

INHALT

7	Vorwort
8	Einleitung
10	BERECHENBARKEIT VON ZAHLEN, CODES UND ALGORITHMEN
17	Von tönernen Zahlen Keilschrifttafel, um 2500 v.d.Z.
21	Punkte und Striche Funktionsmodell eines Morsetelegraphen, um 1890
25	Geknackte Codes Chiffriermaschine Enigma I, 1939
29	Rechnen mit Löchern Tabelliermaschine D11, 1940er Jahre
33	Wenn das Wetter berechenbar wird Supercomputer Cray 2, 1988
37	Das kalkulierte Gehör mp3-Player, Prototyp, 1994
40	BESCHLEUNIGUNG IMMER MEHR, IMMER SCHNELLER!
47	Überwindung von Raum und Zeit Transatlantikkabel, 1858
51	Am Puls der Börse Börsentelegraf, 1899
55	Bibliothek im Schreibtischformat Memex, 1945/2015
59	Telefonieren mit Bild Videokonferenzanlage, 1977
63	Immer erreichbar Handy von Miriam Meckel, 2007
67	Die digitale Debatte #aufschrei-Drucker, 2013
70	ALLGEGENWÄRTIGKEIT ÜBERALL IM NETZ
77	Der Initialfunke Funkensender von Guglielmo Marconi, Nachbau, 1895/2010
81	Angriff der Computerviren Hörspielkassette Die drei ???, 1992
85	Das erste Smartphone Simon Personal Communicator, 1994
89	Fast alle Wege führen nach Frankfurt Internet-Switch, 2006
93	Ah, Future! Google Glass, 2013
97	Stimme zum Steuern Amazon Echo, 2017

100 **KONTROLLE**
I'LL BE WATCHING YOU

- 107 **Der überwachte Himmel** Computermodul aus dem SAGE-System, um 1960
111 **Vom Lauschen in der Leitung** Spulentonbandgerät, um 1980
115 **Freiheit statt Angst** Datenkrake Otto, 2008
119 **Automatische Selbstkontrolle** Smarte Toilette, Prototyp, 2011
123 **Das Geschäft mit den Daten** Papierstapel mit Facebookdaten, 2011
127 **Im Visier der Geheimdienste** Zerstörtes Motherboard, 2013

130 **BETEILIGUNG**
VOM MITMACHEN, EINMISCHEN UND TEILEN

- 137 **Fotos von jedem für jeden** Boxkamera Brownie, um 1928
141 **Spiel ohne Grenzen** Computerspiel Modem Wars, 1988
145 **Wikipedia offline** Standwimpel mit QR-Code, 2012
149 **Allzeit bereit** Bloggerhandtasche, 2012
153 **Ein eigenes Netz knüpfen** Büchsenantenne, 2013
157 **Die Maske des Protests** Guy-Fawkes-Maske, 2015

- 161 Literaturverzeichnis
168 Ausstellungsobjekte
169 Danksagung
170 Abbildungsnachweis
171 Autorinnen und Autoren

VORWORT

Die technische Vernetzung ist eines der Schlüsselthemen unserer Zeit. Mit der Ausstellung »Das Netz. Menschen, Kabel, Datenströme« hat das Deutsche Technikmuseum als erstes Museum in Deutschland diesem Phänomen eine eigene Dauerausstellung gewidmet, in der historische und aktuelle Entwicklungen der Netztechnologien verständlich und anschaulich vermittelt werden. Mit Objekten aus unterschiedlichen Sammlungsbereichen des Museums werden verborgene Funktionen und vielfältige Anwendungsgebiete von Netztechnik sichtbar und ihre Materialität begreifbar.

Die im September 2015 eröffnete Ausstellung bildet den Startschuss zur inhaltlichen Weiterentwicklung des Deutschen Technikmuseums hin zu einem an Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft gleichermaßen orientierten Forum für Kultur und Technik inmitten Berlins. Aus dem klassischen Ansatz der Beschäftigung eines Museums mit der Vergangenheit hat das Deutsche Technikmuseum ein Konzept entwickelt, das sowohl die Gegenwart als auch die Zukunft in die Betrachtung einbezieht. Damit will sich das Museum als ein Ort präsentieren, an dem vor dem Hintergrund der Geschichte aktuelle Fragen der Gegenwart diskutiert werden, deren Beantwortung unsere Zukunft maßgeblich beeinflusst. Als wesentlicher Unterschied zu den bisherigen sammlungsbezogenen Ausstellungen werden diese Fragen fortan in themenbezogenen Ausstellungen diskutiert.

In der Ausstellung »Das Netz« werden aktuelle Debatten zum Thema Vernetzung mit ihren geschichtlichen Dimensionen verknüpft und aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet. Die Auseinandersetzung mit

den tragenden Charakteristiken der Vernetzung und der Anspruch, das Netz in seiner Dinglichkeit erfahrbar zu machen und in seiner Historie vorzustellen, ist auch der Gedanke, der diesem Begleitband zur Ausstellung zugrunde liegt.

Im Mittelpunkt der Arbeit des Museums steht die Beziehung zwischen Mensch und Technik. Diese Haltung spiegelt sich im Buch wider: die Geschichte der Technik nicht isoliert, sondern in einem beziehungsreichen interdisziplinären Spannungsfeld zu erforschen und sie in diesem Geschichtengeflecht lebendig werden zu lassen. Das Buch bietet die Auseinandersetzung mit kontrovers diskutierten Themen unserer Gegenwart anhand 30 ausgewählter Stücke aus über 500 Objekten, die in der Ausstellung »Das Netz« präsentiert werden.

Wir freuen uns, dass wir mit diesem Begleitband die Geschichten hinter den Exponaten in ihrer spannungsreichen Vielschichtigkeit und individuellen Besonderheit erzählerisch entfalten können. In dem vorliegenden Buch können thematische Bezüge hergestellt werden, die in der Ausstellung zwangsläufig zu kurz kommen müssen. Wer die Objekte auch in ihrer Materialität erfahren möchte, ist herzlich eingeladen, sie und viele andere »Netz-Dinge« in der Ausstellung zu entdecken und deren Geschichten zu erfahren.

Bedanken möchte ich mich bei den Autorinnen und Autoren und allen Kolleginnen und Kollegen im Haus, die zur Umsetzung dieses Buchprojektes beigetragen haben.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen bei der Lektüre!

Prof. Dr. Dirk Böndel

Vorstand Stiftung Deutsches Technikmuseum Berlin

EINLEITUNG

Die Welt ist vernetzt. Wir stehen in Kontakt zu anderen Menschen überall auf der Erde. Täglich erreicht uns eine Flut von Informationen. Smarte Geräte tauschen ständig Daten miteinander aus.

Getrieben von technischen Neuerungen der Informations- und Kommunikationstechnologien ist die zunehmende Vernetzung Teil unserer Lebenswirklichkeit. Vorläufiger Höhepunkt dieser Entwicklung ist das Internet als »Netz der Netze«. Es beruht im Kern auf einer großen Anzahl technischer Innovationen, die seit dem Aufkommen der Telegrafie im 19. Jahrhundert ihre Wirkmächtigkeit entfalten. Bahnbrechend ist dabei der Computer als Universalmaschine seit Mitte des 20. Jahrhunderts.

Heute sind wir zugleich Zeugen von bereits vollzogenen tiefgreifenden Veränderungen wie auch Beteiligte des dynamischen Geschehens. Innerhalb des vielschichtigen Wandels haben die Autorinnen und Autoren dieses Buches fünf Dynamiken ausgemacht, die die Welt der Vernetzung grundlegend prägen: Berechenbarkeit, Beschleunigung, Allgegenwärtigkeit, Kontrolle und Beteiligung. Diese Dynamiken sind eng miteinander verzahnt und verstärken sich gegenseitig. Ihnen ist jeweils ein Kapitel gewidmet.

NETZ-DYNAMIKEN

Eine wesentliche Voraussetzung von Vernetzung ist **Berechenbarkeit**. Die zunehmende mathematische Erfassung der Welt und die maschinelle Verarbeitung numerischer Codes durchdringen unseren Alltag. Daten sind Ware und Währung des digitalen Zeitalters – sie werden als Bits durch Kabel gejagt und in Computern bearbeitet. Zukünftige Entwicklungen sind dadurch besser kalkulierbar und Risiken werden minimiert. Gleichzeitig lassen wir uns selbst zunehmend durch Algorithmen lenken und steuern.

Und das immer schneller: Das Zeitalter der Vernetzung ist geprägt durch eine stetige **Beschleunigung** des Informationsaustausches. Diese Tendenz setzt schon im 19. Jahrhundert mit der Telegrafie ein. Die digitale Informationsverarbeitung durch Computer und die darauf basierende Kommunikation über Internet und Mobilfunk haben diesen Prozess noch potenziert. Dabei werden auch negative Folgen offensichtlich: etwa Überforderung aufgrund von Informationsüberflutung sowie sozialer und wirtschaftlicher Druck, immer schneller auf neue Informationen zu reagieren.

Mit der Verbreitung von Smartphones spürt man gerade auch im privaten Bereich eine weitere Dynamik technischer Vernetzung: die **Allgegenwärtigkeit** von Informations- und Kommunikationsnetzen. Mit dem Smartphone tragen wir unseren Netzanschluss ständig am Körper und sind an fast jedem Ort und zu fast jeder Zeit über das globale Netz verbunden. Durch mobile Sensoren und autonomen Datenaustausch von Geräten im »Internet der Dinge« wird der physische Raum mit dem digitalen Datenraum noch enger verzahnt.

Da sich zunehmend unser gesamtes Leben in Netzen abbildet, erwachsen neue Möglichkeiten der technischen **Kontrolle**. Regierungen und Geheimdienste überwachen mithilfe von Big Data Analysen die Kommunikationsdaten der Bürger und zensieren Informationen. Auch Konzerne agieren als Datenkraken, die unser alltägliches Netzverhalten analysieren und versuchen, in ihrem Sinne zu steuern. Nicht zuletzt schaffen die neuen Informations- und Kommunikationstechnologien vielfältige Möglichkeiten, uns selbst zu kontrollieren und zu optimieren.

Für die meisten von uns ist der Zugang zum Netz selbstverständlich. Schlagworte wie »Twitter-Revolution« oder die »Macht der sozialen Netzwerke« ma-

chen es deutlich: Das Internet ist das erste technische Medium, das die weltweite interaktive Kommunikation vieler Menschen mit vielen anderen gleichzeitig ermöglicht. **Beteiligung** ist damit die fünfte Dynamik technischer Vernetzung. Doch führt das Netz tatsächlich zu mehr politischer, ökonomischer, gesellschaftlicher oder kultureller Teilhabe? Die Erfahrung der letzten Jahrzehnte zeigt: Allein die technische Möglichkeit von Beteiligung sorgt nicht automatisch für mehr Partizipation. Für viele Nutzerinnen und Nutzer sind die technischen und ökonomischen Barrieren nach wie vor hoch.

NETZ-DINGE

In diesem Buch werden die fünf Dynamiken anhand von konkreten Objekten fassbar und anschaulich gemacht. Denn das Netz ist keine »Cloud«, keine nebulöse Wolke – es ist durchaus materiell. Technische Netze bestehen aus einer Vielzahl handfester Dinge, vom Telegrafenkabel bis zur Datenbrille. Dreißig solcher »Netz-Dinge« werden in diesem Buch erkundet. Manche dieser Objekte treten aus dem Verborgenen ans Licht. So etwa ein Internet-Switch oder eine Büchsenantenne, also Teile der Netzinfrastruktur, die sonst kaum ins Auge fallen. Andere Dinge sind so alltäglich, dass ihre Besonderheiten gar nicht mehr auffallen, wie

ein millionenfach produziertes Nokia-Handy. Wieder andere Dinge gelten als historische Meilensteine, etwa das erste Transatlantikkabel, die Chiffriermaschine Enigma oder der Prototyp des mp3-Players. Der zeitliche Rahmen ist dabei die verdichtete technische Kultur der Moderne seit dem 19. Jahrhundert. Ein Objekt weist weit über diesen Fokus hinaus: Eine rund 4500 Jahre alte sumerische Keilschrifttafel zeugt von der Urgeschichte der Speicherung von Informationen.

All diese »Netz-Dinge« sind aufgeladen mit einer Vielzahl an spannenden, mal witzigen, manchmal traurigen oder schier unglaublichen Geschichten. Sie erklären Funktionsweisen von Netztechnologien, sie erzählen von Nutzerinnen und Nutzern und von der Art und Weise, wie Netze unser Denken und Handeln verändern. Die in diesem Buch vorgestellten Objekte sind also eingewoben in eine Kulturgeschichte der Informations- und Kommunikationstechnologien. In dieser Kulturgeschichte treten die Dinge sowohl als Akteure auf, die die Vernetzung der Gesellschaft prägen, als auch als Produkte menschlichen Handelns und Aushandelns. Netztechnologien haben nicht nur bedeutende Auswirkungen auf unseren Alltag. Auch wir selbst nehmen täglich Einfluss auf die zukünftige Entwicklung technischer und gesellschaftlicher Vernetzung.

Justine Czerniak (jc)
Sebastian Hamburger (sh)
Catharina Koller (ck)
Eva Kudraß (ek)
Bernd Lüke (bl)
Florian Müller (fm)
Jörg Rüsewald (jr)



Um uns herum wird gerechnet: wenn uns der Handywecker aus dem Schlaf klingelt, wenn der Router die WLAN-Verbindung herstellt, wenn uns die Wetter-App anzeigt, wie kalt es draußen ist, und sogar, wenn der neue Kaffeevollautomat einen Cappuccino zubereitet. Die Rechner, die uns umgeben, fallen als solche gar nicht auf. Sie stellen ihre Rechenprozesse nicht zur Schau, sondern sie steuern Geräte, liefern Informationen, präsentieren eine bunte Bilderwelt oder eine Vielfalt an Tönen. Es ist das programmierte Rechnen in Form von Software, das uns zunehmend begleitet. Dieses Rechnen findet unmerklich und im Hintergrund statt, trotzdem prägt es unseren technisierten Alltag.

Auch der Blick zurück zeigt: Die moderne Technikentwicklung beruht auf rechnerischen Verfahren. Bei der technischen Vernetzung von Kommunikation und Information spielen Zahlen, Codes und Algorithmen eine herausragende Rolle.

AM ANFANG WAR DIE ZAHL

Lange bevor Worte schriftlich dokumentiert wurden, haben die Menschen Zählsymbole und Zahlzeichen genutzt. Bereits aus der Steinzeit sind Knochen mit gruppenweise eingeritzten Kerben überliefert, die wohl ältesten Zahldarstellungen. Unterschiedliche Artefakte, die Ziffern dokumentieren, stammen aus der Entstehungsphase der Hochkulturen in Mesopotamien vor über 5.000 Jahren. Zunächst werden Zählsteine aus Ton als Repräsentanten für gezählte Mengen, etwa von Handelswaren, verwendet. Für bestimmte Mengen von Steinen werden Zahlzeichen eingeführt. Das ist der Beginn der schriftlichen Zahlensysteme. Für das Funktionieren der frühen Hochkulturen wird das Rechnen unentbehrlich, nicht nur in Mesopotamien, sondern auch in Ägypten, Mittelamerika oder China.

Neben den weltweit unterschiedlichen Zahlzeichen und Zahlensystemen entwickeln sich über die Jahrtausende auch vielfältige Rechenverfahren, wie etwa die vier Grundrechenarten. Insbesondere in der persisch-arabischen Mathematik werden exakte Handlungsanweisungen für das Rechnen erarbeitet. Derartige »Rechenrezepte« werden später Algorithmen genannt – ein Begriff, der auf den persischen Mathematiker al-Chwarizmi zurückweist. Al-Chwarizmi verfasst im 9. Jahrhundert elementare Bücher über

die indischen Ziffern sowie über Rechenverfahren zum Lösen von Gleichungen, die für die Verbreitung dieser Zahlen und Verfahren zunächst im arabischen Raum und später in Europa sorgen. In der Neuzeit wird das indo-arabische Stellenwertsystem mit zehn Ziffern inklusive der Null zum globalen Standard. Im 17. Jahrhundert gibt es erste Versuche, das Rechnen zu mechanisieren: Manche Rechenverfahren sind jetzt so formalisiert, dass Maschinen mit Zahnrädern die einzelnen Rechenschritte durchführen können. Die Mathematik ist auf dem Weg zu einer universalen Sprache und beruht zunehmend auf Formeln und Kalkülen, also Regelsystemen, mit deren Hilfe man von gegebenen Aussagen weitere Aussagen logisch ableiten kann.

BERECHNEN STATT BEWEISEN

Dass die Formalisierung der Mathematik auch an ihre Grenzen kommen kann, zeigt sich im 20. Jahrhundert. Mit Kurt Gödel, Alonzo Church und Alan Turing können in den 1930er Jahren drei junge Forscher nachweisen, dass manche mathematische Sätze weder beweisbar noch widerlegbar sind und dass auch die Widerspruchsfreiheit der Mathematik nicht beweisbar ist. Für einige Mathematiker ist das eine große Enttäuschung, denn sie glauben fest daran, dass nur eine vollständig formalisierte Mathematik, in der selbst die grundlegenden Vorannahmen aus sich selbst heraus bewiesen werden können, zukunftsfähig sei. Die nun klar gesteckten Grenzen der Beweisbarkeit öffnen jedoch gleichzeitig den gedanklichen Raum für eine theoretische Fundierung des Konzepts der Berechenbarkeit. Sie ist wesentlich für den Beginn der Ära des modernen Computers.

Insbesondere der britische Mathematiker Alan Turing ist dabei wegweisend. 1936 beschreibt er eine Maschine, mit deren Hilfe er zeigen kann, was prinzipiell berechenbar ist – und was nicht. Die von Turing imaginierte Maschine besteht lediglich aus einem Lese- und Schreibkopf und einem Papierstreifen. Gemäß einer simplen Liste von Befehlen bewegt sich der Lese- und Schreibkopf entlang des Papierbandes und liest, löscht oder schreibt ein endliches Repertoire an Symbolen auf das Band – etwa die Zeichen 0 oder 1. Dieses Gedankenexperiment ist ebenso minimalistisch wie weitreichend, denn Turing zeigt auf, dass prinzipiell



nur das berechenbar ist, was seine Symbolmaschine in einer endlichen Anzahl von einzelnen Schritten berechnen kann. Berechenbar ist eine Aufgabe also nur dann, wenn sich aus jedem Schritt des Berechnungsprozesses ein eindeutiger nächster Schritt ergibt, wenn jeder dieser Schritte mechanisch und mit eindeutig feststellbarem Ergebnis ausgeführt werden kann und wenn der Prozess irgendwann stoppt. Das als Turing-Maschine bekannt gewordene theoretische Modell gilt bis heute als eine gedankliche »Blaupause« für den Universalcomputer und als Grundlage der theoretischen Informatik. Nach Turings Konzept der Berechenbarkeit wird auch der Begriff Algorithmus exakter formuliert. Als Algorithmus gilt seitdem die Beschreibung eines Rechenvorgangs, der in endlichen einfachen Rechenschritten nach schematischen Regeln abgearbeitet wird und allgemein für beliebige Zeichen durchführbar ist.

AUF DEM WEG INS COMPUTERZEITALTER

1936 schreibt Alan Turing: »Es ist möglich, eine einzige Maschine zu erfinden, die dazu verwendet werden kann, jede berechenbare Folge zu errechnen.« Im gleichen Jahr beginnt Konrad Zuse mit dem Bau seines ersten Computers Z1. Ohne Turings Arbeiten zu kennen, realisiert Zuse eine Maschine, die Turings gedanklichem Modell nahe kommt. Zuses Motivation kommt

aus seiner praktischen Erfahrung als Bauingenieur. Er möchte eine Rechenanlage bauen, mit der komplexe baustatische Gleichungen automatisch gelöst werden können. Rückblickend behauptet Zuse salopp: »Ich habe den Computer erfunden, weil ich zu faul zum Rechnen war.« Im Jahr 1936 kulminieren also zwei unterschiedliche Herangehensweisen, die den Computer hervorbringen werden: das Konzept der Berechenbarkeit, das durch Turing theoretisch fundiert wird, und der Wunsch nach der Befreiung von öder Rechenarbeit – eine Vision, die bereits seit dem 17. Jahrhundert die Entwicklung von Rechenmaschinen vorantreibt.

Zuses 1938 fertiggestellte Z1 ist frei programmierbar, programmgesteuert und vollautomatisch – zumindest wenn die Mechanik gerade mal nicht hakt. Wie die Turing-Maschine ist auch Zuses Computer eine Zustandsmaschine: Beide können eine endliche Zahl digitaler Schaltzustände annehmen. Mit digitalen Schaltern wird das Rechnen radikal auf die Maschinenlogik zugespitzt: ja/nein, an/aus, 1/0.

In den 1940er Jahren wird die Entwicklung von Digitalcomputern in Deutschland, Großbritannien und den USA im Zuge des Zweiten Weltkriegs vorangetrieben. Im technisch hochgerüsteten Krieg sind diejenigen im Vorteil, die umfangreiche Berechnungen automatisiert durchführen können – von Flugbahnen bis hin zur Entschlüsselung von Geheimcodes.

SCHLÜSSEL ZUR INFORMATION

Die intensive Beschäftigung mit der Verschlüsselung und Entschlüsselung von militärischen Nachrichten im Zweiten Weltkrieg gibt wichtige Impulse zur weiteren Entwicklung von Computern und offenbart die kriegsentscheidende Bedeutung einer mathematisch fundierten Kryptologie. Im geheimen englischen Entschlüsselungszentrum in Bletchley Park kann Alan Turing Anfang der 1940er Jahre seine theoretischen Konzepte in logische Rechenmaschinen übertragen. Das Ziel ist, die Enigma zu knacken. Ein Gerät, das von der deutschen Wehrmacht verwendet wird, um Funksprüche zu verschlüsseln. Zusammen mit der Mathematikerin Joan Clarke und einem Team von Kryptologen entwickelt Turing eine Maschine, die mit mathematischen Verfahren die täglich wechselnden Verschlüsselungscodes der Deutschen knacken soll. Über 200 dieser als Turing-Bomben bezeichneten elektromechanischen Maschinen werden gebaut und dienen zur Entschlüsselung der Funksprüche aus Nazideutschland.

Auch in den USA werden Verfahren entwickelt, um feindliche Geheimnachrichten zu decodieren und die Kommunikation der alliierten Entscheidungsträger sicher zu codieren. Bei den Bell Telephone Laboratories arbeitet etwa ein großes Forscherteam am geheimen »Project X«. Hier soll ein Verfahren entwickelt werden, um die brisanten Telefongespräche zwischen dem amerikanischen Präsidenten und dem britischen Premierminister zu verschlüsseln. 1943 wird der Mathematiker Claude Shannon in das schon fast fertige Projekt involviert. Er soll die Stärke des Verschlüsselungsverfahrens rechnerisch überprüfen. Shannon ist elektrisiert: Das sogenannte Pulsmodulationsverfahren, das seine Kollegen entwickelt haben, um Sprache in diskrete Signale zu übertragen, ist ein völlig neuer Ansatz, um analoge Signale zu digitalisieren und damit berechnen- und verschlüsselbar zu machen. In diesem inspirierenden Umfeld beginnt Shannon, sich allgemein mit dem Konzept »Information« zu befassen: Wie viel Text einer Nachricht kann gestrichen werden, ohne dass die relevante Information verloren geht? Können statistische Regelmäßigkeiten in Nachrichten mathematisch erfasst werden?

Ausgehend von der Beschäftigung mit den kryptoanalytischen Verfahren, reduziert Shannon Nachrichten

auf den für ihn wesentlichen Kern, den technisch gefassten Informationsgehalt. Das Ergebnis dieses Abstraktionsprozesses ist seine 1948 erschienene Publikation »A Mathematical Theory of Communication«. Hier stellt er das »bit« als Einheit zur Messung des technischen Informationsgehalts einer Nachricht vor. In der Verschmelzung der Begriffe »binary« und »digit« dient die neue Maßeinheit zur Quantifizierung von Information. Die von Shannon initiierte Informationstheorie wird zu einer wichtigen Grundlage der Digitalisierung.

ANALOG/DIGITAL

Digitale Rechengenäte sind allerdings keine Erfindung des 20. Jahrhunderts. Von seinem lateinischen Wortsprung her bedeutet digital »mithilfe des Fingers/der Zehe«, und das Rechnen mit Händen und Füßen gehört zu den ältesten Rechenmethoden. Das digitale Rechnen ist allgemein das Rechnen mit abgegrenzten und gestuften Werten, etwa das Rechnen mit den Ziffern 0 bis 9. Die seit dem 17. Jahrhundert entwickelten Rechenmaschinen, die im Zehnersystem mit mechanischen Zahnrädern operieren, sind also digitale Geräte. Analoge Technik arbeitet hingegen mit kontinuierlichen Werten. Auch analoge Rechengenäte haben eine lange Tradition, wie etwa der Rechenschieber, bei dem die Berechnung mithilfe von stufenlos und fließend gegeneinander verschiebbaren Längen abläuft. Digitale und analoge Geräte existieren jahrhundertlang, ohne dass diese ausdrücklich als solche bezeichnet oder deren Merkmale in einen Gegensatz zueinander gestellt werden. Die Opposition analog-digital, die uns heute so selbstverständlich erscheint, wird erst in den 1940er Jahren herausgebildet – vermutlich ausgehend von den Debatten der frühen Kybernetik.

Als Wissenschaft der universalen Steuerung und Regelung formiert sich die Kybernetik in den 1940er Jahren. In den interdisziplinären Konferenzen zur Kybernetik schält sich das Digitale als Herangehensweise heraus, die die Kybernetik als neue Universalwissenschaft am Horizont erstrahlen lässt. Das Digitale – insbesondere in seiner Verkürzung auf das Binäre mit seinen zwei »Alles-oder-nichts«-Zuständen – wird im Zuge dieser Debatten zum Denkansatz, der die Informationswissenschaft, die Neurowissenschaft und die Computerentwicklung vereinen sollte. In der Gegen-

überstellung zum Analogen wird dem Digitalen auch eine größere Effektivität und geringere Störanfälligkeit zugeschrieben. Leidenschaftlich an den Diskussionen beteiligt ist der Mathematiker John von Neumann. In seinem Umfeld werden Mitte der 1940er Jahre erstmals Computer entwickelt, bei denen Daten und Programme am selben Ort gespeichert werden. Der binäre Computer mit Programmspeicherung, einem zentralen Takt und einer aufeinanderfolgenden Abarbeitung von Befehlen sollte von nun an als »Von-Neumann-Architektur« zum Standard des Digitalcomputers werden.



Im Alltag spürbar wird die Digitaltechnik für viele Menschen erst ab den 1980er Jahren. Mit der allmählichen Verbreitung von Homecomputern, Compact Discs und Digitalkameras ziehen digitale Spiele, Musikstücke, Fotos und Filme in die Haushalte ein und beginnen, die analogen Medienformate zu verdrängen. Am Beispiel digitaler Musik lassen sich die Vorteile und mögliche Nebeneffekte der Digitalisierung darstellen: Die Umwandlung der analogen Schallwellen in binäre Codes geht mit einer mathematischen Reduktion auf die wesentlichen Informationen einher. Der so erzeugte Code kann weiter bearbeitet werden, etwa mit fehlerkorrigierenden Algorithmen oder mit Verfahren zur Datenkompression wie dem mp3-Format. Dass digitale Musikstücke beliebig oft verlustfrei kopierbar und über Datennetze leicht übermittelbar werden, erschüttert die Musikindustrie um 2000.

Eine wesentliche Auswirkung der Digitalisierung ist die Tatsache, dass nun alle Medienformate, Infor-

mationen und Kommunikationsinhalte als Daten vorliegen, die nach den gleichen Verfahren behandelt, maschinell weiter bearbeitet, berechnet und ausgetauscht werden können.

KLEINE LÖCHER UND GROSSE DATENMENGEN

So wie es digitale Rechengерäte lange vor dem Computer gab, haben auch maschinell verarbeitbare digitale Daten eine länger zurückreichende Tradition. Ihr Ursprung liegt in der Statistik, genauer gesagt im Interesse der staatlichen Verwaltung nach möglichst effizienter und schneller Erfassung der Staatsbürger. Bei der US-amerikanischen Volkszählung von 1890 werden die Daten der Bürger erstmals digital in Form von kleinen Löchern in Papierkarten codiert. Die Auswertung erfolgt elektrisch mittels sogenannter Hollerithmaschinen: Wo ein Loch in der Karte ist, schließt sich ein Stromkreis, wo keines ist, wirkt die Karte als Isolator. Hollerithmaschinen sind im Kern automatische Zählmaschinen, die die Auswertung großer Datensammlungen nach bestimmten Suchkriterien enorm beschleunigen.

Es beginnt die Ära einer datengetriebenen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft, die in der gegenwärtigen Big-Data-Euphorie mündet. Voraussetzung für Big Data ist die Entwicklung von Computern mit enormen Speicherkapazitäten kombiniert mit dem beiläufigen und automatisierten Sammeln von massenhaften Daten mittels Sensoren in mobilen vernetzten Geräten. Dazu kommt die Softwareentwicklung mit der Ausarbeitung von spezifischen Algorithmen, die unerwartete Muster und Korrelationen in Datensammlungen sichtbar machen. Wissenschaftler, die den Computer schon Jahrzehnte als Simulationsgerät verwendet haben, können nun auch ihre Thesen und Modelle direkt aus der Datenanalyse ziehen.

Für die Zukunft deuten viele Anzeichen auf eine vollständig mathematisierte »Berechnungsgesellschaft«. Selbst wenn sich nur ein Teil der vollmundigen Versprechen aus den Forschungen zur Künstlichen Intelligenz bewahrheiten, werden wir in einer Welt leben, in der lernende Maschinen, unbegrenzte Datensammlungen und mächtige Algorithmen unser Leben bestimmen werden. (ek)



