

Wie funktioniert das Netz? Mobiltelefone nutzen Funkwellen zur Übertragung von Informationen

Frischer Wind aus Afrika Menschen in Afrika nutzen ihre Handys anders als Europäer oder Amerikaner

Das königlich-bayerische Bierregulativ von 1811 Die Geschichte einer kuriosen Verordnung

KULTUR & TECHNIK



Mobiltelefon

Geschichte, Technik und Perspektiven
eines ständigen Begleiters

Liebe Mitglieder des Deutschen Museums,

Mitte Dezember werden wieder – zusammen mit dem Weihnachtsgruß des Generaldirektors – die Jahresmarken und Rechnungen für 2012 versandt.

Sie können die neuen Jahresmarken direkt nach Erhalt auf Ihre Jahreskarte aufkleben. Sollten Sie eine Rechnung ohne Jahresmarke erhalten, geben Sie uns bitte baldmöglichst Bescheid – schließlich möchten wir, dass Sie Ihre Mitgliedschaft das ganze Jahr nutzen können!

Falls Sie eine befristet abgeschlossene Mitgliedschaft für 2012 verlängern oder in eine unbefristete abändern möchten, geben Sie uns möglichst bis spätestens Ende November Bescheid.

Inhaber einer unbefristeten Mitgliedschaft, die diese im nächsten Jahr nicht fortsetzen wollen, möchten wir darauf hinweisen, dass die Kündigung schriftlich bis zum 31. Oktober erfolgen muss. Falls die Mitgliedschaft nicht beendet, aber für begrenzte Zeit ausgesetzt werden soll (z. B. wegen eines zeitlich befristeten Auslandsaufenthalts), geben Sie uns bitte ebenfalls bis 31. Oktober Bescheid.

Ihre Mitgliederbetreuung

Tel. 089 / 21 79 - 310

Fax 089 / 21 79 - 438

mitgliederinfo@deutsches-museum.de

DREI MONATE GESCHENKT!

WERDEN SIE JETZT MITGLIED UND GENIEßEN SIE ALLE VORTEILE AB 1. OKTOBER 2011

Während der drei letzten Monate des Jahres kann man alternativ eine Mitgliedschaft für das nächste Kalenderjahr abschließen. Der freie Eintritt gilt hier bereits ab dem 1. Oktober, der Mitgliedsbeitrag ist sofort fällig. Das Magazin *Kultur&Technik* wird ab der Januarausgabe des Beitragsjahres zugestellt.

Die Mitgliedschaft im Deutschen Museum kann befristet für ein Kalenderjahr oder unbefristet abgeschlossen werden. Unbefristete Mitgliedschaften können jederzeit, spätestens aber bis zum 31. Oktober, schriftlich zum Ende des Kalenderjahres gekündigt werden.

Editorial

Mobiltelefon



**LIEBE LESERIN,
LIEBER LESER,**

wer hätte das vor zehn Jahren für möglich gehalten? Fast jeder Deutsche im Alter zwischen 14 und 44 Jahren besitzt heute ein Handy. Noch telefonieren und simsen die meisten mit ihren Taschentelefonen. Aber auch der Absatz der Smartphones boomt. Mit diesen Alleskönnern versuchen die Mobiltelefonkonzerne, die sprichwörtliche eierlegende Wollmilchsau zu digitalisieren.

Dr. Johannes-Geert Hagmann, Kurator für Physik, hatte die Idee, sich diese miniaturisierten Kommunikationsgeräte einmal genauer anzuschauen – und stieß sofort auf reges Interesse im Redaktionsbeirat. Denn – Hand aufs Herz – wer weiß wirklich, wie die Dinger funktionieren? Wir verwenden sie, Punktum!

Doch wer nun glaubt, ein Anruf bei einem der Handyentwickler würde genügen, um jede Menge Informationen und Bildmaterial zu erhalten, irrt gewaltig. Was für ein Glück, dass es das Fraunhofer-Institut in Erlangen gibt, wo mindestens so neugierige Menschen sitzen wie im Deutschen Museum. Dort fand man unsere Anfrage nach einer Röntgenaufnahme von einem Smartphone überhaupt nicht befremdlich und erklärte sich ohne große Umstände bereit, ein aktuelles Gerät im Computertomografen zu durchleuchten.

Unterstützung kam auch von der Technischen Universität München, in Person von Professor Jörg Eberspächer, Mitglied des Kuratoriums des Deutschen Museums, der bei der Konzeption des Magazins half, jeden Artikel kritisch gegenlas und viele gute Tipps gab. Professor Matthias Kranz, ebenfalls von der TU München, erwies sich als versierter Handy-Anatom. Er seziierte für uns ein na-



gelneues Smartphone – und ich vermute, dass er es anschließend ebenso fachgerecht wieder zusammenbaute.

Ein herzliches Dankeschön auch im Namen der Redaktionsleitung an alle, die an der Entstehung der vorliegenden Ausgabe so tatkräftig mitgewirkt haben. Ich finde, das Ergebnis kann sich sehen – und lesen – lassen. Aber urteilen Sie selbst!

Ich wünsche Ihnen viel Freude
mit Ihrem *Kultur & Technik*-Magazin

Ihr Wolfgang M. Heckl
Generaldirektor

Löst das Mobiltelefon das Auto als Kultgegenstand ab? Möglicherweise! Statt mit Chromfelgen und Spoilern protzt die »Generation Handy« mit ultimativen Schutzhüllen und dekorativen Schmuckanhängern. Diesem Mann in einem Handyzubehör-Shop in Hongkong fällt die Wahl sichtlich schwer.

Besuchen Sie uns im Internet

Seit 2010 finden Sie *Kultur & Technik* regelmäßig online. Sie haben die Möglichkeit, auf unserer Website einzelne Beiträge zu kommentieren. Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldungen!

Ihre Redaktion

Kultur & Technik finden Sie online unter:

www.kulturundtechnik.de

Schauen Sie doch mal rein!

Thema

- 6** **Des Handys Kern**
Ein Smartphone wird seziert
Matthias Kranz
- 8** **Wie funktioniert das Netz?**
Mobil kommunizieren
Jörg Eberspächer
- 16** **Sinne, Signale und Silizium**
Sensoren im Smartphone
Johannes-Geert Hagmann
- 20** **Drahtlos verbunden**
Illustrierter Streifzug durch die
Geschichte der Mobilfunksysteme
Oskar Blumtritt
- 24** **Frischer Wind aus Afrika**
Regionale Besonderheiten und
künftige Entwicklungen in
der mobilen Kommunikation
Joachim Sokol

Magazin

- 36** **Das königlich-bayerische
Bierregulativ von 1811**
Die Geschichte einer kuriosen
Verordnung
Otto Krätz, Manfred Spachtholz
- 42** **Kekulés Traum**
Sonderausstellung im
Deutschen Museum Bonn
Ralph Burmester
- 46** **Der Anpacker**
Max Burger im Porträt
Sabrina Landes
- 48** **Ein modernes Weltwunder**
Pipelines: Meisterwerke der
Ingenieurskunst
Max Bräutigam
- 52** **Was kommt danach?**
Der Elektromotor als Alternative
zum Verbrennungsmotor
Erik Eckermann

Weitere Rubriken

- 3** **Editorial**
- 32** **MikroMakro**
Die Seiten für junge Leser
- 56** **Kaleidoskop**
- 58** **Deutsches Museum intern**
58 Neues aus dem Freundes-
und Förderkreis
- 60** **Veranstaltungen**
- 61** **Termine**
- 64** **Schlusspunkt**
- 66** **Vorschau, Impressum**



8

Mobile Kommunikation
nutzt elektromagnetische
Funkwellen zur Übertra-
gung von Informationen.



24

Die innovativsten Ideen zur
Nutzung von Mobiltelefonen
kommen aus Afrika.



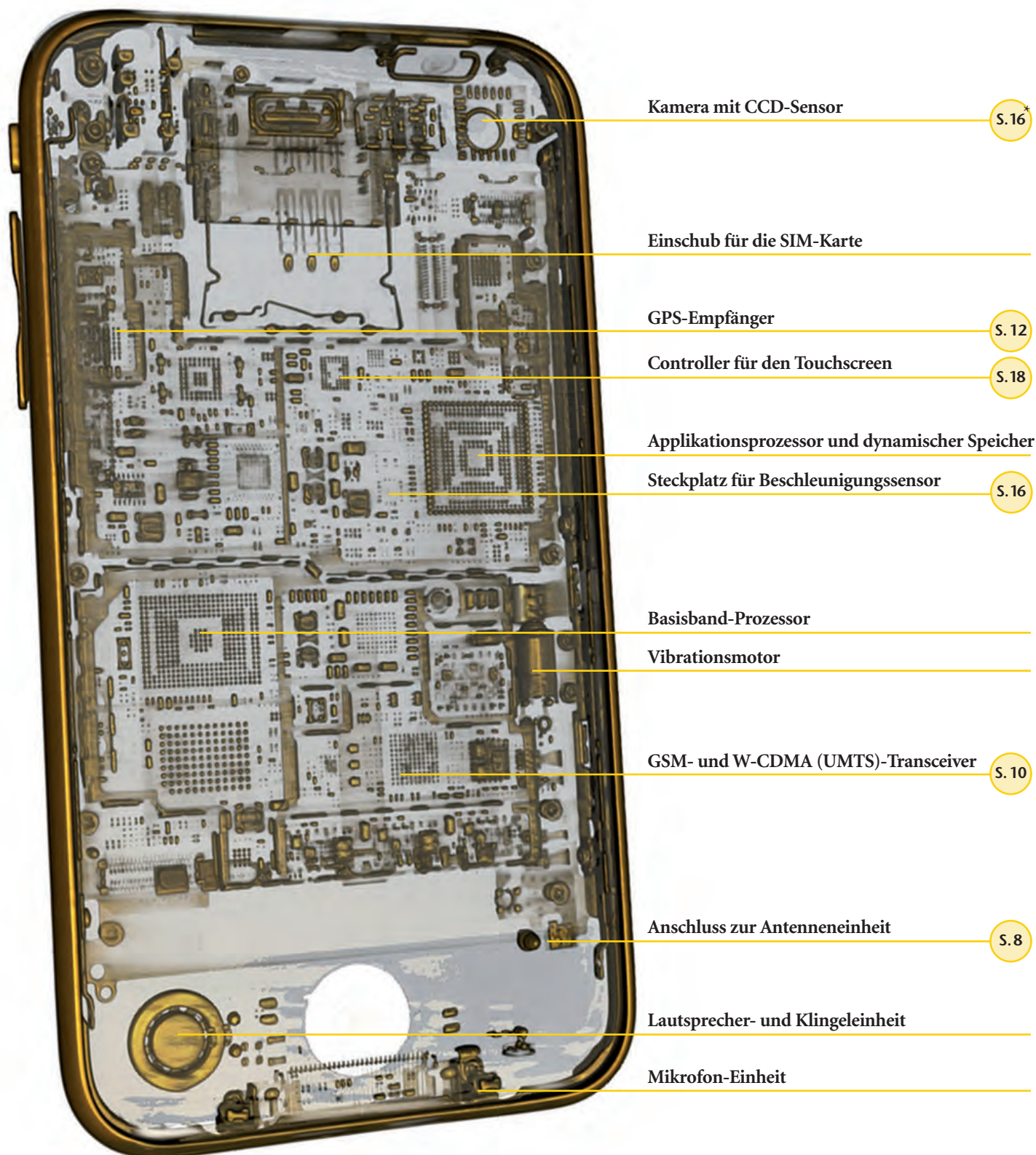
36

Der Bierpreis war schon vor
200 Jahren ein beliebtes Streit-
thema. König Maximilian I. woll-
te 1811 mit einer Verordnung
für mehr Transparenz sorgen.

DURCHLEUCHTET Am Entwicklungszentrum Röntgentechnik des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen wurde das iPhone 3 für *Kultur & Technik* tomografiert. Für das Bild wurden aus Computertomografie-Daten 3D-Ansichten generiert. Aufgrund unterschiedlicher Materialien (Gold, Zinn,

Kunststoff usw.) lässt sich die Gehäusestruktur nicht darstellen. Sichtbar werden aber die einzelnen Bausteine im Inneren des Smartphones.

* Die Seitenzahlen im Kreis verweisen auf Artikel, in denen die markierten Komponenten eine Rolle spielen oder erläutert werden.



Des Handys Kern

Blick ins Innenleben eines Smartphones



Wie sieht es eigentlich im Inneren eines Smartphones aus? Prof. Dr. Matthias Kranz, Leiter des Fachgebiets Verteilte Multimodale Informationsverarbeitung an der TU München, zerlegt für *Kultur & Technik* ein Exemplar.



1 Matthias Kranz entfernt die Rückseite des Geräts. Der Akku wurde bereits entnommen.



2 Handyrückseite ohne SIM-Karte, SD-Karte und Akku. Oben rechts ist der Lautsprecher platziert, oben links das Kameramodul. Unten links befindet sich der Vibrationsmotor für das taktile Feedback an den Benutzer.



3 Kameramodul (5 Megapixel) und Grafik-Prozessor (NEC 10170) sind über ein flexibles Kabel mit der Kamera verbunden. An der Linse rechts hängen die beiden Kamerachips. (Dieses Gerät besitzt zwei Kameras, eine auf der Vorder-, eine auf der Rückseite.)



4 Die Steck- und Kabelverbindungen werden entfernt, nur wenige Schrauben sind zum Demontieren der meist gesteckten Komponenten zu lösen. (Rechts liegt ein baugleiches, ungeöffnetes Gerät.)



5 Vorsichtig entfernt Kranz die Verbindungen um eine der Platinen (rechts) und löst Motherboard (rechts) und Kameramodul (links).

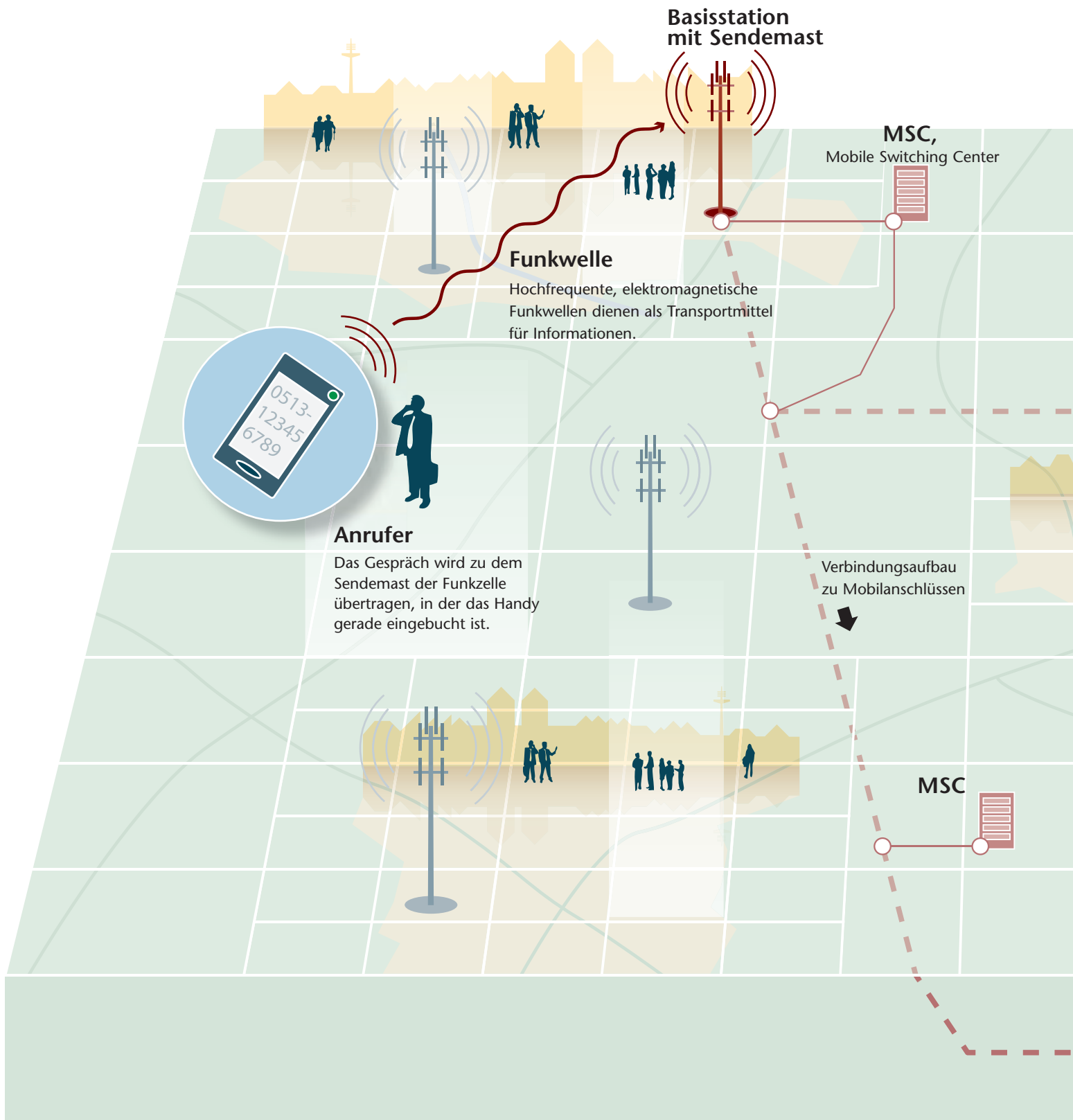


6 Auf dem Motherboard (A) befinden sich die meisten Komponenten zur Daten- und Signalverarbeitung sowie der interne Speicher. Das Kameramodul (B) liegt in der Mitte. Am unteren Rand des Gehäuses (C) ist die gelöste Einheit mit Kopfhörereingang und Lichtsensor zu sehen. Die Abdeckplatte (D) separiert das Motherboard vom inneren Gehäuse. Unterhalb der Akkueinheit befindet sich ein weiteres Modul (E) mit den Sensoren für die Bedienungsknöpfe auf der Vorderseite, dem Mikrofon für Gespräche, dem Vibrationsmotor (silberner Knopf rechts)

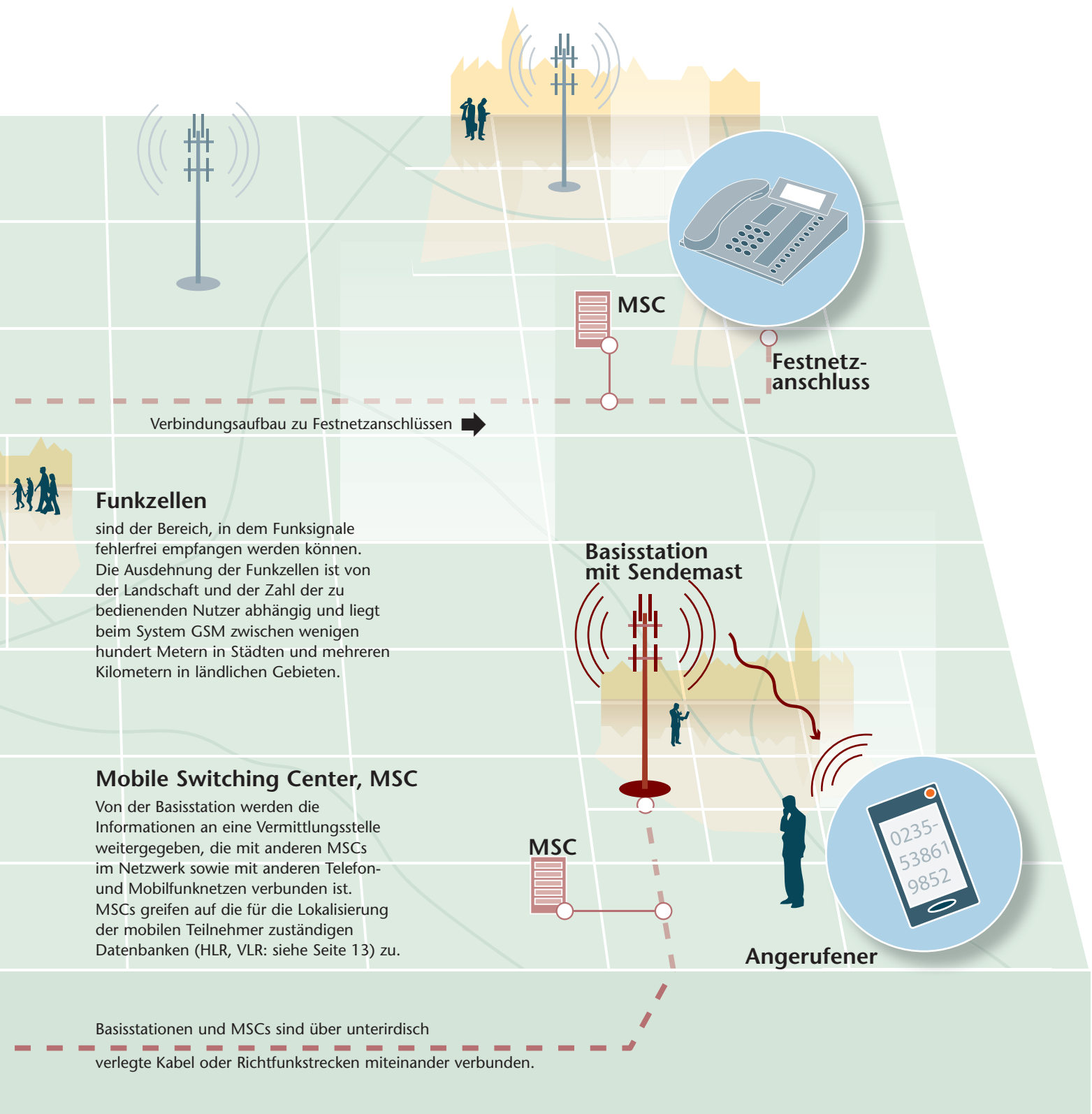
sowie den Steckverbindungen zur Antenneneinheit, die sich im anderen Gehäuseteil befindet. Das Motherboard und das untere Modul sind durch ein weißes Koaxialkabel (F) miteinander verbunden. Unter den verbleibenden Teilen des Gehäuses (G) verbirgt sich das Frontpanel des Geräts einschließlich des Touchscreens, dessen Controller-Chip (H) in der Mitte in einem Fenster zu sehen ist. Das Lösen dieser beiden geklebten Einheiten ist leider nicht zerstörungsfrei möglich, weshalb wir an dieser Stelle die Zerlegung beenden.

Wie funktioniert das Netz?

Mobil kommunizieren



Mobilfunknetze nutzen – wie schon die frühe Funkkommunikation – elektromagnetische Funkwellen zur Übertragung von Sprache. Doch das Frequenzspektrum ist knapp bemessen. Von Jörg Eberspächer



» Die Bürger der drahtlosen Zeit werden überall mit ihrem Empfänger herumgehen, der irgendwo, im Hut oder anderswo, angebracht sein wird.« Robert Sloss, 1910

Nur wenige Visionäre sahen den Siegeszug der mobilen Kommunikation voraus, kaum jemand ahnte, dass es Anfang des 21. Jahrhunderts ganz selbstverständlich sein würde, miteinander drahtlos und unterwegs kommunizieren zu können. Einer der wenigen war Robert Sloss, der 1910 in einem Beitrag »Das drahtlose Zeitalter« für das Buch *Die Welt in 100 Jahren* prophezeite [1]: »Jedermann wird sein eigenes Taschentelefon haben, durch welches er sich, mit wem er will, wird verbinden können. Die Bürger der drahtlosen Zeit werden überall mit ihrem Empfänger herumgehen, der irgendwo, im Hut oder anderswo, angebracht sein wird [...]. Das Senden von Bildern und Fotografien an in Bewegung befindliche Schiffe, Züge, Autos und Luftschiffe wird einfach [...] drahtlos von statten gehen.«

Grandios! Robert Sloss hat damit nicht nur die mobile Sprachtelefonie, sondern auch die Daten- und Bildkommunikation vorausgesehen, wie sie mit modernen »Smartphones« möglich ist. Heute zählen wir weltweit über vier Milliarden Mobilfunkteilnehmer, mit weiterhin steigender Tendenz. Dabei galten die Prognosen der Pioniere des modernen Mobilfunks als verwegen, die 1990, bei der Einführung des GSM-Systems (Global System for Mobile Communication), für das Jahr 2000 von etwa 10 Millionen Abonnenten in Europa ausgingen. Es wurden dann über 400 Millionen ...

Für das bis heute anhaltende starke Wachstum der Teilnehmerzahlen sind mehrere Faktoren verantwortlich:

- ▶ Hoher Kundennutzen (mobil telefonieren)
- ▶ Digitalisierung der Übertragung und Vermittlung
- ▶ Mikrominiaturisierung und damit Kostensenkung von elektronischen Funktionen
- ▶ Verfahren zur zuverlässigen drahtlosen Signalübertragung



Gigantische Ausmaße hat das Mobiltelefon, das Don Johnson alias Sonny Crockett bei seinen Ermittlungen in »Miami Vice« hier in Händen hält. Der Szenenausschnitt stammt von 1984. Seither sind nicht nur die Empfangsgeräte kleiner geworden, auch auf dem Gebiet der Funktechnik hat sich einiges getan.

- ▶ Beherrschung der technischen Systemkomplexität bei Elektronik und Software
- ▶ Einigung auf weltweite technische Standards

Während der erste Faktor die Erfüllung eines Menschheitstraums widerspiegelt, sind die vier anderen Faktoren technischer Natur und das Ergebnis weltweiter jahrzehntelanger Ingenieuranstrengungen.

Im Folgenden wird auf die Technik der digitalen Mobilfunknetze eingegangen, deren wichtigster Vertreter das System GSM ist, mit seinen Nachfolgern UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) bzw. LTE (Long Term Evolution).

GSM, UMTS und LTE werden auch als Systeme der zweiten, dritten bzw. vierten Generation bezeichnet. Ebenfalls sehr verbreitet sind die sogenannten Wireless Local Area Networks (WLAN). Diese funktionieren zwar grundsätzlich ähnlich wie die Mobilfunksysteme, sind allerdings vor allem für den ortsfesten Betrieb einsetzbar.

ZELLULARPRINZIP. Wie jede Funkkommunikation benötigt auch die drahtlose Telefonie Frequenzen zur Übertragung der Sprachsig-

nale mittels elektromagnetischer Funkwellen. Frequenzen sind aber bekanntlich sehr kostbar. Das wurde jedem bewusst, als im Jahr 2000 die Versteigerung von Lizenzen für die Frequenzen des UMTS-Systems dem deutschen Finanzminister etwa hundert Milliarden D-Mark einbrachte. Um mit dem knappen Gut »Frequenzspektrum« Tausende, ja Millionen von Teilnehmern bedienen zu können, nutzt man den – scheinbaren – Nachteil der begrenzten Reichweite der Funkwellen aus und teilt das abzudeckende Gebiet in sogenannte Funkzellen ein. Jeder Zelle ist eine bestimmte Zahl von Frequenzkanälen (Frequenzbänder) aus dem gesamten verfügbaren Spektrum zugewiesen, mit denen einige Hundert bis Tausend Teilnehmer versorgt werden können. Der Trick besteht nun darin, die gleichen Frequenzen in einem gewissen Abstand wiederzuverwenden. Der Wiederverwendungsabstand muss so groß sein, dass die gegenseitigen Störungen (»Interzell-Interferenzen«) die Kommunikation nur wenig oder gar nicht beeinträchtigen.

Das mobile Endgerät kommuniziert nicht direkt mit einem anderen Endgerät, sondern indirekt über eine Basisstation, die als Relais dient (siehe Grafik Seite 8-9). In der mit einer größeren Antenne versehenen Basisstation wird das Funksignal in ein elektronisches Signal gewandelt. Von dort wird es entweder wieder zu einem Teilnehmer in derselben Funkzelle ausgestrahlt oder über das Festnetz zu einer beliebigen anderen Funkzelle oder zu einem Teilnehmer am Festnetz geleitet. Koordiniert und gesteuert werden die Basisstationen von einer übergeordneten Instanz, der Mobilvermittlungsstelle (Mobile Switching Center MSC). Die MSC ist, im Zusammenspiel mit Partner-MSCs entlang des Verbindungswegs, verantwortlich für den Aufbau der Verbindung durch das Festnetz bis zur Zielzelle.

DRAHTLOSE KOMMUNIKATION – TROTZ STÖRUNGEN ZUM ZIEL! Zur Übertragung der Signale besitzt das Endgerät eine elektronische Sende- und Empfangseinrichtung (Transmitter-Receiver = Transceiver) sowie eine Antenne. Im Unterschied zu einem guten Kabel ist der Mobilfunkkanal ein Übertra-



Mobile Vermittlungsstellen (MSC) sind die Koordinations- und Steuerzentralen der mobilen Kommunikation. Sie organisieren sekundenschnell den Aufbau der Verbindung durch die Kabel des Festnetzes bis zu der Funkzelle, in der sich der Angerufene befindet.

gungsmedium mit stark schwankender Qualität, besonders dann, wenn sich die Teilnehmer bewegen. Während sich die elektromagnetischen Wellen bei idealen Bedingungen (d. h. im freien Raum) radialsymmetrisch ausbreiten, gelten diese Bedingungen beim terrestrischen Mobilfunk nicht mehr. Die Signale werden nämlich an natürlichen Hindernissen (Berge, Wasserflächen, Gebäude) gestreut, reflektiert oder teilweise absorbiert (Mehrwegeausbreitung). Dadurch entstehen Verluste. Die Verluste nehmen mit wachsender Frequenz zu. Deshalb ist es nicht sinnvoll, beliebig hohe Frequenzen zu verwenden. Die Mehrwegeausbreitung führt zu einer starken Schwankung der Signalstärke mit mehr oder weniger starken Einbrüchen im Signalpegel entlang des von der Mobilstation zurückgelegten Wegs. Dieses Phänomen wird als »Fading« – Schwund – bezeichnet.

Der Funkkanal kann – z. B. bei Abschattungen oder innerhalb von Gebäuden – zeitweise auch ganz ausfallen. Transceiver und Antenne zusammen müssen daher so gestaltet sein, dass sie in den verschiedenen verwendeten Frequenzbereichen und bei unterschiedlichen Kanalbedingungen möglichst gute Empfangssignale liefern.

Von wesentlicher Bedeutung sind daher Maßnahmen zum Schutz der Übertragung in der Sende- und Empfangselektronik. Zur (teilweisen) Elimination entstandener Signalverzerrungen werden Entzerrer eingesetzt. Besonders wirksam sind Verfahren, bei denen die digitalen Daten bei der Übertragung über gestörte Kanäle durch Hinzufügen von Redundanz gegen Übertragungsfehler geschützt werden.

Die redundante Information wird dem Signal am Eingang des Übertragungskanals (z. B. im Handy) hinzugefügt (Codierung). Am Ausgang des Kanals (z. B. in der Basisstation) wird das Signal decodiert und trotz der Übertragungsfehler möglichst originalgetreu rekonstruiert. Damit lassen sich, je nach Aufwand und Fehlerart, ein oder mehrere Fehler entdecken und korrigieren. Die Qualität der digitalen Signale kann auf diese Weise um mehrere Zehnerpotenzen verbessert werden.

Die Codierungsverfahren beruhen auf komplizierten mathematischen Algorithmen,

ohne die eine zuverlässige Kommunikation über die oft gestörten Funkkanäle nicht vorstellbar wäre. Das codierte Signal wird nicht direkt im Basisband übertragen, sondern – ähnlich wie beim Rundfunk – einem Trägersignal aufmoduliert, d. h. in ein höheres Frequenzband verschoben.

Bei heutigen Mobilfunksystemen werden unterschiedliche Modulationsverfahren eingesetzt. Beim meistverbreiteten System GSM und bei UMTS verwendet man Varianten der digitalen Phasenmodulation. Dabei wird der Phasenwinkel des Trägersignals in diskreten Stufen umgeschaltet. Je nach Verfahren werden pro Sendesymbol ein (GSM), zwei (UMTS) oder mehr Bits übertragen. Am Empfänger rekonstruiert ein Demodulator möglichst originalgetreu das ursprüngliche Signal. Alle diese Sende-Empfangs-Funktionen werden in speziellen Elektronikchips sowie in einem sehr leistungsfähigen Mikrorechner (Signalprozessor) durchgeführt, die zusammen das Herz des Smartphones bilden.

Die Antenne ist in heutigen Handymodellen praktisch unsichtbar. Sie ist entsprechend der Wellenlänge der verwendeten Funksignale nur einige Zentimeter groß und kunstvoll an den verfügbaren Raum des kleinen und mit Elektronik, Sensoren, Batterie und anderen Teilen voll gestopften Endgeräts angepasst.

Für den Empfang der Signale von Satelliten des Global Positioning Systems (GPS) sind in vielen Mobiltelefonen zusätzlich noch GPS-Empfänger eingebaut. Damit lassen sich ortsbezogene Dienste auf dem Handy realisieren.

KNAPPE RESSOURCEN FAIR AUFTEILEN: MULTIPLEXEN. Das Übertragungsmedium »Funkkanäle« wird gemeinsam von allen Stationen einer Zelle gemeinsam genutzt. Die Mobilstationen konkurrieren daher miteinander, wenn sie Informationen übertragen wollen. Wie können nun in jeder Zelle Hunderte von Teilnehmern gleichzeitig kommunizieren, ohne dass es zum Chaos kommt? Dazu gibt es verschiedene Lösungen. Beim System GSM wird das pro Zelle verfügbare Frequenzspektrum auf die einzelnen aktiven Nutzer bedarfsabhängig aufgeteilt. Man spricht von Frequenzvielfach (Frequency Division Multiplex, FDM).



Techniker bei Wartungsarbeiten an einem Funkmast.



Die ersten Mobiltelefone hatten noch sichtbare Antennen. Heute ist die Antenne in den Korpus des Mobiltelefons integriert.

Zusätzlich wird jedes dieser Frequenzbänder im »Zeitvielfach« (Time Division Multiplex, TDM) genutzt, d. h. jeder Teilnehmer darf das Band nicht permanent, sondern immer nur für ein kurzes Zeitintervall belegen. In diesem – periodisch vergebenen – Intervall wird ein Block von Bits übertragen (ein sogenannter Burst), der dann die digitalen Sprachsignale oder andere Daten enthält.

Jedem Nutzer stehen also für seine aktuelle Verbindung eine bestimmte Frequenz und ein bestimmter Zeitschlitz (Kanal) zur Verfügung. Bei GSM z. B. trägt ein solcher Zeitschlitz 114 Nutzbits und außerdem vordefinierte Bitsequenzen zur Kanalschätzung und Synchronisation. Je nach Verfahren kann die Frequenz auch während der Verbindung gewechselt werden (Frequency Hopping). Die Übertragung ist dann weniger empfindlich gegen frequenzselektive Störungen. Die Kombination aus Zeit- und Frequenz-Multiplex ist ein Grundprinzip praktisch aller digitalen Übertragungssysteme.

Wer welchen Kanal verwenden darf, wird von der Basisstation koordiniert, die ja den Überblick über die laufenden Verbindungen hat. Endgeräte, die kommunizieren wollen, signalisieren diesen Wunsch der Basisstation und bekommen ihrerseits mitgeteilt, welchen Kanal sie benutzen dürfen. Für diese Absprache, aber auch für den Austausch einer Vielzahl weiterer Steuerungsinformationen zwischen dem Endgerät und der Basisstation bzw. der übergeordneten Vermittlungsstelle (Mobile Switching Center, MSC), sind spezielle Signalisierungskanäle eingerichtet.

So werden z. B. die momentan erreichbaren Basisstationen von der Mobilstation anhand ihrer Kennung identifiziert und die jeweilige Empfangsfeldstärke sowie die Qualität des Funkkanals ermittelt. Im Ruhezustand dienen diese Messungen dazu, die aktuell günstigste Basisstation auszuwählen, über welche dann – bei Bedarf – Verbindungen aufgebaut werden können. Während einer aufgebauten Verbindung werden diese Messergebnisse in Form eines Messberichts laufend an die Basisstation geschickt. Darauf beruhen dann die Verfahren zur Sendeleistungsregelung und zur Steuerung des Wechsels einer Station in eine andere Zelle (Hand-

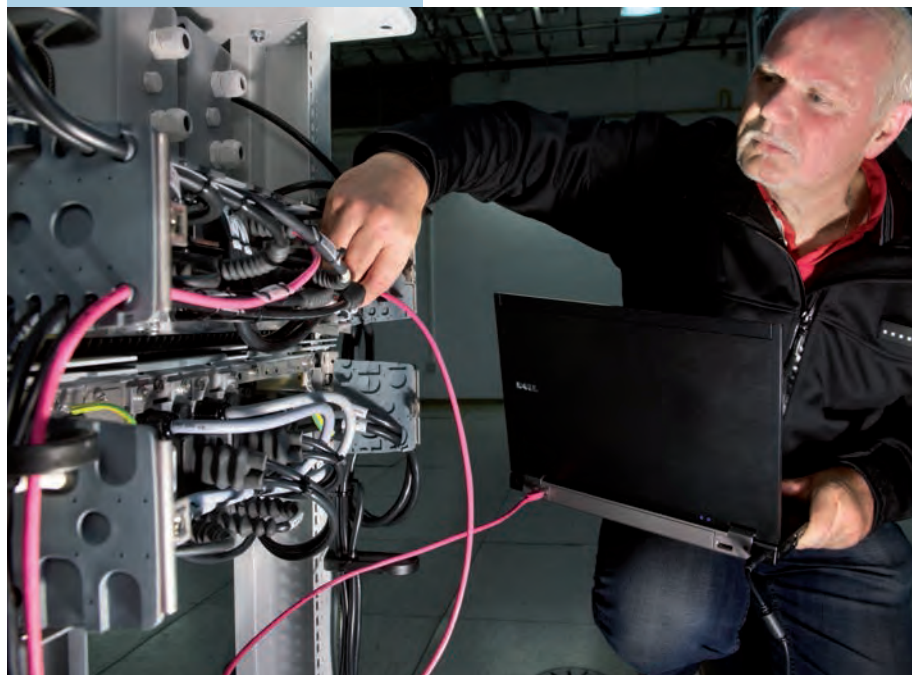
over, s. u.). Die Regelung der Sendeleistung der Mobilterminals wird durch die Basisstation vorgenommen, damit die aus unterschiedlichen Richtungen empfangenen Signale mit annähernd gleichem Signalpegel ankommen und außerdem insgesamt möglichst wenig Energie verbraucht wird. So können die Batterien der Endgeräte geschont werden.

MOBILITÄT MANAGEN: NETZORGANISATION UND -VERWALTUNG.

Neben der drahtlosen Anbindung der Teilnehmer ist es ein wesentliches Merkmal der Mobilfunknetze, dass sich ein Teilnehmer in seinem Heimatnetz und in nationalen und internationalen anderen Netzen relativ frei bewegen kann und doch (fast) immer erreichbar oder kommunikationsfähig ist – vorausgesetzt, er hat sein Gerät eingeschaltet und aktiviert. Die für dieses freie »Umherwandern« notwendigen Funktionen eines Netzes werden Mobilitätsfunktionen genannt. Hierfür ist das Netz hierarchisch organisiert. Es ist in Verwaltungsregionen aufgeteilt, die einer Mobilvermittlungsstelle (MSC) unterstehen. Jede dieser Regionen besteht aus mindestens einer Lokalisierungszone (Location Area, LA: Aufenthaltsbereich). Die LA gliedert sich wiederum in die einzelnen Funkzellen.

Für die Mobilitätsverwaltung gibt es zwei Arten von Datenbanken im Netz (Register). In der Heimatdatenbank (Home Location Register, HLR) sind alle bei einem Netzbetreiber registrierten Teilnehmer mit ihren permanenten Verwaltungsdaten (z. B. ihren Berechtigungen) und auch temporären Daten (z. B. dem Verweis auf ihren aktuellen Aufenthaltsort) gespeichert. Die Besucherdatenbank (Visiting Location Register, VLR) ist für eine Gruppe von Lokalisierungszone LA zuständig und speichert die Verwaltungsdaten derjenigen Teilnehmer, die sich momentan in ihrem Aufenthaltsbereich befinden. HLR und VLR tauschen wichtige Verwaltungsdaten bei Bedarf aus, so dass insbesondere das HLR weiß, wo sich ein Teilnehmer gerade befindet.

Bevor eine Mobilstation allerdings überhaupt Zugang zum Netz erhält und diesem bekannt ist, muss sie sich einbuchen. Beim Einbuchungsvorgang wird die Identität des Mobilfunkteilnehmers über die Basisstation



Schaltraum einer Long-Term-Evolution- (LTE-) Basisstation. Mit LTE wird ein neuer Mobilfunkstandard etabliert, der Downloadraten von bis zu 100 Megabit pro Sekunde ermöglicht.

an die zuständige Mobilvermittlung MSC bzw. an die Besucherdatenbank VLR gemeldet. Zur Überprüfung der Identität des Teilnehmers und seiner Berechtigungen fordert das VLR bei der Heimatdatenbank HLR und beim zentralen Authentifizierungszentrum AUC (Authentication Center) bestimmte Sicherheitsparameter des Teilnehmers an und authentifiziert den Teilnehmer mit Hilfe einer komplexen Prozedur. Dabei werden auch die digitalen Schlüssel für die spätere Verschlüsselung der Nutzdaten bereitgestellt.

Befindet sich ein Teilnehmer in einem fremden Netz, ist das Einbuchen nur möglich, wenn es zwischen dem Heimatnetz und dem fremden Netz ein Roaming-Abkommen gibt. Dieser Vertrag zwischen zwei Netzbetreibern regelt den Austausch von Verwaltungs-, Aufenthalts- und vor allem Verbindungsdaten, damit auch die Kosten der Verbindungen abgerechnet werden können.

Wie ist nun die »Identität« des Teilnehmers definiert? Neben der öffentlich bekannten Mobilrufnummer (in Deutschland also eine Nummer wie z. B. 0162-123 45 67) besitzt jeder Teilnehmer eine nicht öffentliche, nicht einmal dem Nutzer selbst bekannte Mobilkennung (International Mobile Subscriber Identity, IMSI). Diese Kennung ist in der kleinen Chipkarte, der SIM-Karte (Subscriber Identity Module), gespeichert, die im Mobil-

telefon steckt. Ein Handy kann nur betrieben werden, wenn eine SIM-Karte mit gültiger IMSI in einem Gerät vorhanden ist, da nur so z. B. die Gebührenabrechnung den korrekten Teilnehmer erreicht. Die Zuordnung der Rufnummer zur Mobilfunkkennung erfolgt in der Heimatdatenbank (HLR). Neben der Rufnummer und der Mobilfunkkennung existieren noch weitere Identifikationen, vor allem zur Erhöhung der Sicherheit des Mobilfunksystems bzw. zum Schutz von Teilnehmerdaten. So besitzt jedes Gerät eine Geräteerkennung, mit deren Hilfe man gestohlene Geräte eindeutig identifizieren kann.

MÜLLER RUFT MEYER. Wenn ein Teilnehmer von seinem Festnetzanschluss mit der Nummer A einen anderen Teilnehmer erreichen will, der gerade unterwegs ist, wählt er dessen Mobiltelefonrufnummer B. Diese Nummer enthält allerdings keinerlei Informationen über den aktuellen Aufenthaltsort des gesuchten Teilnehmers. Um dessen Aufenthaltsort und die zuständige Vermittlungsstelle MSC (B) zu ermitteln, wird vom Festnetz des rufenden Teilnehmers A aus das »Zielnetz« kontaktiert. Dieses konsultiert die Heimatdatenbank HLR des gerufenen Teilnehmers B und kontaktiert die »Zielvermittlung« MSC (B). Sie initiiert einen Rundruf (Paging) in allen Zellen der Lokalisierungszone, in der sich der Teilnehmer B befindet. Wenn sich das gesuchte Endgerät meldet, kann schließlich die Verbindung von Teilnehmer A zu Teilnehmer B durchgeschaltet werden. Auf der Funkstrecke zwischen Endgerät und Basisstation werden die übertragenen Nutzdaten dabei verschlüsselt, um ein Mithören zu verhindern.

Bewegt sich der mobile Teilnehmer nun im Netz, kann die Qualität der Verbindung so weit absinken, dass die Verbindung zur momentanen Basisstation abzureißen droht. Die Verbindung kann dann an eine andere, besser geeignete Nachbarzelle weitergereicht werden (»Handover«). Die Handover-Entscheidung wird nicht von der Mobilstation, sondern vom Netz getroffen, basierend auf bestimmten technischen Kriterien, wie der Empfangsfeldstärke am Mobilgerät und der augenblicklichen Verkehrslast der Zelle. Maß-

Hintergrund

Arthur Bremer, *Die Welt in 100 Jahren*. (Neudruck), Berlin 2010

Gerd Siegmund, *Technik der Netze*. Heidelberg 2010

Jörg Eberspächer, Hans-Jörg Vögel, Christian Bettstetter, Christian Hartmann, *GSM - Architecture, Protocols, and Services*. Weinheim 2008

Susanne Päch, *Die D2-Story*. Berlin 1994 (vergriffen)

GSM Association:
www.gsmworld.com/

Informationszentrum Mobilfunk IZMF:
www.izmf.de/html/de/index.html

Münchner Kreis: Zukunft und Zukunftsfähigkeit der Informations- und Kommunikationstechnologien und der Medien. Internationale Delphi-Studie 2030; Download unter www.muenchner-kreis.de

geblich sind die oben erwähnten laufenden Messungen seitens des mobilen Geräts und der Basisstation. Natürlich kann es vorkommen, dass überhaupt keine bessere Basisstation verfügbar ist und die Verbindung abgebrochen werden muss. Das hängt davon ab, wie gut die funktechnische Abdeckung (Coverage) des Bereichs ist, in dem sich der Teilnehmer gerade aufhält. Dabei kann es natürlich vorkommen, dass das Netz eines anderen Betreibers bessere Qualität aufweist als das eigene! Pech gehabt, außer im Ausland, wo man oft die Wahl zwischen mehreren Betreibern hat.

MOBILES INTERNET WIRD REALITÄT.

Die ersten zwanzig Jahre dominierte im Mobilfunk die Telefonie. Das war ja auch ein Riesenfortschritt gegenüber dem Festnetz – überall mobil telefonieren zu können! Dann kam in den 1990er Jahren – völlig überraschend, weil in diesem Ausmaß nicht geplant – die SMS-Welle. SMS bedeutet Short Message Service und ist ein Dienst zum Übertragen sehr kurzer Nachrichten von maximal 160 Zeichen zwischen mobilen Teilnehmern. Die Längenbegrenzung ist technisch bedingt. Rasch akzeptierten vor allem jüngere Menschen diese eigentlich recht primitive Kommunikationsform.

Im Jahr 2010 versendeten die Deutschen 41 Milliarden SMS, d. h. im Mittel über 500 SMS pro Einwohner. Das war eine Steigerung um gut 20 Prozent gegenüber 2009. SMS ist also nach wie vor ein Erfolgsmodell, besonders für die Betreiber, denn der SMS-Dienst ist sehr profitabel.

SMS war der Start in die mobile Datenkommunikation, ins mobile Internet. Das Internet ist bekanntlich ein Paketnetz. Die Daten werden beim Sender in einzelne »Pakete« verpackt, Paket für Paket übertragen und beim Empfänger wieder zusammengesetzt. Zur Unterstützung der Paketvermittlung stellte man im GSM-System in den 1990er Jahren den Dienst GPRS (General Packet Radio System) zur Verfügung. GPRS ist aber viel zu langsam für die meisten Anwendungen. Eine wirklich schnelle Datenkommunikation für E-Mail und Surfen im World Wide Web wurde aber erst möglich durch die erhebliche

Steigerung der nutzbaren Bitraten im Funkkanal und durch die wachsende Leistungsfähigkeit der Endgeräte.

Die Steigerung der Geschwindigkeit ist beeindruckend und ein Ende ist vorerst noch nicht abzusehen. Erlaubten die Handys der zweiten Netzgeneration (GSM/GPRS) noch Nutzbitraten von wenigen Kilobit pro Sekunde, so erhöht sich der Wert bei UMTS bei guten Bedingungen schon auf einige Megabit pro Sekunde und liegt bei der neuesten, der vierten, Generation (LTE) bei maximal hundert Megabit pro Sekunde. Wohlgemerkt: Diese Werte beziehen sich immer auf eine ganze Zelle oder zumindest einen Sektor davon. Die zur Verfügung stehende Bitrate wird also in diesem gemeinsamen Medium zwischen den aktiven Teilnehmern aufgeteilt.

Die enormen Steigerungen beruhen auf einer immer besseren Ausnutzung des Frequenzspektrums durch verbesserte Modulations- und Multiplexverfahren, durch ausgeklügelte Codierungsalgorithmen und durch die Bündelung von Kanälen während der Übertragung eines Pakets. Die modernen Übertragungsverfahren nutzen dabei sowohl den Erfindergeist der nachrichtentechnischen Ingenieure als auch die fantastischen Möglichkeiten der Chiptechnologie zur Verarbeitung der digitalen Signale, denn die Abarbeitung der komplexen mathematischen Algorithmen erfolgt weitgehend im Mobilgerät selbst. Die Handys entwickelten sich in den letzten Jahren stürmisch weiter zum nahezu universell nutzbaren Smartphone mit Fähigkeiten, die immer mehr jenen von Notebooks und PCs gleichen – sieht man von den deutlich kleineren Bildschirmen ab.

Wie sehr wir auf dem Weg zum »mobilen Internet« bereits vorangeschritten sind, erkennt man auch daran, dass die Mobilfunknetze in ihrem inneren Aufbau schrittweise an die Architektur des Internets angepasst werden. Festnetz und Mobilfunknetz werden sich in nicht allzu ferner Zukunft nur noch darin unterscheiden, dass das Endgerät des Nutzers bei dem einen Netz über einen Funkkanal und bei dem anderen über eine Glasfaser oder Kupferleitung angeschlossen ist. Alles andere, die Netzorganisation, die Verwaltung des Netzes und vor allem die dem Kunden

PROF. DR. JÖRG EBERSPÄCHER

leitet den Lehrstuhl für Kommunikationsnetze an der TU München. Eberspächer ist u. a. auch Mitglied des Kuratoriums des Deutschen Museums.

angebotenen Dienste, werden im Wesentlichen die gleichen sein. Manche Experten prophezeien sogar, dass diese »Konvergenz« von Fest- und Mobilfunknetzen letztlich zum völligen Verschwinden des Festnetzanschlusses führen wird. ■



Oben eine EMD-Vermittlungsstelle von Siemens aus den 1950er Jahren neben Wählscheibentelefonen.

Ein Raum voll Geschichte

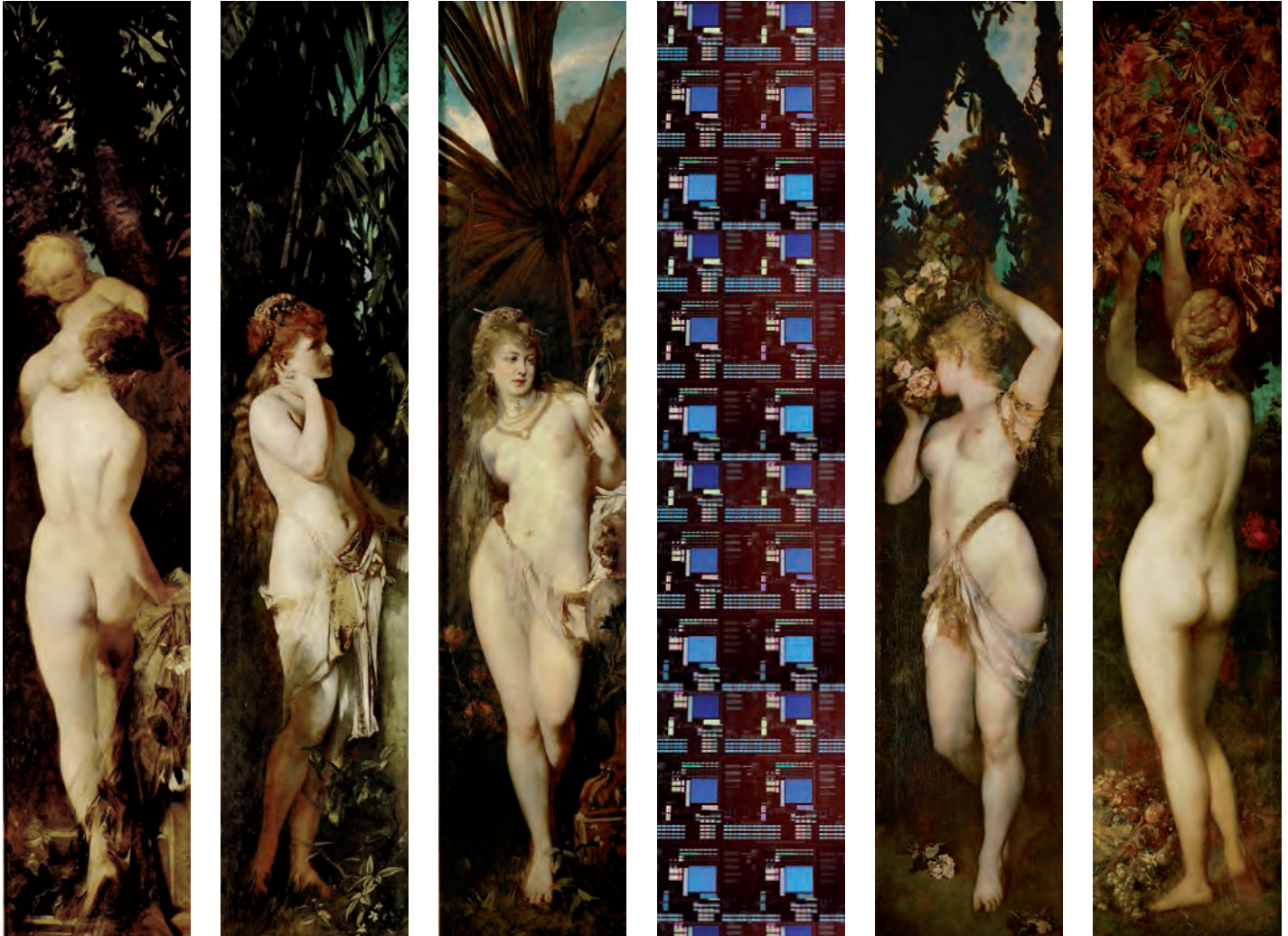
Ein komplettes Handvermittlungssystem aus den Anfängen der Telefonie, historische und moderne Telefonapparate bis hin zu modernen digitalen Systemen hat Jörg Eberspächer mit seinen Mitarbeitern über die Jahre hinweg gesammelt. Seit 1999 sind die Schätze in einem kleinen Museumsraum in der TU München ausgestellt. Initiator Eberspächer betont, dass »alle Systemgenerationen miteinander gekoppelt und funktionsfähig« sind. Der zweite Schwerpunkt liegt in Endgeräten und Komponenten von Telekommunikationsnetzen, z. B. ist hier eines der ersten GSM-Mobiltelefone zu sehen. Studenten und interessierte Experten können die Sammlung nach Anmeldung besichtigen. »Leider haben wir momentan nicht die Kapazität für einen regelmäßigen Besucherverkehr«, bedauert Eberspächer.



Rechts der Prototyp einer Bildtelefonzelle von Alcatel.

Sinne, Signale und Silizium

Sensoren im Smartphone



Übertragen von Bewegungen, Interaktion mit dem Bildschirm, Film- und Fotoaufnahmen, Spielen, solange der Akku reicht – Sensoren in modernen Mobiltelefonen machen es möglich. Doch wie funktionieren diese Komponenten?

Von Johannes-Geert Hagmann

Eine morgendliche Reise mit der S-Bahn auf dem Weg zur Arbeit: Zwei Jungen bewegen mit beiden Armen hektisch kleine schwarze Geräte und blicken völlig gebannt auf ihre Bildschirme, eine junge Frau streicht über die Oberfläche ihres Handys und überfliegt mit müden Augen die Nachrichten einer Tageszeitung, und ein älterer Herr prüft mit der internen Kamera noch einmal den schon perfekten Sitz seiner blauen Krawatte ...

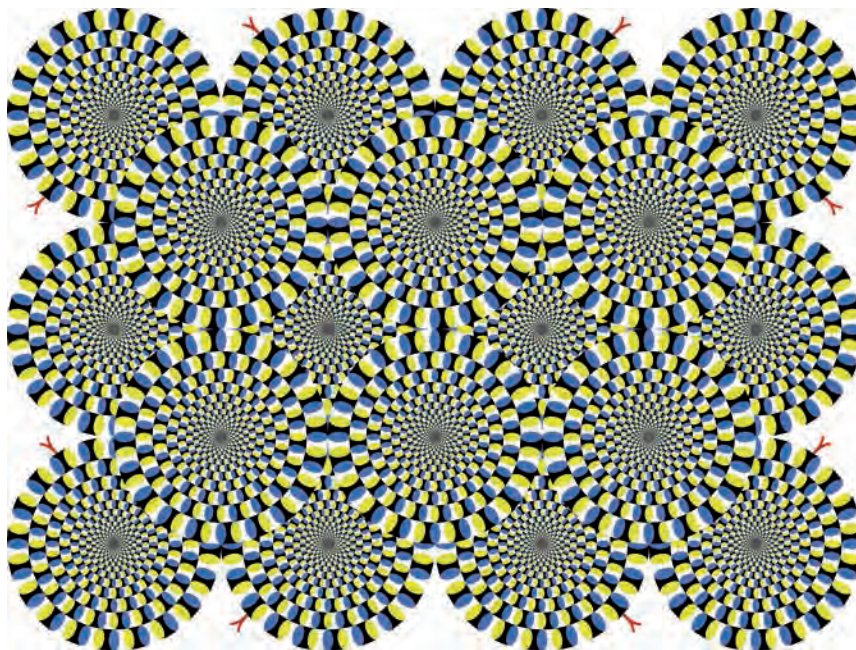
Zweifelsohne haben Mobiltelefone unseren Alltag bereits erobert und spielen – gewollt oder ungewollt – in vielen Lebensbereichen eine wichtige Rolle. Dass die Geräte heute mehr leisten, als eine klassische Gesprächsverbindung mobil herzustellen oder Kurznachrichten zu versenden, ist bereits die Regel. Mit dem Begriff »Smartphones« werden Mobiltelefone beschrieben, die ein fortgeschrittenes Angebot von Computerfunktionen bereitstellen und verschiedene Möglichkeiten zur Verbindung mit anderen Geräten und Kommunikationsnetzwerken anbieten. Für den vergrößerten Funktionsumfang von Smartphones sind leistungsfähige Prozessoren, besondere Komponenten zur Datenverarbeitung sowie spezielle Software besonders wichtig. Ferner ist die Verwendung verschiedener Sensoren von entscheidender Bedeutung – sie erweitern die Schnittstellen für die Wechselwirkung zwischen dem Nutzer, dem Gerät und seiner Umwelt.

MEHR ALS FÜNF SINNE. Sensoren sind für viele Bereiche der Technik das, was in der Natur für Menschen und Tiere die Sinnesorgane sind: »Fühler« zur Wahrnehmung und Aufnahme von Informationen und Reizen aus der Umwelt. Sensorische Messaufnehmer wandeln nichtelektrische Größen in elektrische Signale um. Sie stehen am Anfang einer Signalverarbeitungskette und ermöglichen über die Auswertung von Information die Reaktion auf äußere Einflüsse. Zur menschlichen Sinnesphysiologie mit den bekannten fünf Sinnen – Sehen, Hören, Fühlen, Riechen und Schmecken – werden weitere Sinnesgebiete hinzugezählt, darunter der Gleichgewichtssinn, der Schmerzsinne, die haptische Wahrnehmung und der Temperatursinn. Die Möglichkeiten der Wahrnehmung einiger Tierarten gehen über diese Sinnesgebiete hinaus, beispielsweise durch die Echoortung (Fledermäuse, Delfine) oder die Wahrnehmung von polarisiertem Licht (Ameisen, Bienen).

Die Anwendungsgebiete der Sensorik sind ausgesprochen vielseitig. Zwei Marktsegmente mit einem besonders großen Wachstum in den vergangenen Jahren sind die Automobilindustrie sowie die Kommunikations- und Unterhaltungselektronik. In modernen Fahrzeugen kommen oft über 100 Sensoren zum Einsatz, sie messen eine Reihe von physikalischen Größen, darunter Beschleunigung, Druck, Luftdurchsatz und Abstände zum Fahrzeug. In der Unterhaltungselektronik spielen Inertialsensoren, die die Messung von Beschleunigung und Drehbewegung ermöglichen, als Schnittstelle für die Interaktion mit Spielkonsolen seit wenigen Jahren eine bedeutende Rolle. Sensoren in Smartphones erweitern die Funktionalität der Geräte und die Möglichkeiten zur Wechselwirkung mit den Nutzern. Im Folgenden werden die physikalischen Grundlagen von drei ausgewählten Messaufnehmern näher betrachtet: die Bild- und Helligkeitssensoren, die Touch-Oberflächen sowie die Inertialsensoren.

Bild- und Helligkeitssensoren sind die Herzstücke der Kamerafunktion von Smartphones. Die Umwandlung eines Bildes in elektrische Signale erfolgt durch CCD-Sensoren (Charged-Coupled-Device). Die Bildsensoren bestehen aus einer Matrix einer großen Zahl lichtempfindlicher Zellen. Jede dieser aus Halbleiter-Metalloxiden (MOS) bestehenden Zellen wirkt als einzelner Kondensator für ein Pixel des aufgenommenen Bildes. Solche Zellen haben oft eine Größe von etwa zehn

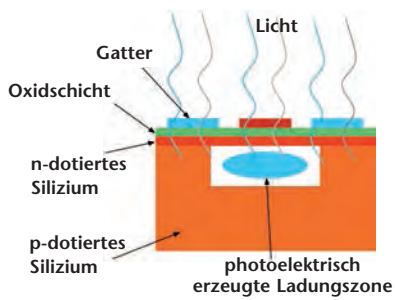
Bild linke Seite: Collage aus Hans Makarts (1840–1884) »Die fünf Sinne« und Chips auf einem 6-Zoll-Wafer.



Beispiel einer peripheren Driftillusion, eine besonders spektakuläre Form der optischen Wahrnehmungstäuschung.

Weitere Beispiele für derartige Täuschungen finden Sie unter:

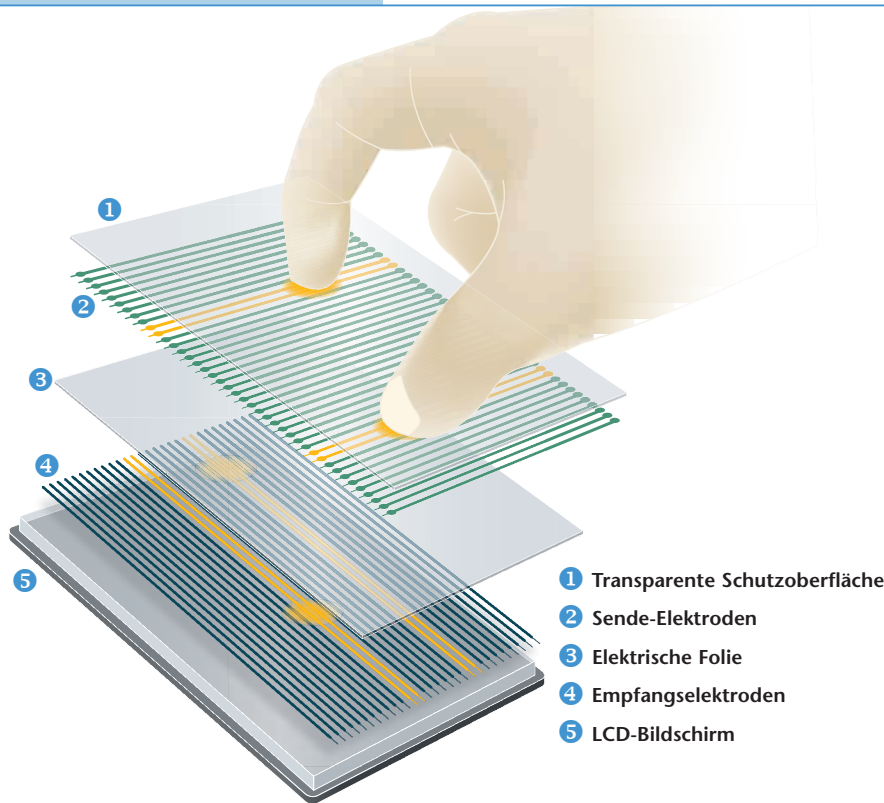
www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/index-e.html



Das Schema zeigt die Funktionsweise eines CCD-Sensors: Licht fällt auf die Zellmatrix und erzeugt photoelektrische Ladungszonen, die sich direkt proportional zur Intensität des einfallenden Lichts verhalten.

Mikrometern Kantenlänge, doch existieren auch Sensoren mit deutlich kleineren Zellen. Fällt Licht auf die Oberfläche der Zelle, so erzeugt es über den lichtelektrischen Effekt ein oder mehrere Elektronen, die in der Kapazität gespeichert werden. Die Anzahl der erzeugten Ladungen ist dabei direkt proportional zur Intensität des einfallenden Lichts. Die Ladungsverteilung der einzelnen Zellen gibt somit die Lichtverhältnisse des auf den Sensor abgebildeten Bildes wieder.

Mit dem Auslesen der einzelnen Pixel durch schrittweise Übertragung der Ladungen in die Nachbarzellen kann so ein Bild gewonnen werden, dessen Auflösung von der Zahl der Zellen und ihrer Größe abhängig ist. Um Farbbilder abbilden zu können, werden Filter eingesetzt. Dabei wird beispielsweise jede Pixelfläche noch einmal in kleinere Pixel unterteilt, die selektiv über Farbfilter lediglich eine der RGB-Grundfarben Rot, Grün oder Blau detektieren. CCDs wurden erstmalig Ende der 1960er Jahre von Willard Boyle und George E. Smith in den Bell Laboratories als Kandidaten für Halbleiter-Speicherelemente entwickelt, jedoch erkannte man bald die Möglichkeit der Verwendung des Elements für die Bildwiedergabe. Im Jahr 2009 wurden Boyle und Smith für ihre Pionierarbeit mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet.



Aufbau eines Touchscreens, der mit projizierter Gegenkapazitätsmessung arbeitet.

KOMBINATION VON FARBIGEM LICHT.

Wie auch für die Aufnahme von Bildern ist für ihre farbige Wiedergabe in Smartphone-Displays die Zerlegung in RGB-Komponenten entscheidend – hier erzeugen Cluster von roten, grünen und blauen Leuchtdioden (Light Emitting Diodes, LEDs) jeweils ein Pixel des Bildes. Die in die Oberfläche der Smartphones integrierten Touchscreens sind in vielen Geräten die wichtigste Schnittstelle zwischen Nutzern und dem Betriebssystem, und eine Vielzahl von Geräten verzichtet inzwischen völlig auf eine klassische Tasteneingabe. Touchscreens erfüllen mit der Möglichkeit zur Eingabe und Ausgabe von Daten gleich mehrere Funktionen. Die Umwandlung einer Ortseingabe durch Berührung in ein elektrisches Messsignal kann grundsätzlich auf verschiedenen physikalischen Grundlagen erfolgen: durch Messung der Veränderung des elektrischen Widerstands an der Oberfläche, durch die Absorption von Ultraschall-Oberflächenwellen, durch die

Veränderung von gekreuzten Infrarotsignalen oder durch verschiedene Methoden der Veränderung der Kapazität an der Oberfläche.

Kapazitive Berührungssensoren werden am häufigsten als Messaufnehmer in Touchscreen-Elementen verwendet. Eigenkapazitäts- und Gegenkapazitätsmessungen sind zwei gängige Methoden, um Fingerbewegungen auf der Oberfläche aufzuspüren. In beiden Fällen verändert sich durch Berühren des Touchscreens das elektrische Feld, das von feinen Elektrodengittern in XY-Format unter der isolierenden Oberfläche erzeugt wird. Die durch diese Berührungen veränderte effektive Kapazität der Elektroden wird reihenweise ausgelesen und ermöglicht so die Rekonstruktion des Berührungspunkts auf der Oberfläche. Nur bei der Gegenkapazitätsmessung (siehe Abbildung links) können mehrere Berührungspunkte gleichzeitig ausgewertet werden (multi-touch). Dabei werden die Sendelektroden nacheinander gepulst mit Strom versorgt und Veränderungen in den Empfangselektroden gemessen. Auf diese Weise können auch zeitgleiche Ereignisse an unterschiedlichen Punkten der Oberfläche nachgewiesen werden.

MIKRO-ELEKTRO-MECHANISCHE SYSTEME. Inertialsensoren sind die jüngsten Sensorelemente, die vor wenigen Jahren in Smartphones integriert wurden. Inzwischen werden viele der neuen Smartphones mit Beschleunigungs- und Drehratensensoren ausgeliefert. Diese Komponenten zählen zu der großen Klasse von Bauelementen aus der Mikrosystemtechnik (im Englischen häufig mit Micro-Electro-Mechanical Systems, MEMS, bezeichnet), die meist mehrere elektronische, optische und mechanische Funktionen integrieren. Der MEMS-Begriff wird jedoch auch weitläufiger gefasst und beschreibt eine Vielzahl von oft nur wenigen hundert Mikrometer großen Strukturen, die meist mit den Herstellungstechniken der Mikroelektronik verwandten Methoden auf Silizium-Wafern gefertigt werden.

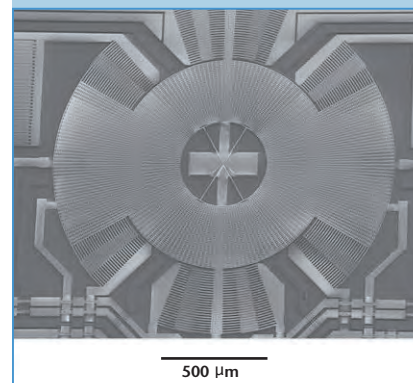
Die Anfänge der MEMS-Technologien werden auf eine Veröffentlichung von Charles Smith aus dem Jahr 1954 zurückgeführt. Smith, der damals als Gast bei den Bell Laboratories forschte, veröffentlichte die ersten Messungen des sogenannten piezoresistiven Effekts in dotierten Silizium- und Germanium-Strukturen, der in diesen Materialien besonders stark auftritt. Wird auf einen Leiter, z. B. einen Eisendraht, eine Zugspannung aufgebracht, so verändert sich sein elektrischer Widerstand. Der Entdecker des Effekts ist Lord Kelvin, dem der Nachweis 1856 in London gelang. Lord Kelvin experimentierte mit für die Fortentwicklung der Telekommunikation damals wichtigen Kupfer- und Eisenleitern, der Begriff für das Phänomen wurde jedoch später geprägt.

Lange Zeit wurde der piezoresistive Effekt in Dehnungsmessstreifen aus Metallen genutzt. Bereits Ende der 1950er Jahre begann die kommerzielle Herstellung von Siliziumdruck- und -zugspannungsdetektoren, die auf den gleichen Grundlagen beruhen. Piezoresistive Sensoren waren die ersten Bauelemente, die eine dreidimensionale Bearbeitung von Silizium-Mikrostrukturen erforderten. Die Sensoren waren somit Vorläufer der MEMS-Technologien, deren rapide Entwicklung in den 1980er Jahren einsetzte und die entscheidend von den Fertigungstechniken der Mikroelektronik profitierten. Heutige Beschleunigungs- und Drucksensoren arbeiten nicht mehr ausschließlich auf piezoresistiver Grundlage, sondern nutzen auch kapazitive und elektromagnetische Messmethoden.

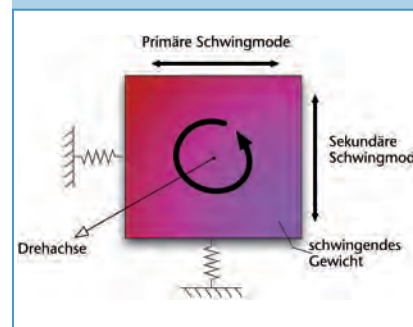
WIE »ERSPÜREN« INERTIALSENSOREN DIE BEWEGUNG IN EINEM SMARTPHONE?

Zunächst kann zwischen zwei unterschiedlichen Typen von Bewegungssensoren in Smartphones unterschieden werden: Beschleunigungs- und die neueren Drehratensensoren: Drehratensensoren sind Mikrosystemstrukturen, die die Veränderung von Schwingungen messen. Für diese sehr vielfältig eingesetzten Sensoren gibt es unterschiedliche Designs, die jedoch meist auf den gleichen physikalischen Grundvorgang zurückgeführt werden können. Die Schemazeichnung (rechts) zeigt das Prinzip: Ein kleines Gewicht an einer mechanischen Aufhängung wird zu Schwingungen mit einer vorgegebenen Amplitude angeregt (primäre Schwingungsmode). Die Bewegung des Gewichts ist auf eine Ebene fixiert und wird lediglich in Richtung der primären und sekundären Schwingungsmoden gemessen. Wird der Sensor um die Achse senkrecht zur Ebene gedreht, so bewirkt die Corioliskraft eine Auslenkung aus der Bewegung entlang der primären Schwingungsmoden und die laterale Bewegung wird beispielsweise unter Ausnutzung des piezoresistiven Effekts oder durch Veränderungen der Kapazität in ein elektrisches Signal umgesetzt. Für die Messung von Drehraten in drei Achsenrichtungen werden in Drehratensensoren mindestens zwei schwingende Strukturen ausgewertet, die rechtwinklig zueinander angeordnet sind. In Verbindung mit Beschleunigungssensoren, die die Beschleunigung in drei Raumrichtungen bestimmen, können in einem Smartphone sechs Freiheitsgrade gemessen und die exakte Bewegung im Raum verfolgt werden.

Die drei skizzierten Techniken haben in weniger als zehn Jahren den Markt für Smartphones erreicht. Auch in den kommenden Jahren wird mit einem starken Wachstum der Sensorik für die Kommunikations- und Unterhaltungsindustrie gerechnet. Mit der Erweiterung des Funktionsumfangs des zunächst für die Sprachkommunikation entwickelten Handys hin zu einem mit leistungsfähiger Computertechnik ausgestatteten Smartphones, hat sich über die Integration von Sensoren auch die Wechselwirkung zwischen Mensch und Computer verändert. ■



Elektronenmikroskopische Aufnahme eines MEMS-Drehratensensors der Firma Bosch.



Schema eines Drehratensensors.

Zum Nachlesen:

David England (Hg.),
Whole Body Interaction.
London 2011

DR. JOHANNES-GEERT HAGMANN

ist Kurator für Physik, Geophysik und Geodäsie
am Deutschen Museum.

Drahtlos verbunden

Ein illustrierter Streifzug durch die Geschichte der Mobilfunktechnik

Die Mobilfunktechnik, zu Beginn ein gezielt eingesetztes Machtinstrument, entwickelte sich zu einem notwendigen Begleiter der neuen Moderne – von der Wirtschaft über die Politik bis hin zum individuellen Lebensstil.

Von Oskar Blumtritt



Der Kupferstich zeigt den mobilen Einsatz der elektrischen Telegrafie während des deutsch-französischen Kriegs 1870/71. Schnelle und flexible Nachrichtennetze waren seit jeher für militärische Auseinandersetzungen von zentraler Bedeutung.

Ideen, Wirkungen der Elektrizität für eine mobile Übermittlung von Nachrichten zu verwenden, gehen auf das letzte Drittel des 19. Jahrhunderts zurück. In dieser Zeit hatte

sich die elektrische, drahtgebundene Telegrafie als erdumspannendes Nachrichtennetz etabliert, die drahtgebundene Telefonie begann sich langsam als zusätzliche Technologie Ter-

rain zu erobern. Mobilen Einsatz der Telegrafie und Telefonie gab es zwar bereits, besonders im Rahmen von kriegerischen Auseinandersetzungen. Aber stets waren vor Ort Kabel neu zu verlegen, und ein Nachrichtenaustausch zum Beispiel mit und zwischen Schiffen schien kaum vorstellbar.

Der Nachweis der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen durch den freien Raum, den der Physiker Heinrich Hertz in den Jahren 1886 bis 1888 erbrachte, regte einige Personen an, dieses Phänomen auch in der Telegrafie zu nutzen. Praktische Erfolge erzielte ab 1895 vor allem der junge Autodidakt Guglielmo Marco-

Der Autodidakt
Guglielmo

Marconi und andere Personen nutzen elektromagnetische Wellen zur drahtlosen Telegrafie.

Die mobile drahtlose Telegrafie wird insbesondere bei der Schifffahrt eingesetzt.

Die mobile drahtlose Telefonie kommt im Ersten Weltkrieg zum Einsatz.

1886–88

Der Physiker Heinrich Hertz weist die Existenz elektromagnetischer Wellen im freien Raum nach.

ab 1890

Der Physikochemiker Walther Nernst forscht über nieder- und hochfrequente Ströme in Organismen.

ab 1895

ab 1897

ab 1899

Die Diathermie (Hochfrequenz-Wärmebehandlung) wird zur medizinischen Praxis.

ab 1906

Versuche zur drahtlosen Telefonie verlaufen erfolgreich, ohne jedoch zu nennenswerten Markterfolgen zu führen.

1914–18

ni, der sie zudem in England, der damals führenden imperialistischen Seefahrtsnation, zu vermarkten verstand. Seine drahtlose Telegrafie sollte sich zu einem weltweiten Quasimonopol entwickeln.

Konkurrierende Nationen wie Deutschland unternahmen erhebliche Anstrengungen, dieses Quasimonopol zu brechen. Dort nannte man die Technik »Funkentelegraphie« und später »Funktelegraphie«, da als deren wesentliches Element die Erzeugung elektromagnetischer Wellen mittels eines Funkeninduktors gesehen wurde. Die Presse berichtete international euphorisch über die ersten Errungenschaften der Funktechnik, wobei man sich gewöhnlich nicht veranlasst sah, zwischen mobiler und ortsfester Technik zu unterscheiden. Schriftsteller wie Hans Dominik und Physiker wie William E. Ayrton sahen jedoch bald eine Zeit kommen, in der jede(r) jederzeit und an jedem Ort erreichbar ist.

Sprechen wir heute über Mobilfunk, so meinen wir damit primär den privaten oder geschäftlichen Informationsaustausch mit mobilen Endgeräten wie Mobiltelefon, Smartphone oder Notebook. Die ständige Erreichbarkeit ist zwar weitgehend gewährleistet, wird aber mitunter auch als Zwang empfunden. 2010 gab es über fünf Milliarden Teilnehmer an Mobilfunkdiensten, davon etwa 0,8 Milliarden mit der damals neuesten Technologie UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Die



Guglielmo Marconi posiert auf diesem Holzschnitt vor Teilen seiner Versuchsanordnung zur drahtlosen Telegrafie aus dem Jahr 1895. Links ist der Dipol als Sendeantenne, rechts auf dem Kasten eine Morsetaste zu sehen.

Teilnehmerzahlen schienen seit den Anfängen der digitalen Technik um 1985 ungebrochen zu steigen, wenn sie auch in einigen Ländern wie Griechenland, Irland oder Italien seit 2008 wieder leicht abnahmen – wie jüngste Statistiken der International Telecommunication Union (ITU) zeigen.

Technisch gesehen geht es bei der Entwicklung der Mobilfunktechnik um die Beherrschung immer höherer Frequenzen, die es ermöglicht, größere Bandbreiten für Datensignale zu implementieren. Letztere werden benötigt, um zum Beispiel Videosignale oder andere große Datenströme in einer vertretbaren Zeitspanne übertragen zu können. Das bestmögliche Ausnutzen der breitbandigen Übertragungskanäle unterliegt dabei einem wirtschaftlichen Kalkül, ebenso wie

das Forcieren immer neuer Anwendungen.

Die Geschichte dieses Mobilfunks hat zwar ihre Wurzeln in der drahtlosen Telegrafie, aber es führt kein geradliniger Weg dorthin. Trotz des von Beginn an genuin globalen Unternehmens Mobilfunk gab und gibt es Unterschiede in nationalen Mentalitäten, Differenzen und Konkurrenzen in technischen, wirtschaftlichen und politischen Systemen sowie eine Reihe anderer Faktoren. Hierzu zählt in erster Linie die Entwicklung der Informatik und Mikroelektronik, die die gesamte Telekommunikationstechnik wesentlich verändert hat. All dies lässt sich nicht auf wenigen Magazinseiten seriös darstellen.

So sollen im Folgenden nur einige Daten zur Entwicklung des Mobilfunks aufgeführt werden, die die Beiträge dieses Magazins einordnen helfen. Unter anderem lässt sich anhand der Daten zum Umgang mit hochfrequenter Strahlung – von Walther Nernst bis zur Weltgesundheitsorganisation – die sich verändernde Bewertung von Risiken durch den Mobilfunk zumindest andeutungsweise ablesen. ■

DR. OSKAR BLUMTRITT ist Kurator für Telekommunikation und Mikroelektronik im Deutschen Museum.

	Tests mit drahtloser Telefonie aus fahrenden Zügen werden erfolgreich durchgeführt.			In den USA wird eine kommerzielle Mobilfunk-Telefonie etabliert.			Ein Netz für Auto-telefone (A-Netz) entsteht in der BRD (Betrieb bis 1977).
1915	ab 1918	ab 1920	ab 1930	ab 1946	1956	1958	
AT&T demonstriert eine drahtlose Telefonverbindung über den Atlantik; die Konkurrenz zwischen Kabel- und drahtlosen Technologien tritt verstärkt in das öffentliche Bewusstsein.		Zunächst in den USA, bald auch in anderen Ländern, entstehen Hör-Rundfunksender.	Die Galvin Manufacturing Corp. (später Motorola, USA) nimmt den Bau von Autoradios in ihr Programm auf.		Das Telefon-Transatlantikkabel TAT-1 geht in Betrieb. Die USA führen für die Strahlenbelastung durch Mobilfunk Grenzwerte ein.	Jack Kilby und Robert Noyce entwickeln integrierte Schaltungen.	



1906: Die Versuchsstation für drahtlose Telefonie entstand 1906 im Labor der Firma Telefunken. Die sechs Lichtbogenstrecken auf der rechten Seite erzeugten eine kontinuierliche Schwingung, die mit dem Tonsignal moduliert werden konnten. Die Station kam nur kurz zum Einsatz, da die drahtlose Telefonie damals von der Industrie als Spielerei abgetan wurde.

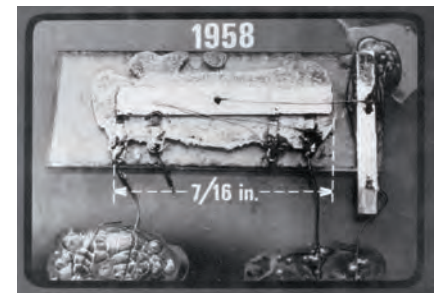


1921–34: Die Entwicklung der Senderöhren, die hier an Exemplaren von 1920 bis 1935 gezeigt ist, begann um 1910 und wurde durch den Bedarf während des Ersten Weltkriegs befördert. Anschließend wurden derartige Röhren vornehmlich für den Rundfunk eingesetzt. Das fast trägheitslose Bauelement Elektronenröhre wurde zum Synonym für Elektronik.

1925: Im unten abgebildeten Funkraum eines Reichsbahnfährschiffs von 1925 befinden sich rechts neben der Lampe eine Löschfunkenstrecke, links oben eine variable Spule und ein Kondensator als Schwingkreis. Obwohl die Anlage auch für Telefonie geeignet war, beschränkte man sich vornehmlich auf die einfachere und preiswertere Telegrafie.



1940: Für den mobilen Einsatz während des Zweiten Weltkriegs stellte Telefunken Agentenkoffer her. Sie arbeiteten auf Kurzwellen und meist als Telegraf. Um nicht geortet zu werden, mussten die Agenten ihre Antenne nach dem Funkkontakt möglichst schnell wieder abkleben.

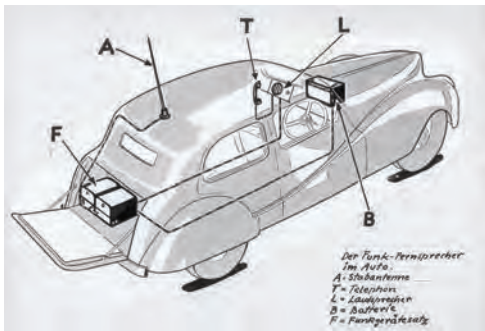


1958 entwickelte Jack S. Kilby bei Texas Instruments die erste integrierte Schaltung, das heißt, er vereinte mehrere Bauelemente auf einem einzigen Halbleiterbaustein. Hier ist ein Oszillator zu sehen. Etwa zur gleichen Zeit stellte Robert Noyce bei Fairchild ein Verfahren vor, um Halbleiterbausteine technisch günstig zu produzieren. In der nun so genannten Mikroelektronik wurde die Größe der Bauelemente stetig reduziert während die Funktionen zunahmen. Diese Entwicklung revolutionierte die gesamte Informations- und Kommunikationstechnologie.

Nachrichtensatelliten erweitern die Betriebsmöglichkeiten via Funk.	B-Netz(e) für mobile Telefonie gehen in der BRD in Betrieb (bis 1994).		CT-1 Standard (Cordless Telephone) setzt sich in Europa für schnurlose Telefone durch.	C-Netz(e) mit zellularem Aufbau für mobile Telefonie gehen in der BRD in Betrieb (bis 2000).	Der DECT-Standard (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) für schnurlose Telefone löst den CT-1-Standard ab.	Digitale Mobilfunknetze im GSM-Standard (Global System for Mobile Communications) gehen zunächst in europäischen Staaten in Betrieb.
ab 1962	1972	ab 1983	1984	1986	1991	ab 1992
Internet-Protokolle (IP) entstehen. Mit ihrer Hilfe werden Netzwerke für digitale Systeme organisiert.						



1964: In Raisting bei München entstand 1964 die zweite europäische Erdfunkstelle. Mit ihr konnten Fernsehsendungen, Ferngespräche und Fernschreiben via Satellit übermittelt werden. Mit einem aufwendigen Mechanismus versehen folgte die Parabolantenne, deren Durchmesser 25 Meter betrug, der jeweiligen Satellitenbahn.



1958: Mit dem sogenannten A-Netz begann 1958 die Mobiltelefonie in der Bundesrepublik Deutschland. Zum Transport des Telefons nebst Zubehör war ein Automobil nötig, das etwa in der gleichen Preisklasse wie das Telefon lag. Die Vermittlung zwischen den Teilnehmern erforderte ein „Fräulein vom Amt“, das die anzurufende Person erst ausfindig machen musste.

1983: Der Bedarf an Datenfunk entwickelte sich in den 1980er Jahren insbesondere bei Behörden und Unternehmen. Hier führt ein Beamter des Bundesgrenzschutzes mittels eines Datenfunkgeräts eine Abfrage bei Interpol durch.



1993: Mit dem Aufkommen der digitalen Mobilfunktechnik konnten die entsprechenden Endgeräte kleiner dimensioniert werden. Das Motorola »International 3200« aus dem Jahr 1993 entwickelte sich zum Symbol für diese Generation von Mobiltelefonen und war in vielen Kino- und Fernsehfilmen zu sehen.



1973: Erstmals entwickelte Martin Cooper 1973 bei der US-amerikanischen Firma Motorola ein tragbares Telefon. Es arbeitete auf einer Frequenz von 800 MHz. Allerdings waren die öffentlichen Netze in dieser Zeit noch nicht für einen größeren Einsatz derartiger Geräte ausgelegt. So hatten die tragbaren Geräte bis in die 1990er Jahre meist noch die Größe von Aktenkoffern.

Internationale Standards für Wireless LANs (Local Area Networks) entstehen.

Digitale Mobilfunknetze im UMTS-Standard gehen zunächst in Japan in Betrieb.

Internationale Standards für mobiles WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) entstehen.

Digitale Mobilfunknetze im LTE-Standard (Long-Term Evolution) entstehen.

ab 1993

ab 1997

2000

ab 2001

ab 2005

ab 2010

2011

Die uneingeschränkte Nutzung von GPS (Global Positioning System) wird möglich.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)-Frequenzen werden versteigert.

Die WHO stuft die Strahlung von Handys als »möglicherweise krebserregend« ein (Gruppe 2a).



Frischer Wind aus Afrika

Regionale Besonderheiten und zukünftige Entwicklungen in der mobilen Kommunikation

Der Siegeszug der Mobilkommunikation hat nicht nur die täglichen Kommunikationsgewohnheiten verändert, sondern auch unser soziales Verhalten und die Geschäftswelt. Die innovativsten Ideen zur Nutzung des Mobiltelefons kommen zurzeit aus Afrika. Von Joachim Sokol

Ein Herr, der vor ihnen auf dem Trottoir lang fuhr, trat plötzlich auf Pflaster, zog einen Telefonhörer aus der Manteltasche, sprach eine Nummer hinein und rief: »Gertrud, hör mal, ich komme heute eine Stunde später zum Mittagessen. Ich will vorher noch ins Laboratorium. Wiedersehen, Schatz!« Dann steckte er sein Taschentelefon wieder weg, trat aufs laufende Band, las in einem Buch und fuhr seiner Wege.« Ein vertrautes Szenario von heute, tatsächlich stammt es aus dem Jahre 1932. Ob sich der Schriftsteller Erich Kästner in seinem Roman *Der 35. Mai oder Konrad reitet in die Südsee* damals schon Gedanken gemacht hat über das Aufgeben der Privatsphäre, das Verschmelzen von Arbeit und Freizeit, das Eintauchen in virtuelle Welten, und die Möglichkeit, »den Telefonhörer« mit Tausenden kleinen Helferapplikationen, sogenannten Apps, »on the fly« zu bestücken und neben dem Telefonieren das Gerät auch für die Navigation, zum Bezahlen, Scannen, Präsentieren, für die Foto- und Videoerstellung und -betrachtung zu nutzen? Wohl kaum! Heute erleben wir neben dem Standardszenario der reinen Telefonie weltweit unterschiedlichste Nutzerverhalten, Plattformen, Geschäftsmodelle, Tarife, globale Abkommen und Standards sowie unzählige Modelle von Mobilfunktelefonen und einen nicht mehr überschaubaren Marktplatz für alle nur denkbaren Anwendungen.

Rein statistisch gesehen besitzt heute mehr als jeder zweite Mensch ein Mobilfunktelefon. Die Nutzerzahlen für den Zugang zu mobilen Sprach- und Datendiensten steigen weiterhin weltweit rasant an. Betrachtet man nur die technische Entwicklung, so sind die Fortschritte beachtlich: Durch eine verbesserte Ausnutzung des Frequenzspektrums und neue Codierungsalgorithmen werden Daten immer schneller übertragen. Die Fortschritte in Chiptechnologie und Signalverarbeitung, bei Betriebssystemen und Prozessoren sind enorm. Aber welche Rolle spielen im Zeitalter des mobilen Internets die Endverbraucher? Wird unser soziales Verhalten durch die Nutzung beeinflusst und wenn ja, wie? Wo liegen die heutigen und zukünftigen Anwendungsfelder, die Gefahren und der Nutzen? Gibt es kulturelle Unterschiede in der Nutzung von Mobilkommunikation, und kann das mobile Internet eine Rolle bei der Bewältigung zukünftiger globaler Probleme spielen?

Laut Gian Fulgoni, Geschäftsführer des Marktforschungsunternehmens comScore, nutzen die jeweils 230 Millionen Mobilfunknutzer in den USA und Europa das Mobilnetz unterschiedlich. In Europa überwiegt der Textmitteilungsdienst SMS mit 58 Prozent am Gesamtumsatz, während das mobile Internet nur mit 27 Prozent zum Umsatz beiträgt. Für die USA lauten die Zahlen 31 Prozent für SMS und 35 Prozent für mobiles Internet. Den Grund vermutet der Marktforscher in der Historie der Tarifkultur. Während es in den USA von Anfang an eine Flatrate für die Daten-



Weltweit boomt der Mobilfunkmarkt. Die größten Zuwachsraten versprechen sich die Hersteller in den Entwicklungsländern.



Afrikanische Handyservices waren in den vergangenen 15 Jahren ungleich innovativer als die europäische oder nordamerikanische Konkurrenz. Der Erwerb einer Handynummer ist unkompliziert. Problemlos lassen sich Telefoneinheiten von einem Handy aufs andere übertragen, und wenn der Kunde keine Einheiten mehr hat, kann er bei einigen Anbietern für Kurzgespräche einen Minikredit aufnehmen. Einziges Handicap: In dünn besiedelten Gegenden, in denen nicht jedes Funkloch abgedeckt ist, müssen Handynutzer bisweilen auf Hügel oder Bäume steigen, um eine SMS abschicken oder ein Gespräch führen zu können.

nutzung gab und die Gebührenstruktur dadurch transparent war, scheuten die Europäer wegen der teilweise sehr hohen und unterschiedlichen Datentarife, wegen Roaming- und zusätzlichen Gesprächsgebühren vor längerer Nutzung und dem Ausflug ins mobile Internet zurück. Das Beispiel zeigt, dass das Verhalten der Nutzer in USA und Europa entscheidend durch die Gebührenmodelle der Anbieter beeinflusst wird.

AFRIKA: NEUE IDEEN FÜR MOBILE KOMMUNIKATION. Ganz anders stellt sich die Situation in Afrika dar. Heute hat Afrika den am schnellsten wachsenden Mobilfunkmarkt der Welt. Dahinter stehen aber als Treiber nicht Tarifmodelle oder ein wachsender Wohlstand. Vielmehr schließt die mobile Kommunikation Lücken, die sich gerade aus der besonderen Rolle der Entwicklungsländer in Afrika ergeben haben. Eine bemerkenswerte innovative Verkettung von Mobilfunk, Kommunikation, Mikroökonomie und Bankgeschäften hat sich dort rasant etabliert. Insbesondere mit Mobile Payment übernimmt Afrika eine Vorreiterrolle, während das Thema in anderen Weltregionen erst mit dem Hoffnungsträger NFC (Near Field Communication) erneut in den Fokus rückt, nachdem erste Versuche immer wieder unbefriedigend verlaufen sind und eingestellt werden mussten. Dagegen ist in Ostafrika der Markt für Finanzdienstleistungen innerhalb von nur drei Jahren regelrecht explodiert. Mittlerweile nutzt in Kenia mehr als jeder vierte Einwohner die Vorteile des Mobile Payment. In anderen afrikanischen Ländern sieht es ähnlich aus. Was sind die Gründe?

In Kenia haben nur rund 15 Prozent der Bevölkerung ein Bankkonto, in Äthiopien kommt eine Bankfiliale auf 100 000 Einwohner. Diese Zahlen sind übertragbar auf andere Länder des Kontinents. Bei großen Entfernungen und fehlenden Infrastrukturen ist das Mobilfunkgerät zum Kommunikationsmittel erster Wahl geworden. Es ist beispielsweise für die vielen auf dem Land lebenden Familien hilfreich, da Eltern oder Väter oft mehrere Monate lang zum Arbeiten in die Städte ziehen müssen. Mit dem Mobiltelefon überbrücken sie nicht nur die Distanz nach Hause – sie organisieren damit auch den Geldtransfer. Auch die hohe Kriminalitätsrate begünstigt den Siegeszug des Mobile Payment. Bargeldtransporte und -transfers sind riskant. Außerdem ist der Zugang zum Internet für die meisten Menschen zu teuer – während Mobiltelefone, insbesondere chinesische Geräte, wie Haier, Huawei oder ZTE, sehr billig sind.

Die Mobilfunkbetreiber haben das Potenzial sehr schnell erkannt und bieten SIM-Karten an mit Miniguthaben, das genau dem Preis der Karte entspricht. Der Erwerb einer Mobilfunknummer ist unkompliziert, das Guthaben lässt sich anstandslos übertragen, und bei fehlenden Einheiten kann der Kunde sogar Kleinstkredite für Kurzgespräche aufnehmen. In Afrika wurden Anbieter von Telekommunikationsleistungen auf diese Weise innerhalb kürzester Zeit zu Banken ohne Banklizenz und das mobile Endgerät zum PC-Ersatz.

Angefangen hat die Erfolgsgeschichte im März 2007 in Kenia mit der Einführung des Dienstes M-Pesa (Mobiles Geld) durch den Marktführer Safaricom. Die einfache Idee hinter dem Dienst war es, Geldtransfers über das Mobilfunkgerät abzuwickeln. Das Verfahren ist bestechend einfach. Nach einer Registrierung erhält der Kunde seine Zugangsdaten und verfügt dank einer speziellen Zusatzfunktion auf der SIM-Karte über ein Konto, über das Überweisungen von zu Hause oder unterwegs durchgeführt werden können. Für die eigentliche Aus- bzw. Einzahlung sorgen Agenten, die für den Erwerb einer Lizenz eine Summe von umgerechnet 1000 Euro zahlen müssen und über das ganze Land verteilt sind. Mittlerweile drängen immer weitere Anbieter auf den Markt und selbst ein Konzern wie Nokia plant, mit der Konzerntochter Nokia Money in das globale Geschäft einzusteigen.

Nachdem Safaricom das grenzüberschreitende Geschäft zum Beispiel mit Großbritannien eröffnet hat, drängen auch Geschäftsbanken, Kreditkartenbetreiber, andere Netzbetreiber und Finanzdienstleister mit ihren Angeboten auf den Markt. »Die Möglichkeit, Geld mit dem Mobil-



gerät zu überweisen, hat die Landschaft der Finanzdienstleistungen radikal verändert«, urteilt Gail Galuppo, Vizepräsident und Marketingchef von Western Union. Innerhalb kürzester Zeit haben sich alle großen Unternehmen in Kenia auf den neuen Service eingestellt. Strom- und Wasserrechnungen lassen sich per Handy bezahlen, ebenso der Einkauf in manchen Supermärkten, Eintrittskarten, Flugtickets und Schulgebühren. Auch Löhne werden bereits via Handy überwiesen. Beiersdorf, das in Nairobi rund 200 Mitarbeiter beschäftigt, zahlt den Gelegenheitsarbeitern im Unternehmen die Löhne über das Handy aus. »Das Verfahren ist unkomplizierter, und weil wir auf Bargeld verzichten, ist auch die Gefahr von Überfällen deutlich geringer«, sagt der ehemalige Niederlassungschef Mark Zillmann.

Beim mobilen Zahlungsverkehr sind uns die Entwicklungsländer weit voraus. Längst nutzen viele Afrikaner für ihre Geldgeschäfte ein mobiles Gerät, das Banken und Bankkonten ersetzt und den Transfer von Minibeträgen rentabel gestaltet. Dieses überaus erfolgreiche Modell wird nun weltweit kopiert: Beispiele gibt es in Peru (Service Pago Móvil), in Afghanistan (M-Paisa), auf den Philippinen und vor allem in Indien, wo das Geschäft mit Mobile Payment ebenfalls boomt. Aber auch in Japan bietet der Mobilfunkdienst DoCoMo gemeinsam mit der Mizuho Bank eine »DoCoMo Keitai Soukin« (DoCoMo-Handy-Überweisung) an, bei der man den maximalen Betrag von 20.000 Yen per Mobilgerät überweisen kann.

Auch in den entwickelten Ländern steht der Vorgang des bargeldlosen Zahlens vor einer neuen Revolution. So sieht das zumindest René Schuster, Deutschland-Chef von Telefónica O2: »Der Tag wird sehr schnell kommen, an dem wir unsere Kreditkarten nicht mehr brauchen.« Und Ed Kozel, Technologievorstand der Deutschen Telekom, sprach auf dem letzten Mobile World Congress in Barcelona davon, dass »2011 das Jahr fürs mobile Bezahlen ist«. Mit der Einführung des internationalen Übertragungsstandards »Near Field Communication« (NFC) soll dem Mobile Payment zum Durchbruch verholfen werden. Nach der persönlichen Registrierung erlaubt NFC das Bezahlen per Funkübertragung. Die Nutzer müssen zu diesem Zweck nur ihr Gerät an einer Empfangsstelle vorbeiziehen. Der Bezahlvorgang – ein entsprechend gefülltes Konto oder Kreditguthaben vorausgesetzt – erfolgt anschließend über spezielle Applikationen, die in das Mobilgerät eingebaut sind. Bei Verlust oder Diebstahl des Geräts ist – wie bei einer EC-Karte – eine Sperrung per Telefonanruf vorgesehen.

Werbung für Mobiltelefone in
Usa River, Tansania.

Quellen (Auswahl)

Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen (Global System for Mobile Communications)
www.etsi.org

Erich Kästner, *Der 35. Mai oder Konrad reitet in die Südsee*, Erstausgabe 1932

Marktforschungsinstitut comScore,
www.comscore.com/ger/

Jörn Haack, *Mobilfunknutzung und Millennium Development Goals*, Hamburg 2008

Kirchner + Robrecht, *Mobile Research Guide 2010*



Aktuellen Schätzungen zufolge gibt es mehr als 500 Millionen Mobiltelefonkunden in Afrika. 2008 waren es noch zirka 246 Millionen. Die wichtigsten Absatzmärkte für Hersteller und Serviceanbieter sind Nigeria, Südafrika, Kenia und Ghana.

Hintergrund

Eine aktuelle Studie informiert über die Trends des Mobilfunks in Afrika 2011. Sie steht zum Download im Internet zur Verfügung:

www.mobilemonday.net/reports/MobileAfrica_2011.pdf

Informationen über Entwicklungen in der Mobiltelefonie finden Sie bei »T-City« unter der Webadresse:

www.telekom.com/dtag/cms/content/dt/de/567156

ERSATZWÄHRUNG PER FREISCHALTCODE. Aber auch andere innovative Lösungen im Bereich Mobilfunk kommen aus Afrika, wie die Etablierung einer neuen Ersatzwährung »Airtime« auf Basis von Prepaid-Gesprächsguthaben. Zum Beispiel kann der Ernährer in der Stadt seiner Familie auf dem Land Geld zukommen lassen, indem er eine Prepaidkarte kauft, den Freischaltcode frei rubbelt und ihn per SMS an seine Familie schickt. Das funktioniert auch länderübergreifend. Da viele afrikanische Provider mittlerweile das Übertragen von Gesprächsguthaben von Gerät zu Gerät ermöglichen, kann »Airtime« wie eine Währung verschoben werden. Es werden weitere ähnliche Entwicklungen aus Afrika erwartet.

Ein weiteres interessantes Beispiel stammt von Paul Polak, Autor von *Out of Poverty: What Works When Traditional Approaches Fail* und früherer Präsident der International Development Enterprises (DIE), einer Nonprofit-Firma, die sich auf Trainings und Technologien für kleine Farmer in Entwicklungsländern spezialisiert hat. Eines der DIE-Projekte befasste sich mit der Kooperation von Farmern in Nepal. Die Idee: Farmer bringen ihr Gemüse zu einer Person vor Ort, die im Besitz eines Mobilfunkgerätes ist und als Verkaufsagent handelt. Sie evaluieren Marktpreise und arrangieren den profitabelsten Erlös. Mit anderen Worten: eBay im Hinterland von Nepal mit einem Mobilfunkgerät, von dem eine ganze Agrargemeinschaft profitiert. Bei diesem Modell muss man kein eigenes Mobilfunkgerät besitzen, um die Vorteile genießen zu können. (Dennoch haben sich die Farmer, die durch den Service plötzlich mehr verdienen, bald ein eigenes Handy zugelegt.)

Diese Beispiele aus unterschiedlichen Weltregionen zeigen, wie stark gesellschaftliche, soziale und ökonomische Zwänge vor Ort die Nutzungsspektren des mobilen Internets prägen, und sie führen zu der Frage, inwieweit Mobilfunk eine Rolle bei der Bekämpfung von Armut spielen könnte. Es gibt Indikatoren, die darauf hindeuten, dass eine Verbreitung von Mobilfunk in den ärmeren Regionen der Welt die Situation generell verbessern könnte. Die Datengrundlagen, auf denen sich diese Annahmen bewegen, sind allerdings sehr ungenau. Den prognostizierten Chancen für Entwicklung steht ein reales Geflecht aus Abhängigkeiten, ökonomischen und politischen Interessen gegenüber. Darin eingebunden sind nicht nur internationale Konzerne, sondern auch internationale Organisationen wie die Vereinten Nationen, die durch die Definition der acht »Millenniums-Entwicklungsziele« die Themen Armut, Bildung, Gesundheit, Seuchenbekämpfung, Nachhaltigkeit und Gleichstellung der Frauen auf die Tagesordnung gesetzt haben. Auch kann die Mobilfunktechnik aus den entwickelten Ländern nicht einfach in die ärmeren Regionen der Welt übertragen werden. Diese Länder brauchen ihre eigenen, speziell angepassten Lösungen.

Mobilfunkbetreiber scheuten sich bisher, in den Entwicklungsländern einen flächendeckenden Betrieb aufzubauen, und konzentrierten sich stattdessen auf die Ballungsgebiete. Zwar ist der Aufbau von Mobilnetzen um ein Vielfaches billiger als die Installation kabelgebundener Netze, doch zeigten die Projektergebnisse von »Nokia Siemens Networks Village Connector«, dass in den dünn besiedelten Gebieten der Entwicklungsländer ein kostendeckender Betrieb nicht möglich ist, da sowohl Investitionskosten als auch Betriebskosten zu hoch sind. Dies führte dazu, dass bis heute viele Menschen nicht von der bestehenden Infrastruktur erreicht werden.

MOBILTELEFONE STEIGERN DAS BRUTTOSOZIALPRODUKT. Nun zeigt es sich aber, dass das rasante Wachstum der Mobilfunkbranche in den Entwicklungsländern sehr wohl ökonomische Auswirkungen hat. Schon 2005 kam eine Studie von Waverman, Meschi und Fuss zu dem Ergebnis, dass Entwicklungsländer mit einer Steigerung von zehn Mobilfunkgeräten pro 100 Personen in den Jahren von 1996 bis 2003 ihr Bruttosozialprodukt um beachtliche 0,59 Prozent steigern konnten.

Auch im mikroökonomischen Bereich verspricht der Zugang zu Mobilfunkleistungen Produktivitätssteigerungen. Dies ist unmittelbar einleuchtend, da der zeitnahe Zugang zu Informationen Grundvoraussetzung für eine effiziente Marktwirtschaft ist. Untersuchungen bei Fischern im südindischen Bundesstaat Kerala zeigten, dass diese ihren Gewinn um durchschnittlich 8 Prozent steigern konnten, wenn sie vor dem Einlaufen in die Häfen per Mobilfunk Marktdaten abrufen.

fen konnten. Dadurch wurde der Anteil nicht verkaufter Fische nahezu auf null reduziert, das heterogene Preisgefüge an verschiedenen Verkaufsstellen angeglichen und der Preis konnte insgesamt um durchschnittlich vier Prozent gesenkt werden. Vergleichbare Beobachtungen ließen sich bei Getreidemärkten im Niger machen.

Der Zugriff auf Informationen per Mobilfunk senkt Transaktionskosten. Er spart Zeit und Geld und hilft dabei, die oft ineffizienten Transportsysteme zu umgehen. Aber auch Jobbörsen in Ländern mit hoher Arbeitslosigkeit und einem hohen Anteil an kurzfristigen Arbeitsverhältnissen funktionieren wesentlich effizienter, wenn die Menschen Zugang zu Mobilfunkleistungen haben.

Einige bekannte Projekte bestätigen die oben getroffene Aussage, dass nur speziell angepasste Lösungen in den Entwicklungsländern Erfolg versprechen. Das Grameen Village Phone ist so ein Beispiel für ein wirtschaftlich angepasstes Geschäftsmodell. 1997 haben Grameen Telecom und Grameenphone, ein Joint Venture von Telenor und der Grameen Bank, ein Konzept zur Kopplung von Mikrokreditvergabe und Mobilfunkzugang entwickelt. Sogenannte Village Phone Operators in Bangladesch erhielten ein Mobilfunkgerät mit Guthaben auf Basis eines Mikrokredits. Sie konnten das Gerät zu etwas höheren Preisen an andere Personen der Dorfgemeinschaft vermieten und so einen Gewinn erwirtschaften. Der Erfolg war so groß, dass innerhalb von zehn Jahren ungefähr 260 000 Operators in 50 000 Dörfern ihren Lebensunterhalt verdienten. 2007 konnten in Bangladesch trotz der dünnen Besiedelung 97 Prozent der Bevölkerung und 82 Prozent der Fläche des Landes erreicht werden. Das Projekt war anschließend auch in anderen Ländern, beispielsweise in Uganda und Ruanda, erfolgreich. Mittlerweile funktioniert es jedoch nicht mehr so gut, da die Menschen durch den Rückgang der Preise für Mobilfunkgeräte und flexible Preisgestaltungen wie Prepaid nicht mehr – wie noch vor wenigen Jahren – auf die »Operators« angewiesen sind.

Ein anderes Beispiel stammt aus dem technologischen Bereich und basiert auf dem Aufbau von »Mobile Mesh Netzwerken«. Hierbei handelt sich um eine Form der Selbstorganisation: Mobilfunkgeräte verbinden sich untereinander und übernehmen dabei jeweils Funktionen sowohl als Endgerät wie auch als »Sendemast«. Die schwedische Firma TerraNet AB hält seit 2004 mit der TerraNet-Technologie ein Patent in diesem Bereich, wobei ein Gateway in einem TerraNet-Verbund auch die Verbindung zu anderen Netzen ermöglicht.

Auch die Energieversorgung und damit Fragen nach erneuerbaren Energien spielen im Zusammenhang mit mobiler Telefonie eine zentrale Rolle, da die anfällige Stromversorgung in den Entwicklungsländern bisher immer ein Hemmschuh beim Ausbau der Infrastruktur war. Die Nutzung von Sonnenenergie kann hier nicht nur die Verfügbarkeit erhöhen, sondern auch die Kosten für die Mobilfunkbetreiber senken, was wiederum ein Anreiz für mehr Investment wäre.

MOBILFUNK KANN IN VIELEN BEREICHEN EINGESETZT WERDEN. Das Thema m-Banking (m steht für Mobile) haben wir am Beispiel Ostafrika schon beleuchtet. Anwendungen im Bereich m-Agriculture bieten Bauern in Entwicklungsländern die Möglichkeit, zeitnah Geschehnisse, Marktdaten, Preise, Wetter und Informationen zu Anbaumethoden abzurufen, um ihre



Mobiltelefone haben positive Auswirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung in Afrika.



Neben »Mobile Payment« wollen Experten auch »Mobile Agriculture« in Entwicklungsländern etablieren: Bauern sollen per Mobilfunk zeitnah Daten zu Marktlage, Preisen, Wetter und Anbaumethoden abrufen können.

JOACHIM SOKOL hat Informatik in Ulm studiert und ist zurzeit bei der Siemens AG in München in der zentralen Forschung und Entwicklung für das Thema IT-Technologien als Global Account Manager zuständig. Darüber hinaus beschäftigt er sich in strategischen Projekten mit zukünftigen Entwicklungen und hat bisher zahlreiche Beiträge auf internationalen Konferenzen und in Magazinen veröffentlicht.

Lebensumstände zu verbessern. Bisher sind größtenteils soziale Kontakte für diesen Informationsaustausch notwendig, die aber aufgrund der Entfernungen, der teilweise schlechten Infrastruktur und der naturbedingt fehlenden Aktualität und Subjektivität der ausgetauschten Informationen nur bedingt für effizientes Marktgeschehen genutzt werden können.

Ein weiteres Beispiel betrifft das Thema Gesundheit, welches mit dem Begriff m-Health beschrieben wird. Nicht nur der offensichtliche Vorteil schneller Hilfe in Notfällen ist damit gemeint. Vielmehr fallen darunter alle Anwendungen, die auf einem Informationsaustausch zwischen Fach- und Pflegekräften sowie Gesundheitsinstitutionen über Mobilfunk beruhen können. Schwangerenberatung, Vorsorge und Nachsorge in Krankheitsfällen, Erinnerung an

Termine, aber auch die Umgehung von Tabus bei der Beratung über Geschlechtskrankheiten und Aids spielen eine zentrale Rolle in Entwicklungsländern. Ebenso wichtig ist die Bekämpfung von gefälschten Medikamenten, da laut einer Schätzung der Weltgesundheitsorganisation bis zu 30 Prozent der verkauften Medikamente in den Entwicklungsländern gefälscht und somit potenziell gefährlich sind. Ein Beispiel für den Nutzen des Mobilfunks in diesem Bereich ist m-Pedigree, ein Projekt in Ghana, bei dem ein spezieller Nummerncode auf dem Medikament per kostenloser SMS zur Überprüfung an ein Kontrollsystem gesendet wird.

Als weitere Anwendungsfelder seien abschließend die Themen m-Learning und m-Government genannt. Im Bereich m-Government kann Mobilkommunikation nicht nur zur Überwindung von räumlichen und zeitlichen Barrieren zwischen Staat, Bürgern und Unternehmen genutzt werden, sondern beispielsweise auch zur Wahlbeobachtung oder um Vorkommnisse in Unruhegebieten zu dokumentieren. Dafür existieren speziell angepasste Systeme. Das Open-Source-Projekt »Ushahidi« beispielsweise basiert auf Karten von Google Maps und speziellen Formularen, in die die Nutzer ihre aktuellen Informationen per SMS, E-Mail oder direkt im Internet eintragen können. Angepasste Geschäftsmodelle, Technologieentwicklungen und Innovationen in den Entwicklungsländern haben den Schwerpunkt des Mobilfunk-Wachstums in diese Regionen verlagert. Den im Highendbereich saturierten Märkten mit einem Schwerpunkt auf Smartphones stehen die dynamischen Märkte in den Entwicklungsländern gegenüber. Wie sieht in diesem Spannungsfeld die weitere Entwicklung des mobilen Internets aus?

SMARTPHONE STATT COMPUTER. Neben höheren Geschwindigkeiten der neuen Generation von Mobilfunknetzen ist das weitere Wachstum unstrittig. Jürgen Galler, Entwicklungschef von Google Europa, ließ bei den »Österreichischen Medientagen 2010« keinen Zweifel daran aufkommen: »Google sieht im mobilen Internet die Zukunft«, betonte er. Galler geht davon aus, dass schon 2013 mehr Smartphones als Computer verkauft werden. Seiner Meinung nach machen Features wie integrierte Kamera, Lautsprecher, Touchscreen und GPS Smartphones zu sehr speziellen Geräten, die zugleich auch ein geändertes Suchverhalten der Nutzer erzeugt haben.

Während sich am Desktop nur 15 Prozent der Suchanfragen auf lokale Themen beziehen, so sind es im Hinblick auf die mobile Suche bereits 30 Prozent. Auch die Studie *Mobile Research Guide* von Kirchner + Robrecht sieht für die nächsten Jahre noch stärkere Zuwachsraten als bisher für das mobile Internet voraus. Die Studienergebnisse zeigen für Deutschland, dass das Abbru-

fen und Versenden von E-Mails via Smartphone mit 70 Prozent zurzeit am beliebtesten ist. 47 Prozent der Nutzung entfallen auf die mobile Suche und 43 Prozent auf den Einsatz mobiler Navigationsdienste. Mobile Gaming und Mobile Shopping werden auch via Smartphone genutzt, nehmen jedoch noch eine sehr untergeordnete Rolle ein. Weiterhin sind das Mobile Instant Messaging und die Nutzung von Social Networks auf den Smartphones sehr beliebt. Dass diese Dienste der traditionellen SMS bald den Rang ablaufen werden, ist nicht zu übersehen. Viel Potenzial haben alle standortbezogenen Dienste. Sie werden es vor allem für Unternehmen in Zukunft möglich machen, in Sachen Marketing einen einfacheren Zugang zum Nutzer zu erhalten und mobile Angebote schneller in die Lebenswelten potenzieller Kunden zu integrieren. Längst ist auch der Begriff »App« ein Alltagswort geworden, die »Mini-Anwendungen« für mobile Geräte gibt es für jeden erdenklichen sinnvollen und sinnlosen Zweck. Wer auf einem Smartphone etwas braucht, der kann sich für einen kleinen Geldbetrag die passende App herunterladen.

Der IT-Verband Bitkom wollte wissen, wohin sich der Trend entwickelt, und hat hierzu 518 Experten aus der ITK-Branche befragt, um die Potenziale von Apps im Vergleich zu mobilen Browser-Anwendungen zu analysieren. Erste Erkenntnisse: Bei den zukünftigen Einsatzmöglichkeiten wird es eine Kluft geben. Apps sollen sich mehr für den Einsatz im privaten Umfeld eignen, mobile Browseranwendungen für geschäftliche Zwecke. Nahezu 75 Prozent der befragten Experten gehen davon aus, dass sich Apps bei Verbrauchern in den kommenden fünf Jahren breit durchsetzen werden. In einem Punkt herrscht mit 79 Prozent eine ebenso hohe Einigkeit: Datenschutz und das Vertrauen der Nutzer werden für die Weiterentwicklung des mobilen Internets die größte Herausforderung sein. Auch der Nationale IT Gipfel in Deutschland 2010 bewertet das Mobile Breitband mit über 80 Prozent der Befragten als äußerst beziehungsweise sehr wichtig.

SCHALTZENTRALEN UNSERES LEBENS. In der fernerer Zukunft werden die mobilen Endgeräte aber noch ganz andere Funktionen übernehmen. Sie werden quasi zur Schaltzentrale und zum Organisationsgerät des Lebens (siehe *Kultur & Technik* 2/2010). Wir werden damit unsere Wohnungen überwachen und die darin enthaltenen Geräte kontrollieren und steuern können. Das Gleiche gilt für den Stromverbrauch. Unsicher, ob die Kaffeemaschine beim Verlassen der Wohnung ausgeschaltet worden ist? Ein Problem von gestern. Im Urlaub und bei Ausflügen leiten sie uns sicher ans Ziel und lassen Reservierungen, sei es für den kurzfristig notwendigen Mietwagen oder für ein kulturelles Event, zum Kinderspiel werden. Sie werden »on the fly« mit allen gewünschten Informationen von A wie »Aktienkurse« bis Z wie »Zahnarztpraxis in der Nähe« versorgt werden. Kreditkarten sind passé, das mobile Gerät übernimmt Zahlfunktionen und dient als Geldbörse. Es kann einfache Gesundheitschecks durchführen, erteilt personalisierte Gesundheitsratschläge und macht bei Bedarf einen Termin beim Hausarzt aus. Es dient als Lesegerät, Entertainment Box, kennt unsere Stimmungen und Vorlieben, und verwaltet unser Sozialleben in »Social Communities«. Es reagiert auf Gesten, kommuniziert bei Bedarf mit uns in natürlicher Sprache und wird ein Teil unserer Identität. Darüber hinaus haben wir ein »Überall-Büro« zur Hand. Dass dies keineswegs reine Fiktion ist, belegen viele Feldversuche in der Welt. Beispielhaft sei T-City der Deutschen Telekom erwähnt, die in Friedrichshafen derartige Applikationen und Services entwickelt und testet.

Treiber hinter all diesen Trends ist die weitere Evolution des Internets zu einem Internet der Dinge (Internet of Things) und einem Internet der Dienste (Internet of Services). Das Internet der Dinge beschreibt die zunehmende Vernetzung der alltäglichen physikalischen Objekte und eine zunehmende Durchdringung der Welt mit Sensortechnik (siehe Beitrag Seite 16-19). Das Internet der Dienste beschreibt Entwicklungs- und Dienstplattformen und die Möglichkeit, Dienste einfacher kreieren und im Internet anbieten zu können. Beide Entwicklungen sind die Voraussetzungen für die Informations- und Dienstleistungsgesellschaft. Der Zugriff auf Informationen und Dienste macht in vielen Fällen nur in einem mobilen Umfeld Sinn. Die globale Entwicklung des Mobilfunks mit regional unterschiedlichen Ausprägungen ist noch lange nicht abgeschlossen und bleibt spannend! ■

Abbildung: istockphoto.com/Lorenzo Codacci

RADSPIELER

Seit 1841

macht

*Wohnungen
schön!*



Möbel

aus eigener Werkstatt

und von führenden

zeitgenössischen Herstellern,

Einrichtungen,

Stoffe, Geschirr und Glas,

Teppiche.



F. Radspieler & Comp. Nachf.

Hackenstraße 7

80331 München

Telefon 089/23 50 98-0

Fax 089/26 42 17

mail@radspieler-muenchen.de

Cleverer Begleiter

Geldbörse, Schlüssel und natürlich das Handy – diese drei Dinge trägt mittlerweile fast jeder mit sich herum. Auf das praktische mobile Telefon will niemand mehr verzichten: Es ist klein und handlich, man kann jederzeit zu Hause anrufen oder selbst angerufen werden, Freunden eine Nachricht schicken, Musik hören, Fotos knipsen oder im Internet surfen. Weil die Geräte so vielseitig sind, heißen sie auch Smartphones. Smart ist englisch und bedeutet »klug« oder »clever«.

Von Caroline Zörlein

ICH KOMME MIT – ODER DOCH NICHT?

Ein Treffen zum Eisessen, Kino oder Schwimmen – dank des Handys können wir uns spontan und schnell mit Freunden verabreden. Man muss nur einen Ort und eine feste Uhrzeit vereinbaren. Das klingt einfach. Aber genauso unkompliziert lassen sich Treffen auch wieder auf einen anderen Tag verschieben oder an einen anderen Ort verlegen. Und es hat sich gezeigt: Wenn Menschen die Chance haben, nutzen sie diese auch. Durch das Handy hat sich unser Verhalten verändert. Während früher Verabredungen einmal getroffen und meist auch eingehalten wurden, sind wir heute bei der Freizeitplanung sehr viel beweglicher: Wir können nach Lust und Laune mit Terminen jonglieren oder kurz vor einem Treffen ankündigen, dass wir uns verspäten. Noch bequemer geht das per SMS, den beliebten Kurzmitteilungen. Heute wird nichts mehr verbindlich festgelegt – das ist einerseits praktisch, andererseits neigen die Menschen dann dazu, unzuverlässig zu werden.



Wie Worte durch die Luft reisen

Die Mobilfunktechnologie steckt nicht nur im Handy selbst. Ein riesiges Netzwerk aus Funkstationen und Computern sorgt dafür, dass die Botschaften beim richtigen Empfänger landen. Wie Handys übertragen auch Rundfunk oder Fernsehen Informationen mit Hilfe von Funkwellen. Diese elektrischen Schwingungen bewegen sich ähnlich wie Wasserwellen, aber wir können sie mit unseren Augen nicht sehen. Mit Funkwellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen, können Worte unbemerkt durch die Luft reisen.

WIE KOMMT EIN GESPRÄCH ZWISCHEN ZWEI HANDYS ZUSTANDE?

Beim Sprechen erzeugen wir Schallwellen. Das Mikrofon nimmt sie auf und wandelt sie in Strom um. Die Worte sind jetzt als elektrische Signale gespeichert und können im Mobiltele-

fon weiterverarbeitet werden. Als verschlüsselte Datenpakete treten sie schließlich ihre Reise über die Handyantenne an: Diese sendet die Informationen als Funkwelle zur nächstgelegenen Basisstation. Das sind Knotenpunkte, die in regelmäßigen Abständen errichtet werden, damit man von jedem Ort aus telefonieren kann. Jede Station ist für ein bestimmtes Gebiet verantwortlich, die sogenannte Funkzelle. Ihre Größe hängt beispielsweise davon ab, wie viele Menschen dort leben und wie dicht das Gebiet bebaut ist: In einer dicht besiedelten Stadt wie München besitzen diese Zellen einen Durchmesser von 300 bis 500 Metern und auf dem Land ungefähr zwei bis drei Kilometern. Wenn keine Basisstation in der Nähe ist, hat das Handy auch keinen Empfang.

Von diesem Knotenpunkt wird das Gespräch per Kabel oder Funk zu einer Vermittlungsstelle übertragen und dann zu einem



Computer, der den Standort jedes eingeschalteten Handys kennt: Er kann das Gespräch zur Basisstation der Funkzelle durchstellen, in der sich der Angerufene gerade aufhält. Damit der Computer immer weiß, wo sich die Handys befinden, senden die Geräte regelmäßig ein sogenanntes Ortungssignal an die nächstliegende Basisstation. Vor allem bei Notfällen und Unfällen wird das Handy zum »Schutzengel«, weil man rasch Hilfe rufen oder durch das Ortungssignal auch gefunden werden kann.

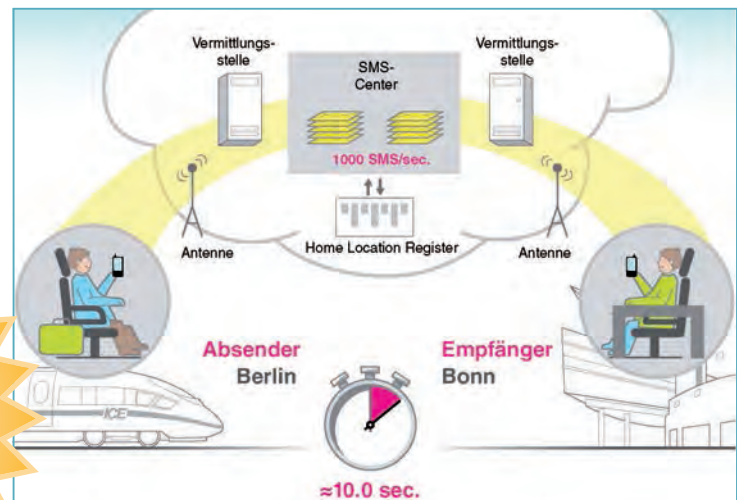
Der richtige Dreh

Manche Smartphones kann man drehen und wenden, wie man will: Das Bild flippt immer in die richtige Position, so dass Texte lesbar sind und Fotos aufrecht stehen. Aber woher weiß das Handy-Display, was oben und unten ist? Das Geheimnis steckt im Innenleben des Mobiltelefons. Dort sind Sensoren eingebaut, winzige »Fühler«, die feststellen können, wie man das Gerät gerade hält. Die neuesten Smartphones nutzen dazu ein altbekanntes Prinzip: die Bewegung eines Kreisel. Erfunden wurden Kreiselinstrumente,

Mobiltelefon heißt ...

- auf Spanisch: Telefonía móvil
- auf Finnisch: Matkapuhelin
- auf Türkisch: Cep telefonu
- auf Polnisch: Telefon komórkowy

Fachleute sprechen auch von Gyroskopen, 1817 von dem deutschen Physiker Johann Bohnenberger. Damit lässt sich die Drehung um die drei Raumachsen messen. Deswegen nutzen auch Flugzeuge diesen physikalischen Effekt und der Pilot verliert dank seiner Instrumente nicht die Orientierung – auch wenn er durch größere Wolken fliegt. In heutigen Smartphones stecken noch weitere »Fühler« wie Helligkeits- oder Berührungssensoren, so dass moderne Handys genau wissen, was ihr Besitzer gerade mit ihnen anstellt.



WIE FUNKTIONIERT SIMSEN?

Was du über die Tastatur ins Handy eintippst, wird in elektrische Impulse umgewandelt. Die wandern vom Handy per Funk zur nächsten Mobilfunkantenne. Diese Anlage schickt die Nachricht über das Festnetz weiter an die nächste Vermittlungsstelle und dann ans SMS-Center. Von hier aus wird eine Abfrage beim Home Location Register gestartet. Das ist eine Datenbank, die weiß, zu welchem Mobilfunknetz das Handy gehört und wo es sich zum letzten Mal gemeldet hat. Die Datenbank antwortet prompt: Die Zustellung einer SMS dauert nur zirka zehn Sekunden.

Nicht ohne mein Handy

Heute haben etwa sechs Milliarden Menschen Zugang zu Mobilfunknetzen. In einigen Industrieländern besitzen viele Leute sogar schon zwei Handys. Wie die Menschen ihre Mobiltelefone nutzen, hängt auch davon ab, aus welchem Land sie kommen: Amerikaner nutzen es besonders als »Spielzeug« und fotografieren, schauen fern oder surfen im Internet. Auch japanische Jugendliche sind ganz versessen auf ihr Mobiltelefon. Für viele Teenager ist es der wichtigste Gegenstand schlechthin. Psychologen und Ärzte machen sich wegen dieser »Handy-sucht« mittlerweile Sorgen. Dass fast jeder Japaner ein Mobiltelefon besitzt, hat andererseits viele Menschen vor einer schrecklichen Naturkatastrophe – dem Tsunami – bewahrt: Dank einer warnenden SMS



konnten sich viele Japaner rechtzeitig vor der meterhohen Flutwelle retten.

Ganz anders nutzen die Menschen in Kenia ihre Mobiltelefone: Zwar hat man nicht überall Empfang oder muss manchmal auf einen Baum oder Hügel klettern, um eine SMS abschicken zu können. Dafür

nutzen die Afrikaner ihre Geräte zum Bezahlen oder um Geld zu überweisen. Über eine spezielle Funktion auf der SIM-Karte können sogar Löhne auf das Handy eingezahlt werden. Der Mikrochip auf dieser Karte funktioniert wie ein elektronischer Personalausweis für das Handy, so dass das elektronische Geld auch beim richtigen Besitzer landet.

In Afrika nutzen viele Menschen ihr Handy zum Bezahlen.

Hier erklärt Ralph von der »Sendung mit der Maus«, wie ein Touchscreen funktioniert:
www.youtube.com/watch?v=XSmPfSwHoU8

Kostbares Innenleben

Handys, Smartphones und andere tragbare Geräte sind immer kleiner, schneller und leistungsfähiger geworden. Das sieht man ihnen von außen nicht an – die Gründe dafür liegen im Inneren und in den verarbeiteten Materialien: Allein in einem Mobiltelefon kommen 20 verschiedene Metalle vor – unter anderem Kupfer oder Silber. Sogar edles Gold enthält jedes Handy, wenn auch nur sehr wenig: gerade einmal 24 Milligramm Gold, also den Bruchteil eines Stecknadelkopfs. Andere Metalle sind zwar weniger bekannt, aber ohne sie wären die Mobiltelefone heute nicht so klein und vielseitig: Dank des Elements Tantalum lassen sich winzige Kondensatoren bauen, die das Handy mit Strom versorgen. Ein anderer Rohstoff namens Indium steckt in den Bildschirmen von Mobiltelefonen und Notebooks. Es ist eines der seltensten Elemente: In 100 Tonnen Gestein sind gerade einmal 24 Gramm Indium enthalten.

In den letzten Jahren wird immer häufiger berichtet, dass einige wichtige Hightech-Rohstoffe knapp werden. Das Problem ist: Unsere Gesellschaft ist davon mittlerweile sehr stark abhängig. Denn nicht nur Mobiltelefone, sondern auch Autos oder Windkraftwerke wären ohne viele Metalle mit ihren außergewöhnlichen Eigenschaften kaum denk-

bar. Experten schätzen, dass die heutigen Bergwerke möglicherweise gar nicht so viel dieser Rohstoffe fördern können, um den Bedarf der Menschen auch in Zukunft zu decken. Denn die Schätze aus der Erde sind begrenzt. Deshalb sollten wir sinnvoll und sparsam mit diesen Rohstoffen umgehen. Umso wichtiger ist es daher, die kostbaren Bestandteile aus Handys, Computern und Autos wiederzuverwerten – also zu recyceln.

Aus Tantalum werden winzige Kondensatoren gebaut.



Indium gehört zu einem der seltensten Elemente.



Pionier des unsichtbaren Netzes

Dass wir mobil telefonieren oder kabellos im Internet surfen können, ermöglicht die Funktechnik. Entstanden ist die unsichtbare Übermittlung von Informationen dank eines Problems in der Seefahrt: Ohne Funk konnten in Not geratene Schiffe keine Hilfe herbeirufen. Das wollte der italienische Forscher und Unternehmer Guglielmo Marconi ändern. Bereits als kleiner Junge war er von Elektrizität fasziniert und baute eine Anlage auf das Dach seines Elternhauses, um Blitze einzufangen. Später arbeitete er jahrelang daran, elektrische Wellen über weite Strecken zu übermitteln, weil man damit Informationen über die Luft verschicken kann. Bislang konnten Seeleute nur mit anderen Schiffen oder dem Hafen kommunizieren, wenn sie sich dabei auch sehen oder hören konnten – beispielsweise durch Flaggen-, Leucht- oder Tonsignale. Gefährlich wurde es für die Besatzung, wenn sie mitten auf dem Ozean in Not geriet. England war damals eine große Seefahrernation und verfolgte aufmerksam Marconis Erfindung. Bei einem öffentlichen Versuch brachte er durch die unsichtbaren elektrischen Schwingungen eine kleine Glocke zum Läuten – ganz ohne Kabel. Anfang 1899 gelang es ihm, mit einem Sender und einem Empfänger Signale über den Ärmelkanal zwischen England und Frankreich zu schicken. Wenige Jahre später stand die erste Funkverbindung über den Atlantik: Damit überwan-

den die elektrischen Schwingungen eine Entfernung von mehr als 3000 Kilometern. Marconi erhielt 1909 zusammen mit dem deutschen Physiker Karl Ferdinand Braun den Nobelpreis für Physik. Mit dem Untergang des Schiffs Titanic 1912 setzte sich die Funktechnik auf größeren Passagierschiffen durch: Dank der gefunkten Notrufe konnten mehr als 700 Menschen gerettet werden.

Guglielmo Marconi (1874–1937)
erfand 1895 die geerdete
Sendeantenne. 1896 gelang ihm die
erste Übertragung drahtloser Signale.



Diese erste Empfangsstation drahtloser Funkzeichen in Glace Bay, Kanada, hat Guglielmo Marconi 1902 eingerichtet.

MITMACHEN UND GEWINNEN!

1. Funkwellen bewegen sich mit

- a) Lichtgeschwindigkeit
- b) Windgeschwindigkeit
- c) Schallgeschwindigkeit

2. Welches seltene chemische Element steckt im Bildschirm von Handys?

- a) Eisen
- b) Sauerstoff
- c) Indium

3. Funkzellen sind in dicht besiedelten Städten

- a) etwa 5 Kilometer groß
- b) etwa 500 Meter groß
- c) etwa 30 Zentimeter groß

Sende deine Lösung per E-Mail an:

mikromakro@folio-muc.de

oder per Post an: »MikroMakro«,

c/o folio gmbh, Gündelrodestraße 24, 81827 München

Einsendeschluss ist der 15. Oktober 2011.

Das königlich-bayerische Bierregulativ von 1811

Die Geschichte einer kuriosen Verordnung

Steigende Bierpreise waren schon vor 200 Jahren ein gern und hitzig diskutiertes Thema in Bayern. König Maximilian I. wollte an dieser Front für Ruhe sorgen und ließ seine Beamten eine Verordnung erarbeiten, der ihrerseits etliche Fallstricke innewohnten. Von Otto Krätz und Manfred Spachtholz



Im Vordergrund des Gemäldes von Carl Schuchtheiss (1852–1944) begutachten Händler und Braumeister den frisch gelieferten Hopfen. Hinter ihnen bereiten Brauer die Maische zu, während im Biergarten links im Bild die Gäste von einer Kellnerin in Alt-Münchner Tracht mit Riegelhaube bewirtet werden.

Napoleon hatte den bayerischen Kurfürsten Maximilian IV. Joseph 1806 zwar zum König von Bayern erhoben (Maximilian I. Joseph) – die wirtschaftliche Lage dieses Königreichs war allerdings schlecht. 1809 eskalierte zu allem Überfluss der Konflikt zwischen Frankreich und Österreich. Gerade von seinem mäßig erfolgreichen Spanienfeldzug zurückgekehrt, befahl Napoleon am 30. März 1809 den Aufmarsch seiner Armee in Süddeutschland. Ohne Kriegserklärung überschritt die österreichische Armee fast gleichzeitig den Inn. Bayern wurde zum Kriegsschauplatz. Zwischen dem 19. und dem 23. April 1809 besiegte Napoleon in einem für die Zivilbevölkerung schrecklichen Blitzkrieg mit Hilfe bayerischer Truppen die Armee von Erzherzog Karl, dem österreichischen Oberbefehlshaber, in fünf Schlachten bei Thann, Abensberg, Landshut, Eggmühl und Regensburg.

DIE EUROPÄISCHE WIRTSCHAFTSKRISE VON 1811. Auch in den folgenden Jahren verbesserte sich die Wirtschaftslage des Napoleonischen Reiches nicht. Der Historiker Jean Tulard beschrieb die katastrophale Situation in seinem Werk *Frankreich im Zeitalter der Revolutionen* so: »Auf das neue Zollsystem [Anm.: Mit dem neu eingeführten Zollsystem wurde die Kontinentalsperre Napoleons aufgeweicht, um den französischen Außenhandel insbesondere mit England zu begünstigen – zum Schaden bayerischer Kaufleute] folgte die Wirtschaftskrise von 1810, die die Strukturen des Bankenwesens im Kaiserreich erschüttern sollte. [...] Das außer Rand und Band geratene Spekulationsspiel führte [...] zu einer Kette spektakulärer Zusammenbrüche an den bedeutenden Bankplätzen Frankreichs, Deutschlands und Italiens. Anfang 1811 erlebte die Industrie einen gründlichen Schock. Der gesamte Textilsektor war davon betroffen. [...] Die Depres-

sion verschonte weder die Metallindustrie noch die Chemie noch die Luxusgüter. [...] Es kam zu einer beträchtlichen Verteuerung des Getreides, zur Plünderung von Transporten, zu Brandstiftungen auf Bauernhöfen und zu bedrohlichen Bettlerbanden.« Die ohnehin düstere Situation verschärfte sich weiter durch Hamsterkäufe von Getreide seitens der Regierungen Frankreichs und Bayerns zur Vorbereitung von Napoleons Russlandfeldzug. Getreide wurde knapp. In dieser Situation schien es der bayerischen Regierung geraten, den Verbrauch an Braugerste, die Gewinne der Brauer und die Preise für Bier transparent zu gestalten. Heraus kam ein absonderlich bürokratisches, jedoch höchst kunstvolles Wundergebilde: das »königlich-bayerische Bierregulativ« von 1811.

Da Bier in Bayern schon damals als Grundnahrungsmittel galt, dessen Preis von der misstrauischen Bevölkerung stets mit Argwohn diskutiert wurde, schuf man eine Formel, anhand derer der Preis jederzeit für jedermann nachvollziehbar sein sollte. Man entwickelte eine scharfsinnige Berechnung, die aus der Braubilanz einer angeblich fiktiven Brauerei mittlerer Größe abgeleitet worden war. In Wahrheit basierte das Bierregulativ auf der Bilanz des Königlichen Hofbräuhauses in München. Aus dieser gewann man drei feste, permanente Summen, von denen man annahm, dass diese sich auf Jahrzehnte hinaus nicht verändern würden, und die in den Preis des Bieres verteuern eingingen. Die erste dieser fixen Größen war die sogenannte Mannsnahrung. Unter dieser etwas seltsamen Bezeichnung verstand man den Unternehmergewinn je Maß Bier, der von der Regierung diktiert wurde und keinesfalls überschritten werden durfte. Man setzte ihn unveränderlich auf 147/100 bayerische Pfennige fest. Der Betrag war als Obergrenze gedacht. Den Brauern war es gestattet, auf diesen Gewinn teilweise zu verzichten. Nach dem Willen der Regierung sollte der Unternehmergewinn der Brauer bei steigenden Bierpreisen nicht mitsteigen dürfen.

Zu dieser Mannsnahrung kam eine weitere feste Summe für eine Vielzahl von Auslagen der Brauer, von denen die bayerische Regierung – von heute her betrachtet, etwas überraschend – annahm, dass sie über Jahre hinweg stabil bleiben würden. Damit sollten die verschiedenartigen Ausgaben der Brauer abgedeckt werden, wie die Auslagen für die Zinsen des Grundkapitals, für die Erhaltung der Baulichkeiten der Brauerei, die Erhaltung und Nachschaffung des Schiffes und Geschirrs (d. h. der eigentlichen Sudanlagen), für das Arbeitspersonal, für Malzbrechen und Pferdelohn, für Vorauslagen auf Beschaffung der teils zum bloßen Gebrauche, teils zur Veredelung erforderlichen Stoffe, als Sud und Dörrholz (letzteres zum Darren des Malzes), Fässer, Pech, Kerzen und die Zinsen des jährlich zum Betriebe des Brauwesens erforderlichen Verlagskapitals. Das Bierregulativ brachte für diese Positionen insgesamt 453/100 bayerische Pfennige in Ansatz. Hinzu kam noch ein sogenannter Malzaufschlag in Höhe von vier Pfennigen je Maß Bier, der die Kosten des Rechnungswesens der Brauereien abdecken sollte, insbesondere das Eintreiben der Außenstände bei den Wirten, was man offensichtlich für schwierig hielt. Somit lag der Satz fester Kosten über Jahrzehnte hinweg bei zehn bayerischen Pfennigen je Maß.

1822 erkannte die Obrigkeit, dass man in der Landeshauptstadt gebrautes Bier auch zugunsten der Stadt München besteuern könne. So kam es zu einem weiteren fixen Posten, dem Lokalmalzaufschlag, den man im Volksmund Bierpfennig nannte. Dieser erwies sich für die Stadtverwaltung als außerordentlich gewinnbringend. In den Jahren nach 1850 brachte er nahezu 80 Prozent der städtischen Einnahmen.

Das Königreich »begnügte« sich mit der Besteuerung der Malzmengen. Die veränderlichen, je nach Ernten und Wirtschaftslage fluktuierenden Preise für Gerste und Hopfen fasste man in den »Combinationsartikeln« zusammen. Gesetzlich war festgelegt, dass ein bayerischer Brauer von einem Scheffel trockenen Malzes sieben Eimer Sommerbier

Der besseren Haltbarkeit wegen setzte man dem »Sommerbier« mehr Malz zu und lagerte es in kühlen Kellergewölben.





Vor Erfindung der Kältemaschine durch Carl von Linde (1871) schickten Münchner Brauereien im Winter Arbeiter zur Gewinnung von Natureis an den Nymphenburger Kanal. Mit großen Sägen wurden die Eisplatten herausgeschnitten.



Mit Hilfe der **Senkspindel** (Aräometer) kann die Dichte von Flüssigkeiten gemessen werden. Sie wird auch als **»Bierwaage«** bezeichnet. Das oben gezeigte Exemplar aus dem 19. Jahrhundert stammt aus den Beständen des Deutschen Museums.

oder acht Eimer Winterbier zu brauen habe. Zur Erläuterung: Der bayerische Scheffel war ein Getreidehohlmaß, das 222,34 Liter fasste. Ein bayerischer Eimer beinhaltete 60 Maß, die Maß zu 1,069 Liter.

Gebraut wurde damals – vor Lindes Erfindung der Eismaschine – nur in der kühleren Jahreszeit zwischen St. Michael, am 29. September, und St. Georg, am 23. April, wobei man annahm, dass in dieser Zeit die Temperatur im Freien so gut wie nie über 13 Grad Réaumur, d. h. 10,4 Grad Celsius, steigen würde. Das Winterbier trank man nach kurzer Lagerung. Zum Sommerbier, das wegen der Hitze haltbarer zu sein hatte, nahm man mehr Malz, lagerte es in tiefen Kellern bis zu den Sommermonaten und schenkte davon erst aus, wenn das Brauen aufhörte. So ging in das Bierregulativ für die fluktu-

ierenden Combinationsartikel der Preis von 225 Scheffel Gerste ein, wobei man festlegte, dass pro Scheffel drei Pfund Hopfen verbraucht würden, mithin insgesamt sechs Zentner und 25 Pfund Hopfen. Aus diesen Mengen sollten 1800 Eimer Winterbier bzw. 1575 Eimer Sommerbier erbraut werden, oder, in Maß ausgedrückt, 108 000 Maß Winterbier bzw. 94 500 Maß Sommerbier. Hinzu kam dann noch ein zuweilen verändertes Schankgeld für die Wirte.

Zwar währte die Obrigkeit, das Bierregulativ sei von kristalliner Klarheit, doch diese Meinung teilte die Bevölkerung nur bedingt. Auch braute man in Bayern noch eine Fülle weiterer Biere, deren Preise entsprechend ihrer Stärke im Vergleich zum Normalbier errechnet werden sollten. Leider gab es keine brauchbare Methode, die Stärke zu bestimmen. Da gab es die sogenannten Fastenbiere – meist recht stark und nach älteren Rezepten gebraut, zum Beispiel Salvator, dann die sogenannten Doppelbiere oder Einböcker, nach dem ursprünglich aus Einbeck bei Braunschweig stammenden Rezept meist Bock genannt. Für stillende Mütter, Ammen und Kranke vertrieb man das alkoholarme, ursprünglich Ammen-, später Nährbier genannte Getränk. So kam es, dass kleine Bayern schon an der Mutterbrust an Alkohol herangeführt wurden. An besonders heißen Tagen trank man gerne Dünn- oder Nachbier sowie missglückte, nicht haltbare oder verschnittene und daher billigere und leichtere Biere, die man Schöps oder Scheps nannte. Deren Preise wurden nicht in Kreuzern, sondern nur in Pfennigen (die weniger wert waren als Kreuzer) berechnet, daher die Bezeichnung Pfennigbiere.

NATURWISSENSCHAFTLICHE PROBLEME DES BIERREGULATIVS. Wie so oft bei staatlichen Reglementierungen des Wirtschaftslebens, zeichnete sich auch das Bierregulativ durch eine beträchtliche Weltfremdheit aus. Betrachtet man es genauer, so bemerkt man erstaunt, dass es einer bestimmten Menge Malz, dessen Qualität nicht näher definiert wird – lediglich trocken sollte es sein –, eine aus diesem Malz gewonnene Menge Bier gegenüberstellt. Beides sind Größen, die nicht zur gleichen Zeit, sondern nur je vor oder nach dem Sud gemessen werden können. Hat man nämlich erst einmal sieben Eimer Sommerbier aus einem Scheffel Malz gebraut, so ist das Malz verschwunden und je nach dem Durst der beteiligten Brauer und ihrer Knechte auch ein Teil des Bieres, folglich ist dann zur »Ausmittlung der tarifmäßigen Zusammenhänge« rein gar nichts vorhanden. Die durstige Bevölkerung, die stets der Meinung war, die bösen Brauer würden betrügen und viel zu viel für ihr »Gwasch« verlangen, murrten trotz des Bierregulativs.

Die Wissenschaft bot zu dieser Zeit außer der **»Bierwaage«** nichts, um den Streit zu schlichten. Schon vor 1811 hatte man sich bemüht, die Bierqualität mit Hilfe der **Senkspindel**, dem Aräometer, zu messen. Dieses Instrument lieferte jedoch bei der Bierprobe keine guten Ergebnisse. Bier ist

eine aus vielen Substanzen zusammengesetzte wässrige Lösung, deren Bestandteile die Senkspindel völlig verschieden beeinflussen. So erniedrigt der Alkohol das spezifische Gewicht eines Gemisches von Alkohol und Wasser. Die Senkspindel sinkt tiefer ein. In einer Lösung von Kohlenhydraten in Wasser ist aber das spezifische Gewicht erhöht. Die Senkspindel schwimmt daher höher. Hat man eine zuckerhaltige alkoholische Lösung – bei alkoholischen Getränken meist der Regelfall –, sagt die Aräometerprobe, so gut sie auch sonst bei nur einer Komponente in der wässrigen Lösung funktioniert, über die jeweiligen Gehalte bei Gemischen aus mehreren Komponenten nichts aus. Nun kann man zur weiteren Verwirrung den Sud eines Bieres so lenken, dass entweder ein sehr kohlenhydratreiches Bier entsteht (Nähr- oder Ammenbier) oder aber ein schlankes Bier mit geringem Kohlenhydratanteil und hohem Alkoholgehalt.

Folgt man dem Bierregulativ, das ja nur die Menge des Malzes mit der daraus gewonnenen Biermenge korreliert, macht dies aber keinen Unterschied. Die »Bierwaage« war daher zur Prüfung der »Tarifmäßigkeit« der Biere völlig ungeeignet. Man konnte allenfalls prüfen, inwieweit verdünnte Biere verbilligt abgegeben werden mussten – dies aber auch nur dann, wenn der Brauer eine Probe des ursprünglichen Bieres aufgehoben hatte, was dieser jedoch vernünftigerweise vermied.

DAS HALLYMETER NACH J. N. FUCHS. Erst ein Vierteljahrhundert nachdem das Bierregulativ Gesetzeskraft erlangt hatte, gelang es 1836 dem kgl.-bayerischen Akademiker, Universitätsprofessor und Oberbergrat Johann Nepomuk Fuchs (1774–1856), eine funktionstüchtige Bierprobe zu entwickeln. Als Bergrat musste sich Fuchs – bedingt durch das bayerische Salinenwesen – mit der physikalischen Chemie des Kochsalzes und seiner wässrigen Lösungen auseinandersetzen und entwickelte dabei die »Hallymetrie«. Der Grundgedanke war bestechend einfach. Je größer die Menge von Substanzen, die eine gegebene Menge Wasser enthält, umso geringer ist die Menge an Kochsalz, die man in dieser Wassermenge zusätzlich bis zur Sättigung lösen kann. Zur Prüfung wird ein Überschuss an gereinigtem und auf eine bestimmte Korngröße gesiebt Salz zu einer gewogenen Menge Bier gegeben.

Das Hallymeter besteht aus einem weiten Rohr, das sich an seinem Unterteil zu einem engen graduieren Messrohr verjüngt. Nun schüttet man eine gewogene Menge Salz in das Bier, das man zuvor leicht geschüttelt hat, um die Kohlensäure zu entfernen. Die nicht gelösten Salzkörner rutschen in das Messrohr und werden »in schicklicher Weise« festgestampft. Anhand von Tabellen, die Fuchs ermittelt hatte, konnte man aus der Menge des nicht verbrauchten Salzes auf die Gesamtstärke des Bieres schließen. Wollte man die Menge des »Extrakts«, d. h. der Kohlenhydrate ohne den Alkohol, bestimmen, so kochte man anschließend eine zweite, etwa gleich große, gewogene Menge Bier bis etwa zur Hälfte ein, wobei der Alkohol in die Luft entwich – und nahm eine zweite hallymetrische Probe, die unmittelbar die Stärke des Bieres ohne Alkohol anzeigt. Das Abtreiben des Alkohols im wässrigen Destillat kann auch in einer Destillationsapparatur erfolgen. Den Gehalt an Alkohol im gewogenen Destillat bestimmt man mit einer Senkspindel.

So schlicht die Hallymetrie dem Chemiker erscheinen mag, so überforderte sie offenbar Trinker und Brauer. Man könnte den Verdacht hegen, dass Letztere es vielleicht gar nicht so genau wissen wollten. Mit ungeschickten Händen und häufig nicht wirklich reinem Kochsalz konnten sich auch leicht Fehler einschleichen.

1844: BIERKRAWALLE AM VORABEND DER REVOLUTION VON 1848/49. Obwohl es nicht gelungen war, die naturwissenschaftliche Begründung des königlich-bayerischen Bierregulativs und die Methoden zur Messung der Stärke des Bieres zu verbessern, war dieses auch in den 40er Jahren des 19. Jahrhunderts immer noch in Gebrauch. Doch die wirtschaftliche Lage verschärfte sich dramatisch. Ständige Missernten und das Aufkommen der Kartoffelfäule ließen die Preise für Grundnahrungsmittel, besonders für Brotgetreide und damit auch für Bier, empfindlich steigen. Die Bevölkerung begann unruhig zu werden. Am 1. Mai 1844 kam es in München zur »Bockbierrevolution«, weil der Preis für Bock plötzlich von neun auf zehn Kreuzer stieg. Die auf-



Reklame für Bockbier, das auch als Starkbier bezeichnet wird. Der Stammwürzegehalt von Bockbier liegt über 16 Grad.

PROF. DR. OTTO KRÄTZ lehrt Chemiegeschichte an der Universität Stuttgart. Er war Hauptabteilungsleiter am Deutschen Museum und ist Verfasser zahlreicher Bücher.

MANFRED SPACHTHOLZ ist langjähriger Mitarbeiter der Exponatverwaltung des Deutschen Museums.



Spätere Form (1853) des Steinheilschen Refraktometers, Original aus den Beständen des Deutschen Museums. Im Rohr befindet sich ein Mikroskop-Okular mit 12-facher Vergrößerung. Das Messprinzip wird auf Seite 41 beschrieben.

Wegen seiner Winzigkeit bezeichnete Steinheil sein »neues Aräometer« zur Messung von **Kapillarattraktionen** als »Instrumentchen«, das eigentlich bloß ein doppelarmiger Heber mit Skala war, mit dem Flüssigkeit angesaugt werden konnte. Das Mundstück hatte ein Kugelventil, welches durch eine Feder geschlossen wurde. Am Mundstück befanden sich zwei Barometerröhrchen. Das eine Röhrchen tauchte in einen mit reinem Wasser gefüllten Napf, das andere in einen mit dem zu prüfenden Bier gefüllten Näpfchen. Man saugte die beiden Flüssigkeiten ein wenig hoch und maß die Differenz der Flüssigkeitssäulen. Winzigkeit und Zerbrechlichkeit waren die einzigen Nachteile des Instruments.

gebrachte Bevölkerung zerstörte die – allerdings recht bescheidene – Einrichtung des Bockbierkellers am Platzl. Auch in anderen Stadtvierteln kam es zum Aufruhr, der von Polizei, Landwehr und Kürassieren recht halbherzig bekämpft wurde. Im Maderbräu weigerten sich die Soldaten, ihr Bier zu bezahlen. Ein Zeitgenosse berichtete: »Es verging keine Viertelstunde, so waren im genannten Bräuhaus alle Fenster zer schlagen, Türen und Türstöcke aus den Mauern gerissen und eine allgemeine Zerstörung in den Gaststätten angerichtet.« Der Aufruhr breitete sich aus und schließlich wurden 32 weitere Brauereien »praktisch komplett zerstört«. Da es den Ordnungskräften nicht gelang, den Aufstand niederzuschlagen, wurde die Preiserhöhung zurückgenommen. Nur zwei Brauereien und deren Gaststätten waren vom Volkszorn verschont geblieben. Sie hatten sich an der Preiserhöhung nicht beteiligt. König Ludwig I. ergriff »beruhigende« Maßnahmen. Fortan

ließ er jedes Jahr Anfang Mai seine Armee in Alarmbereitschaft versetzen. Obwohl der Sold der Soldaten parallel zum Bierpreis fluktuierte, war das Zutrauen seiner Majestät zu den Soldaten offenbar nicht besonders groß. Im Oktober 1844 verfügte er in Erwartung weiterer Unruhen eine Erniedrigung des Bierpreises auf fünf Kreuzer im Kgl. Hofbräuhaus.

DER SIEG DER WISSENSCHAFT. Eine wirklich brauchbare und bis heute verwendete Bierprobe entwickelte schließlich, getrieben von politischen Ereignissen in der Epoche des Vormärz, Carl August von Steinheil (1801–1870) mit seinem noch heute verwendeten **Refraktometer**. Die Dankbarkeit der Brauer und Trinker erntete er damit allerdings nicht.

In den Jahren 1832 bis 1849 lehrte Steinheil als Professor für Physik und Mathematik an der Universität München. Er gilt als einer der bedeutendsten Instrumentenbauer seiner Epoche. So konstruierte er 1835 eine völlig neue »Bierwaage«, die auf verschiedenen hohen Steighöhen von Flüssigkeiten dank der **Kapillarattraktionen** von Wasser, Alkohol bzw. Bier in dünnen Glasröhrchen beruhte. Doch erwies sich dieses winzige, zerbrechliche »Instrumentchen« als viel zu zart für die eher groben Hände bayerischer Brauer. Im Tabakrauch und Bierdunst bayerischer Bier schwemmen war wohl die Theorie der Kapillarattraktion nicht recht vermittelbar.

Steinheil entwickelte auch sonst eine Vielzahl von Instrumenten, die er in seiner eigenen Werkstatt herstellte und vertrieb. So baute er die ersten Spektralapparate für Bunsen und Kirchhoff. Zusammen mit Liebig entwickelte er die ersten Fotoapparate mit Kunststoffsinsen. Der Firma Steinheil war ein langes Leben beschieden. Noch in jüngerer Zeit lieferte sie optische Zielgeräte und Entfernungsmesser für Panzer der Bundeswehr. Zur Zeit Steinheils war es äußerst schwierig, im Handel Glas definierter Brechkraft zu erwerben. Daher war er gezwungen, es selbst herzustellen.

Glas ist eigentlich keine feste Substanz, sondern eine durch Abkühlung erstarrte Schmelze, d. h. gewissermaßen eine feste Flüssigkeit oder Lösung, deren Brechkraft durch zugesetzte anorganische Verbindungen in einem ziemlich weiten Rahmen beeinflusst werden kann. Daher war es Steinheil gewohnt, beim Bau seiner berühmten optischen Instrumente die Brechkraft der eingesetzten Glassorten zu messen. So muss es für ihn naheliegend gewesen sein, seine Studien zur Messung der Brechungsindices auch auf wässrige Lösungen und somit auf Bier auszudehnen. Dies liest sich nicht besonders dramatisch, doch Steinheil wurde schon 1843 bewusst, dass er damit erstmals die chemische Analytik durch eine völlig neue, bis dahin unbekannte, rein physikalische Methode erweitert hatte. 1847 veröffentlichte Steinheil eine lange Abhandlung *Gehaltsprobe für Biere, durch welche Vollzug der in Bayern gültigen Biergesetze möglich wird. Abgeleitet aus Beobachtungen in dem Kgl. Hofbräuhaus zu München bei Erzeugung untergäriger Gerstenbiere*. In dieser führte Steinheil aus, dass zur Bestimmung der zunächst unbekannten Mengen der beiden Hauptkomponenten des Bieres – Kohlenhydrat und Alkohol – zwei verschiedene physikalische

Messungen erforderlich seien, entsprechend der mathematischen Tatsache, dass zur Lösung eines Problems mit zwei Unbekannten zwei Gleichungen erforderlich sind.

Wie bei den früheren Bierproben auch, ermittelte er als Erstes die Dichte des Bieres mit einem Aräometer. Liest man diese Publikation Steinheils, so wird man den Verdacht nicht los, dass er mit seiner gedrehten Gelehrtensprache, die gespickt mit komplizierten mathematischen Ableitungen und Berechnungen war, eher die akademischen Gegner überzeugen wollte, weniger die 42 Münchner Brauereien. Tatsächlich lehnten die Brauer Steinheils Bierprobe wütend und mit bissiger Hartnäckigkeit ab. Greift man nochmals zur Abhandlung von 1847, so springt einem der Grund überdeutlich ins Auge. Steinheil hatte alle 42 Winterbiere Münchens analysiert und je nach Malzgehalt in fünf Klassen eingeteilt. Das Ergebnis war vernichtend. Steinheils Analysetabellen belegten eindeutig, dass dem vielgerühmten Bierregulativ in Wahrheit keine wie auch immer geartete Bedeutung zukam. Das mit Abstand dünnste Bier verkaufte die Brauerei Utzschneider mit nur 10,78 Prozent Malzgehalt. Wohingegen der Unterkändlerbrau auf stolze 15 Gewichtsprozent kam – fast 50 Prozent mehr. Nach der Theorie des Regulativs hätten aber die Werte aller Brauereien gleich sein müssen. 1865 schaffte man das Bierregulativ ab.

WAS BLIEB. Zwar gelang es den Brauern, die amtliche Einführung der optischen Bierprobe zu vereiteln. Dafür entwickelte sich Steinheils Gerät unter der Bezeichnung »Refraktometer« zu einem äußerst wichtigen, bis heute gebrauchten analytischen Instrument. Die »Refraktometrie« dient zur Erkennung und Reinheitsprüfung vieler durchsichtiger Substanzen, z. B. in der Chemie und gleichermaßen in der Erdöltechnik für die der Fette und Öle, zur Echtheitsprüfung von transparenten Edelsteinen wie Diamanten oder zur Bestimmung des Zuckergehalts jungen Mostes.

Doch auch durch konsequenten Gebrauch der schlichten alten Senkspindel ließen sich erstaunliche Erfolge erzielen. Der Besitzer der Spatenbrauerei, Gabriel Sedlmayr der Ältere (1772–1819), versuchte den Brauvorgang durch regelmäßigen Einsatz von Thermometer und Senkspindel in allen Braustufen rational zu gestalten. Zur Erleichterung des innerbetrieblichen Transports von Malz, Würze und Bier installierte er bereits 1821(!) die erste Dampfmaschine in einer Münchner Brauerei. 1834 trat sein Sohn Gabriel Sedlmayr jun. in den väterlichen Betrieb ein. Ihm war es vergönnt, den einzigartig weltweiten Ruf des Münchner Bieres zu begründen, wobei er vor dubiosen Methoden nicht zurückschreckte. Zusammen mit zwei Freunden besuchte er britische Brauer. Obwohl diese äußerst misstrauisch waren, hatten sie Sedlmayrs Raffinement sträflich unterschätzt. Wenn man ihm nicht gerade zusah, stocherte er mit seinem hohlen Spazierstock, dessen untere Spitze mit einem Ventil versehen war – in Wirklichkeit handelte es sich um einen getarnten Heber –, in fremden Würzen und Bieren herum, um die so gestohlenen Flüssigkeiten später im Hotel mit der Senkspindel zu untersuchen. Ohne Übertreibung lässt sich sagen, dass Sedlmayr jun. von allen Münchner Brauern nicht nur der gerissenste, sondern der weitaus größte war, übrigens auch körperlich. Schlank und hoch gebaut, überragte er die meisten seiner Zeitgenossen um mindestens eine Kopfgröße. Er pflegte seine Figur durch engsttaillierte Mäntel und riesige, extrem hohe Zylinderhüte zusätzlich zu betonen. Die absolute Krönung seines Lebens war die grandiose Idee, dem erst 28-jährigen Carl Linde (1842–1934), Physikprofessor an der Universität München, nur aufgrund zweier theoretischer und relativ kurzer physikalischer Publikationen, ohne jegliche praktische Vorarbeiten und ohne Erprobung durch den Verfasser, 1870 den Auftrag zu erteilen, für Brauereien eine Kältemaschine zu bauen. Sedlmayr sicherte Linde die Übernahme der Entwicklungskosten zu und überließ ihm Räumlichkeiten im Spatenbräu. Bald darauf ließ Linde seine erste Eismaschine in der Maschinenfabrik Augsburg bauen. Als Kühlmittel setzte Linde Dimethylether ein. Doch eines Nachts explodierte die Kompressionspumpe. Daraufhin ging Linde zu Ammoniak als Kühlmittel über. Von nun an waren die Brauer vom Natur-eis völlig unabhängig. Die konstante Kühle in Gär- und Lagerkellern verhinderte weitestgehend missglückte Sude. Das Einbringen von Stangeneis in Güterwägen gestattete die Versendung von Bier über weite Strecken. Gabriel Sedlmayrs Spatenbräu war es vergönnt, auf der Pariser Weltausstellung von 1867 die erste Goldmedaille für ein Münchner Bier zu erobern. ■

So kompliziert Steinheils **Refraktometer** aus dem Jahr 1853 auch aussieht (siehe Abb. Seite 40), so einfach ist seine Handhabung. Man blickt durch ein Mikroskop mit zwölfacher Vergrößerung auf ein Fadenkreuz aus Spinnwebfäden – durch dieses hindurch in einen mit destilliertem Wasser gefüllten Referenzraum. Dann schaut man durch ein schräg stehendes Fenster (30 Grad) in den mit dem zu prüfenden Bier gefüllten Proberaum. Durch eine Ausgangspforte blickt man auf das zweite Fadenkreuz. Das Bier bewirkt eine Lichtbrechung. Um beide Fadenkreuze zur Deckung zu bringen, verstellt man das Fenster zwischen Referenz- und Probenraum mit einer Stellschraube. An deren Teilung lässt sich der Brechungswinkel der Bierprobe unmittelbar ablesen. Aus Eintauchtiefe der Senkspindel und Brechungswinkel des Lichts bestimmt man nach einer Tabelle die Konzentrationen von Alkohol und Wasser.



Gabriel Sedlmayr jun. (Mitte) in einem englischen Regenmantel auf seiner »Bierspionage-Reise« durch England.

Kekulé's Traum

Eine Sonderausstellung im Deutschen Museum in Bonn

Von Ralph Burmester und Jörg Bradenahl



Kekulé-Denkmal vor
dem Alten Chemischen
Institut an der Mecken-
heimer Allee in Bonn.

August Kekulé gehört in Bonn zum wenig beachteten Inventar. Still steht sein Denkmal seit 1903 vor »seinem« Institut in der Meckenheimer Allee. Dort – im damals größten chemischen Institut der Welt – lehrte und forschte Kekulé von 1867 bis zu seinem Tod 1896. Werden Passanten vor dem Denkmal nach seinem Namen gefragt, machen sie meist ratlose Gesichter. Chemiker gehören nicht unbedingt zur populärsten Berufsgruppe. Allenfalls die Namen einiger seiner Zeitgenossen sind durch den Chemieunterricht noch geläufig, wie Erlenmeyer(-Kolben) oder Bunsen (-Brenner). Zu Unrecht hat der Name Kekulé keinen großen Bekanntheitsgrad: Er war einer der originellsten und einflussreichsten Chemiker des 19. Jahrhunderts.

August Kekulé war ein zielstrebig, ehrgeiziger Wissenschaftler und lernte während seiner Auslandsaufenthalte bei den führenden Köpfen seiner Zeit. Er war ordentlicher Professor mit nur 29 Jahren, ein leidenschaftlicher und intensiver »Netzwerker«, mehrsprachig, gutaussehend und geistreich. Mit diesem Profil macht man auch heute noch Karriere.

Mit der Entschlüsselung der chemischen Struktur der organischen Verbindung Benzol gelang Kekulé 1865 ein entscheidender wissenschaftlicher Durchbruch. Seine Entdeckung revolutionierte die Chemie und eröffnete völlig neue Möglichkeiten. In den folgenden Jahrzehnten wurde die Welt bunter, denn Kekulé's theoretische Vorarbeit ermöglichte die massenhafte und preiswerte Herstellung synthetischer Farbstoffe. 1890 verblüffte Kekulé seine Zeitgenossen mit einer kuriosen und für die Vertreter der exakten Wissenschaften eher ungewöhnlichen Geschichte: Die Ringform des Benzols sei ihm im Traum erschienen.

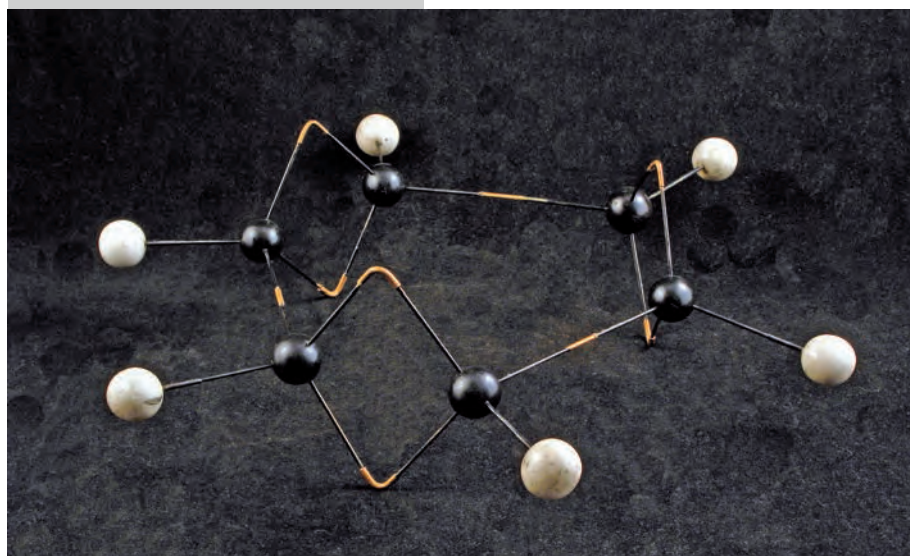
MEHR ALS EIN TRÄUMER. Geboren wurde August Kekulé am 7. September 1829 in Darmstadt, der Hauptstadt des damaligen Großherzogtums Hessen. Er wuchs in einer wohlhabenden Familie auf, die ihm eine gymnasiale Schulbildung ermöglichte. Nach dem Abitur begann er zum Wintersemester 1847/1848 ein Studium der Architektur an der Landesuniversität in Gießen. Doch der Besuch einer Vorlesung des Chemikers Justus



»Kekulé's Traum –
Von der Benzolformel zum
Bonner Chemiepalast«
Deutsches Museum Bonn
im Wissenschaftszentrum

Ahrstraße 45
D-53175 Bonn
Öffnungszeiten Di-So 10-18 Uhr
www.deutsches-museum.de/bonn

Kekulé's dreidimensionales Modell
des Benzolmoleküls von 1867.



Liebig erweckte in ihm den Wunsch, fortan Chemie zu studieren. Im Sommersemester 1849 wechselte er endgültig das Studienfach. 1851 ergab sich für Kekulé die Möglichkeit, seinen Horizont deutlich zu erweitern. Sein Stiefbruder Karl, der in London erfolgreich als Getreidegroßhändler lebte, ermöglichte ihm einen Auslandsaufenthalt. Auf Liebigs Anraten hin begab sich Kekulé im Juni 1851 auf die Reise nach Paris. Ein Empfehlungsschreiben Liebigs eröffnete ihm den Zugang zu den interessantesten Chemikern der Stadt. Vor allem der intensive Gedankenaustausch mit Charles Gerhardt sollte seine wissenschaftliche Ausrichtung maßgeblich beeinflussen.

Als jedoch im Jahr darauf seine Mutter starb, kehrte Kekulé nach Gießen zurück. Er promovierte kurz darauf bei Liebig. Aber statt eine Assistentenstelle an einer Universität anzunehmen, entschied sich Kekulé für eine Anstellung bei einem Schweizer Privatgelehrten. Er habe die Abgeschiedenheit der Graubündner Alpen gebraucht, um die Eindrücke seines Aufenthalts bei Gerhardt zu verarbeiten, erklärte er später.

Im Frühjahr 1853 strebte Kekulé zurück in den Wissenschaftsbetrieb. Sein alter Lehrer und Förderer Liebig verschaffte ihm eine Stelle bei John Stenhouse in London. Die Arbeit dort war zwar langweilig, aber ähnlich wie in Paris machte Kekulé auch hier rasch die Bekanntschaft mit einigen der kreativsten Chemikern seiner Zeit: Alexander Williamson und William Odling. Im Herbst 1855 verließ Kekulé London und ging nach Heidelberg,

um bei Robert Bunsen zu habilitieren. Dort schloss er Freundschaft mit Emil Erlenmeyer. Als Broterwerb unterhielt er mit ihm ein kleines Labor mit Vorlesungsbetrieb. Nach einigen ökonomisch schwierigen Jahren als Privatdozent erhielt Kekulé 1858 endlich den ersehnten Ruf auf einen ordentlichen Lehrstuhl im belgischen Gent. Vorher setzte er aber ein deutliches wissenschaftliches Ausrufezeichen: Mit seinem Artikel zur Vierwertigkeit des Kohlenstoffs legte er die Grundlage für seine späteren Erkenntnisse.

Die Zeit in der ostflandrischen Metropole Gent war die fruchtbarste Phase in Kekulés wissenschaftlichem Leben. Privat wurde er jedoch von einem harten Schicksalsschlag getroffen. Seine Frau Stephanie starb im Mai 1863 nach der Geburt ihres gemeinsamen Sohnes Stephan, kein Jahr nach ihrer Hochzeit. Kekulé ließ seine Arbeit viele Monate liegen, um sich um seinen Sohn zu kümmern. Anfang 1865 publizierte Kekulé dann seine wohl einflussreichste Arbeit: *Über die Konstitution und Untersuchung aromatischer Substanzen*. Er beschreibt darin erstmals öffentlich die Ringstruktur des Benzolmoleküls.

Diese neue Erkenntnis gilt als ein Meilenstein der Chemiegeschichte und eröffnete sowohl der wissenschaftlichen Forschung als auch der chemischen Industrie ganz neue Möglichkeiten. Das galt auch für Kekulé selbst. Als Habilitand hatte er die Universität Bonn noch verschmäht. Nun war dort der Lehrstuhl für Chemie überraschend frei geworden, weil der an sich vorgesehene Kandidat August Wilhelm Hoffmann nach Berlin wechselte. Nach einer für ihn quälend langen Hängepartie erhielt Kekulé schließlich im Juni 1867 die erlösende Zusage für die Leitung des neu gebauten und damals größten chemischen Instituts der Welt. Kekulés Ruf führte zu einem wahren Studentenansturm und schon 1873 erfolgte ein dringend erforderlicher Ausbau.

Trotz eines florierenden Institutsbetriebs hatte Kekulé in Bonn deutlich mehr Muße, sich der weiteren Ausarbeitung seiner Theorien zu widmen, als noch in Gent. In der akademischen Welt musste er schließlich nichts mehr beweisen. Mehr und mehr fiel ihm die Rolle des verehrten Meisters zu, wie die mit



Selbst- und modebewusst: August Kekulé als junger Professor in Gent um 1859.

Zum Nachlesen

Ralph Burmester, Andrea Niehaus (Hg.), *Kekulés Traum – Von der Benzolformel zum Bonner Chemiepalast*. Begleitpublikation zur gleichnamigen Sonderausstellung, Bonn 2011. Erhältlich für 9,50 Euro im Shop des Deutschen Museums Bonn: www.deutsches-museum-shop.com

seinem 60. Geburtstag einsetzende Welle von Ehrungen zeigt. Das 25. Jubiläum der Veröffentlichung der Benzolformel nahm 1890 die Deutsche Chemische Gesellschaft zum Anlass, Kekulé am 11. März 1890 mit einem Festakt im Berliner Rathaus zu ehren. Bei dieser Gelegenheit setzte Kekulé dann die berühmte Traumgeschichte in die Welt: »Ich drehte den Stuhl nach dem Kamin und versank in Halbschlaf. Wieder gaukelten die Atome vor meinen Augen. [...] Lange Reihen, vielfach dichter zusammengefügt; alles in Bewegung, schlangenartig sich windend und drehend. Und siehe, was war das? Eine der Schlangen erfasste den eigenen Schwanz und höhnisch wirbelte das Gebilde vor meinen Augen. Wie durch einen Blitzstrahl erwachte ich; auch diesmal verbrachte ich den Rest der Nacht, um die Konsequenzen der Hypothese auszuarbeiten.«

Neben Kekulés Zeitgenossen haben sich Generationen von Wissenschaftshistorikern mit diesem Traum beschäftigt. Die Deutung fiel dabei sehr unterschiedlich aus. Wollte er sich durch die Schilderung seiner »Vision« selbst ein Denkmal setzen, sich vielleicht sogar über sein Publikum lustig machen, oder schilderte er gar die für ihn gültige Wahrheit?

Schon seit Mitte der 1870er Jahre hatte Kekulé immer stärker unter seinem fragilen Gesundheitszustand zu leiden. In immer kürzeren Abständen benötigte er Erholungspausen, die seine Arbeit zusehends einschränkten und in den letzten Jahren nahezu zum Erliegen brachten. August Kekulé starb am 13. Juli 1896 im Alter von 67 Jahren in Bonn und wurde auf dem Poppelsdorfer Friedhof beigesetzt.

DIE AUSSTELLUNG. Kekulés Traum hat auch das Team des Deutschen Museums Bonn fasziniert. Passend zum »Internationalen Jahr der Chemie« präsentiert es in einer Sonderausstellung dieses spannende Kapitel der Wissenschaftsgeschichte mit starkem lokalen Bezug. Auch eine facettenreiche Begleitpublikation ist entstanden. Mit der Wissenschaftsregion Bonn, der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn und der Fachgruppe Chemie fanden sich rasch engagierte Partner und Förderer. Die Unterstützung der Siegwirk Druckfarben AG & Co.

KGaA ermöglichte zudem ein umfangreiches museumspädagogisches Begleitprogramm.

Die selbst gestellte Aufgabe der Sonderausstellung ist es, Kekulé's Leben und sein wissenschaftliches Werk in einer auch für naturwissenschaftliche Laien ansprechenden Form erlebbar zu machen. Sie stellt den Chemiker und Menschen im Kontext seiner Zeit vor und schöpft dabei aus dem umfangreichen Nachlass Kekulé's, der im Archiv des Deutschen Museums in München bewahrt wird. Zahlreiche Originalexponate, wie historische Atommodelle aus Gent und London oder Liebig's Apparatur zur Elementaranalyse, werden erstmals an einem Ort gezeigt.

Der Besucher wird eingeladen, in einem erlebnisorientierten Entdeckungsprozess die multiperspektivischen Ausstellungsmodule zu einem organischen Ganzen zusammenzufügen – sowohl mit dem Kopf als auch mit den Händen.

Eine »Biografische Wand« bereitet auf sechs Metern wesentliche Stationen aus Kekulé's Leben dramaturgisch auf. Eine Komposition aus Zitaten Kekulé's, seiner Korrespondenz und Beschreibungen von Weggefährten – die hier in Wort und Bild vorgestellt werden – erzeugt im Wechsel mit eigens für die Ausstellung angefertigten Illustrationen ein atmosphärisches Zeitporträt. Setzt der Besucher nun Texte, Illustrationen und Bilder zusammen, entsteht jeweils ein ganz eigenes, stets lebendiges Bild von August Kekulé.

Das didaktische Herz der Ausstellung ist der interaktive Benzoltisch. Der dem Benzolring nachempfundene, sechseckige Tisch wird durch den Austausch von außen angesteckter Holztafeln bespielt. Diese Tafeln symbolisieren Wasserstoffatome oder andere Substituenten. Je nachdem, welche Moleküle oder Atome gesteckt werden, wird das Ergebnis als Computeranimation auf dem mittig angebrachten Monitor angezeigt.

So wird das alte Prinzip des chemischen Baukastens, das schon für die Chemiker des 19. Jahrhunderts zum Verständnis des Aufbaus der organischen Stoffe und ihrer Reaktionsmuster hilfreich war, zeitgemäß variiert. Indem die Besucher am Benzoltisch mit den Möglichkeiten der chemischen Substitution »forschend spielen«, erschließen sich ihnen



Ein Blick in die Sonderausstellung. Im Zentrum lädt der interaktive Benzoltisch zu eigenen Versuchen ein.

intuitiv chemische Grundlagen und Zusammenhänge.

Die Begleitpublikation wählt einen anderen, aber komplementären Zugang zum Thema. Da es gelang, engagierte und fachkundige Autorinnen und Autoren zu gewinnen, ist sie weit mehr als die Dokumentation eines kurzlebigen Ausstellungsprojekts. Auf nahezu 200 Seiten mit fast ebenso vielen Bildern findet der Leser thematische Vertiefungen und intellektuelle Anregungen, eingebettet in eine farbenfrohe, ansprechende Ästhetik.

Ausgehend von Kekulé's Biografie wird das zentrale Ausstellungsthema, die Benzoltheorie und deren Bedeutung für die chemische Forschung und Industrie, genauso thematisiert, wie erkenntnistheoretische und wissenschaftssoziologische Fragen zu den Themen »Chemische Modelle« und »Fortschritt und Umwelt«. Auch die Entstehung der Ausstellung von der Konzeption bis zur Realisierung der interaktiven Ausstellungsmodelle wird erläutert. Ein kulturhistorischer Spaziergang auf Kekulé's Spuren durch den Bonner Stadtteil Poppelsdorf rundet das Ensemble ab.

Und in Zukunft werden hoffentlich die, die in Bonn auf der Meckenheimer Allee wandeln und die »Alte Chemie« vor sich haben, den Herrn auf dem Denkmal besser kennen und wissend auf seine einstige Wirkungsstätte schauen. ■

RALPH BURMESTER, M.A.,

Historiker, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Museum Bonn.

JÖRG BRADENAH, Dipl.-Biologe,

ist freier wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Museum Bonn.

Der Anpacker

Max Burger und der Wiederaufbau des Deutschen Museums ab 1947.



Max Burger zu Besuch bei Generaldirektor Wolfgang M. Heckl.

Das Haus birgt unzählige Schleichwege, Hintertreppen, versteckte Türen. Max Burger kennt sie alle. Forschen Schrittes eilt er voraus, treppauf, treppab. Schließlich stehen wir in der Abteilung Hüttenwesen. Max Burger hat sie nach dem Krieg 1947 mit aufgebaut. Die Sensenschmiede zum Beispiel, die heute allerdings hinter Brettern verborgen ist. »Die wird wahrscheinlich renoviert«, bedauert Burger, »momentan wird hier ja alles umgebaut.« Aber immerhin, die imposante Hand der Bavaria steht noch da. »Ferdinand von Miller, Oskar von Millers Vater, hat für das Museum einen zweiten Guss der Hand der Bavaria angefertigt«, erinnert sich Burger.

Nach dem Abschluss seines Maschinenbaustudiums 1947 hatte sich der junge Ingenieur bei Karl Bäßler, dem damaligen Direktor des Deutschen Museums, vorgestellt und wurde sofort eingestellt. Es galt, eine Ausstellungseröffnung vorzubereiten: »50 Jahre Dieselmotor«, da konnte Bäßler einen jungen, motivierten Ingenieur gut brauchen. Die Arbeitsbedingungen ließen allerdings durchaus zu wünschen übrig. Das Haus war ein einziger Scherbenhaufen. Es gab weder Fenster



noch eine Heizung, im Winter war der Fußboden vereist. »Ich war tagelang damit beschäftigt, Schlösser wieder herzurichten, so dass man wenigstens die Schränke wieder öffnen konnte.« Die Mitarbeiter waren in den wenigen noch brauchbaren Büros des Bibliotheksbaus untergebracht. Doch trotz dieser widrigen Umstände wurde die Ausstellung noch im gleichen Jahr eröffnet.

Sein wissenschaftliches Gesellenstück lieferte Burger wenig später ab. Direktor Bäßler wollte für die Südostfassade des kleinen Museumsturms eine Sonnenuhr. Hermann Kaspar, der wegen seiner Nazivergangenheit

Max Burger vor einer Rettungsbombe, mit der verunglückte Bergleute geborgen wurden.

umstrittene Präsident der Münchner Kunstakademie, lieferte den Entwurf, die astronomischen Daten kamen von Museumskurator Franz Fuchs und Burger sollte die Uhr konstruieren. »Das war meine erste wissenschaftliche Arbeit. Als Maschinenbauingenieur hatte ich keine Ahnung von der Astronomie oder von Sonnenuhren, also musste ich mich mit diesem Thema von Grund auf befassen. Und so ging das dann immer weiter.« Als Nächstes musste die Abteilung Physik wieder aufgebaut

werden, gefolgt vom Bergbau – immerhin ein Bereich, in dem Burger als Student schon seine Erfahrungen gesammelt hatte. Während des Studiums war er einem Grubenschlosser in einem Penzberger Bergwerk zugeteilt worden. Auch dort galt es, vom Krieg zerstörte Gerätschaften wieder in Gang zu setzen. »Da sind wir praktisch jeden Tag in die Grube eingefahren, drinnen gab es Werkstätten, in denen wir gearbeitet haben.«

Als das Bergwerk fertig war, wurden die Räume für Metallgewinnung, eine Vorführgießerei sowie die Metallbearbeitung eingerichtet. 1955 weihte Bundespräsident Theodor Heuss das ganze Ensemble ein – »ein Meilenstein in der Nachkriegsgeschichte des Museums«, sagt Max Burger.

Anschließend kam die Schifffahrt an die Reihe. »Davon hatte ich keine Ahnung«, gibt Burger unumwunden zu. Aber immerhin, der Kurator Fritz Vollmar kam von der Marine und bald konnte Burger nicht nur einen Kutter von einer Schaluppe unterscheiden, er war auch mit von der Partie, als eines der zentralen Ausstellungsstücke der Schifffahrtsabteilung erworben wurde: der Ewer »Maria«.

Während der Wiedererrichtung der Schifffahrtshalle war zwischen Erdgeschoss und Untergeschoss eine Fläche ausgespart worden, in der ein hochseefestes Schiff untergebracht werden sollte. Ein Fischereifahrzeug würde in die Lücke passen – man beschloss daher, an die Nord- und Ostseeküste zu reisen, um nach einem entsprechenden Schiff zu suchen. »Ein Dienstfahrzeug gab es nicht, also fuhren Fritz Vollmar und ich in meinem VW los. Wenigstens zehn Kutter haben wir fotografiert, vermessen und über Preise verhandelt, als wir erfuhren, dass für ein Museum eigentlich nur ein Ewer infrage käme.« Ein Schiffstyp, der über 1000 Jahre lang genutzt und später vom Kutter verdrängt wurde.

Das Glück erschien den beiden Suchenden in Person eines Hafenmeisters, der sich an einen versunkenen Ewer in einem Nebenfluss der Elbe erinnerte. »Wir fanden das Wrack, kauften es für etwa 5000 Mark, ließen es bergen und organisierten den Transport.« Mit Blasmusik soll der Ewer über die Elbe gezogen worden sein – sehr zum Ärger vieler Anwohner, die ihren Museen vor Ort gram waren,

dass »ihr« norddeutscher Ewer nun nach München verschleppt wurde.

1958 konnte das Schiff den Museumsbesuchern präsentiert werden. Max Burger erhielt den Silbernen Ehrenring des Hauses – und eine neue Aufgabe: Eine Abteilung Schreib- und Drucktechnik sollte aufgebaut werden. Als Fachberater wurde Direktor Scholl von der Münchner Franzis Druck hinzugezogen. Max Burger – vom Maschinenbauingenieur längst zum Vollblutmuseumsmacher geworden – wünschte sich eine Abteilung, in der Druckmaschinen nicht nur als Objekte herumstehen. »Ich wollte, dass diese Abteilung lebendig ist und die Menschen sehen, wie Druckwerke entstehen.« Die Museumsleitung ließ sich überzeugen und stellte zwei Setzer und einen Drucker ein. Nach der Eröffnung 1965 wurden in der neuen Abteilung Drucke fürs Haus oder für wissenschaftliche Institute hergestellt. Auch Rudolf von Miller ließ hier eine vergriffene Biografie seines Großvaters setzen und drucken.

Burger ist keiner, der sich vor Herausforderungen drückt. Wo Arbeit ansteht, packt er mit an. 1970 übernahm er zusätzlich die Schifffahrtsabteilung von Fritz Vollmar, der in Pension ging. 1978 beauftragte man ihn mit der Planung und Einrichtung der Abteilung Erdöl und Erdgas. Die wachsende Fülle an Aufgaben mag ehrenvoll erscheinen, Burger sieht sie heute eher kritisch: »Auf einmal hatte ich statt zwei Abteilungen sechs, um die ich mich kümmern musste. Da kann man auf keinem Gebiet mehr etwas Besonderes leisten. Das ist der Nachteil.« Ein wenig Bitterkeit schwingt mit, wenn Burger über seine Nachfolger spricht, die nur noch einzelne Abteilungen zu betreuen haben und ergänzend auch noch an ihrer wissenschaftlichen Reputation arbeiten können. Daran war zu seiner Zeit gar nicht zu denken.

Und danach? Was macht einer wie er, wenn es plötzlich vorbei ist mit der vielen Arbeit? Wenn die Pensionierung ansteht? »Ich war froh, dass ich meine Ruhe hatte«, sagt der heute Neunzigjährige und lächelt dabei. »Wir haben uns ein Haus im Münchner Norden gekauft. Meine Frau verstand viel von Blumen, ich hatte keine Ahnung davon – so haben wir uns wunderbar ergänzt. Ich musste



Imposanter Bronzeguss: Die Kopie der Hand der Bavaria hat Ferdinand von Miller für das Deutsche Museum angefertigt.

die groben Arbeiten machen: Umgraben oder Rasen mähen, alles andere hat meine Frau gemacht. Da war ich durchaus beschäftigt.«

Der drahtige alte Herr kokettiert ein wenig. In Wirklichkeit ist Max Burger nämlich ein feinsinniger, musikalischer Mensch. Zither spielt er und Harfe, Letztere allerdings immer seltener. »Da bin ich sehr unzufrieden, weil das nimmer so funktioniert. Ich versuch's natürlich.« Und dann war da ja auch noch viele Jahre lang die Sportgemeinschaft des Museums. »Fußball und Hockey. Das habe ich noch gemacht bis vor ungefähr vier Jahren. Da habe ich gemerkt, das das keinen Sinn mehr hat. Am Schluss konnte ich nur noch Torwart sein, und auch das ist mir schließlich zu viel geworden.« Und jetzt? »Bin ich nur mehr für meinen Garten da.«

Sabrina Landes

*Basierend auf schriftlichen und mündlichen
Erinnerungen von Max Burger.*

Siehe auch:

Max Burger, Portugiesische Boote im deutschen Museum, *Kultur & Technik* 2/1982, S. 86 ff.



Ein modernes Weltwunder

Pipelines: Meisterwerke der Ingenieurskunst

Pipelines sind die Lebensadern unserer Zivilisation.
Sie transportieren zuverlässig Flüssigkeiten und Gase
und verbinden die Kontinente.

Von Max Bräutigam

In der Abteilung Erdöl/Erdgas des Deutschen Museums findet sich ein Exponat von besonderer Schlichtheit: ein modernes Weltwunder, finde ich. Es handelt sich dabei um das Stück einer Pipeline. Sie werden sich sicherlich fragen, wie ich darauf komme. Nun, im British Museum in London beispielsweise liegen einige behauene, riesige rechteckige Steinblöcke. 5000 Jahre alte Bausteine der Cheops-Pyramide, die respektvoll bestaunt werden: Man sieht mehr, wenn man mehr weiß.

Zurück zum Objekt der Neuzeit. Einfacher geht es nicht – ein Stück Eisenblech zu einen Zylinder gerundet, der Länge nach verschweißt und außen beschichtet. Das Stück in der Ausstellung des Deutschen Museums stammt von der Trans-Alpin-Ölleitung (TAL), die über die Alpen von Triest/Friaul aus nach Oberbayern führt. Die Pipeline hat einen Durchmesser von einem Meter, eine Wanddicke von zehn Millimetern und überwindet auf einer Länge von etwa 450 Kilometern die Höhendifferenz von 1500 Metern. Sie versorgt die Chemiestandorte Ingolstadt und Burghausen mit Rohöl. Ein Bauwerk aus etwa hunderttausend Tonnen Stahl. Noch größere und längere Pipelines liegen in Sibirien, Alaska, Arabien oder Nordafrika. Und zahlreiche »kleine« Pipelines führen zu den Großverbrauchern, in die Städte und Wirtschaftsregionen.

Rohre für Öl oder Gas sind aus hochfestem Kohlenstoffstahl, meist aus Blech, Längsnaht geschweißt oder, bei kleineren Rohrdurchmessern bis etwa 600 Millimeter, vom Band schraubenlinienförmig geschweißt. Für die Pipelines dieser Welt werden etliche Millionen Tonnen Stahl benötigt. Festigkeit und Wanddicke sind wichtige Größen bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Qualität der verwendeten Rohre.

Um die Vorstellungskraft des geeigneten Lesers nicht über das Maß zu strapazieren, sei das Prinzip an einem kleinen Pipelineprojekt vorgestellt: Mitte der 70er Jahre östlich von Augsburg. Die Leitung hatte nur einen halben Meter Durchmesser und war »nur« etwa zwanzig Kilometer lang, doch immerhin, der maximale Betriebsdruck war typisch 70 bar. 1.500 Tonnen Stahl waren für diese Minipipeline notwendig.



Weltwunder der Technik: In der Abteilung Erdöl, Erdgas des Deutschen Museums steht dieses Rohrstück der Trans-Alpin-Ölleitung. Es hat einen Durchmesser von etwa einem Meter und eine Wanddicke von 10 Millimetern.



Pipelines werden nicht nur oberirdisch (Abb. links), sondern über weite Strecken unterirdisch geführt. Gelbe Markierungen – wie diese am Heimatort des Autors im Chiemgau – zeigen, wo die Rohre verlaufen.

Für das relativ kleine Projekt werden dem Hochofen acht Anstiche zu je 200 Tonnen entnommen und diese zu Brammen zu je 15 Tonnen für die Walzstraße zubereitet. Die Walzstraße ist mehrere hundert Meter lang und menschenleer. Eine oder zwei Personen sitzen abseits in einem Glaskasten vor Monitoren: steuern und regeln – faszinierend.

Aus den Walzgerüsten, jedes höher als ein Einfamilienhaus, schießt das Band rot glühend mit hoher Geschwindigkeit – ähnlich der eines 100-Meter-Sprinters – über die Laufrollen einer 100 Meter langen Bank. Dabei wird das Band auf beiden Seiten über Brausen mit Wasser abgeschreckt, um so die gewünschte erhöhte Festigkeit zu erhalten. Diesen Vorgang bezeichnet man als thermomechanische Behandlung. Am Ende des Rollenganges wird das Warmband zu sogenannten Coils aufgespult.

Das Prinzip der Herstellung von schraubenliniennahtgeschweißten Rohren kann man sich vorstellen, indem man bei einer Papierrolle für eine Registrierkasse das Band abzieht und in einem Winkel von etwa 45 Grad zu einem Rohr mit etwa dem halben Durchmesser des Bandes formt. Die Kanten des Bandes stoßen aneinander und werden an dieser Position verbunden. Im heimischen Fertigungsbetrieb nennt man diese Vorrichtung einen »Rohrwuzzler«. Als »Wuzzeln« bezeichnet es der Altbayer, wenn er zwischen zwei Handflächen eine teigige Masse hin- und

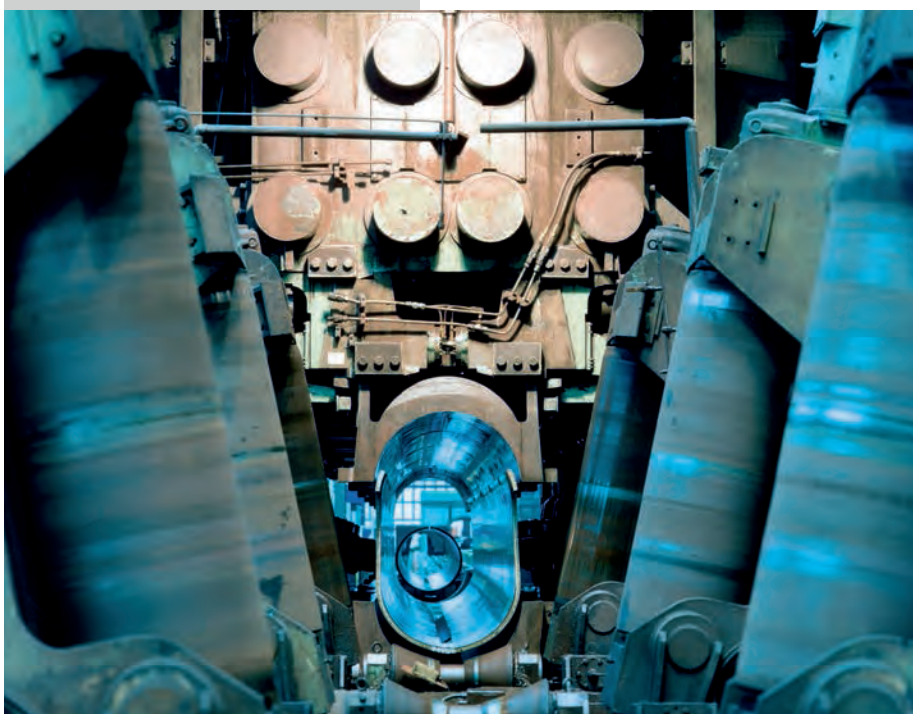
herwinkt und dabei ein längliches Gebilde entsteht. Geläufiger dürfte die Vorstellung vom Bäcker sein, der Teig für die Herstellung von Brezen formt.

Das vom Coil gefertigte Rohr schiebt sich ohne Unterbrechung mit etwa 0,5 Meter pro Minute aus der Maschine. Im laufenden Prozess wird die Schweißnaht mit Ultraschall kontinuierlich geprüft. Jeweils nach 15 Metern wird eine Stange abgetrennt. Jede Rohrstange wird behandelt wie ein Druckbehälter, erhält eine Nummer und wird einer Druckprüfung unterzogen. Bei Gashochdruckleitungen wird diese mit etwa 100 bar und einer Haltezeit von zehn Sekunden durchgeführt. Allein der beschriebene kleine Pipelineauftrag umfasste etwa 1400 Rohrstangen, die entsprechend geprüft werden mussten.

TRAINING FÜR SCHWACHE ROHRE. Für die begleitenden Qualitätsprüfungen wird den Rohren losweise Material entnommen, um aus dem Schweißgut, dem Grundmaterial und der Wärmeeinflusszone der Schweißnaht Zug-, Biege und Kerbschlagproben zu erstellen. Es ist anzunehmen, dass die Rohre unterschiedlich stark sind. Das Produkt aus Ist-Festigkeit des Werkstoffes und der Ist-Wandstärke ergibt die Festigkeit des Rohres. Im vorliegenden Fall erlaubte es der Fertigungstakt, die Zeit für die Wasserdruckprüfung zu verlängern.

Als besondere Maßnahme wurde nach der offiziellen Wasserdruckprobe noch ein definiertes kleines Volumen zugepumpt. Der Effekt war erstaunlich. Bei den »starken« Rohren stieg der Druck entsprechend an, die »schwächeren« Rohre wurden plastisch verformt und aufgeweitet – dabei hatte sich das Material »kaltverfestigt«. Bei einer Wiederholung dieser Wasserdruckprüfung verhielten sich Letztere wie die »starken« Rohre, d. h. die schwächeren wurden zu starken Rohren hochtrainiert. Ein erheblicher Qualitätsgewinn.

Für die Leitungsverlegung und Felddruckprüfung stellen sich Fragen wie: Ist die Trasse durchgängig genehmigt? Sind genügend Rohre vorhanden und wie ist die Versorgung der Trasse mit Rohren, Baugeräten und Wasser für die Druckprüfung?



In der O-Pressen werden die Stahlplatten in Form gebracht. Später werden diese Rohre Teil der Nord-Stream-Pipeline (Abb. rechts) sein, in der Erdgas vom russischen Wyborg durch die Ostsee nach Deutschland transportiert wird.

Die Leitung wird in Strecken von etwa einem Kilometer neben dem bereits ausgehobenen Graben verschweißt, die Nähte anschließend geröntgt. Das Rohr wird dann mit mehreren Kränen in den Graben gehoben. Ein Erlebnis ist es mitanzusehen, dass dieses scheinbar hochfeste, steife Rohr sich dabei wie eine Spaghetti biegt und windet.

Nach einer verlegten Strecke von etwa zehn Kilometern wird das Rohr verschlossen und die Festigkeit mittels einer Wasserdruckprüfung getestet. Dabei ist anzustreben, dass am Punkt mit der höchsten Belastung 95 Prozent der Mindeststreckgrenze erreicht werden.

Keine leichte Aufgabe, denn Höhenunterschiede von 100 Metern auf zehn Kilometer mögen dem Wanderer eben erscheinen. Wenn aber der Druck im Grenzbereich der Elastizität z. B. bei 100 bar bereits ansteht, dann sind auf 100 Höhenmeter weitere zehn bar nicht zu vernachlässigen.

Eine Alternative zur üblichen Wasserdruckprüfung bietet der »Stresstest«. Ein Thema, das vor 35 Jahren zu heftigen ingenieurtechnischen Diskussionen führte. Der Stresstest bedeutet im Wesentlichen die Erstellung eines Spannungs-Dehnungs-Diagramms wie bei einer Zugprobe für Stahl für den gesamten Prüfabschnitt. In unserem kleinen Projekt entspricht dies einer Belastungsprobe für das Bauwerk mit einem Gewicht

Dipl.-Ing. Max Bräutigam

war ein Berufsleben lang als Anlagen- und Apparatebauer für die Linde AG tätig.

von 750 Tonnen. Die Dichtheits- und Festigkeitsprüfung wird zunächst entsprechend der Vorschrift durchgeführt. Anschließend wird mit einer kleinen Pumpe weiter Wasser hinzugepumpt. Das Zupumpvolumen, über dem Druck aufgetragen, wird als Spannungs-Dehnungs-Diagramm des gesamten Prüfabschnitts dargestellt. Kleinste Abweichungen von der Elastizitätslinie sind auf diese Weise erkennbar.

Von außen kann man allerdings nicht erkennen, ob sich das überproportionale Zupumpvolumen gleichmäßig über die gesamte Strecke verteilt oder ob es nur von einem besonders schwachen Rohr aufgenommen wird, das wie ein barocker Blasengel im Graben liegt.

Die Durchführung dieser Prüfung war und ist für die Beteiligten jedesmal spannender als ein Krimi. Man spürt förmlich, wie lebendig sich das Bauwerk verhält, wie es sich streckt und dehnt – wie ein gefangenes Tier im Netz.

Wenden wir uns den großen internationalen Pipelines zu, die auf einer Länge von etwa drei Millionen Kilometern 75-mal um den Äquator und durch viele Staaten führen.

Öl wird durch diese Pipelines mit einer Geschwindigkeit von etwa einem Meter pro Sekunde gepumpt. Gas wird auf etwa 70 bar komprimiert und strömt mit einer Geschwindigkeit von 20 Metern pro Sekunde. Dabei gibt es einen Druckabfall. Bei etwa 40 bar ist die nächste Kompressorstation erforderlich. Gas-Pipelines werden auch als Speicher bei Schwankungen in der Lastkurve genutzt.

Eine wichtige Maßnahme beim Bau und Betrieb von Pipelines ist der kathodische Korrosionsschutz. Bei den elektrischen Antrieben wird Strom bezogen, die E-Loks haben oben einen Stromabnehmer, aber keinen sichtbaren Stromableiter. An den Schienen sind in Abständen elektrische Leiter, Kabel metallisch angeschlossen, die ins Erdreich führen. Dort vagabundieren die Ströme. Man stelle sich eine Pipeline vor, die nicht elektrisch isoliert unter einer elektrifizierten Bahntrasse durchführt. Der vagabundierende Strom würde von der metallischen Rohrleitung aufgenommen und weitergeleitet werden.

Karl Valentin – der gegenüber dem Deutschen Museum geboren wurde – wäre ver-



Die Hälfte des ersten Strangs der Nord-Stream-Pipeline wurde im November 2010 fertiggestellt. Für diesen Anlass hat die Besatzung des Verlegeschiffs Castoro Sei ein Rohrsegment mit einer speziellen Markierung versehen.

mutlich auf die Idee gekommen, dass die Pipelines für Öl und Gas gleichzeitig als Fernleitungen für Strom betrieben werden könnten.

Die Pipelines der Erde sind die Lebensadern der Weltwirtschaft, die Adern zur Versorgung der Nationen mit Energie. Sie sind Wunderwerke der Ingenieurskunst. Die Pyramiden bestaunen wir – während uns die modernen Wunderwerke selbstverständlich erscheinen. Möglicherweise werden sie in den kommenden 100 Jahren sogar vergessen werden – weil es kein Öl und Gas mehr zu transportieren gibt. Und in weiteren 5000 Jahren werden sie möglicherweise als Weltwunder wiederentdeckt. ■■

Aus der Kombination eines Vordersteuer-Dreirads mit einem Einzylinder-Stationärmotor (984 cm³, 0,88 PS), hier liegend angeordnet, entstand 1886 der Motorwagen, für den Benz das Patent 37.435 vom 29.1.1886 erhielt und mit dem er spätestens im Juli 1886 auf öffentlichen Straßen fuhr.



Was kommt danach?

Der Elektromotor als Alternative zum Verbrennungsmotor

Vor 125 Jahren erhielt Carl Benz ein Patent auf seinen Motorwagen. Nach seinem globalen Siegeszug ist der Verbrennungsmotor heute reif für eine Ablösung. Gefragt sind Ideen, die Ressourcen und Umwelt schonen. Von Erik Eckermann

Der Terminus Motorwagen, in der Schweiz heute noch üblich, wurde Anfang der 1890er Jahre vom französischen *l'automobile* verdrängt. Automobile jedoch werden definiert als individuell einsetzbare, für Personenbeförderung auf Landwegen bestimmte drei- oder vierrädrige »Selbst-Beweglicher« (vom griechischen *auto* und vom lateinischen *mobilis*). Damit scheiden Muskel- und Windkraft als natürliche Kräfte aus, der Antrieb – Dampfmaschine, Elektro- oder Verbrennungsmotor oder andere – bleibt offen.

Als Fahrzeug mit Gasmotorenbetrieb meldete Carl Benz 1886 einen Motorwagen zum Patent an. Damals ahnte keiner, dass der Verbrennungsmotor schon bald die dampf- und elektrisch angetriebenen Varianten vom Markt vertreiben sollte. Heute erscheint es fast so, als hätte Carl Benz das Automobil erfunden. Dabei fuhr das erste schon 100 Jahre vor Benz in Frankreich. 1769, vor genau 242 Jahren also, schaffte im Arsenal von Paris ein dreirädriger Dampfwagen mit vier Personen an Bord einen Testlauf von etwa zwölf Minuten. Erbauer war der lothringische Militär-Ingenieur Nicolas Joseph Cugnot (1725–1804), dem sogleich die Konstruktion eines größeren Lastkarrens zum Transport von Munition und zum Ziehen von Geschützen aufgetragen wurde. Den ebenfalls dreirädrigen Lastkarren vollendete Cugnot schon ein Jahr später, 1770, sehr wahrscheinlich auf Basis des Vorgängers, doch mit vergrößerten Zylindern, voluminöserem Kessel und verstärktem Fahrgestell. Wundersamerweise hat der »fardier« überlebt, er steht heute im Musée Nationale de Techniques in Paris. Nachbauten existieren in Chicago (1890), Nürnberg (1935), Lothringen (2010) und Tampa (2011, fahrfähig).

Älter als Benz' Motorwagen ist auch das Elektroauto (siehe *Kultur & Technik* 3/2010). Mit einem solchen legte der Pariser Wagenbauer Charles Jeantaud 1881 ein paar Meter vor seiner Werkstatt zurück. Anders als bei Cugnots Dampfwagen, der ein Einzelstück blieb, setzte auch bei den Elektrowagen eine kontinuierliche Weiterentwicklung ein. Jeantaud lieferte sich mit dem Belgier Camille Jenatzy Geschwindigkeitsduelle, die Jenatzy schließlich mit seinem zigarrenförmigen Rekordwagen La Jamais Contente 1899 mit 105,8 km/h für sich entscheiden konnte. Jenatzy hatte damit als erster Autofahrer die 100-Stundenkilometer-Marke bezwungen – mit einem Elektroauto, wohlgemerkt.

Einige französische Fahrradmanufakturen elektrifizierten schon in den 1880er Jahren Bi- und Tricycles. Mit einem für eine Pariser Pferdedroschken-Gesellschaft umgebauten Viktoria führte der Wagenbauer Louis Antoine Krieger 1894 die Avant-train- oder Vorspanntechnik ein, ein unter den Kutschen-Vorderwagen geschobenes Elektro-Antriebsaggregat, das Vorderachse, Deichsel und Pferd ersetzte. 1896 baute Krieger Vorderrad-Einzelmotoren, die neben der Serien- eine Parallel- oder Erregerwicklung aufwiesen. Beim Bremsen arbeitete der Motor als Generator, die kinetische wurde in elektrische Energie umgewandelt und lud die Batterie: Energierückgewinnung (Rekuperation) anno 1896. Um diese Zeit wurden in Paris, London, Philadelphia und in anderen Städten Taxigesellschaften mit Elektro-Cabs gegründet. Auch die Dampfmaschine interessierte Techniker und Investoren. Sie diente als Antriebsquelle in Taxis (Trevithick 1803), in Omnibussen (Gurney und Hancock ab 1828 in England, Bollée ab 1873 in Frankreich) und in leichten Personenwagen (De Dion Bouton 1883, Bollée 1885, Serpollet 1888, Schöche 1895).

Ausgeprägter verlief die Entwicklung in den USA. Laut einer Erhebung verkehrten dort im Jahr 1900 rund 40 Prozent Dampfwagen, 38 Prozent Elektrowagen und nur 22 Prozent Benzinautos. Die Dampf- und Elektrowagenindustrie war dort zu einem respektablen Wirtschaftszweig angewachsen, die Benzinautohersteller eher nicht. Um 1900 war demnach das Benzinauto eine Alternative zu den Dampf- und Elektrowagen. Europa hatte sich schon vor 1900 für den Verbrennungsmotor entschieden.

Nachdem Benz ab 1894 fleißig seinen Kleinwagen namens Velo nach Frankreich exportierte und Motorwagen von Peugeot und Panhard & Levassor mit Daimler-Lizenz-Motoren die »Konkurrenzen« ab 1895 beherrschten, gaben die Dampf- und Elektrowagenbauer allmählich auf, auch in den USA. Dort beschleunigte der erste in Großserie hergestellte Benzinwagen, der Oldsmobile Curved Dash, den Niedergang der beiden anderen Systeme. Fortan beherrschte der Benzinmotor trotz seiner offenkundigen Schwächen das Verkehrswesen auch in der Neuen Welt.

EIN BLICK ZURÜCK AUF DAS GEBURTSTAGSKIND VON 1886. Als eifriger Radfahrer, dem es mit seinem Michaux-Velociped nur mit Mühen gelang, »auf Mannheims holperigem Pflaster das Gleichgewicht zu halten«⁽¹⁾, war es Benz klar geworden, dass die Muskelkraft durch Maschinenkraft ersetzt und ein mechanisch angetriebenes Fahrzeug mindestens drei Räder haben müsse. So wird sein Plan, in der Kombination eines Motors mit einem Vordersteuer-Dreirad einen Motorwagen zu bauen, Gestalt angenommen haben. Beim Bau seines Motors ließ sich Benz von einem leichten Einzylinder-Stationärmotor nach einer Konstruktion von Alexis de Bisschop inspirieren, der in Deutschland von einigen Maschinenfabriken in Lizenz gebaut wurde. »Monate vergingen, ehe der Wagen fahrbereit im Hofe stand ... Die ersten Versuche gingen ... gegen die Hofmauern, wobei mancher Teil verbogen oder zerbrochen wurde ... Nach einigen Wochen der Fahrversuche ... hatte ich doch recht gute Resultate erzielt ... und es gelang mir jetzt schon öfters, ohne Benutzung von Pferden oder Kühen für die Rückfahrt, bei einem Streik des Wagens seiner Mucken Herr zu werden ... Es glaubte in damaliger Zeit niemand, dass es jemals einem Menschen einfallen werde, statt des vornehmen Pferdefuhrwerks solch ein unzuverlässiges, armseliges, puffendes und ratterndes eisernes Fahrzeug zu benutzen. [...] Der erste Wagen [...] wurde nicht verkauft; mit mancherlei Verbesserungen und Änderungen versehen, befindet er sich jetzt im Deutschen Museum in München.«⁽²⁾



Cugnot-Lastkarren (fardier) 1770 mit Kessel und Zweizylinder-Dampfmaschine vor dem einzelnen Vorderrad. Die Plattform war für den Transport von Munition vorgesehen. Das Original steht in Paris.



Krieger-Coupés beim Aufladen der Batterien in Paris 1898. Je ein E-Motor mit Rekuperation pro Vorderrad, unter der Vorderachse montiert.



Der weltweite Siegeszug des Automobils wurde auch durch Erfindungen und Verbesserungen bei der Produktion gefördert. Die Bilder zeigen Fließbandanlagen der Ford-Werke Highland Park. Oben die Fahrwerkmontage, unten die Montage der Karosserie.

Die weitere Entwicklung des Benz sowie des Automobils mit Verbrennungsmotor im Allgemeinen ist hinlänglich bekannt und soll hier nicht wiederholt werden. Interessanter scheint mir der Blick auf Erfindungen und Produktionsprozesse zu sein, die ursprünglich der Herstellung anderer Konsum- und Investitionsgüter dienten. Viele der Anregungen stammen aus dem Kutschwagen- und Fahrradbau, doch auch andere Wirtschaftszweige lieferten Anstöße, die von der sich formierenden Autoindustrie übernommen wurden.

GUMMIREIFEN, ANTRIEBSKETTEN, KUGELLAGER: VOM FAHRRAD ZUM AUTO. Der 1845 von Robert William Thomson zum Patent angemeldete elastische, luftgefüllte Gürtel aus gummiertem Gewebe und Leder fand nur bei einigen wenigen pferdegezogenen Ambulanzen in England Gnade – zu pannengierig war der Vorläufer des Luftreifens, um sich im Kutschwagenbau durchsetzen zu können. Den Durchbruch schaffte erst der von John Boyd Dunlop 1888 wiedererfundene Reifen mit luftdichter Gummi-Innenlage, entwickelt eigentlich für das Fahrrad und dort auch zur Alltagstauglichkeit gereift. Vom Fahrrad stammten auch Stahlrohrrahmen, Stahlspeichenräder, Zahnstangen- und Gabellenkungen, Kugellager, Antriebsketten und gefederte Sitzbänke für die ersten Motorwagen, siehe Benz 1886. Dieser und andere Motorwagen wiesen ein Kegelrad-Ausgleichgetriebe (Differenzial) auf, erfunden von Onésiphore Pecqueur 1828 für Dampfwagen, ferner Riemengetriebe aus dem allgemeinen Maschinenbau und Vollgummireifen, patentiert 1867 für pferdegezogene Wagen.

Ebenfalls für Kutschwagen hatte der Münchner Hofwagenbauer Georg Lankensperger eine Achsschenkelenkung konstruiert, für die er 1816 ein bayerisches Privileg, 1818 über seinen Gewährsmann Rudolph Ackermann in London ein englisches Patent erhielt (Ackermann-Steering). Die Achsschenkelenkung konnte sich gegenüber der Drehschenkelenkung bei pferdegezogenen Wagen ebenso wenig durchsetzen wie die von Hugo Mayer 1895 erfundene hydraulische Bremse, die in amerikanisierter Ausführung ein gutes Vierteljahrhundert später im Autobau auftauchte: 1921 bei Duesenberg, 1924 bei Chrysler und 1926 bei Adler. Noch später, nämlich erst 1935, erschien die erste Serien-Autokarosserie (Opel Olympia) in selbsttragender Bauweise, wie sie bei Kutschwagen schon lange bekannt war: Mit den von Obadiah Elliott 1805 patentierten Längsblattfedern konnten die Wagenbauer den Kasten direkt mit den Achsen koppeln. Die Federn dienten nicht nur der Abfederung, sondern nahmen zugleich Zug-, Brems- und Seitenkräfte auf. Somit konnten die seitlichen Schweller oder der zentrale Langbaum entfallen. Vorteile waren geringeres Gewicht, reduzierte Herstellungskosten, bessere Straßenlage durch niedrigeren Schwerpunkt, geringere Höhe und ergo bequemerer Einstieg – wie später beim Auto.

ELEKTRISCHES LICHT AM SCHLITTEN DES KÖNIGS. Die elektrische Fahrzeug-Beleuchtung sahen die Zeitgenossen zunächst nicht an (Elektro-)Autos, sondern an einem Schlitten – wenn sie ihn denn zu sehen bekamen. Denn der die Einsamkeit liebende Ludwig II., einerseits romantisch veranlagt, andererseits der Technik zugetan, elektrifizierte nicht nur seine Schlösser, sondern auch einen Gala-Schlitten. Mit dem ließ er sich nächtens per Viererzug durch das Ammergebirge ziehen. Batteriegespeiste Glühlampen in zwei großen Seitenlaternen und in einem Zentralscheinwerfer in einer von Putten hoch oben gehaltenen Krone leuchteten ihm und dem kleinen Tross ab 1879 (oder 1885) den verschneiten Weg.

Kardangelen, CVT-Getriebe, Bootsheck, Aerodynamik, Gummifederung – die Aufzählung der von außen kommenden Anregungen ließe sich seitenlang fortführen. Sie wäre unvollständig ohne die von den USA ausgehende Rationalisierung der Produktionsprozesse. Dort zwang der Arbeitskräftemangel schon früh zur Mechanisierung und Automatisierung der Arbeitsabläufe. Voraussetzung für die Austauschbarkeit von Teilen und für eine Massenfertigung sind neben einem aufnahmefähigen Markt Normung, passgenaue Herstellung, Präzisionswerkzeugmaschinen und -messinstrumente sowie Lagerbevorratung – Errungenschaften, die die amerikanischen Gewehrhersteller ab Beginn des 19. Jahrhunderts auszeichneten. Es folgte der Austauschbau von

Uhren und Revolvern, von Nähmaschinen und Dampfmaschinen und, Ende der 1890er Jahre, von Fahrrädern.

Um diese Zeit begann auch die Zerlegung des Arbeitsablaufs in Arbeitstakte. Hier sind vor allem Frederick Winslow Taylor (1856–1915), der eine wissenschaftlich-rationale Betriebsführung entwickelte, und Henry Ford (1863–1947) zu nennen, der 1913 das Fließband in der Autoindustrie einführte. Vorbild waren die Schlachthäuser in Chicago, in denen ab Ende der 1860er Jahre an Schwebebahnen hängende Schweine und Rinder zerlegt wurden, gefolgt von der Konservenindustrie in den 1880er und von Gießereien in den 1890er Jahren.

Während der vergangenen 125 Jahre haben konkurrenzlos billige, energiereiche Mineralölprodukte, zunehmende Kaufkraft und laufende Produktverbesserungen die Autowirtschaften in den einzelnen Ländern zu Schlüsselindustrien wachsen lassen. Agrar- und Wüstenstaaten konnten zu Industrie- und Dienstleistungsnationen aufsteigen. Durch Bevölkerungsexplosion, Umweltschäden und Endlichkeit der Rohstoffe steht jedoch die Autoindustrie heute vor einem Strukturwandel. Wie könnte Mobilität in den kommenden 125 Jahren aussehen?

Mit dem Verzicht auf Erdöl und Erdgas haben Otto-, Diesel- und Wankelmotor ihre Schuldigkeit getan. Bleibt die Sonnenenergie, die sich mit Hilfe von Solarpaneelen in elektrische Energie umwandeln lässt, um in dieser Form als Fahrzeugantrieb genutzt zu werden. Der elektrische Antrieb ist geräusch-, geruch-, emissions-, vibrations- und potenziell getriebeles. Der Wirkungsgrad von etwa 80 Prozent wird von keiner Wärmekraftmaschine erreicht. Einfach ideal – wenn dem nicht die geringe Energiedichte der Akkumulatoren entgegenstände. Sie schlägt sich in einem zu kleinen Aktionsradius nieder, den man mit Hybrid- oder Brennstoffzellenantrieben zu vergrößern versucht. Beide Reichweitenverlängerer sind technische Krücken und werden wohl bald wieder verschwinden.

BATTERIE AUFLADEN BEIM PARKEN. Die seit 1898 bekannten Ladestationen, die einen Austausch der Akkumulatoren in Minutenschnelle erlauben, wären eine Übergangslösung, bis eine induktive Energieübertragung an Ampeln, in Parkbuchten oder gleich im Straßenoberbau eingeführt ist. Das berührungsfreie elektromagnetische Antriebssystem ist von mobilen Arbeits- und Montageplattformen in Fabriken, von der Magnetschwebebahn und neuerdings auch von Straßenbahnen bekannt. Die mangelhafte Reichweite der Akkus wäre dann kein Thema mehr.

Noch sind solche Entwicklungen Zukunftsmusik. Noch weiter entfernt erscheint die Nutzung der kosmischen Strahlung. Denn Radiowellenstrahlung erfüllt das gesamte Weltall und stellt damit ein unerschöpfliches und dabei sauberes und kostenloses Energiereservoir dar. Fantastereien? Da lohnt ein Blick in die Geschichte.

Ende 1930 lud Nikola Tesla (1856–1943), kroatisch-amerikanischer Physiker, Heinrich Jebens, Direktor des Deutschen Erfinderhauses in Hamburg, zu einer Autofahrt der besonderen Art ein. Tesla hatte Benzinmotor, Tank und Auspuffanlage aus einem Pierce-Arrow ausbauen und einen kollektorlosen Wechselstrommotor einbauen lassen. Diesen verdrahtete Tesla mit einem Konverter, der im Beisein von Jebens auf der Beifahrerseite montiert und an eine Antenne angeschlossen wurde. »Das Auto fuhr wie mit unsichtbarer Kraft«⁽³⁾ von Buffalo zu den Niagarafällen und zurück. Über den Konverter, der die elektromagnetischen Wellen in elektrische Energie umwandelte, wollte sich Tesla aus Furcht vor den Ölkonzernen nicht äußern. Als Tesla 1943 starb, nahm er seine Geheimnisse mit ins Grab. Dort liegen sie noch heute – oder im Archiv der Westinghouse Corporation, die 1888 Teslas Wechselstrom-Patente für viel Geld erworben hatte. Nicht im Bau von Elektrowagen, eine mit 130 Jahren antiquierte Technik, liegt die eigentliche Herausforderung für die deutsche Forschung und Industrie, sondern in der Substitution von teuren Rohstoffen und seltenen Erden, die weitgehend unter Chinas Kontrolle stehen, in der berührungslosen Aufladung dank Induktionsschleifen in der Fahrbahn und im Ersatz der Akkumulatoren durch andere Energiezuführung, siehe Tesla. Weitere 125 Jahre Zeit für die Umstellung auf umweltfreundliche Techniken haben wir nicht mehr. ■■

Literatur

(1) Carl Benz, *Lebensfahrt eines deutschen Erfinders. Die Erfindung des Automobils. Erinnerungen eines Achtzigjährigen 1844-1924*. Leipzig 1925, S. 37

(2) P. Teickner, *Carl Benz. Sein Lebensgang und die Erfindung des Motorwagens, von ihm selbst erzählt*. In: Allgemeine Automobil-Zeitung, Berlin, 3. Januar 1913 (Heft 1) S. 13-24

(3) Heinrich Jebens, *Streng vertrauliche Aktennotiz über den Besuch bei Nikola Tesla in New York und Buffalo*. 9.12.1930. In: Klaus Jebens: Die Urkraft aus dem Universum. Zürich 2006, S. 24



In einen entkernten Pierce-Arrow ähnlich der Abbildung ließ Tesla 1930 einen Konverter einbauen, der die Höhenstrahlung in elektrischen Strom umwandelte. Damit fuhren er und Heinrich Jebens von Buffalo zu den Niagarafällen und zurück. Der Wechselstrommotor soll etwa 55 kW geleistet haben.

DIPL.-ING. ERIK ECKERMANN

ist Journalist und Automobilhistoriker.



IMAGES OF MIND IN DRESDEN

Was erzählen uns die Bilder der Neurowissenschaften über den »Geist«? Verraten sie uns mehr über unser Menschsein als die Gemälde alter Meister? Die aktuelle Diskussion um die Aussagekraft neuronaler Bilder inspirierte die Ausstellungsmacher des Dresdner Hygienemuseums dazu, über die Jahrtausende wechselnde Bilder des Geistes zusammenzutragen, einander gegenüber und zur Diskussion zu stellen. Wer bin ich? Was macht eine Person einzigartig? Wo sitzt der Geist oder die Seele? Wie äußern Menschen ihre Seelenzustände? Welche Bilder machen wir uns vom Menschsein?

Neben wissenschaftlichen Skizzen, Fotografien und Modellen werden Plastiken, Gemälde, und Installationen berühmter Künstler von der Renaissance bis zur Gegenwart gezeigt. Die transparente Präsentation lädt ein zum meditativen Schauen, stellt Fragen in den Raum und überlässt es dem Betrachter, nach Antworten zu suchen.

Der aufwendig gestaltete Katalog erweitert das Gesehene durch Definition, historische Einordnung und Diskussion zahlreicher Begriffe, die uns im Zusammenhang mit dem Nachdenken über das Wesen des Menschen begegnen. Sehens- und lesenswert! *Sabrina Landes*

Magic Forest, eine Installation
von Andrew Carnie, 2002,
Courtesy of the artist
and GV Art London

Images of Mind

bis 31. Oktober
Deutsches Hygienemuseum,
Lingnerplatz 1, 01069 Dresden
geöffnet Di bis So, 10 – 18 Uhr
www.dhmd.de
Ab Dezember 2011
im Mährischen Museum in
Brünn/Tschechien.



MANHATTAN GEGEN GLASPERLEN

Drei Tipis auf dem Platz vor dem Ausstellungszentrum des Lokschuppens in Rosenheim künden von Europas größter Ausstellung zum Thema »Indianer – Ureinwohner Nordamerikas«.

Eine kurzweilige und spannende Zeitreise führt durch zwölf Themenräume über den nordamerikanischen Kontinent bis nach Grönland.

Mit 600 Exponaten von 18 Museen aus neun Ländern bietet die Schau einen Einblick in die vielfältige Kultur und Geschichte der indigenen Völker. Von der Hutmode, die neben dem Feder schmuck noch zahlreiche andere Kopfbedeckungen kannte, bis zum sozialen Leben einzelner Indianervölker reicht die Ausstellung und räumt nebenbei auch mit manchen Vorurteilen auf. Zu den besonderen Ausstellungstücken zählt ein Iglu (Wohnhaus) aus Ikerasaarsuk, einer Halbinsel an der Westküste Grönlands. *Beatrix Dargel*



Innenansicht des Grönlandhauses.
Das ausgestellte Iglu wurde
1950 aus Holz gebaut
und 25 Jahre lang genutzt.

Indianer – Ureinwohner Nordamerikas

bis 6. November
geöffnet Mo bis Fr 9 – 18 Uhr,
Sa, So, Feiertage 10 – 18 Uhr
Ausstellungszentrum Lokschuppen,
Rathausstraße 24, 83022 Rosenheim
www.indianer-ausstellung.de



EUROPÄISCHE SCHÄTZE

In ihrem 48. Jahr präsentieren sich die Mineralientage neu strukturiert. In den Hallen der Neuen Messe München können Besucher der Munich Show nun vier Welten erkunden: Mineralworld, Fossilworld, Gemworld und Stoneworld. Nicht nur das Fachpublikum wird dabei auf seine Kosten kommen. Diesmal sind in gleich drei Sonderschauen besondere Kostbarkeiten zu bestaunen. Ganz weit zurück in die Geschichte führen dabei die »European Dinosaurs«. Spektakuläre Dinosaurierfunde beweisen, wie reich an fossilen Entdeckungen der europäische Kontinent ist. Zu sehen sind Ureinwohner wie der Juravenator oder der Compsognathus. Andere Highlights zeigen die »European Classics«: Legendäre Silberstufen aus dem norwegischen Kongsberg, Goldstufen aus Rumänien, Elba-Tumaline aus Italien sind nur einige Beispiele

der mineralogischen Sensationen, die ihren Weg aus den Tresoren von Museen und Privatsammlern nach München finden werden. Bayerischer Glanzpunkt – noch dazu im Jubiläumsjahr Ludwigs II. – ist der legendäre Wittelsbacher Diamant. Die blaue Schönheit des sogenannten Wittelsbach-Graff hat in den über 300 Jahren, seit er seinen Schliiff erhielt, nichts an Brillanz und Faszination verloren. Ein spannendes Kinderprogramm mit vielen Mitmach-Gelegenheiten rundet das Angebot ab.

Mineralientage München

28. bis 30. Oktober 2011

Neue Messe München-Riem,
Eingang Ost (U2 Messestadt-Ost)
Fr, Sa 9 – 19 Uhr, So 9 – 18 Uhr
www.munichshow.com



Der Zwerg-Sauropode Europasaurus ist einer der bemerkenswertesten Dinosaurier, die in den letzten zehn Jahren in Deutschland gefunden wurden.



28. - 30. Okt. 2011

Neue Messe München

Entdecker aufgepasst! Vom 28. - 30. Oktober gibt es in den vier Welten der Munich Show wieder tolle Sachen zu erleben und Schätze zu entdecken. Schleift Eure eigenen Edelsteine und befreit selber tolle Fossilien aus ihrer steinernen Schale! Dies und vieles mehr erwartet Euch auf der MunichShow - Mineralientage München.

The Munich Show

Mineralientage München

Ihre Messe für Schmuck, Mineralien & Fossilien

GEOFA - Fachbesucher

Fr, 28. Okt. Registrierung erforderlich

BÖRSE - Publikum

Sa, 29. Okt., So, 30. Okt.

Messegelände München

Halle A6 / A5 + B6 / B5

FR/SA 9 - 19 Uhr, SO 9 - 18 Uhr

www.munichshow.com



ZEICHEN DER TECHNIK IN ATEMBERAUBEND SCHÖNER LANDSCHAFT

Eine Ausstellung im Vorraum der Bibliothek würdigt die mexikanische Eisenbahn



Die erste mexikanische Eisenbahnlinie gibt es noch heute in etwas veränderter Form und leider nur für den Frachtverkehr. Der größte Teil der Strecke wurde in den 1980er Jahren renoviert, die schönsten Abschnitte sind nach einer Begradigung stillgelegt. Diese stillgelegten Streckenabschnitte sind als Technikdenkmal besonders schutzbedürftig, denn dort sind vor wenigen Jahren bereits ganze Schienenstränge auf unerklärliche Weise verschwunden.

Der Ferrocarril Mexicano war eine der spektakulärsten technischen und auch künstlerischen Leistungen des 19. Jahrhunderts. Ein Wahrzeichen des Aufbruchs Mexikos nach der gewonnenen Unabhängigkeit vom spanischen Mutterland. Deshalb widmet das Deutsche Museum dieser Eisenbahnlinie nun eine Ausstellung.

Die feierliche Inbetriebnahme des Ferrocarril Mexicano zwischen Veracruz und Mexiko-Stadt durch den mexikanischen Präsidenten Sebastián Lerdo de Tejada (1823–1889) am 1. Januar 1873 war der erfolgreiche Abschluss eines 1837 begonnenen Unternehmens, das nicht nur große wirtschaftliche, soziale und politische Schwierigkeiten überwinden musste, sondern vor allem wegen der Vollendung einer technischen Meisterleistung des Eisenbahnbaus in die Geschichte eingegangen ist. Diese 423,7 Kilometer lange Eisenbahnstrecke wurde nämlich unter extremen topografischen Bedingungen, aber mit der neuesten Technik erbaut. Das 203 Kilometer lange Teilstück zwischen San Andrés Chalchicomula im mexikanischen Hochland und Veracruz an der Golfküste mit seinen 23 Haltestellen musste insgesamt 2400 Höhenmeter überwinden. Vor allem die 66 Kilometer lange Strecke zwischen Fortín und Esperanza stellte eine wirkliche Herausforderung für die Ingenieure dar, denn hier musste die Eisenbahn in kürzester Zeit 1444 Höhenmeter durch das Gebirge bergauf fahren, wofür der Bau von 39 Brücken und 16 Tunneln erforderlich war.



Das Modell der Wimmer-Brücke (Maßstab 1 : 200) ist eines der beiden Modelle, die der Freundes- und Förderkreis Deutsches Museum e.V. für die Ausstellung zur mexikanischen Eisenbahn gestiftet hat. Es wurde bei Technik & Design GmbH München gebaut.



Wegen der großen gesellschaftlichen Bedeutung des Ferrocarril Mexicano, seiner Streckenführung durch spektakuläre Landschaften, durch abenteuerliche Schluchten und eindrucksvolle Vegetation wurde diese Strecke in Veröffentlichungen und Gemälden der Zeit gebührend gewürdigt. Viele Künstler, darunter José María Velasco und Casimiro Castro, haben sich mit dieser Eisenbahnlinie auseinandergesetzt. Mexiko erlebte in dieser Zeit große politische und soziale Umbrüche, den Krieg mit den USA und den Verlust Texas' und Kaliforniens, die Besetzung durch französische Truppen und die kurze Regentschaft des Habsburgers Maximilian I. von Mexiko, dessen Ermordung 1867 das Ende der französischen Herrschaft brachte, die Republik von Benito Juárez und schließlich auch die Zeit der Diktatur von Porfirio Díaz, der erst 1911 durch die mexikanische Revolution gestürzt wurde. Angesichts all dieser politischen Wirren ist der erfolgreiche Bau der ersten mexikanischen Eisenbahn umso erstaunlicher.

Was wissen wir über die Bauwerke und über die Ingenieure, die sie damals errichtet haben? Was ist seit der Erneuerung der Strecke in den 1980er Jahren an historischen Bauten geblieben und an neuen entstanden? Aktuelle Studien aus dem Jahr 2009 zu diesen Fragen werfen ein unerwartet spannendes, neues Licht auf die Geschichte des Eisenbahnbaus in Mexiko. Die Ausstellung zeigt die Ergebnisse einer For-

schungsarbeit über die technikgeschichtlichen Voraussetzungen für den Bau des Ferrocarril Mexicano.

Im Mittelpunkt der Ausstellung stehen die Modelle im Maßstab 1:200 der beiden eindrucksvollsten Brücken auf der Strecke: die Brücke über den Metlac und die Wimmer-Brücke. Die Modelle konnten dank der Unterstützung des Freundes- und Förderkreises des Deutschen Museums hergestellt werden und sollen nach der Wiedereröffnung der Ausstellung Brückenbau dort dauerhaft zu sehen sein.

Die Ausstellung besteht außerdem aus 40 gerahmten Fotos, ergänzt durch eine wandfüllend vergrößerte historische Karte des Verlaufs der Trasse. Dazu werden Scans der Originalzeichnungen der Brücken gezeigt. In Pultvitrinien werden Bücher aus den Beständen des Deutschen Museums und denen der Linga-Bibliothek in Hamburg über den Ferrocarril Mexicano selbst sowie über seine technischen Vorbilder präsentiert. Die gedruckten Unterlagen werden durch Kopien von Briefen US-amerikanischer Ingenieure aus den 1850er Jahren ergänzt, die am Bau beteiligt waren.

Da es im Deutschen Museum keine Modelle der auf der Strecke eingesetzten Loks, hingegen aber historische Fotos davon gibt, werden diese ebenfalls in den Vitrinien gezeigt. Ein Nagel zur Schienenbefestigung dient als nostalgisches Objekt der Ausstellung.



Die Wimmer-Brücke der mexikanischen Eisenbahn auf einem aktuellen Foto, von der höher gelegenen Autobahn aus gesehen. Die Brücke wurde von einem bayerischen Ingenieur, der in die USA ausgewandert war, gebaut.

Unterstützen Sie den Freundeskreis des Deutschen Museums!

Jahresbeitrag:

- ▶ 500 Euro für persönliche Mitgliedschaften
- ▶ 250 Euro für Juniormitgliedschaften (bis 35 Jahre)
- ▶ 2500 Euro für Mitgliedschaften mittelständischer Unternehmen nach EU-Norm
- ▶ 5000 Euro für die Mitgliedschaften großer Unternehmen

Kontakt:

Freundes- und Förderkreis
Deutsches Museum e. V.
Museumsinsel 1 · 80538 München

Ihre Ansprechpartnerin:

Claudine Koschmieder
Tel. 089 / 21 79 - 314 · Fax 089 / 21 79 - 425
c.koschmieder@deutsches-museum.de

Deutsches Museum *Kerschensteiner Kolleg*

Wochenenden im Kerschensteiner Kolleg



An apple a day...?

Forschung für die Gesundheit

Fr 21. bis So 23. Oktober 2011

Genügt es, wie das Sprichwort uns glauben lässt, pro Tag einen Apfel zu essen, um gesund zu bleiben? Mit grüner Gentechnik werden mittlerweile Äpfel gezüchtet, deren Wirkstoffe freie Radikale binden und der Krebsabwehr dienen sollen. Aktuelle Genforschung kann Vorgänge im Körper identifizieren, die sowohl zu Infektionen als auch zu deren Heilung führen. Moderne Arzneimittelforschung richtet sich immer mehr auf Zellen und Gene. Rund um diese Themen erwartet Sie ein spannendes Programm mit einer Führung, Gelegenheit zum selber Experimentieren und einem Vortrag, in dem Sie erfahren, wozu Arsen in der Geschichte verwendet wurde.

Zwei Übernachtungen mit Frühstück inkl. Seminargebühren und Museumseintritt:
138,- € im Einzelzimmer, 128,- € im Doppelzimmer.



Vom Kraftwerk in die Steckdose

Für Familien mit Kindern ab 8 Jahren

Fr 9. bis So 11. Dezember 2011

Licht, Kühlschrank, Computer, Maschinen – alles funktioniert mit Strom. Aber wie entsteht Strom? Wie gelangt er in unsere Steckdosen? Welche Quellen für elektrische Energie gibt es? Wie hat sich die Energieherstellung entwickelt?

Rund um diese Themen erwartet Sie und Ihre Kinder ein spannendes Programm mit zwei Führungen und Gelegenheit zum selber Experimentieren.

Zwei Übernachtungen mit Frühstück inkl. Seminargebühren und Museumseintritt:
138,- € im Einzelzimmer, 128,- € im Doppelzimmer.

Sie wohnen im Kerschensteiner Kolleg direkt im Deutschen Museum, im Zentrum Münchens. Die Zimmer (Etagenduschen und -WC's) sind modern eingerichtet und ruhig gelegen. Wir empfehlen die Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln.

Information und Anmeldung: Nicole Kühnholz-Wilhelm · Kerschensteiner Kolleg
Deutsches Museum · Museumsinsel 1 · 80538 München
Tel. 089/2179 - 523 · Fax 089/2179 - 273 · E-Mail: n.kuehnholz@deutsches-museum.de

OPEN SCIENCE RESOURCES (OSR)

EIN NEUES INTERNETPORTAL KENNENLERNEN

Das neue Internetportal OPEN SCIENCE RESOURCES (OSR) sammelt digitalisierte wissenschaftliche Objekte der europäischen Wissenschaftsmuseen und Science Center und macht sie öffentlich zugänglich. Im gleichnamigen, von der Europäischen Union kofinanzierten Projekt werden die in den verschiedenen Institutionen vorhandenen Ressourcen vernetzt und für unterschiedliche Zielgruppen zur Verfügung gestellt.

In dem Workshop lernen Sie Struktur und Nutzungsmöglichkeiten des Portals kennen und können das Angebot testen: Denn nicht nur die Projektpartner von OSR stellen Inhalte (Informationen zu Objekten aus ihren Sammlungen und Themenpfade) in das Portal. Auch die Nutzer können das Portal verändern und erweitern.

Die Ergebnisse des Workshops und seiner Evaluierung werden dazu beitragen, das Portal weiterzuentwickeln.

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer erhalten das Buch: Technik – Welt – Wandel. Die Sammlungen des Deutschen Museums.

WORKSHOP

OPEN SCIENCE RESOURCES

Samstag 12. November, 10 – 14 Uhr

Kennenlernen des europäischen Internetportals: www.osrportal.eu

Ausführliche Informationen zum Inhalt im Quartalsprogramm IV/2011 oder unter www.deutsches-museum.de.

Keine Kosten, Teilnehmerzahl begrenzt.

Anmeldung:

ha.programme@deutsches-museum.de,
Tel. 089 / 2179 - 289,

Veranstaltungen & Ausstellungen

Oktober bis Dezember 2011

MUSEUMSINSEL

SONDERAUSSTELLUNGEN

Ab 7. Oktober	Ferrocarril Mexicano – Die erste mexikanische Eisenbahn
Ab 13. Oktober	Chemie in Freizeit und Sport
Bis 15. Januar 2012	MenschMikrobe – Das Erbe Robert Kochs und die moderne Infektionsforschung
Bis Ende 2011	Geliebte Technik der 1950er Jahre
Bis Ende 2011	Entwicklung des Universums

LANGE NACHT DER MÜNCHNER MUSEEN

Oldtimer-Shuttleservice, Vorführungen, Musik, Performances, Lichtinszenierungen
Sa 15. 10., 19.00 – 2.00 Uhr

SONDERFÜHRUNG

Anlässlich der Aktionswoche Treffpunkt Bibliothek
Treffpunkt: Foyer der Bibliothek des Deutschen Museums, kostenfrei
Fr 28.10. u. Sa 29.10., jeweils 15.00 Uhr **Von Gelehrten und Tüftlern**

SONDERVORTRAG

Im Rahmen der Sonderausstellung »MenschMikrobe«, ZNT
Mo 24.10., 19.00 Uhr **Die neue Tuberkulose – Wiederkehr der weißen Pest?**

WORKSHOP OPEN SCIENCE RESOURCES

Einführung in das Internetportal Open Science Resources (OSR), Anmeldung erforderlich: 089 / 21 79 - 289, ha.programme@deutsches-museum.de, kostenfrei
Sa 12. 11., 10.00 – 14.00 Uhr

MONTAGSKOLLOQUIUM

Montag, Beginn 16.30 Uhr, ab 16.00 Uhr Austausch bei Kaffee und Gebäck
Bibliotheksbau, Seminarraum der Institute (Raum 1402), Eintritt frei
Information: Andrea Walther, Tel. 089 / 21 79 - 280, a.walther@deutsches-museum.de

10.10.	Wörter und Sachen. Materialität und Interaktion mit Dingen
24.10.	Die Globalisierung des Konsums?
07.11.	Zwischen Warenhaus und Museum: Schauplätze der Dinge um 1900
21.11.	Soft Dictatorship or Tyranny of Want?
05.12.	In keeping with the taste of the age?

WISSENSCHAFT FÜR JEDERMANN

Mittwoch, 19.00 Uhr, Ehrensaal, 1. OG, Abendkasse ab 18.00 Uhr, Einlass 18.30 Uhr
Reservierung am Veranstaltungstag, 9.00 bis 15.00 Uhr, Tel. 089 / 21 79 - 221
Eintritt (soweit nicht anders angegeben): 3,- €, Mitglieder frei

12.10.	Tropenmedizin
19.10.	Risiken und Chancen ökosozialer Systeme
26.10.	Die Nominierungen zum Deutschen Zukunftspreis 2011
02.11.	Hans von Ohain
09.11.	Nanoelektronik
16.11.	Elektromobilität mit MUTE. Ein Auto für die Zukunft?
23.11.	Thema s. Tagespresse
30.11.	TanDEM-X-Mission
07.12.	Thema s. Tagespresse
14.12.	Krebs und Viren

SENIORENFÜHRUNGEN

Donnerstag, 10.00 und 14.00 Uhr, Treffpunkt: Eingangshalle, Anmeldung: Seniorenbeirat der LH München, Burgstraße 4, 80331 München, Tel. 089 / 233 - 2 11 66

13.10.	Zurück in die 1950er
10.11. u. 08.12.	100 Jahre Museumsarchitektur im Wandel

FRAUEN TECHNIK WISSEN

Mittwoch, 10.00 Uhr, Treffpunkt: Eingangshalle, Kosten: Museumseintritt, Information und Anmeldung: 089 / 21 79 - 289, ha.programme@deutsches-museum.de

12.10.	100 Jahre Museumsarchitektur im Wandel
09.11.	Fotografieren im Deutschen Museum
14.12.	Geschichte der historischen Messehallen (Treffpunkt: Verkehrszentrum)

KONZERTE UND MUSIKALISCHE VERANSTALTUNGEN

Aktuelle Informationen unter www.deutsches-museum.de/information/konzerte sowie Tel. 089 / 21 79 - 445, s.berdux@deutsches-museum.de

So 09.10., 11.15 Uhr	Das Siemens-Studio für elektronische Musik
So 16.10., 14.00 Uhr	Sonderführung Musikautomaten
Do 20.10., 19.15 Uhr	Vortrag zum Thema »Bogenhauser Künstlerkapelle«
Fr 21.10., 19.30 Uhr	Konzert ensemble arcimbollo
Sa 05.11., 14.30 Uhr	Orgelkonzert
So 13.11., 14.00 Uhr	Sonderführung Zwischerautomat
Mi 16.11., 18.00 Uhr	der dritte mittwoch: Alte Musik von Studierenden
So 27.11., 11.15 Uhr	Die Kunst der Fuge
So 04.12., 14.00 Uhr	Sonderführung »Von großen und kleinen Orgeln«
So 18.12., 11.15 Uhr	»Die beste Clavierspielerin Münchens«: Sophie Dulcken
Mi 21.12., 18.00 Uhr	der dritte mittwoch: Alte Musik von Studierenden

SONDERVORFÜHRUNGEN GLASBLASEN

2. OG, Glasbläserstand neben der Altamira-Höhle

Fr 14.10. u. Sa 15.10., 11.30 u. 14.00 Uhr	Glas-Metall-Verschmelzungen
Di 15.11. u. Mi 16.11., 14.00 Uhr	Spezialtechnik: Fadenglas
Di 03.12., 14.00 Uhr	Montagetechnik

DAS DNA-BESUCHERLABOR: GENFORSCHUNG BEGREIFEN

Vereinbarung von Kursterminen: Führungsbüro, Tel. 089 / 21 79 - 252
Weitere Informationen auf den Internetseiten des Museums:
www.deutsches-museum.de/ausstellungen/neue-technologien/labore/besucherlabor

GLÄSERNES FORSCHERLABOR

Jeden Donnerstag und Samstag, 14.30 Uhr, im Zentrum für Neue Technologien

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM

MIMKI – MITTWOCH IM KINDERREICH

Workshops für Kinder von 4 bis 8 Jahren, Mittwoch 14.30 – 15.30 Uhr (außer in den Ferien), keine Anmeldung erforderlich, Kosten: Museumseintritt für Kinder ab 6 Jahren

TUMLAB – LABOR FÜR SCHÜLER UND LEHRER

Kinder ab 10 Jahre, Anmeldung: montags 10.00 – 12.00 Uhr u. 14.00 – 16.00 Uhr unter Tel. 089 / 21 79 - 558, Informationen: www.tumlab.de

Veranstaltungen & Ausstellungen

Oktober bis Dezember 2011

ROBOTICS-KURSE IM TUMLAB

Für Kinder und Jugendliche von 10 bis 14 Jahren, Kosten: 10,- € (inkl. Museumseintritt), Barzahlung vor Ort beim Kursleiter, Teilnehmerzahl begrenzt, Anmeldung und Informationen: www.robotik.tumlab.de

Sa 19.11. (RCX-Roboter), Sa 17.12. (NXT-Roboter), jeweils 13.00 – 16.00 Uhr

WISSENSCHAFTLER SEIN FÜR EINEN TAG

Für Jugendliche ab 14 Jahren, Kosten: 10,- € (inkl. Museumseintritt)
Anmeldung unter www.forschen.tumlab.de, Teilnehmerzahl begrenzt

08.10., 26.11., 10.12., jeweils Samstag, 13.00 – 16.45 Uhr

TRY IT – WORKSHOPS FÜR JUNGE LEUTE AB 13

Informationen und Anmeldung: Gabriele Kramer, Tel. 089 / 21 79 - 592,

E-Mail: g.kramer@deutsches-museum.de, Treffpunkt: Eingangshalle

Sa 29.10., 10.00 – 13.00 Uhr **Der genetische Fingerabdruck**

BEOBACHTEN, ENTDECKEN, HELFEN:

FORSCHUNG FÜR UNSERE GESUNDHEIT

Herbstferienprogramm für Kinder und Jugendliche von 9 bis 15 Jahren,
Information und Anmeldung: Gabriele Kramer, Tel. 089 / 21 79 - 592,
g.kramer@deutsches-museum.de. Das detaillierte Ferienprogramm ist ab
Mitte Oktober auf der Internetseite des Deutschen Museums nachzulesen.

Mi 02.11. – Fr 04.11., 10.00 – 16.00 Uhr

Mikroskopierparcours

Mi 02.11./Fr 04.11., 10.00 – 12.30 Uhr

Mikroskope und Mikroskopieren

Mi 03.11./Do 04.11., 14.00 – 16.00 Uhr

Bilder aus dem Röntgenapparat

Mi 03.11., 10.00 – 16.00 Uhr

Trickfilmworkshop

MÄRCHEN IM MUSEUM

Keine Platzreservierung nötig, die genauen Spielzeiten und Spielorte entnehmen Sie bitte den aktuellen Angaben auf unserer Internetseite und der Tagespresse.

Nähere Informationen unter: 089 / 21 79 - 592, g.kramer@deutsches-museum.de

So 04.12., So 11.12., So 18.12.

VERKEHRZENTRUM

SONDERAUSSTELLUNGEN

Bis 8. Januar 2012

Benz & Co. – 125 Jahre Benz-Patent-Motorwagen

Bis 30. Dezember

Mobil mit Handicap!?

SONDERVERANSTALTUNGEN

Di 08.11., 10.00 – 16.30 Uhr

Fachmesse Polizeiliche Kriminalprävention

Sa 05.11., 13.00 – 16.00 Uhr

Kommunikation und Behinderung

Sa 26.11., 13.00 – 16.00 Uhr

Markt der Organisationen

LANGE NACHT DER MÜNCHNER MUSEEN

Oldtimer-Shuttleservice, Führungen, Film, Performance

Sa 15.10., 19.00 – 2.00 Uhr

SICHER UND FIT IM STRASSENVERKEHR FÜR ÄLTERE VERKEHRSTEILNEHMER

Anmeldung erforderlich: Jürgen Bittner, Tel. 089 / 62 16 - 36 15,

Kosten: Museumseintritt

Di 11.10., Di 22.11., Di 06.12., jeweils 14.30 – 16.30 Uhr

VORTRÄGE

Donnerstag, Beginn: 18.30 Uhr (soweit nicht anders angegeben),

Eintritt: 3,- €, Mitglieder frei

13.10., 18.00 Uhr

Bahnknoten München

20.10.

Thema s. Tagespresse

03.11.

Barrierefreiheit, was ist das?

10.11., 17.30 Uhr

Aktuelle Projekte im Verkehrsbereich

17.11.

Thema s. Tagespresse

24.11.

Die neue Lust am Gehen: Fußverkehrsstrategien

08.12.

Thema s. Tagespresse

SENIORENFÜHRUNGEN

Treffpunkt: Kasse, Anmeldung: Seniorenbeirat der LH München,

Burgstraße 4, 80331 München, Tel. 089 / 233 - 2 11 66

Mi 19.10., 14.00 Uhr

Benz & Co. – das erste Auto mit Benzinbetrieb

Mi 16.11., 14.00 Uhr

Führung »Mobil mit Handicap!«

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IM VERKEHRZENTRUM

Buchung von Kindergeburtstagsfeiern unter Tel. 089 / 21 79 - 597

FAHRRAD-FLICK-KURS

Mittwoch, 02.11., 14.30 – 15.30 Uhr, Eintritt: 3,- € zzgl. 1,50 € Materialkosten

Treffpunkt: Kasse, Anmeldung erforderlich: Tel. 089 / 50 08 06 - 500

FAHR MIT DER SONNE –

WORKSHOP »BAUE DEIN SOLARMOBIL«

Für Kinder ab 8 Jahren, Kosten: Museumseintritt, Anmeldung erforderlich unter

Tel. 089 / 54 54 08 80 oder info@kindermuseum-muenchen.de

Mi 02.11., Do 03.11., jeweils 11.00 – 12.30 Uhr

FAHRRAD-GESCHICKLICHKEITSPARCOURS UND MOBILE FAHRRADWERKSTATT

Fr, 04.11., 11.00 – 16.00 Uhr

Für Kinder von 6 bis 12 Jahren, Anmeldung: Tel. 089 / 50 08 06 - 500,

Fax 089 / 50 08 06 - 501, Kurskosten: 3,50 € pro Kind (Ferienpassinhaber: 2,- €)

zzgl. 1,50 € Materialkosten, Begleitpersonen: Museumseintritt

KINDERFÜHRUNGEN

Jeweils 14.30 Uhr, Kosten: Museumseintritt

Wie die Kutsche auf die Schiene kam

Treffpunkt: Halle II vor S 3/6, Sa 01.10., Sa 29.10., Sa 10.12., Mo 26.12.

Vom Hochrad zum Mountainbike

Treffpunkt: Kasse, Sa 8.10., Sa 05.11., Sa 26.11., Fr 30.12.

Geschichten und Geschichte der Trambahn

Treffpunkt: MAN-Lkw (Halle I), Sa 03.12., Mi 28.12.

Von der Kutsche zum Automobil – Wie das Auto laufen lernte

Treffpunkt: Kasse, Sa 15.10., Sa 12.11., Do 29.12.

SONDERAUSSTELLUNG

Kunst und Werbung an Verkehrsflugzeugen
21. Oktober 2011 bis 29. Januar 2012

Der bunten Seite der Luftfahrt widmet sich die Flugwerft Schleißheim in einer Sonderausstellung. Gezeigt werden u. a. Fotografien und Modelle von Flugzeugen mit kunstvoller Sonderlackierung.



Warum braucht die Eisenbahn Signale?

Treffpunkt: Halle II vor S3/6, Sa 22.10., Sa 19.11.

Winker, Blinker und Verkehrszeichen

Treffpunkt: MAN-Lkw (Halle I), Mo 31.10., Do 03.11., Sa 17.12.

MÄRCHEN IM MUSEUM

Nähere Informationen unter: 089 / 21 79 - 592, g.kramer@deutsches-museum.de

So 04.12., So 11.12., So 18.12.

10.00 Uhr Von Schienen, Dampf und Pferdestärke

14.00 Uhr Der kleine Lord und sein Hochrad

FLUGWERFT SCHLEISSHEIM

SONDERAUSSTELLUNGEN

Ab 21.10. Kunst und Werbung an Verkehrsflugzeugen

SONDERVERANSTALTUNGEN

Sa 26.11., 10.00 – 16.00 Uhr Flugzeug-Sammlerbörse

So 27.11., 10.00 – 16.00 Uhr Flugzeug-Sammlerbörse

Mo 03.10., 9.00 – 17.00 Uhr Oldtimer-Modellfliegen

So 09.10., 9.00 – 17.00 Uhr Tag des Modellbaus

Sa 15.10., 9.00 – 17.00 Uhr PC-Flugtag

So 16.10., 9.00 – 17.00 Uhr PC-Flugtag

So 06.11., 12.00 – 17.00 Uhr Hallen-Airshow

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM IN DER FLUGWERFT

MÄRCHEN IM MUSEUM

Nähere Informationen unter: Tel. 089 / 21 79 - 592, g.kramer@deutsches-museum.de

So 04.12., So 11.12., So 18.12., jeweils 14.00 Uhr

FLUGMODELLBAUKURS

Für Kinder ab 12 Jahren, Jugendliche und Erwachsene

Anmeldung: Tel. 01 73 / 4 80 73 68, E-Mail: epocheIII@t-online.de

Kosten: 49,- € (inkl. Kursgebühr, Materialkosten und Museumseintritt)

Sa 22.10., jeweils 9.00 – 17.00 Uhr

WORKSHOP SAALFLUG

Für Kinder ab 12 Jahren, Anmeldung erforderlich unter eder-h@arcor.de

Kosten: 12,- € (zzgl. Museumseintritt)

Sa 12. 11., 10.00 – 17.00 Uhr

BAU EINER MODELLRAKETE

Für Kinder ab 12 Jahren, Jugendliche und Erwachsene

Anmeldung: Tel. 01 73 / 4 80 73 68, E-Mail: epocheIII@t-online.de

Kosten: 49,- € (inkl. Kursgebühr, Materialkosten und Museumseintritt)

Vorausgabe zur Bestätigung der Anmeldung, Teilnehmerbegrenzung

Sa 19.11., 10.12., jeweils 9.00 – 17.00 Uhr

DEUTSCHES MUSEUM BONN

SONDERAUSSTELLUNGEN

Bis 26. Februar 2012 Kekulé's Traum – Von der Benzolformel zum Bonner Chemiepalast

TURNUSFÜHRUNG – EXPONATE À LA CARTE

Kosten: Museumseintritt, keine Anmeldung erforderlich

jeweils Samstag, 15.00 Uhr, Sonn- und Feiertag, 11.00 und 15.00 Uhr

VORTRÄGE

Eintritt frei.

05.10., 19.00 Uhr Radioteleskop Effelsberg

11.10., 19.00 Uhr Superfrüchte – Exotisches Obst mit natürlichem Zusatznutzen?

19.10., 19.00 Uhr Im Reich der Farben

KINDER- UND JUGENDPROGRAMM

Buchung von Schüler- und Kindergruppen unter Tel. 02 28 / 3 02-256,

Di – Fr, jeweils 10.00 – 17.00 Uhr

15. OKTOBER: RHEINISCHES LESEFEST KÄPT'N BOOK

Kostümierung erwünscht, bitte Sitzkissen mitbringen! Eintritt frei!

13.00 – 18.00 Uhr Sesam... öffne dich!

1001 Nacht im Deutschen Museum Bonn

13.00 Uhr Einlass

14.00 Uhr Sindbad und das Meer

15.30 Uhr Prof. Technikus und Prof. K. Wumm aus der Wunderlampe

17.00 Uhr Açıl Susam Açıl! – Sesam ... öffne dich!

17.45 Uhr Orientalischer Tanz

17.50 Uhr Kostümwettbewerb »1001 Nacht!«

18.00 Uhr Fakirshow, Abschlusspräsentation

EXPERIMENTIERKÜCHE ENTDECKEN

Für Kinder ab 7 Jahren und ihre Eltern, jeden 2. und 4. Sonntag im Monat,

jeweils 11.00 – 17.00 Uhr, keine Anmeldung erforderlich, Kosten: Museumseintritt

TURNUS-WORKSHOPS

Anmeldung: Tel. 02 28 / 3 02-256, info@deutsches-museum-bonn.de, Kosten: 7,50 €

Sa 01.10., 11.00 – 12.30 Uhr Pfiffikus trifft Luftikus

Sa 01.10., 15.00 – 16.30 Uhr Sternengucker

So 02.10., 11.00 – 12.30 Uhr Sonne

Mo 03.10., 15.00 – 16.30 Uhr Die unsichtbare Kraft

Sa 08.10., 11.00 – 13.00 Uhr Roberta NXT

Sa 08.10., 15.00 – 16.30 Uhr Basteln, Bauen, Begreifen

So 09.10., 11.00 – 13.00 Uhr Reise zu Bits & Bytes

So 16.10., 11.00 – 13.00 Uhr WasserReich

Sa 22.10., 15.00 – 17.00 Uhr Roberta RCX

So 23.10., 11.00 – 12.30 Uhr Die unsichtbare Kraft

Sa 29.10., 15.00 – 16.30 Uhr Vorsicht, Hochspannung



Lärmbelästigung

Text: Daniel Schnorbusch, Illustration: Jana Konschak

Dieser Gesellschaft fehlt nur eines: die Ruhe. Alles haben wir im Übermaß – Autos, Kernkraftwerke, Fernseher, Talkshows. Aber was wir nicht haben ist – Stille. Alle Welt redet von CO₂, von Feinstaub, von radioaktiver Strahlung. Ist ja schön und gut. Aber die schlimmste Emission ist doch in Wahrheit der ganze uns ständig umgebende Lärm, das allgemeine und allgegenwärtige Gequassel. Frau Melkfuß zum Beispiel, meine Hausmeisterin. Gut, sie ist allein, sie hat niemanden. Wenn sie mich im Treppenhaus erwischt – und sie erwischt mich dauernd –, bin ich anschließend umfassend informiert über die Ehepro-

bleme von Caroline von Monaco, über die aktuellen Preise für Essigreiniger bei Schlecker, Aldi oder dm, über die Verdauungsprobleme ihrer Cousine Gerda, die ja jetzt wieder einen »Bekannten« habe, nachdem sich doch ihr Ehemann – »einer aus der Ostzone« – vor fünf Jahren mit allen Ersparnissen nach Ungarn abgesetzt hatte. »Wegen einer Zigeunerin.« Ich weiß Bescheid über den Zustand ihres »schlimmen Beines«, bin im Bilde über die missratenen Gören von Familie Schlünder aus dem vierten Stock und bekomme schließlich mitgeteilt, dass ich meinen Papiermüll gefälligst nicht in die Restmülltonne schmeißen

solle. Wenn ich das rettende Ufer meiner Wohnung endlich erreiche, blinkt der Anrufbeantworter. Vier neue Mitteilungen. Ein Meinungsforschungsinstitut macht eine Umfrage und will sich später wieder melden. Paul fragt, wo ich eigentlich stecke, auch bei meinem Handy melde ich immer nur die Mailbox. Eine Nachricht besteht nur aus einem komischen Knirschen und Knistern, als ob Außerirdische mir eine verschlüsselte Botschaft zukommen lassen wollten. Und die letzte Nachricht ist von Gudrun, die mir einen Vortrag über Freundschaft im Allgemeinen und Besonderen hält, die man nämlich pflegen müsse, weil sonst könne man es auch gleich lassen. Und sie wollte wissen, ob ich was von Fräulein Schröder gehört habe. Eine Minute später klingelt mein unvorsichtigerweise wieder eingeschaltetes Mobiltelefon. Ein Herr Klapper oder Plapper bietet mir einen neuen Tarif an, der viel güns-



tiger sei als mein jetziger, den es, wie ich erstaunt erfahre, eigentlich gar nicht mehr gebe. Ich würde auch ein neues Handy bekommen, wenn ich den neuen Vertrag, den er mir bereits »nur mal so prophylaktisch« zugeschickt habe, unterschreiben und zurückfaxen würde.

Ich wimmle Herrn Plapper oder wie der heißt wieder ab, koche mir einen Kaffee, schnappe mir die Zeitung und setze mich auf den Balkon. Aber über den ersten Artikel komme ich nicht hinaus, denn in der Dachwohnung gegenüber beginnen sich zwei zu massakrieren. So hört sich das wenigstens an. Sie schreit, er brüllt, scheppernde Geräusche, ein dumpfer Aufprall, Gekreisch, irgendwas, ein Teller wahrscheinlich, fliegt aus dem Fenster, saust an meinem Geländer vorbei und zerschellt vier Stockwerke tiefer auf dem Pflaster. Eine halbe Stunde später bin ich unterwegs, um Sabine, eine alte Freundin von Fräulein

Schröder, zu treffen, die angeblich neue Informationen über deren Verbleib hat. Auf dem Weg zur U-Bahn begegnet mir ein Irrer, der offenbar Stimmen hört. »Lass uns das Meeting verschieben. Morgen muss ich nach London«, faselt er in die Luft zu niemandem, während er seinen Rollenkoffer ratternd hinter sich herzieht. Ich höre Bremsen quietschen und ein Hupkonzert. Um ein Haar wäre in einer Maschine nach London ein Platz frei geworden. Wenig später schlagen die U-Bahn-Türen krachend zusammen, eine junge Kreative mit schwarzem Brillengestell und Kapuzenpullover hält ein iPad in der Hand und redet ununterbrochen auf den Bildschirm ein. Wie lange wird es eigentlich noch dauern und wir können mit einem Kaffeebecher oder einem Käsesandwich telefonieren?

Mit Sabine sitze ich im Café und versuche, mich auf die Getränkekarte zu konzentrieren,

was aber nicht gelingt, weil Sabine ganz klar einen neuen Rekord in der Disziplin aufstellen will: Erzähle die ganze Geschichte deines Mallorca-Urlaubs in zehn Minuten ohne Luft zu holen und unterschreibe dabei nicht die 100-Dezibel-Marke. Ist es also wirklich so unhöflich, dass ich meine Ohropaxdose aus der Tasche hole und mir Wachspfropfen ins Ohr stopfe? Sabine steht jedenfalls auf, ruft irgendwas, was ich nicht genau verstehe, und rauscht von dannen, was mir allerdings egal ist, denn über Fräulein Schröders Aufenthalt hatte sie ohnehin nichts Brauchbares zu berichten gewusst. Angeblich sei sie auf einer Kanalinsel gesichtet worden. Tolle Information. Was tun mit dem angebrochenen Abend? Ich gehe ins Kino nebenan. Der Film war, glaube ich, ganz okay. Eine Liebesgeschichte zwischen einem Mann und einer Frau. Vielleicht war's auch umgekehrt. Ich kann mich an die Details nicht genau erinnern, weil ich mit meinem Nachbarn zur Rechten eine kleine Auseinandersetzung habe über Popcorn kauen während der Film läuft. Als ich ihm schließlich, was bleibt mir übrig, den Popcorneimer aus der Hand schlage, gibt es einen kleinen Tumult. Einige Kinogäste sind in Mitleidenschaft geraten. Ein Cola-Becher ist auch irgendwie umgekippt. Mein Nachbar zur Linken hat angeblich meinen Ellbogen ins Gesicht gekriegt. Geschieht ihm doch recht. Was muss der sich auch einmischen und hier so einen Krach veranstalten. Als sich dann auch noch mitten im Getümmel mein Handy mit »Freude schöner Götterfunken« meldet und ich es nicht gleich finde, um es auszuschalten, werde ich von irgendwelchen Ignoranten rüde aus dem Saal gezerzt. Draußen wartet der Kinofritze und erteilt mir Hausverbot. Radaubröder seien hier nicht willkommen. Ha!, brülle ich, das sei wohl ein Witz. Da solle er mal lieber diese ganzen Popcornfresser aus dem Saal schmeißen. Eine harmlose Bewegung meinerseits missversteht er dann wohl, denn ich sehe kurz eine Faust aufleuchten. Dann ist es dunkel und es herrscht endlich absolute Ruhe. Endlich. ■



Oben: Werbung für Hoover-Staubsauger, 1940.

Rechts: Ein Kochkurs soll Berliner Hausfrauen im Jahr 1956 von den Vorteilen des Elektroherds überzeugen.



Abbildungen: akg-images

DER HÄUSLICHE MASCHINENPARK

Hätten Sie's gewusst? Mehr als ein Drittel des in Deutschland verbrauchten Stroms wird von den privaten Haushalten genutzt. Das 20. Jahrhundert markiert den Beginn des Siegeszugs elektrischer Haushaltsgeräte – vom Bügeleisen über die Waschmaschine bis hin zum Staubsauger. Anfangs begegneten viele Frauen den neuen elektrischen Haushalts Helfern mit Misstrauen. Die Industrie hielt erfolgreich mit Werbung und Aufklärung in speziellen Hausfrauenkursen dagegen. Heute können wir uns einen Haushalt ohne elektrische Geräte kaum noch vorstellen.

Unsere Autorinnen und Autoren zeichnen Entwicklungslinien nach, sie dokumentieren die Veränderung des Nutzungsverhaltens, fragen nach den Auswirkungen des Energieverbrauchs und nach den Möglichkeiten der Verbraucher, Energie auch zuhause konsequent einzusparen.

IMPRESSUM

Das Magazin
aus dem Deutschen Museum

35. Jahrgang

Herausgeber: Deutsches Museum München
Museumsinsel 1
80538 München
Postfach 80306 München
Telefon (089) 21 79-1
www.deutsches-museum.de

Gesamtleitung: Rolf Gutmann (Deutsches Museum),
Dr. Stefan Bollmann (Verlag C.H. Beck, verantwortlich)

Beratung: Dr. Johannes-Geert Hagmann (Deutsches
Museum), Prof. Dr. Jörg Eberspächer (TU München)

Redaktion: Sabrina Landes-Rachlé (Leitung), Andrea
Bistrich, Manfred Grögler (Korrektur), Birgit
Schwintek (Grafik), Bärbel Bruckmoser (Produktion)
Günderodestraße 24, 81827 München, Telefon (089)
12 11 67-12, Fax (089) 12 11 67-27, E-Mail:
landes@folio-muc.de, www.folio-muc.de

Verlag: Verlag C.H. Beck oHG, Wilhelmstraße 9,
80801 München; Postfach 40 03 40, 80703 Mün-
chen, Telefon (089) 3 81 89-0, Telefax (089) 3 81 89-
398, Postbank: München 62 29-802, www.beck.de;
Der Verlag ist oHG. Gesellschafter sind Dr. Hans
Dieter Beck und Dr. h.c. Wolfgang Beck, beide Ver-
leger in München.

Wissenschaftlicher Beirat: Dr. Frank Dittmann
(Kurator Energietechnik, Starkstromtechnik, Auto-
mation), Dr. Johannes-Geert Hagmann (Kurator
Physik, Geodäsie, Geophysik) Dr. Nina Möllers
(Forschungsinstitut), PD Dr. Elisabeth Vaupel (For-
schungsinstitut), Bernhard Weidemann (Leiter
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)

Herstellung: Bettina Seng, Verlag C.H. Beck

Anzeigen: Fritz Leberher (verantwortlich), Verlag
C.H. Beck oHG, Anzeigen-Abteilung, Wilhelm-
straße 9, 80801 München; Postfach 40 03 40, 80703
München; Telefon (089) 3 81 89-598, Telefax (089)
3 81 89-599. Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 27,
Anzeigenschluss: sechs Wochen vor Erscheinen.

Repro: Rehbrand, Rehms & Brandl Medientechnik
GmbH, Friedenstraße 18, 81671 München

Druck und Bindung: Memminger MedienCen-
trum, Fraunhoferstraße 19, 87700 Memmingen

Versand: Druckerei C.H. Beck, Niederlassung des
Verlags C.H. Beck oHG, Bergerstr. 3, 86720 Nördlingen

Bezugspreis 2011: Jährlich 24,- €;
Einzelheft 7,- €, jeweils zuzüglich Versandkosten

Für Mitglieder des Deutschen Museums ist der
Preis für den Bezug der Zeitschrift im Mitgliedsbei-
trag enthalten (Erwachsene 52 €, Schüler und Stu-
denten 32 €). Erwerb der Mitgliedschaft: schriftlich
beim Deutschen Museum, 80306 München. **Für
Mitglieder der Georg-Agricola-Gesellschaft** zur
Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften
und der Technik e.V. ist der Preis für den Bezug der
Zeitschrift im Mitgliedsbeitrag enthalten. Weitere
Informationen: Georg-Agricola-Gesellschaft, Insti-
tut für Wissenschafts- und Technikgeschichte, TU
Bergakademie Freiberg, 09596 Freiberg, Telefon
(037 31) 39 34 06

Bestellungen von Kultur & Technik über jede
Buchhandlung und beim Verlag. **Abbestellungen**
mindestens sechs Wochen vor Jahresende beim Ver-
lag.

Abo-Service: Telefon (089) 3 81 89-679

Die Zeitschrift erscheint vierteljährlich. Sie und
alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen
sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung
außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts-
gesetzes bedarf der Zustimmung des Verlags. Der
Verlag haftet nicht für unverlangt eingesandte
Beiträge und Bilddokumente.

ISSN 0344-5690

