel erkennbar froh, Vollkommenheit ist schwer zu ertragen.

Die Entdeckung der elektromagnetischen Wellen gelang Hertz, als er Ordinarius der Physik an der Technischen Hochschule Karlsruhe geworden war. An einer Spule sprangen kleine „Nebenfunkn“ auf, als sie in die Nähe eines Funkengenerators gelegt wurde. Elektrische Energie hatte sich durch die Luft bewegt, als Schwingung, wie von Maxwells Gleichungen angetragen? Hertz hängte einen Zettel an seine Tür, dass er vierzehn Tage nicht zu sprechen sei, und ließ seine Vorlesung ausfallen. Am 5. Dezember berichtete er seinem Lehrer Helmholtz:

„Ein dicker gerader Kupferdraht von drei Metern Länge ist an seinen Enden mit zwei Kugeln von 30 Zentimetern Durchmesser oder zwei Konduktoren von ähnlicher Kapazität versehen. In seiner Mitte ist der Draht unterbrochen durch eine Funkenstrecke von dreiviertel Zentimetern zwischen kleinen Messingkugeln. Zwischen den letzteren läßt man nun knatternde Funken eines

großen Induktors übergehen, dabei werden, was freilich von vornherein kaum zu vermuten wäre, die elektrischen Schwingungen, welche dem gradlinigen Stromkreis eigentümlich sind, erregt, und diese üben nun eine verhältnismäßig sehr starke induzierende Wirkung auf die Umgebung aus.“

Ein Sender war da, und einen passenden Empfänger hatte Hertz ebenfalls vorzuweisen:

„In einer einfachen viereckigen Strombahn von 75 Zentimetern Seitenlänge, welche aus dickem Kupferdraht bestand und in welcher sich nur eine kurze Funkenstrecke befand, habe ich noch in einer Entfernung von zwei Metern Entfernung Funken erhalten.“

Der Funker weitete seine Experimente aus und wurde hochberühmt. An einer technischen Verwertung war er nicht interessiert.

Die Instrumente, mit denen Hertz den Schwingungen auf die Spur kam, sind im Deutschen Museum ausgestellt, teils sogar im Originalzustand. Sie sehen zum Teil wie Magierwerkzeug aus, afrikanische Kunst, Kinderspielzeug, allesamt wirken sie verblüffend primitiv.

Hertz gelang auch in der Theorie ein großer Wurf und brachte in seiner Schrift „Über die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper“ Maxwells Gleichungen in eine elegante, moderne Form. Ludwig Boltzmann, selbst ein schweres Kaliber, staunte: „War das ein Gott, der diese Zeichen schrieb?“ Mit 34 veröffentlichte Hertz „Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt“, eine 300 Seiten dicke, viel beachtete theoretische Arbeit.

Um die Entdeckung des Physikers in etwas praktisch Verwertbares umzusetzen, war noch viel Arbeit vonnöten; ein auf diesem Felde besonders erfolgreicher Mann war Guglielmo Marconi.



Guglielmo Marconi

War Heinrich Hertz die praktische Verwertung seiner Wellen gleichgültig, so ließ Guglielmo Marconi die Wissenschaft kalt. Marconi wurde 1874 in einem Bologneser Palazzo geboren, der Vater war ein wohlhabender Kaufmann, die Mutter hatte ein romantisches Gemüt, das sich ausgerechnet an der Wissenschaft entzündete. Sie war es, die Guglielmo zum Studium der elektromagnetischen Wellentechnik drängte; im Sommer 1894 soll ihm in einem Gasthof der italienischen Alpen die Erleuchtung gekommen sein:

„Es erschien mir unbedingt möglich, Signale durch den Äther zu senden, und zwar über sehr große Entfernungen, wenn es gelingen würde, die Intensität der Ausstrahlung zu erhöhen, zu entwickeln und zu kontrollieren.“

Das gelang auch in einer langen Reihe von Experimenten, im Dezember 1894 konnte er eine Klingel funkferngesteuert zum Läuten bringen. Der Vater spottete, man könne auch einfacher Klingeln, die Mutter förderte den Erfinderdrang des Sohnes weiter. Der machte eine Schlüsselerfindung nach der anderen – die geerdete Sendeantenne, abstimmbare Schwingkreise ... Am 12. Dezember 1901 gelang das damals Unvorstellbare: Marconi konnte funktechnisch den Atlantik überbrücken, zwischen der Südwestspitze Englands und dem „Signal Hill“ bei St. Johns auf Neufundland schwebte ein „S“ mit Lichtgeschwindigkeit über das Meer, gekleidet in die drei Punkte des Morsecodes, getragen von den Wellen eines 35-Kilowattsenders. Marconis Ruhm schoss in schwindelnde Höhen. Als es zu Ende ging, 1937, war der „Äther“ Dank Marconis Wirken so dicht mit Funkwellen gefüllt, dass es eine dramatische Geste war, als der „Äther“ zwei Minuten lang schwieg, zum Andenken an Marconi, den „Magier der Ätherwellen“, der am 20. Juli einem Herzinfarkt erlegen war.

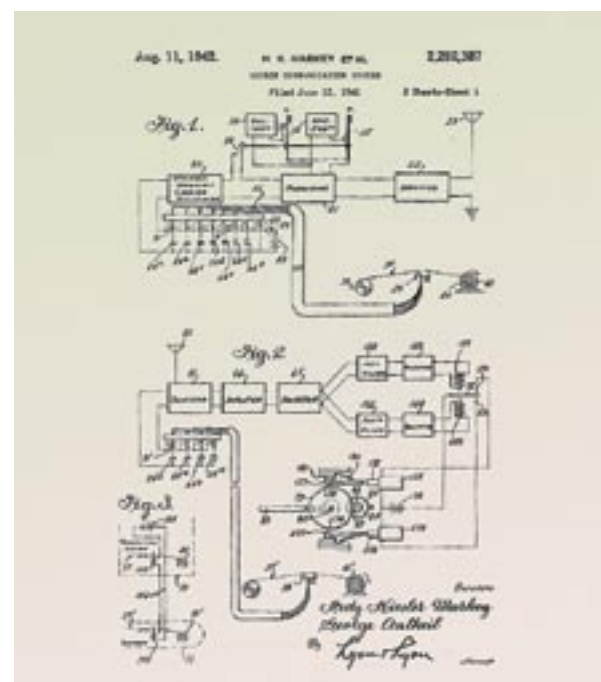
Guglielmo Marconi

Von der Mutter, die eine Leidenschaft für Technik entwickelt hatte, gedrängt und ermutigt, gelang dem italienischen Physiker die Entwicklung einer praxistauglichen Funktechnik. Wie Faraday verließ sich auch Marconi auf seine Intuition, Formelkram war dem späteren Nobelpreisträger zuwider.

Hedy Lamarr

Die Geschichte der mobilen Kommunikation wäre unvollkommen ohne Hedy Lamarr, der mittlerweile auch Institutionen huldigen, die zu strenger Nüchternheit verpflichtet sind wie der Verein amerikanischer Elektroingenieure, IEEE. Im Jahr 1914 in Wien zur Welt gekommen als Hedwig Eva Maria Kiesler, bekam die bildschöne Tochter aus bestem Hause mit vier Jahren Privatunterricht, beherrschte, als sie Zehn war, vier Sprachen und konnte professionell Klavier spielen und tanzen. Der Grundstein zu ihrer Filmkarriere war 1932 mit einem Eklat gelegt worden: Sie spielte in einer tschechisch/österreichischen Billigproduktion namens *Ekstase* die erste Nackte der Filmgeschichte. Eingang in die Ruhmeshallen der Funkwellenkommunikation hat sie durch das US-Patent Nummer 2,292,387 von 1942 gefunden, das als die Mutter aller Patente über „frequency hopping“ und „spread spectrum“, Frequenzsprungverfahren und Bandspreiztechnologie gelten kann, Techniken, von denen heute Handy, WLAN, Blue Tooth und mehr Gebrauch machen, und das alles kam so:

Teil der Patentschrift von Hedy Lamarr und George Antheil





Hedwig hatte 1933 einen bedeutenden Rüstungsindustriellen geheiratet, der sie zu Besprechungen mit der zahlenden Kundschaft mitnahm, bei denen es unter anderem über die leichte Störbarkeit funkgesteuerter Torpedos ging. Als Hedwig den besitzergreifenden Gatten leid war, floh sie mit ihrem Wissen nach London und von dort nach Amerika. Unterwegs lernte sie den Filmmogul Louis B. Mayer kennen, das zweite M in Metro-Goldwyn Mayer, MGM. Louis schlug ihr eine Hollywood-Karriere vor, seine Gattin fand den Künstlernamen Hedy Lamarr. Hedy avancierte tatsächlich zu einem – wenn auch, wegen ihrer Intelligenz, etwas hölzernen – Hollywood-Star, sie spielte mit Größen wie Spencer Tracy, Clark Gable, Lana Turner, Judy Garland und anderen.

Dann half – was Hedys technische Karriere angeht - ein glücklicher Zufall. Irgendwann, 1940 oder 1941, traf sie auf einer Hollywoodparty mit George Antheil zusammen, einem amerikanischen Avantgarde-Musiker, der auch an Technik interessiert war, für den Film „*Le ballet mécanique*“ die Musik komponiert hatte und für deren Aufführung sechzehn synchronisierte mechanische Klaviere vorsah, synchronisiert

mittels gelochter Bänder, die von Stiften abgetastet wurden, die dann den Hammerschlag der Klaviere bestimmten.

Sie wiederum erzählte von funkgesteuerten Torpedos, und wie einfach die zu stören wären, und ob es nicht – für die amerikanische Marine – eine gute Idee wäre, ständig die Frequenz des steuernden Senders zu wechseln, vorausgesetzt natürlich, der Empfänger würde seine Empfangsfrequenz ebenfalls im Gleichtakt ändern, synchron. George schlug das Prinzip seiner mechanischen Klaviere für die Synchronisation vor. Schließlich arbeiteten Hedy, George und ein Ingenieur die Idee weiter aus und ließen sie patentieren.

Vorgesehen waren 88 Frequenzen – weil ein Klavier 88 Tasten hat. Das Wort „Mini-Piano“ im Patent, resümierte George später, habe das Militär wohl abgehalten, die Idee zu verwenden. Sie wollten keine kleinen Klaviere in ihren schmucken Torpedos. Davon abgesehen war das Patent damals nicht einfach umzusetzen. Und da es geheim war, geriet es in Vergessenheit. Bis sich 1997 die Fachwelt Hedys erinnerte und ihr einen hochangesehenen Erfinderpreis verlieh. Drei Jahre danach starb sie.

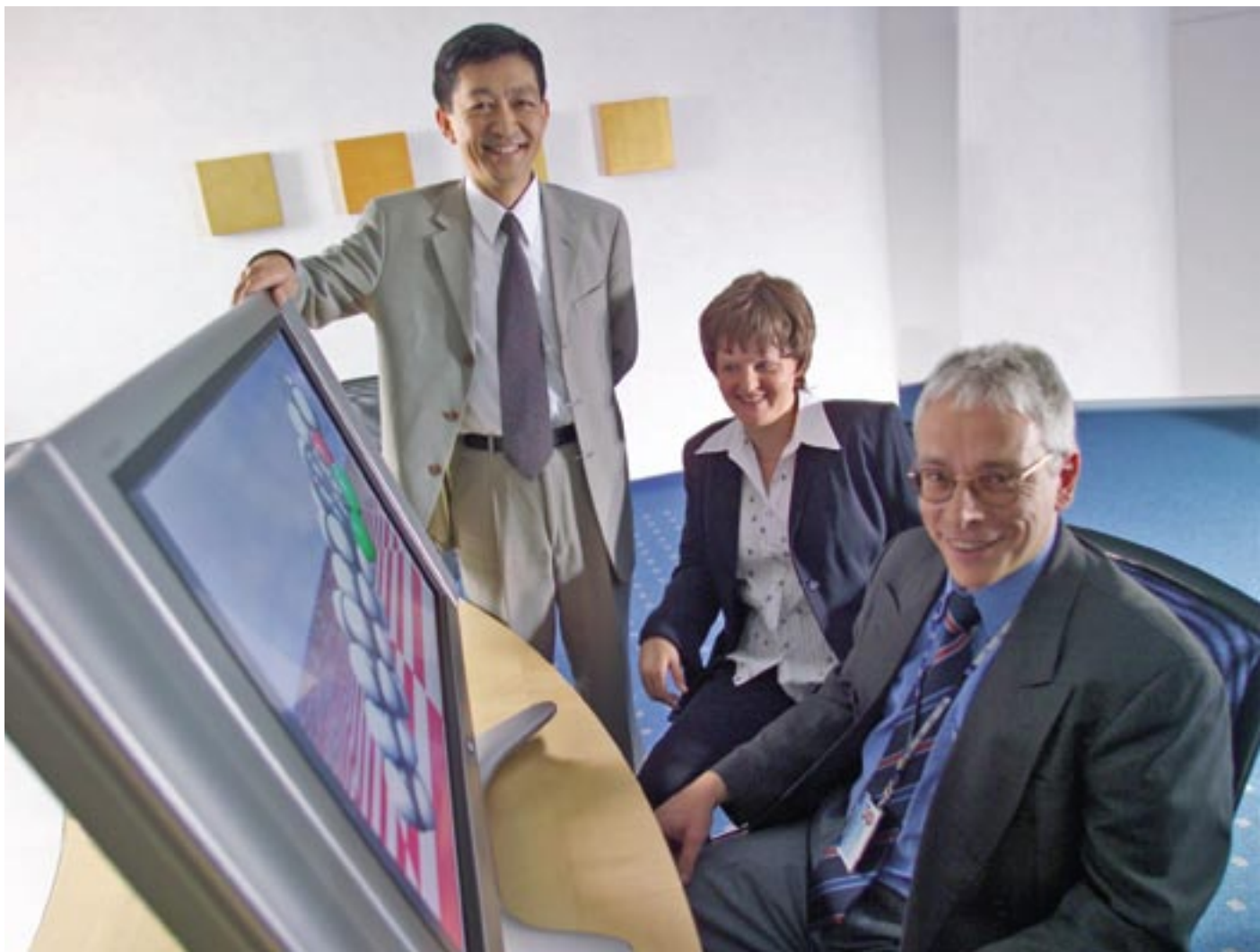
Wie das Netz zum Menschen kommt: Mensch -Maschine-Interface

Die Netze der vernetzten Welt werden neben dem Nützlichen natürlich - und vor allem - das Angenehme transportieren, wozu Bilder, bewegt oder unbewegt, von nie gesehener Qualität gehören.

Die Industrie bereitet sich mit neuen Bildschirmtechniken auf die Bilderflut vor. Schon heute gibt es die Qual der Wahl, bei Fernsehgeräten sind neben die klassische Röhre TFT-Bildschirme, Rückprojektionsgeräte, LED- und Plasmabildschirme getreten. In Handy-Displays leuchten bereits Polymere auf (OLED), weitere Technologien werden dazu kommen, etwa SED (Surface-conduction Electron-emitter Display), die

die Leuchtkraft der klassischen Röhre nun auch im flachen Design möglich machen. Noch ist nicht zu erkennen, welche Technologie das Rennen macht, auch die Flüssigkristall-Displays (TFT) werden immer besser. Demnächst wird die Hintergrundbeleuchtung von hellen weißen Leuchtdioden übernommen, die Hersteller versprechen unerhörte Brillanz. Weiße Leuchtdioden und Flüssigkristalle sind eine deutsche Erfolgsgeschichte: Bei Flüssigkristallen ist Merck, Darmstadt, Weltmarktführer; bei Leuchtdioden zählt OSRAM Opto Semiconductors, Regensburg, weltweit zu den Spitzenunternehmen. Die weiße Leuchtdiode wiederum ist eine Kreation des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik, IAF, Freiburg.

Zukunftspreis für Forscher des Darmstädter Pharmaunternehmens Merck. Das Unternehmen weist sich als Weltmarktführer für Flüssigkristalle aus, wie sie in TFT-Displays Verwendung finden. Kazuaki Tarumi, Melanie Klasen-Memmer und Matthias Bremer erhielten den Preis für die Entwicklung einer besonders schnell schaltenden Substanz, wichtig für schnelle TV-Displays.



Die dritte Dimension

In den nächsten Jahren werden Displays an die Grenze zur Wirklichkeit kommen, so dass ein von ihnen wiedergegebenes Bild nicht mehr einfach als künstlich erkennbar ist. Eine Zeit lang wird der 3D-Test noch von Nutzen sein: Verändert sich die Perspektive mit dem Betrachtungswinkel? Wissenschaftler vom Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik der Fraunhofer-Gesellschaft befassen sich bereits mit 3D-Displays, die stereoskopische Effekte ohne Hilfsbrillen vermitteln. Das Prinzip ähnelt dem der bekannten 3D-Postkarten, in denen streifige Zylinderlinsen jedem Auge ein anderes Bild bieten, das das Gehirn zu einer plastischen Ansicht zusammensetzt. Eine Tracking-Vorrichtung erkennt die Position des Beobachters und führt die Zylinderlinsen bei einem Positions-

wechsel so nach, dass der räumliche Eindruck erhalten bleibt. Ein „Autostereoskopische(s) Mixed-Reality-Display“ bringt schwebende Objekte auf den Schreibtisch, indem das Licht zweier Videoquellen auf eine 30 Zoll große Filterscheibe projiziert wird. Wenn man in die Bilder hinein greift, tut sich was, daher „mixed reality“. So könnten beispielsweise virtuelle Objekte zu Lehrzwecken auseinander genommen und wieder zusammen gesetzt werden.

Hochauflösendes 3D-Display (ohne Stereobrille betrachtbar) mit Gestiksteuerung.





LEDs, Licht emittierende Dioden, in allen Farben und Bauarten. Die leuchtenden Halbleiter werden eine Effizienzrevolution in der Beleuchtungstechnik einleiten.

Digitale Datenbrille

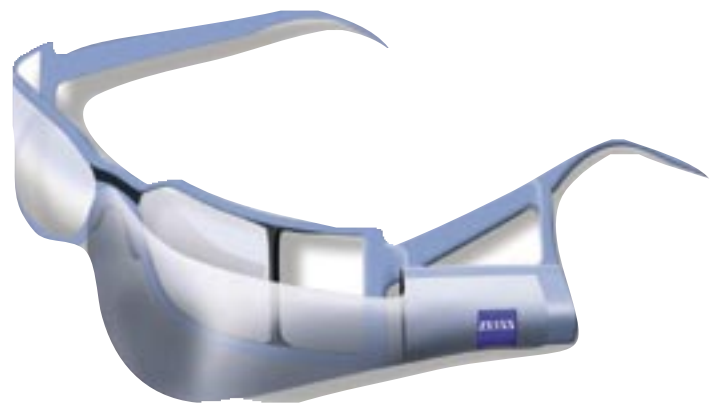
Es geht auch ohne Projektionsfläche; der technische Fortschritt führt derzeit ein Konzept zur Reife, das bislang unter Mängeln litt: Die Datenbrille bzw. das Head Mounted Display, HMD – zu schwer, das Bild nicht gut genug. Ganze 40 Gramm, versichert die Carl Zeiss AG, nähme die Optik ihres jüngsten HMD-Demonstrators noch in Anspruch, und produziere ein brillantes Bild, dem eines 17“-Monitors vergleichbar. Scharf bis in die Ecken hinein, so dass selbst das Kleingedruckte lesbar wäre. Eine solche Datenbrille macht die von einem Computer oder einer Kamera eingespielten digitalen Bild- und Videodateien sichtbar, sie könnte, von einem Augenzwinkern gesteuert, wahlweise auch die Sicht auf die Realität freigeben und so zu einem unverzichtbaren Werkzeug für die minimalinvasive Chirurgie wie den gehobenen KFZ-Mechaniker werden.

Netze für die Ohren – Digital Radio Mondiale

Ein guter Teil der neuen Displaytechnik wird schließlich seinen Weg ins Auto finden, wenngleich die unterhaltsamen Bilder den Beifahrern vorbehalten bleiben müssen. Dagegen dürfen sich die Ohren aller an schmeichelweicher Klassik erfreuen, und Nachrichten von zu Hause, auch im Ausland, denn die Digitalisierung hat die alten Frequenzbereiche von Kurz-, Mittel- und Langwelle durch Kompressionsverfahren für eine hohe Audioqualität tauglich gemacht. Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen hat Chips entwickelt, die eine Umstellung der Autoradioproduktion auf die digitale Technik einfach machen. Parallel zum Audioprogramm können weitere Multimediainhalte und Informationen abgerufen werden. Die Zeit, wo nur zur vollen und halben Stunde veraltete Staumeldungen zu hören sind, geht zu Ende.

Internet im Auto

Die übliche Art, Urlaub zu machen, hat Mängel. Drei Wochen an einem Fleck werden üblicherweise durch Fahrten in die Umgebung belebt. Wenn man aber sowieso jeden Tag fährt, wäre es da nicht klüger, sich über das Land treiben zu lassen? Es hakt an organisatorischen Problemen: Wo übernachten? Bed-and-Breakfast, gut, aber was ist frei? Das Internet im Auto hätte die Antwort, gespeist von Informationen über den augenblicklichen Aufenthalt würde es die Gelegenheiten vor Ort, auch abseits der Straße aufzählen, das nette Garten-



Datenbrille für drei Dimensionen, ein Leichtgewicht mit randscharfer Darstellung.

lokal in der Nähe zeigen, aufzählen, was heute Abend auf der Menükarte steht ... es ist nicht fair, dass sie das Huhn mit Bratenbrutzeln und Weinglasklingeln unterlegt haben ... buchen. Buchen? Gebucht.

Das Internet im Auto könnte, anders als der papierene Reiseführer, Auskunft über aktuelle Ereignisse geben – Ausstellungen, kurzfristig arrangierte Märkte, Gelegenheiten – vor allem aber könnte man es etwas fragen: Wo kam noch mal dieser unglaublich gute Calvados her?

Autos gehorchen auf's Wort

Das wichtigste Kommunikationsinstrument des Menschen, die Sprache, wird künftig auch für den Dialog mit Maschinen wie Autos zur Verfügung stehen. Wenn das Auto durch GPS oder das europäische Satellitensystem Galileo weiß, wo es ist, kann es die Sehenswürdigkeiten nennen, die gerade vorbeiziehen. Umgekehrt weiss das Bordsystem etwas mit dem Satz „Wo ist das nächste Hotel, so um die 100 Euro?“ anzufangen. Auch Gestik und Mimik werden die Bordcomputer bald zu deuten wissen, denn Deutschland ist auf dem Gebiet der Mensch-Maschine-Interaktion dank der BMBF-Förderung weltweit führend.

Mit mobilen Terminals können Autofahrer zukünftig unbehelligt von Staus durch den Verkehr navigieren.



HeadUp-Displays, die Informationen in das Sichtfeld des Fahrers projizieren können, und Spracheingabe machen Autofahrern das Leben leichter.



Standards schaffen Märkte

Das Leben im victorianischen England kann nicht einfach gewesen sein, als 12 Inches 1 Fuß ausmachten, derer drei 1 Yard, 5 1/2 Yards oder 16 1/2 Fuß ein Rod, Perch oder Pole, 22 Yard 1 Chain, 10 davon 1 Furlong, 1760 Yards 1 Meile und 3 Meilen 1 League. Was Wunder, dass auch die englischsprachige Welt inzwischen auf das Meter eingeschwenkt

ist. Der Übergang war nicht unproblematisch, 1999 zerstellte der amerikanische Mars Climate Orbiter auf dem Roten Planeten, weil die steuernden Teams mal in Fuß, mal in Metern rechneten. Normung also muss sein, wenn jedes Land sein eigenes Schraubenmaß hätte, wären Maschinenbau und -wartung eine teure Strapaze.



Ein Standard kann sich von selbst einstellen, wenn ein Produkt überragende Eigenschaften hat, oder, häufiger, so aggressiv vermarktet wird, dass es die Konkurrenz verdrängt. Die Marketingtricks sind meist alt und ehrwürdig, wenn etwa Drucker fast verschenkt werden, um an der teuren Tinte zu verdienen, ganz nach dem Muster Rockefellers, der Petroleumlampen fast verschenkte. Oder wenn Notebooks vorinstallierte Software haben, die den dringenden Wunsch nach der teuren Vollversion aufkommen lässt. Eine Industriegesellschaft ist freilich gut beraten, es nicht bei Standardisierung durch Marketing zu belassen. Von der Wirtschaft

einvernehmlich verabredete Standards oder staatlich gesetzte Normen können helfen, Märkte zu entwickeln und den Wettbewerb zu stärken. In Deutschland besorgt das Deutsche Institut für Normung, DIN, das Vereinheitlichungsgeschäft; nach Rechnungen des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung und der Technischen Universität Dresden hilft das DIN so der Wirtschaft jährlich 16 Milliarden Euro einzusparen, einfach dadurch, dass Schrauben und Muttern zueinander passen, Schnittstellen an Computern korrekt Daten austauschen oder Handys verschiedener Hersteller einander verstehen. (Gelegentlich leuchten Normen auf den ersten Blick nicht ein, wenn etwa DIN 14941 die Beschaffenheit der Knöpfe von Feuerwehruniformen regelt. Hätte, andererseits, Napoleon ein ähnlich gründliches Normungsinstitut gehabt, wären seinen Offizieren im kalten Winter 1812 vor Moskau nicht die Hosen heruntergefallen. Deren Uniformen nämlich hatten Zinnknöpfe, und reines Zinn ereilt bei tiefen Temperaturen die „Zinnpest“, es zerbröseln.)

Standards bzw. Normen können wichtiger als Patente sein. Die internationalen Normen für Ladekräne etwa, wie sie in Häfen Verwendung finden, stammen zum größten Teil aus Deutschland, und die deutsche Kranindustrie ist mit großem Abstand Weltmarktführer. Der Zusammenhang ist keineswegs zufällig.

Auch im rasant wachsenden Markt der Mobilkommunikation ist Standardisierung wichtig. Gerade der Handy-Standard GSM gilt mittlerweile als grandiose Erfolgsgeschichte. Sie ist einer Zusammenkunft von Vertretern europäischer Telekommunikationsunternehmen aus 26 Ländern schon 1982 zu danken, zehn Jahre später wurde GSM offiziell eingeführt. Heute telefoniert fast die ganze Welt mit GSM, auch die USA beginnen, sich dem Standard anzuschließen. Gut möglich, dass auch die folgenden Standards wie UMTS eine ähnliche Erfolgsbilanz ausweisen werden. Dann hätte Europa weltweit Standards gesetzt, und das ist gut fürs Geschäft. In der Kommunikationstechnologie ist es wichtig, dass FuE-Ergebnisse frühzeitig in die internationalen Standardisierungsgremien, wie z.B. die International Telecommunication Union (ITU), eingebracht werden. Das ist die Maxime des BMBF in der Forschungsförderung.

In der globalisierten Welt können Standards wichtiger als Patente werden.



Sicherheit

Wer Kongresse über Soziobiologie und zugleich solche über Informationstechnik besucht, entdeckt verblüffende Gemeinsamkeiten von Bio- und Technosphäre, die sich in dem Satz zusammenfassen lassen: In jedem Paradies ist eine Schlange. Oder, technisch: If anything can go wrong, it will! Das eine ist Volksweisheit, das andere Murphy's Law. Das Internet kann sich alledem als Teil dieser Welt nicht entziehen, und so ist Sicherheit in der vernetzten Welt ein ganz großes Thema.

„Viren“, „Würmer“ und andere Plagegeister sind, auf das Internet bezogen, gut gewählte Worte, denn die Analogien zwischen Natur und Technik gehen tatsächlich weit, auch wenn die Erscheinungsformen der Schädlinge ganz andere sind. So ist der Begriff der Monokultur für Landwirtschaft wie vernetzte Welt gleichermaßen nützlich. Auf riesigen, gleichförmig bepflanzten Flächen finden angepasste Schädlinge ideale Bedingungen. Und in einer Computerwelt, die von nur einem Betriebssystem dominiert wird, finden Hacker reichlich Angriffspunkte, können innerhalb kürzester Zeit zigtausende Computer infiziert werden. Oft hat der Schaden Kalkül: „Extreme Margen bei überschaubaren Risiken führen regelmäßig zu organisierter Kriminalität“, sagen IT-Fachleute. Biologen würden milder formulieren, dass sich da eine Spezies eine neue ökologische Nische zu erschließen versucht. Der Kampf gegen den Missbrauch des Internets verspricht mithin zeitlich unbegrenzt zu werden, was – biologisch gesehen – nichts Neues wäre: Der Kampf gegen Viren, Bakterien und Parasiten währt, solange die Menschheit lebt. Auch der Schutz des Internets wird immer währende Anstrengungen erfordern, aber das schafft schließlich auch Arbeitsplätze. Experten scheint die Abwehr der Gefahren bei entsprechender Anstrengung aber machbar. Das muss auch so sein, denn vom Internet werden künftig lebenswichtige Einrichtungen abhängen.

Antennen – Rückgrat der Funkkommunikation und manchmal auch Stein des Anstoßes.



Funkwellen als Risiko?

Auch die technische Infrastruktur der vernetzten Welt ist es wert, gründlich bedacht zu werden. Hat die kommende Flut von Funkwellen negative Folgen? Elektromagnetische Wellen, wie sie Mikrowelle, Radio, TV und Handy abgeben, hat es auf der Erde immer schon gegeben. Jeder Blitz gibt ein breites Spektrum ab, wovon nicht nur das gelegentliche Knistern im Radio zeugt. Wer auf Kurzwelle im 15-Meter-Band surft, wird eine besonders beständige natürliche Quelle schon gehört haben: Jupiter. Der Riesenplanet macht mit allerlei exotischen Entladungen relativ gesehen viel Lärm im Wellenspektrum. Dennoch: Die von Natur aus vorhandene elektromagnetische Strahlung ist minimal und sporadisch verglichen mit dem, was Überlandleitungen, Funk, Radio und Fernsehen heute abgeben. Wie „geladen“ die Umgebung etwa eines Rundfunksenders ist, kann sehen, wer in seiner unmittelbaren Nähe eine Leuchtstoffröhre in die Hand nimmt: Sie leuchtet, einfach so, ohne ans Netz angeschlossen zu sein. Unmittelbare Gefahr geht selbst von so starken Feldern nicht aus, der Leuchtstoffröhreneffekt wird von den Technikern routinemäßig zur Abstimmung des Senders verwendet. Auf jeden Fall aber ist es ratsam, eine minimale elektromagnetische Belastung anzustreben. Ob und wie das in der vernetzten

Welt von morgen möglich ist, hat das vom BMBF geförderte Projekt miniWatt untersucht, das Ergebnis: Es ist möglich, das Mobilfunknetz ohne steigende Exposition durch elektromagnetische Wellen auszubauen. Wenn etwa die Rundfunk- und Fernsehverteilung künftig von Verteilnetzen übernommen würde, die ähnlich kleinzellig wie die Mobilfunknetzwerke sind, ließen sich bis zu 48 terrestrische Funk- und Fernsehprogramme bundesweit mit insgesamt nur 400 Kilowatt Sendeleistung verbreiten. Der Fernsehturm am Berliner Alexanderplatz allein strahlt 200 Kilowatt ab. Auch in der übrigen Funktechnik sind noch zahlreiche Verbesserungen möglich, etwa intelligente Antennensysteme, die ihre Energie nur dahin richten, wo sie gerade gebraucht wird, neue, Sendenergie sparende Datenkompressionsverfahren werden entwickelt, neue Frequenzbereiche erschlossen. Insgesamt ist so zu erwarten, dass trotz des zunehmenden Funkverkehrs in der vernetzten Welt die elektromagnetische Exposition der Bevölkerung nicht wesentlich zunehmen wird. Hinsichtlich der biologischen Wirkung elektromagnetischer Wellen gibt es eine abgesicherte Bewertung: Mehrere tausend Publikationen haben nach nachweisbar schädlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder mit Stärken unterhalb der festgelegten Grenzwerte gesucht und nichts Belastbares gefunden.

Die Sicherung der Daten gegen Verlust und ungewollte Weitergabe ist in der vernetzten Welt ein zentrales Thema.



Fördern, was die Zukunft sichert

Mehr als die Hälfte der Industrieproduktion und über 80% der Exporte Deutschlands haben heute mit Informations- und Kommunikationstechnologien, IKT, zu tun. In modernen Industrieanlagen finden sich IKT auf jeder Ebene: In den Maschinen selbst, in der Vernetzung der Maschinen, in der Vernetzung der Menschen, die das Ganze dirigieren. Der Aufwand hat sich durch teils spektakuläre Steigerungen an Raffinesse, Präzision und Effizienz in der Industrieproduktion bezahlt gemacht. Ohne IKT geht in der Industrie nichts mehr.

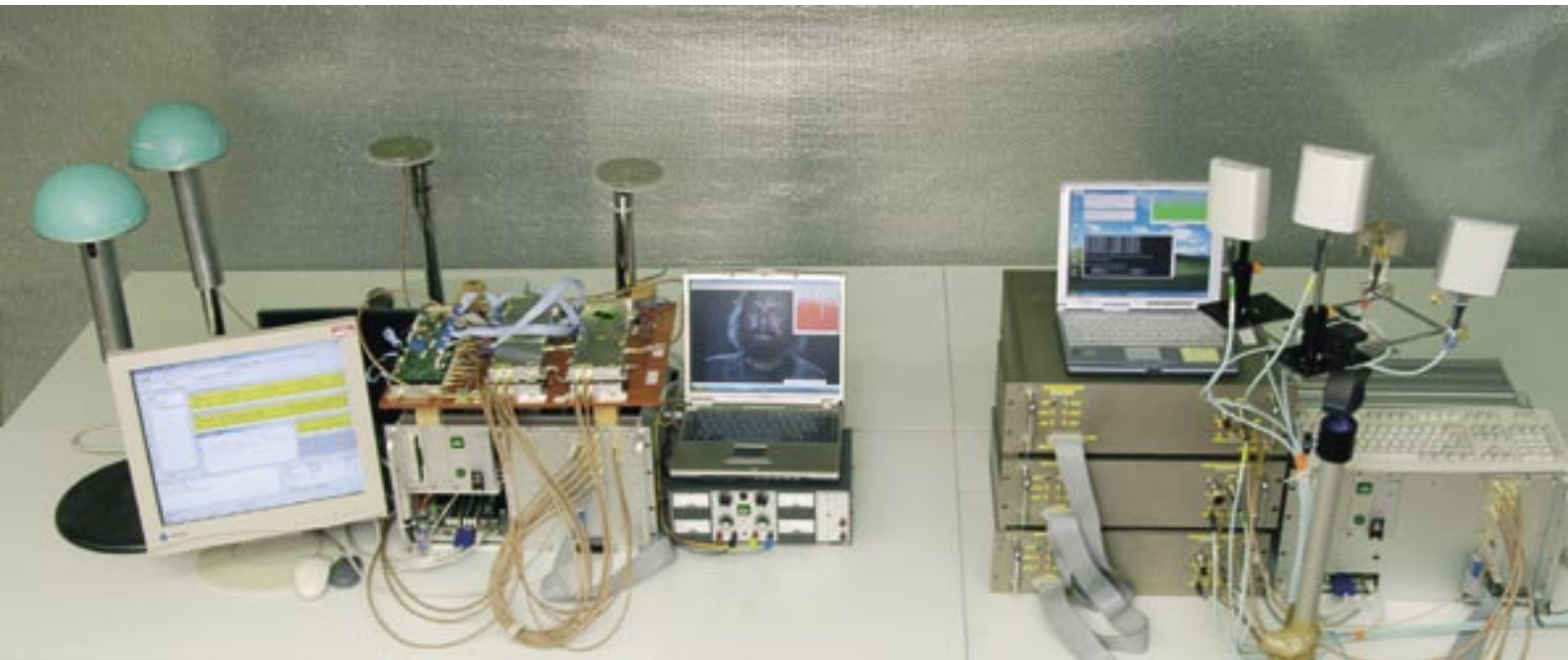
Informations- und Kommunikationstechnologien kommt auch deshalb eine enorme volkswirtschaftliche Bedeutung zu, weil sie Innovationen anstoßen. Innovationen erzeugen Wachstum und Wachstum schafft zukunftssichere neue Arbeitsplätze.

Die Forschungs- und Innovationspolitik der Bundesregierung hat maßgeblich dazu beigetragen, dass Deutschland international konkurrenzfähig bleibt. Ein hohes staatliches Engagement für Forschung und Entwicklung ging dabei mit hohen Steigerungen der Forschungsaufwendungen der Wirtschaft einher. Als Konsequenz ist der Anteil von Forschung und Entwicklung am Bruttoinlandsprodukt wieder auf 2,5% gestiegen.

Die gegenwärtige Innovationsinitiative ist Teil der Agenda 2010. Mit den Reformen der Agenda 2010 sichert die Bundesregierung die Handlungsfähigkeit des Staates und schafft damit prioritäre Freiräume für Investitionen in die Zukunft - Investitionen in Bildung und Forschung. Ihr Ziel lautet: Deutschland auf den Gebieten der Hochtechnologie dauerhaft an der Weltspitze zu positionieren und damit Wachstum und Wohlstand in Deutschland auch in Zukunft zu sichern. Gefördert wird, was Arbeit schafft.

Die zuverlässige Übertragung hochwertiger Dienste wie Sprache und Video in einem IP-Netz (IP=Internet Protocol) bedarf ausgeklügelter Methoden, die derzeit erforscht werden.





Arrangement für einen Weltrekord: Ein Team des Fraunhofer Instituts für Nachrichtentechnik in Berlin und der Siemens-Forschungsabteilung in München hat mittels eines „intelligenten Antennensystems“ drahtlos ein Gigabit pro Sekunde übertragen können.

Die künftigen Schwerpunkte: Next Generation Networks

Eine der großen Stärken des Standorts Deutschland ist die Systemführerschaft bei der Entwicklung neuer Kommunikationssysteme, gerade auch von Mobilfunksystemen. Fast alle weltweit führenden Firmen haben Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen und zum Teil auch Produktionskapazitäten für Mobilfunksysteme in Deutschland angesiedelt. Deutschland verfügt über eine hervorragende Forschungslandschaft, so ist die Fraunhofer Gesellschaft FhG die größte IT-Forschungseinrichtung in Europa. IKT ist als Wachstumstreiber und Jobmaschine anerkannt, annähernd 800.000 Beschäftigte arbeiten in der Branche.

Noch ist Europa der größte Markt für mobile Dienste. Für den Export wird in Zukunft Asien mit China eine große Rolle spielen, noch vor den USA. Um diesen Markt bedienen zu können, müssen die Stärken, die in Deutschland und Europa auf dem Gebiet der Kommunikation vorhanden sind, weiter ausgebaut werden.

Damit diese und andere Innovationen vorangebracht werden, hat die Bundesregierung gemeinsam mit Wissenschaft und Wirtschaft eine Partnerschaft für Innovation gestartet. Unternehmen, Verbände, Institutionen und Politik arbeiten in neuer Weise als „Partner für Innovation“ zusammen. Ihr Ziel: Gute Ideen sollen in Zukunft schneller in Innovationen umgesetzt werden. Die Initiative entwickelt konkrete Ideen und Maßnahmen, wie Deutschland sein Innovationspotenzial besser ausschöpfen kann. Ein Schwerpunkt der Initiative ist hierbei der Themenbereich „Vernetzte Welten“. In diesem Rahmen konzentriert sich das BMBF auf die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben für neue Netztechnologien, wie die optischen Technologien, elektronische Nachrichtentechnik und Funktechnik, die zu einer neuen Generation von Netzen zusammengeführt werden. Diese „Next Generation Networks“ schöpfen die jeweiligen Vorzüge verschiedener Methoden aus, entwickeln neue Lösungsansätze und treiben damit die Internettechnik für alle denkbaren Dienste voran.



Literatur

Volker Aschoff

Geschichte der Nachrichtentechnik
Springer Verlag; 1989

Robyn Arianrhod

Einstein's Heroes, Icon Books; 2003

BMBF-Programm IT-Forschung 2006

Förderkonzept Informations- und Kommunikationstechnik
Hrsg.: BMBF; 2002

Roland Göök

Erfindungen – Nachrichtentechnik, Elektronik
Siegloch Edition; 1988

Roland Göök

Erfindungen – Radio, Fernsehen, Computer
Siegloch Edition; 1989

Jeff Hecht

City of Light – The Story of Fiber Optics
Oxford University Press; 2004

Heinrich Hertz

Festschrift anlässlich der Erforschung
der elektromagnetischen Wellen vor 100 Jahren
Heinrich-Hertz-Institut Berlin; 1988

Hiebel/Hiebler/Kogler/Walitsch

Große Medienchronik
Wilhelm Fink Verlag; 1999

Informationsgesellschaft Deutschland 2006

Aktionsprogramm der Bundesregierung
Hrsg.: BMWA und BMBF; 2003

Peter Körte

Hedy Lamarr – die stumme Sirene
belleville Verlag Michael Farin; 2000

Mobilkommunikation und Rundfunk der Zukunft

Konzepte zur Minimierung der Exposition der Bevölkerung
durch elektromagnetische Felder
Hrsg.: Projektträger für das BMBF im DLR; 2004

Wolfgang Schivelbusch

Geschichte der Eisenbahnreise
Carl Hanser Verlag; 1977

Emilio Segrè

Von den fallenden Körpern ..., Piper Verlag; 1986

Monitoring Informationswirtschaft

7. Faktenbericht 2004, Hrsg.: BMWA; 2004

Technologie und Qualifikation für neue Märkte

Ergänzender Bericht zur technologischer Leistungsfähigkeit
Deutschlands 2003-2004, Hrsg.: BMBF; 2004

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin /dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

