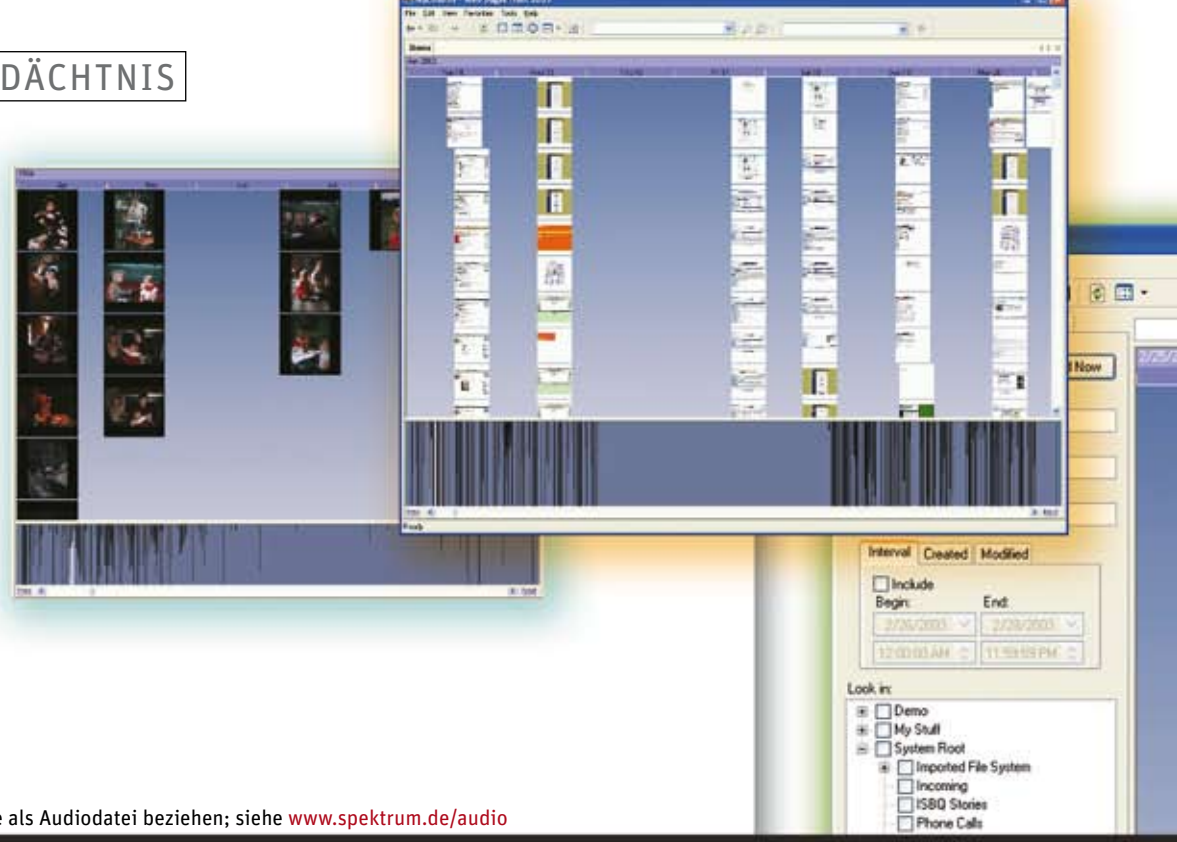
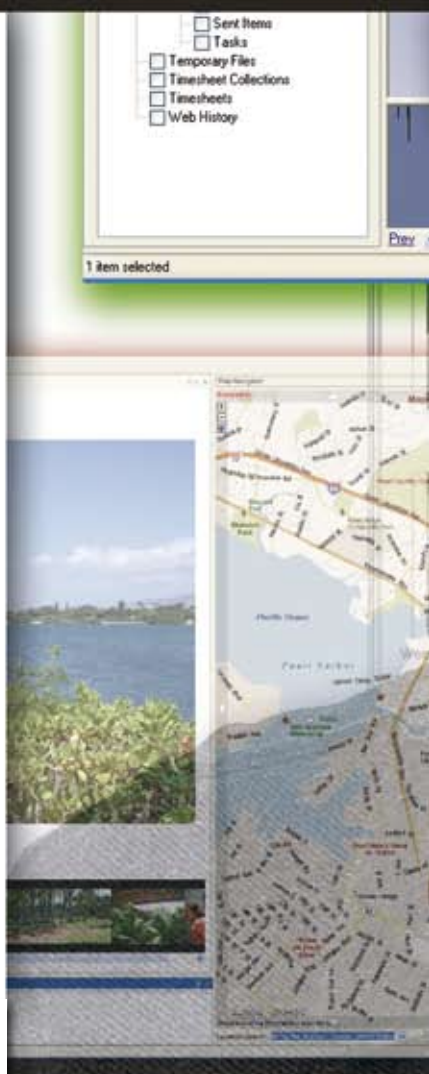


Diesen Artikel können Sie als Audiodatei beziehen; siehe www.spektrum.de/audio

Erinnerung total



Dank neuester Technik werden die Menschen alles aufzeichnen können, was sie sehen, hören, sagen und schreiben. All diese Daten sind in einem persönlichen digitalen Archiv verfügbar.

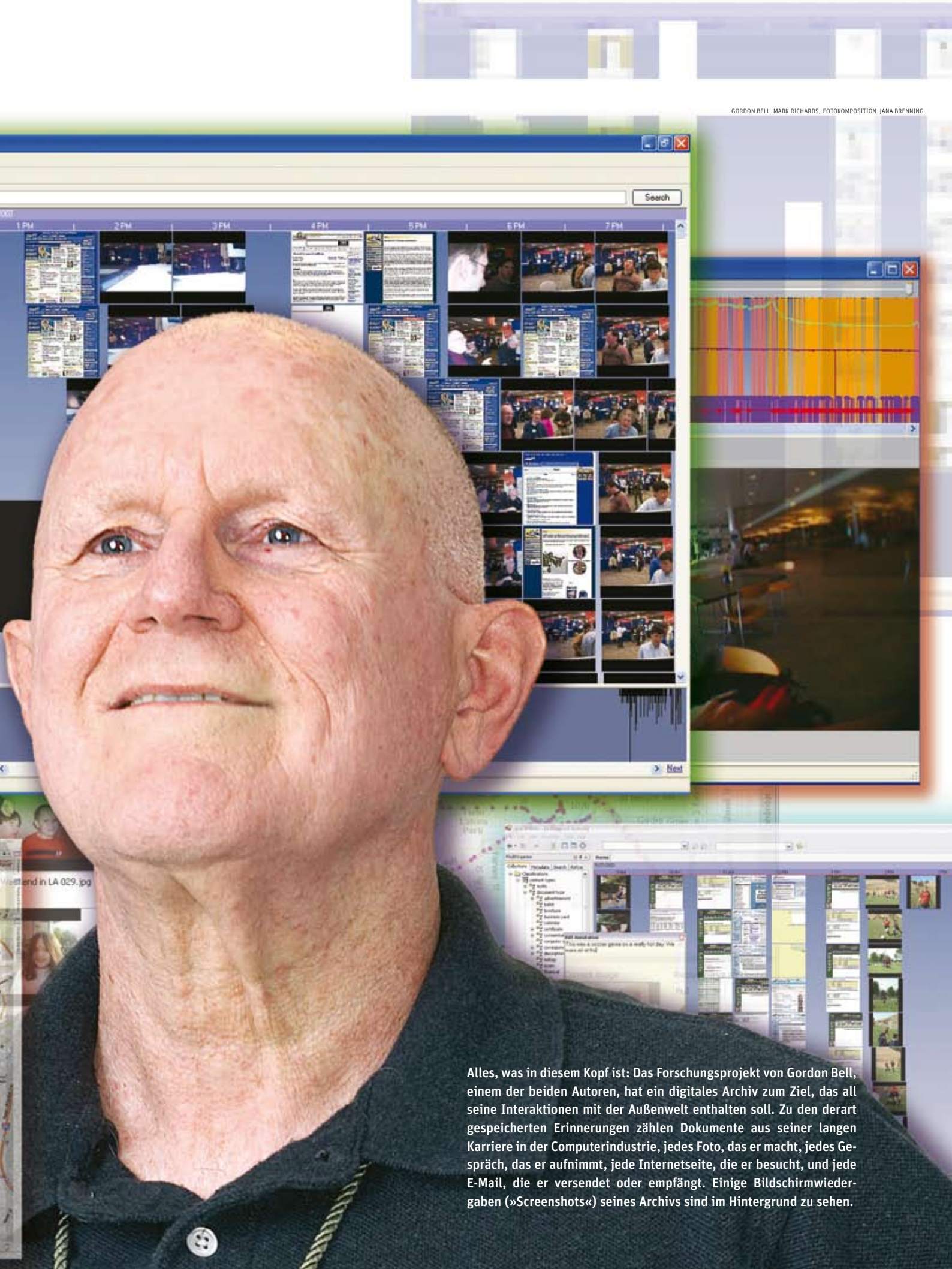
Von Gordon Bell und Jim Gemmell

Unser Gedächtnis ist oft nervtötend unzuverlässig. Wir stoßen jeden Tag an seine Grenzen, wenn uns die Telefonnummer eines Freundes, der Name eines Geschäftspartners oder der Titel eines Lieblingsbuchs nicht einfallen will. Wir alle haben Strategien gegen die Folgen unserer Vergesslichkeit entwickelt, vom guten alten Schmierzettel bis zum elektronischen Terminplaner, und trotzdem gehen uns immer wieder wichtige Informationen durch die Lappen.

Seit einiger Zeit arbeiten wir in einer Gruppe bei Microsoft Research an einem Pilotprojekt, das der Unvollkommenheit unseres Gedächtnisses radikal abhelfen soll: der totalen digitalen Aufzeichnung eines Menschenlebens. Unsere erste Versuchsperson ist einer von uns: Gordon Bell. Seit sechs Jahren unternehmen wir es, seine Kommunikation mit anderen Menschen sowie all seine Interaktion mit Maschinen aufzuzeichnen, außerdem alles, was er sieht und hört, sowie alle Internetseiten, die er aufsucht, und dies alles in einem persönlichen digitalen Archiv abzuspeichern, das einerseits leicht zu durchsuchen und andererseits sicher ist.

Die Aufzeichnung beschränkt sich nicht auf bewusst Erlebtes. Tragbare Sensoren messen Dinge, die der Mensch überhaupt nicht wahrnimmt, wie etwa den Sauerstoffgehalt im Blut oder die CO_2-Konzentration in der Atemluft. Ein Computer kann dann diese Daten auf gewisse Muster hin durchsuchen; so wäre zum Beispiel festzustellen, unter welchen Umweltbedingungen sich Asthma bei einem Kind verschlimmert oder ob die Daten des Herzschlags zusammen mit anderen physiologischen Größen Vor- ▷

GORDON BELL: MARK RICHARDS; FOTOKOMPOSITION: JANA BRENNING



Alles, was in diesem Kopf ist: Das Forschungsprojekt von Gordon Bell, einem der beiden Autoren, hat ein digitales Archiv zum Ziel, das all seine Interaktionen mit der Außenwelt enthalten soll. Zu den derart gespeicherten Erinnerungen zählen Dokumente aus seiner langen Karriere in der Computerindustrie, jedes Foto, das er macht, jedes Gespräch, das er aufnimmt, jede Internetseite, die er besucht, und jede E-Mail, die er versendet oder empfängt. Einige Bildschirmwiedergaben (»Screenshots«) seines Archivs sind im Hintergrund zu sehen.

Ein Tag im digitalen Leben

Ein Blick in den Alltag der fiktiven Familie Digital, die in gar nicht ferner Zukunft lebt, illustriert einige der zahlreichen Vorteile einer lebenslangen digitalen Speicherung.

Anne Digital ist Chemieprofessorin und benötigt einen wissenschaftlichen Artikel, nur leider fällt ihr der Name des Autors nicht ein. Sie erinnert sich aber daran, dass sie den Artikel im vergangenen Sommer gelesen hat, während sie gerade mit einem Studenten telefonierte. Sie lässt das System gezielt die Dokumente suchen, die sie sich während der Gespräche mit dem Studenten angesehen hat – das wurde damals automatisch mit aufgezeichnet –, und findet sofort den Artikel, den sie braucht.

David bringt seine siebenjährige Tochter Laura zum Arzt. Lauras Gesundheitsanalyseprogramm hat eine Untersuchung empfohlen, da sie in den letzten sechs Monaten weniger zugenommen hat als erwartet. (Ihre Badezimmerwaage erfasst täglich ihr Gewicht.) Der Arzt vermutet, dass es sich um eine Nebenwirkung von Lauras Asthmamittel handelt. Da sie in den letzten Monaten überhaupt keine Beschwerden beim Atmen hatte, schlägt er vor, die Medikamente für eine Weile abzusetzen.

David Digital, von Beruf Wertpapierhändler, lässt alles, was an einem Arbeitstag anfällt – Dokumente, E-Mails, Telefongespräche und besuchte Internetseiten – archivieren. Während er gerade eine E-Mail schreibt, weist ihn sein Zeitplanungsprogramm darauf hin, dass er zu viel Zeit für die Kommunikation mit einem unbedeutenden Kunden aufwendet. Darauf wendet er sich einem viel wichtigeren Konto zu. David lässt sich außerdem übersichtlich darstellen, wie sich die stressigen letzten zwei Tage voller anstrengender Besprechungen auf sein Gewicht, seine Herzfrequenz und seine Kalorienaufnahme ausgewirkt haben.

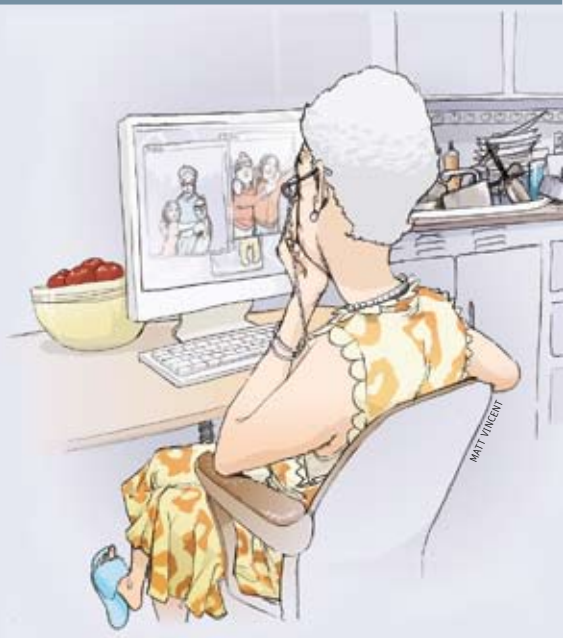
▷ boten eines Herzanfalls sind. In Gestalt dieser Sensoren läuft also ein permanentes medizinisches Früherkennungsprogramm. Ihr Arzt hätte Zugang zu Ihrer detaillierten und ständig aktuellen Krankenakte, und wenn Sie, wie üblich, auf die Frage »Wann ist dieses Symptom zum ersten Mal aufgetreten?« keine klare Antwort haben – im digitalen Archiv ist sie zu finden.

In unserem Forschungsprojekt »MyLifeBits« haben wir einige Hilfsmittel für ein solches lebenslanges digitales Archiv ausgearbeitet. Es gelingt uns inzwischen, ein Ereignis so lebensecht in Ton und Bild wiederzugeben, dass dies der persönliche Erinnerung so aufhilft wie das Internet der wissenschaftlichen Recherche. Zu jedem Wort, das der Besitzer des Archivs irgendwann – in einer E-Mail, in einem elektronischen Dokument oder auf einer Internetseite – gelesen hat, findet er mit ein paar Tastendrücken den Kontext. Der Computer führt eine Statistik über die Beschäftigungen seines Besitzers und macht ihn beizeiten darauf aufmerksam, dass er sich für die wichtigen Dinge des Lebens nicht genügend Zeit nimmt. Er kann auch die räumliche Position seines Herrn in regelmäßigen Zeitabständen festhalten und damit ein komplettes Bewegungsbild erstellen. Aber vielleicht das Wichtigste: Das Leben eines Menschen wird der Nachwelt, insbeson-

In Kürze

- Weil das menschliche Gedächtnis fehlbar ist, arbeiten Forscher an einem System, das persönliche Kommunikation, Dokumente, Bilder und Videos automatisch aufzeichnet und alles in einem **durchsuchbaren Archiv** bereithält.
- Aufzeichnen und Abspeichern werden durch den rasanten Fortschritt in Sensor- und Speichertechnologie immer einfacher und billiger. Das größere Problem ist die **Entwicklung von Software**, die diese Daten organisiert und auffindbar macht.
- **Digitale Gedächtnisse** werden große Vorteile in der medizinischen Versorgung, der Arbeitsproduktivität und anderen Bereichen mit sich bringen, aber die Entwickler müssen dafür Sorge tragen, dass die **Archive sicher** sind.

Beim Abendessen streiten sich David und Anne mit ihrem 14-jährigen Sohn Stefan. Anne ärgert sich darüber, dass Stefan seine Hausaufgaben immer erst in allerletzter Minute erledigt, und besteht darauf, dass er sich auf der Stelle an seinen Aufsatz macht. Stefan zeigt seinen Eltern aber die Auswertungen seines Lernanalyseprogramms, die zeigen, dass seine Noten sich durch die späte Arbeit nicht verschlechtert haben. Sein digitaler Speicher lässt obendrein erkennen, dass er eher ein auditiver Lerntyp ist und mehr von Gesprächen in der Gruppe profitiert als durch Lesen.



Annes Mutter Johanna ist Rentnerin und wohnt in einem Heim für betreutes Wohnen. Das Hauspersonal hat Zugang zu Teilen ihres digitalen Speichers und wird automatisch benachrichtigt, wenn Herzschlag oder Atmung Unregelmäßigkeiten aufweisen oder wenn ihre tragbaren Geräte anzeigen, dass sie ihre üblichen Spaziergänge ausfallen lässt. Anne beobachtet inzwischen regelmäßig das digitale Protokoll der Spülmaschine; denn wenn ihre Mutter sich nicht gut fühlt, merkt man das daran, dass sie den Abwasch vernachlässigt. Abends vor dem Einschlafen unternimmt Johanna einen ausgedehnten Spaziergang durch ihre Erinnerungen: Ihr interaktiver Bildschirms zeigt ihr Fotos und Videos aus ihrem digitalen Archiv.

dere seinen Kindern und Enkeln, so genau, so lebhaft und mit allen Einzelheiten überliefert, wie es bisher den Reichen und Berühmten vorbehalten war.

Ein Netz von Pfaden

Ein früher Traum von einem maschinell erweiterten Gedächtnis wurde gegen Ende des Zweiten Weltkriegs von Vannevar Bush geäußert. Bush, damals Direktor des Office of Scientific Research and Development (OSRD), das die militärischen Forschungsprogramme der USA koordinierte, und besser bekannt als Erfinder des Analogrechners, stellte 1945 in seinem Aufsatz »As we may think« eine fiktive Maschine namens Memex (*Memory Extender*, »Gedächtnis-Erweiterer«) vor, die alle Bücher, alle Aufzeichnungen und die gesamte Kommunikation eines Menschen auf Mikrofilm speichern sollte. Das Memex sollte in einem Schreibtisch eingebaut sein und über eine Tastatur, ein Mikrofon und mehrere Bildschirme verfügen. Bush hatte vorgesehen, dass der Benutzer am Schreibtisch mit einer Kamera Fotografien und Dokumente auf Mikrofilm ablichtete oder neue Dokumente erstellte, indem er auf einen berührungsempfindlichen Bildschirm schrieb. Unterwegs sollte eine per Stirnband am Kopf befestigte Kamera das Aufzeichnen übernehmen. Vor allem aber sollte das Memex ähnlich dem menschlichen Gehirn zu assoziativem Denken fähig sein. Bush beschreibt das sehr plastisch: »Kaum hat es einen Begriff erfasst, schon springt es zum nächsten, geleitet von Gedankenassoziationen und entlang einem komplexen Netz von Pfaden, das sich durch die Gehirnzellen zieht.«

Im Lauf des folgenden halben Jahrhunderts entwickelten unerschrockene Informatikpioniere, unter ihnen Ted Nelson und Douglas Engelbart, einige dieser Ideen, und die Erfinder des World Wide Web setzten Bushs »Netz von Pfaden« in die Netzstruktur ihrer verlinkten Seiten um. Das Memex selbst blieb jedoch technisch außer Reichweite. Erst in den letzten Jahren haben die rasanten Fortschritte in Speichertechnik, Sensorik und Rechentechnologie den Weg für neue Aufzeichnungs- und Suchtechniken geebnet, die im Endeffekt weit über Bushs Vision hinausgehen könnten.

Das jüngste Wachstum der digitalen Speicherkapazitäten ist atemberaubend: Eine Festplatte für 500 Euro bietet heute bereits Platz für 1 Terabyte Daten. Das sind 1000 Gigabyte oder eine Billion (10^{12}) Bytes, ausreichend für die komplette Lektüre eines Lebens – Bücher, Aufsätze, E-Mail und Webseiten –, eine ausgedehnte Sammlung an Musik-CDs sowie für die nächsten 60 Jahre täglich ▷

MARK RICHARDS

Die SenseCam, die Bell um den Hals trägt, macht automatisch Bilder, wenn ihre Sensoren registrieren, dass sich die Lichtverhältnisse ändern oder andere Personen in der Nähe sind. Ein GPS-Gerät verzeichnet permanent Bells Aufenthaltsort. So kommt ein nach Zeit und Ort aufgeschlüsseltes Bildprotokoll eines Tages zu Stande.

▷ acht Stunden Sprache sowie zehn Fotos (Grafik S. 90). Wenn die Entwicklung so weitergeht wie bisher, passt dieselbe Menge an Informationen in zehn Jahren bereits auf die Speicherkarte eines Handys. Das wiederum ist drahtlos mit dem 4-Terabyte-Laufwerk des Computers zu Hause verbunden, das weniger als 100 Euro kosten wird. In 20 Jahren bekommt man für 500 Euro wahrscheinlich schon 250 Terabyte Speicherplatz – genug für mehrere zehntausend Stunden Videoaufnahmen und viele Millionen Fotos. Damit dürfte der Aufzeichnungsbedarf eines einzelnen Menschen für mehr als hundert Jahre gedeckt sein.

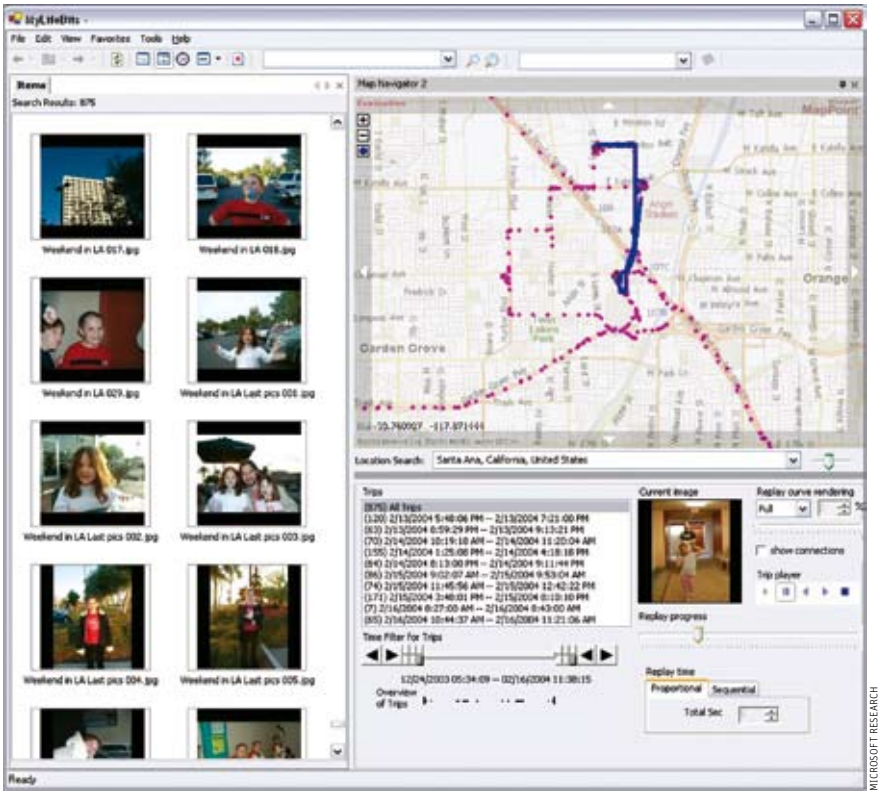
Gleichzeitig entwickelt die Industrie eine neue Generation von preiswerten Sensoren, die bald schon allgegenwärtig sein werden. Manche erfassen eine Vielzahl von Informationen über den Gesundheitszustand ihres Trägers sowie seine körperlichen Bewegungen, andere messen Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck und Lichtverhältnisse in der Umgebung. Wärmesensoren bemerken sogar, ob sich ein weiterer Mensch in der Nähe befindet. Einige dieser Geräte wird man am Körper tragen, andere werden im Zimmer aufgestellt oder in Haushaltsgeräte eingebaut. So könnte ein Sensor im Kühlschrank die Essgewohnheiten seines Besitzers daraus erschließen, wann und wie oft die Tür geöffnet wird. Inzwischen sind Mikrofone und Kameras so billig, dass sie praktisch überall eingebaut werden können. In Mobiltelefonen gehört eine Kamera heute schon zur Standardausstattung, Schallaufzeichnungen werden bald folgen.

Schließlich gibt es dank der drastischen Leistungssteigerung in den letzten zehn Jahren Rechner, die enorme Mengen von Information effizient durchsuchen, auswerten und darstellen können. Mit einem gewöhnlichen Laptop kann man heute Datenbanken verwalten, die leistungsfähiger sind als die einer Großbank in den 1980er Jahren und fast hundertmal so groß. Mit einem Handy der Mittelklasse kann man im Internet surfen und Videos abspielen, und es verfügt womöglich bereits über Software zur Spracherkennung.

Daraufhin sind schon jetzt persönliche elektronische Tagebücher in Mode gekommen. Preiswerte Digitalkameras hoher Qualität – einschließlich derer, die in Mobiltelefonen eingebaut sind – haben einen wahren Fotografierboom ausgelöst. Persönliche Homepages werden zunehmend von bilderreichen Internet-Tagebüchern (so genannten Blogs) abgelöst. Speziell junge Leute machen regen Gebrauch von Blogs und mobilen Aufzeichnungsgeräten. Da sich das digitale Aufzeichnen trotz der gegenwärtigen, noch bescheidenen Möglichkeiten derartiger Beliebtheit erfreut, erfüllt es offensichtlich ein weit verbreitetes Bedürfnis; es wird sicherlich noch weiter zunehmen, sowie die Technik einfacher, umfassender und preiswerter wird.

Ratlos vor dem Datenberg

Unsere eigenen Erfahrungen begannen 1998, als Bell beschloss, ab sofort zum papierlosen Leben überzugehen und sich seines gigantischen Haufens von Artikeln, Büchern, Karten, Briefen, Notizzetteln, Postern und Fotos zu entledigen. Zu diesem Zweck mussten sämtliche Dokumente und Gegenstände seines Privatlebens und seiner langen Karriere in der Computerindustrie digitalisiert werden, bis hin zu selbst gedrehten Videos, Tonaufnahmen seiner Vorträge und den Aufzeichnungen seines Anrufbeantworters. Ball machte selbst vor den Aufdru-



MICROSOFT RESEARCH

cken auf seinen Kaffeetassen und T-Shirts nicht halt. Inzwischen hat er die Papierlosigkeit erreicht, wenn auch zu einem stolzen Preis: Ein persönlicher Assistent war mehrere Jahre lang mit nichts anderem beschäftigt, als all die alten Papiere aufzuarbeiten. Neueres Material einzufügen war nicht mehr so mühsam, weil diese Dokumente, Bilder und Videos zum großen Teil bereits in digitaler Form vorlagen.

Nach der großen Einscan-Aktion kam die große Frustration. Mit der damals zur Verfügung stehenden Software war mit dem schönen großen Datenberg nicht viel anzufangen. Das war der Auslöser des Projekts »MyLifeBits«.

Als wir im Jahr 2001 begannen, waren die Suchmaschinen für Desktop-PCs noch sehr unhandlich. Wir entwarfen eine Datenbank, die nicht nur die Möglichkeit zur Volltextsuche innerhalb unserer PCs bietet (was inzwischen schon zur Standardausstattung gehört), sondern digitalisierte Erinnerungen auch über Zusatzinformationen auffindet, beispielsweise Datum, Ort und Gegenstand eines Fotos oder schriftliche oder gesprochene Kommentare, die der Datei beigefügt sind. Diese Metadaten sind häufig entscheidend; so findet man vielleicht eine bestimmte E-Mail nur wieder, weil man weiß, dass man sie irgendwann im Frühjahr verschickt hat. Durch geschicktes Verknüpfen der Metadaten – die zum Großteil automatisch eingetragen werden – mit den digitalen Erinnerungen kann die Datenbank selbst die größten Archive effizient und mit Aussicht auf Erfolg durchkämmen.

An Ferien mit der Familie erinnert man sich besser, wenn diese digital aufgezeichnet und archiviert werden. Schnappschüsse aus dem Urlaub werden in diesem Tagebuch eines Ausflugs nach Los Angeles, den Jim Gemmell (einer der Autoren) mit seinen Kindern unternommen hat, mit den aufgezeichneten GPS-Daten (die Punkte in der Karte) verknüpft.

MyLifeBits hat Bell außerdem mit einer Reihe von neuartigen Geräten ausgestattet, die Kommunikation und Interaktion mit anderen Menschen und mit Maschinen erfassen. Das System zeichnet seine Telefongespräche auf sowie die Radio- und Fernsehprogramme, die er konsumiert. Arbeitet er am Computer, speichert MyLifeBits automatisch eine Kopie jeder Internetseite, die er besucht, und jeder E-Mail, die er sendet oder empfängt. Es speichert alle Dateien, die er öffnet, die Musik, die er sich anhört, und alle Suchanfragen, die er durchführt. Das System führt sogar Proto- ▷

WISSEN
WAS HEUTE WICHTIG IST

Die Redaktion von spektrumdirekt informiert Sie schnell, fundiert und verständlich über den Stand der Forschung.

www.spektrumdirekt.de/heute

spektrumdirekt
Die Wissenschaftszeitung im Internet

koll darüber, welche Fenster sich gerade im Bildschirmvordergrund befinden, und schreibt alle Mausbewegungen und Tastaturanschläge mit. Wenn Bell unterwegs ist, erfasst MyLifeBits mittels eines tragbaren GPS-Systems permanent seinen Aufenthaltsort und überträgt die Informationen per Funk in sein Archiv. Damit kann die Software den Fotos, die Bell macht, anhand des Aufnahmezeitpunkts automatisch den Ort zuordnen.

Für das visuelle Protokoll eines Tages trägt Bell die SenseCam, eine Kamera, die von Microsoft Research entwickelt wurde und die automatisch auslöst, wenn ihre Sensoren ein Indiz dafür registrieren, dass der Besitzer an einem Foto interessiert sein könnte. Erfasst etwa der Infrarotsensor der SenseCam eine Wärmequelle in der Nähe, fotografiert die Kamera die zugehörige Person. Ändern sich die Lichtverhältnisse erheblich – ein Zeichen dafür, dass der Besitzer gerade einen Raum betreten oder verlassen hat –, macht die Kamera ebenfalls ein Bild.

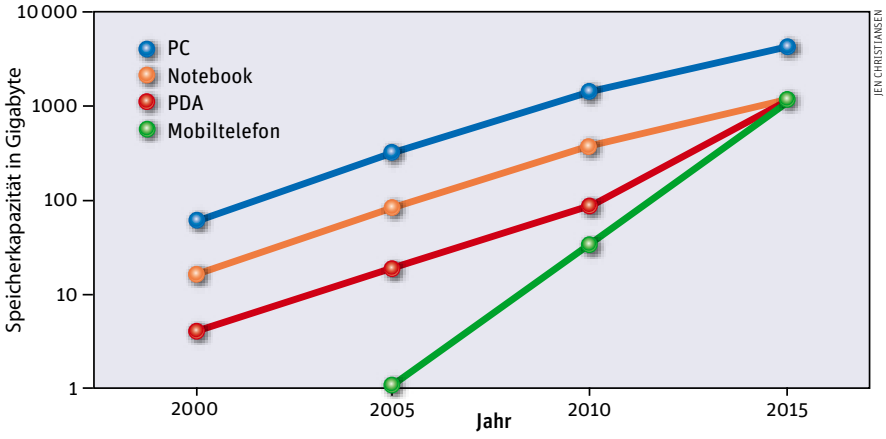
Eine aktuelle Studie am Addenbrooke-Krankenhaus in Cambridge (Großbritannien) hat ergeben, dass ein Patient mit Gedächtnisstörung, der sich jeden Abend noch einmal die Bilder seiner SenseCam angesehen hatte, Erinnerungen über einen Zeitraum von mehr als zwei Monaten bewahren konnte. Im Gegensatz dazu verbesserte das allabendliche Durchlesen eines geschriebenen Tagebuchs die Gedächtnisleistung kaum. Der Neuropsychologe Martin Conway von der Universität Leeds prophezeit gar, dass die SenseCam »die erste wirklich wirksame Erinnerungshilfe des 21. Jahrhunderts« werden könnte.

Sehr persönliche Computer

In den vergangenen sechs Jahren haben sich in Bells digitalem Archiv über 300 000 Aufzeichnungen angesammelt. Sie belegen ungefähr 150 Gigabyte auf den Festplatten seines Laptops sowie auf dem Desktop-PC seines Assistenten; es gibt lokale und externe Sicherungskopien. Den Löwenanteil des Speicherplatzes (mehr als 60 Gigabyte) nehmen Videodateien ein, es folgen Bilder mit 25 Gigabyte und Audiodateien (zum Großteil Musik) mit 18 Gigabyte. Der Rest verteilt sich auf 100 000 Internetseiten, 100 000 E-Mails, 15 000 Textdateien, 2000 PowerPoint-Dateien (für Vorträge) und anderes. Bell empfindet das System vor allem dann als nützlich, wenn er alte Bekannte oder allgemein Kommunikationspartner ausfindig machen muss. Mit seiner Hilfe hat er auch schon Internetseiten für Zitate in seinen wissenschaftlichen Arbeiten, die medizinischen Unterlagen seiner Bypassoperation vor 25 Jahren und ein Foto eines verstorbenen Freundes für einen Nachruf in der Zeitung herbeigeschafft.

Einige Merkmale von MyLifeBits, wie die Volltextsuche, sind bereits in handelsübliche Produkte integriert worden. Diesen ist MyLifeBits zwar weit voraus, aber gleichwohl verbesserungsbedürftig. Bessere Spracherkennungssoftware würde das System enorm voranbringen, da es dann Telefon- und andere Gespräche in durchsuchbaren Text verwandeln könnte. Eine automatische Gesichtserkennung würde einem die Zeit raubende Arbeit ersparen, zu jedem Foto die Namen der Abgebildeten zu notieren. Und das Wiederfinden von Informationen würde sich erheblich vereinfachen, wenn das System seine Dokumente in mehrere hundert Klassen einteilen könnte, indem es deren Form und Inhalt analysiert.

Bereits jetzt allerdings hat unser Forschungsprojekt die Entwicklung des PCs in eine spezielle Richtung maßgeblich vorangetrieben: von einem reinen Textverarbeitungssystem und Rechenknecht zu einem Arbeitsgerät, welches alles im Leben des Benutzers in bester Multimediaqualität festhält. Viele Experten haben den Niedergang des PCs prophezeit, aber es ist klar, dass das P (wie persönlich) im PC nicht verschwinden wird, im Gegenteil: Die PCs werden eher noch persönlicher werden. Was sich aber ändern wird, ist das C wie Computer. Unsere Geräte werden sich zu riesigen rechnenden Sys-



Datensorte	Durchschnittsgröße in Byte	Stückzahl pro Tag	Speicherbedarf pro Jahr in Gigabyte	Speicherbedarf für 60 Jahre in Gigabyte
Bücher und Aufsätze	1 000 000	1	0,4	21,9
E-Mails	5 000	100	0,2	11,0
eingescannte Papierseiten	100 000	5	0,2	11,0
Internetseiten	50 000	100	1,8	109,5
Tonaufzeichnungen (MP3)	4 000 000	1	1,5	87,6
Sprachaufnahmen	1000 pro Sekunde	8 Stunden	10,5	630,7
Fotos (JPEG)	1 000 000	10	3,7	219,0
zusammen			18,3	1090,7

Die Speicherkapazitäten sind in den letzten Jahren enorm gewachsen, und dieser Trend wird weitergehen (oben). Ein gewöhnlicher Desktop-PC wird bis im Jahr 2010 mehr als ein Terabyte (10^{12} Byte) an Daten fassen; Laptops, PDAs und Mobiltelefone werden diesen Meilenstein wohl im Jahr 2015 erreichen. Ein Terabyte Speicherplatz reicht aus, um sämtliche Bücher, E-Mails, Sprachaufzeichnungen, Musikdateien und Fotos zu speichern, die ein Mensch in 60 Jahren ansammelt (Tabelle).

temen entwickeln, die nicht nur die bisherigen Computer umfassen, sondern auch Speicherdienste im Internet, neue Zugangsgeräte (wie etwa Mobiltelefone und Unterhaltungselektronik) und die bald allgegenwärtigen Sensoren. Wahrscheinlich wird unser MyLifeBits im Endeffekt in einem fest in der Wohnung installierten Server untergebracht sein, der wiederum mit zahlreichen Internetdiensten verbunden ist.

Ein Traum wird wahr

Um die möglichen Auswirkungen des digitalen Gedächtnisses zu illustrieren, haben wir ausgemalt, wie ein Tag im Leben einer Familie aussehen könnte, die – in gar nicht ferner Zukunft – vollen Gebrauch von dieser Technik macht (Kasten S. 86/87). Die digitalisierten Erinnerungen der Familienmitglieder sind zum Teil in ihren persönlichen Mobiltelefonen, Laptops und Computern gespeichert und werden zugleich über eine sichere Internetverbindung zu einem Server übertragen, den eine hypothetische Firma namens LifeBits betreibt. Diese Firma übernimmt die Aufbewahrung der Daten, erstellt Sicherungskopien (etwa um versehentlich gelöschtes Material wiederherstellen zu können) und legt Kopien des Archivs an verschiedenen Orten ab, um zu verhindern, dass die Daten durch Brand, Sabotage oder technische Defekte verloren gehen.

Da die meisten ihrer Informationen über eine sichere Internetverbindung zugänglich sind, können die Familienmitglieder sie überall und zu jeder Zeit abrufen. Besonders heikle Informationen, die jemanden in juristische Schwierigkeiten bringen könnten, kann man im Ausland aufbewahren, sozusagen in einer Schweizer Bank für Daten, wo sie vor einem gerichtlichen Durchsuchungsbeschluss sicher sind. Die Kinder der Familie können ihre Aufzeichnungen verschlüsseln, aber LifeBits wird den Eltern im Notfall Zugang zu den Daten verschaffen. Vielleicht steht in den Arbeitsverträgen der Eltern, dass alle ihre dienstlichen Aufzeichnungen Eigentum des Arbeitgebers sind. Bei einer Kündigung müssen sie sich dann womöglich den Teil ihres digitalen Gedächtnisses »amputieren« lassen, der als Firmeneigentum gilt.

Dieses Szenario ist gar nicht so futuristisch, wie es auf den ersten Blick aussieht. Tragbare Geräte mit Sensoren, die Daten zum Gesundheitszustand sammeln und Lebenszeichen wie Herz- und Atemfrequenz oder den Kalorienverbrauch überwachen, sind bereits auf dem Markt. Die Firma Dust Networks in Hayward (Kalifornien) hat ein Kommunikationsnetz für Sensoren nach dem Vorbild der »motes« (Spektrum der Wissenschaft 10/2004, S. 86) entwickelt. Das Projekt »Human Speechome«, das von Deb Roy am Media Lab des Massachusetts Institute of Technology durchgeführt wird, hat es sich zur Aufgabe gemacht, in den ersten drei Lebensjahren eines Kindes – es handelt sich dabei um Roys Sohn, der zurzeit ein Jahr alt ist – nahezu jede seiner wachen Stunden aufzuzeichnen, um an diesem Beispiel den Spracherwerb des Menschen im Detail zu studieren. Kiyoharu Aizawa und seine Kollegen an der Universität Tokio arbeiten an einer tragbaren Videokamera, die sich immer dann einschaltet, wenn die Alphawellen im Gehirn des Trägers darauf schließen lassen, dass etwas Interessantes im Blickfeld ist.

Microsoft Research unterstützt zur Zeit 14 Universitäten, die eine Vielzahl von Forschungsprojekten zum digitalen Gedächtnis durchführen. So stellt sich das Projekt MyHealthBits unter Leitung von Bambang Parmanto an der Universität Pittsburgh der Herausforderung, riesige Mengen von Gesundheitsdaten aufzuzeichnen und die entstehenden Datenberge zu verwalten. Studien an der Universität des Bundesstaats Washington haben die Vorzüge einer permanenten Gesundheitsüberwachung bei Diabetespatienten und bei Menschen mit Schlafstörungen belegt.

Dieser rasche Fortschritt ist ermutigend, aber das Zeitalter des digitalen Gedächtnisses wird nicht ohne Probleme anbrechen. Das Aufzeichnen von Gesprächen sowie das Fotografieren von Personen unterliegt in einigen Ländern und US-Bundesstaaten zurzeit Beschränkungen. Viele Menschen befürchten, dass solche Aufnahmen vor Gericht gegen sie verwendet werden könnten. Zweifellos wären digitale Aufzeichnungen ein wesentlich besseres Beweismittel als die menschliche Erinnerung. Richard Nixon gab bekanntlich seinen Beratern, die vor Gericht als Zeugen aussagen sollten, die Anweisung, sich mit »Ich kann mich nicht erinnern« herauszureden; aber schließlich wurden ihm Tonbandaufnahmen seiner eigenen Gespräche zum Verhängnis.

Nach einem ehernen Rechtsgrundsatz darf niemand gezwungen werden, sich vor Gericht selbst zu belasten. Bereits die Erstellung eines erschöpfenden digitalen Gedächtnisses könnte eine potenzielle Selbstbelastung sein. Die neuen Technologien können jedoch die durch sie selbst heraufbeschworenen Gefahren mindern helfen. So kann man die Bilder oder Äußerungen Unbeteiligter automatisch unkenntlich machen, um nicht gegen das Gesetz zu verstoßen.

Ein kritischer Punkt wird der Schutz der Privatsphäre sein. Die Aussicht, dass ▷

Tragbare Überwachungsgeräte, die permanent die Lebenszeichen eines Menschen aufzeichnen und archivieren, erlauben es, Krankheiten zu erkennen, bevor sie manifest werden. Das Armband SenseWear, das von der Firma BodyMedia aus Pittsburgh hergestellt wird, bestimmt durch Messen von Temperatur, Wärmeabgabe und elektrischem Widerstand der Haut den Energieumsatz eines Menschen.

BODYMEDIA INC., 2006

Skandalreporter, Kriminelle oder totalitäre Regime Zugang zu solch höchst persönlichen Aufzeichnungen erlangen könnten, ist beängstigend. Ein Gauner könnte sich mit solchen Informationen mühelos für deren legitimen Besitzer ausgeben.

Das Problem ist qualitativ nicht neu – quantitativ dagegen sehr. Schon heute können die Informationen, die der Durchschnittsnutzer auf seinem PC lagert, in den falschen Händen sehr viel Schaden anrichten. Und selbst wenn unsere Computer gegen vorsätzliche Angriffe so gut gesichert werden wie ein Panzerschrank, bleibt als größte Gefahr die Ungeschicklichkeit des Benutzers. Ein falscher Tastendruck, und die ganze Welt kann seine Krankenakte einsehen. Hier müssen die Benutzeroberflächen besser werden als alles, was wir derzeit haben, und eine intelligente Software muss uns warnen, sobald die Preisgabe von Daten bedenklich erscheint.

Es wird auch schwierig sein sicherzustellen, dass man noch nach Jahrzehnten Zugriff auf seine Aufzeichnungen hat. In der Vergangenheit sind schon mehrfach Daten unzugänglich geworden, weil deren Formate veraltet waren (Spektrum der Wissenschaft 9/1995, S. 66). Man wird immer wieder in die Verlegenheit kommen, seine Daten in die jeweils aktuellen Formate umwandeln zu lassen, oder sogar Imitationen alter Programme auf neueren Geräten laufen lassen müssen (Emulation), um die Daten verfügbar zu halten. Vermutlich wird eigens dafür eine kleine Branche entstehen.

Die größte Aufgabe aber besteht darin, den gigantischen Vorrat an Wissen durch geeignete Software zu nützlichen Zwecken anzuzapfen. Das höchste Ziel ist ein Gerät, das wie ein persönlicher Assistent die Wünsche des Anwenders vorausahnt. Zumindest müssen Verarbeitung und Sortierung der Daten besser bewältigt werden. Was für ein paar Bücherregale gut funktioniert, scheitert jämmerlich bei einer Sammlung von der Größe der Library of Congress. Und wir wollen nicht die Bibliothekare unserer eigenen digitalen Archive sein; das soll der Computer für uns erledigen.

Der aussichtsreichste Weg zu diesem Ziel scheint uns die Künstliche Intelligenz (KI) zu sein. Diese Meinung ist zwar umstritten; aber wir sind überzeugt, dass ein gutes KI-System durch die enorme Menge an Daten, die es verarbeitet, wesentlich bessere Leistungen erbringen kann als bisherige Systeme mit bescheidenerer Datenbasis. Bis jetzt haben wir eine Software entwickelt, die Dateien nach inhaltlichen Kriterien einordnen soll, aber es bleibt noch viel zu tun.

In einem gewissen Sinn wird das digitale Gedächtnis kommen, ob wir es wollen oder nicht. Auch seine Gegner werden in den nächsten Jahren ein Vielfaches des heutigen Speicherplatzes auf ihren Computern zur Verfügung haben und erwarten, dass die Software ihn nutzen hilft. Die Aussicht, dass jede Lebenssituation aufgezeichnet wird, mag einem Schauer über den Rücken jagen; aber das wird nach unserer Überzeugung durch den zu erwartenden Nutzen bei Weitem aufgewogen. Ärzte können in Zukunft bessere Behandlungen für Herzerkrankungen, Krebs und andere Krankheiten entwickeln, indem sie permanent den Gesundheitszustand ihrer Patienten überwachen. Wissenschaftler werden einen Einblick in die Denkprozesse ihrer Vorgänger erhaschen und Historiker werden die Vergangenheit mit nie da gewesener Genauigkeit untersuchen können. Die sich bietenden Möglichkeiten sind nur durch unsere mangelnde Vorstellungskraft beschränkt.

Gordon Bell (oben) und **Jim Gemmell** arbeiten seit 2001 gemeinsam bei Microsoft Research am Projekt MyLifeBits. Bell, einer der Pioniere der Computerindustrie, betreute in den 1970er Jahren die Entwicklung des berühmten VAX-Minicomputers bei der Digital Equipment Corporation. In den 1980er Jahren setzte er sich in der Öffentlichkeit für das Ansehen der Informatik ein. Seit 1995 ist er Principal Researche« in der Arbeitsgruppe »eScience« bei Microsoft in San Francisco. Gemmell ist Senior Researcher in der Arbeitsgruppe »Next Media« bei Microsoft. Neben seinen hier beschriebenen Aktivitäten verfolgt er weitere innovative Projekte.

AUTOREN UND LITERATURHINWEISE

Digital memories in an era of ubiquitous computing and abundant storage. Von Mary Czerwinski et al. in: Communications of the ACM, Bd. 49, Nr. 1, S. 44, Januar 2006

MyLifeBits: a personal database for everything. Von Jim Gemmell, Gordon Bell und Roger Lueder in: Communications of the ACM, Bd. 49, Nr. 1, S. 88, Januar 2006

A personal digital store. Von Gordon Bell in: Communications of the ACM, Bd. 44, Nr. 1, S. 86, Januar 2001

As we may think. Von Vannevar Bush in: Atlantic Monthly, Bd. 176, Nr. 1, S. 101, Juli 1945

Weblinks zu diesem Thema finden Sie unter www.spektrum.de/artikel/869379.