



# EINE REVOLUTION AUS 0 UND 1

*Was bedeutet digital? – Über die grosse Karriere der kleinsten Informationseinheit.*

Von Reto U. Schneider

**W**elche Karriere! Es soll eines der ersten Worte gewesen sein, die unseren Vorfahren in Afrika über die Lippen kamen: «Tik». «Tik» für eins oder das Zeichen dafür: ein Finger. Noch heute bedeutet «Tik» Zeigefinger bei den Eskimos und Mittelfinger bei den Aleuten. In Latein wurde es zu *digitus*. Anderen Sprachen ist ihr Tik im Verlauf der Jahrtausende abhanden gekommen. Doch jetzt hat es sie wieder eingeholt. Es steht auf Compact Disc und Fernbedienung, auf Eieruhr und Bratenthermometer: digital. Digital wird die Rakete gesteuert und die Kuh gemolken, die Pizza bestellt und der Check überwiesen. Digital wird gerechnet, gedruckt, kommuniziert und kopiert. Für manche steckt in diesem Wort eine Revolution – die digitale natürlich. Selbst Grossmütter erweitern damit ihren Wortschatz, bevor sie Geschenke für die Enkel kaufen, doch auch die wissen nicht, was es heisst. Kein Wort, das mehr gebraucht und weniger verstanden wird.

**W**as bedeutet digital? Erklärung von U. S. aus B., Besitzerin eines Radioweckers mit Digitalanzeige, eines Handys und zweier Stereoboxen, auf denen «digital» steht.

«Also wenn eine Uhr nicht rund ist, dann ist sie digital.»

Erklärung von H. N. aus L., der in den siebziger Jahren als einer der Ersten für 300 Franken eine Digitaluhr gekauft hat und die Weihnachtslieder seiner Kinder heute auf dem Digitalpiano begleitet.

«Ähh.»

Pause.

«Null und eins?»

Lange Pause.

«Stimmt es nicht?»

Andere flüchten sich in unverbindlichere Aussagen: «Etwas Technisches – und modern.» Digital als Synonym für die Zukunft oder für neumodische Geräte, die ohne erkennbaren äusseren Einfluss plötzlich nicht mehr funktionieren. Definitionen nicht von letzter Klarheit. Kein Wunder: «Digital» ist in Begleitung von Apparaten über uns hereingebrochen, die wir auch nicht verstehen.

Dabei steht es seit 1967 knapp und klar im Duden: «digital [digi...] <lat. Med. mit dem Finger; bei Rechenmaschinen ziffernmässig». Knapp jedenfalls. Die medizinische Erklärung ist anschaulicher als die technische: Wer mit den Fingern rechnet, rechnet digital. Er rechnet in festen Stufen. Entweder sind es drei Finger oder vier, aber nie dreieinhalb oder viereindrittel. Auch der

Zählrahmen funktioniert digital. Es können nur ganze Kugeln verschoben werden, keine Teile davon. Auch die Addition 3.60 Fr. + 4.20 Fr. auf dem Einkaufszettel ist eine digitale. Die festen Stufen sind in diesem Fall die Rappen. Jede Rechnung, die mit Ziffern («ziffernmässig») dargestellt werden kann – ob mit Komma oder ohne –, ist eine Digitalrechnung.

Die Frage ist bloss, wie man damit die digitale Revolution anzetteln konnte. Und warum erst 10 000 Jahre nach der landwirtschaftlichen und 150 nach der industriellen. Wir benutzen doch unsere Finger zum Rechnen schon viel länger als Spitzhacke und Dampfmaschine.

Nur mit Fingern und Zählrahmen wäre es keine Revolution geworden. Erst die automatische Manipulation von Zahlen liess die digitale Rechnung mächtig werden. Im 17. Jahrhundert wurden die ersten Rechenmaschinen gebaut, die addieren und subtrahieren konnten. Mit ihren Zahnrädern, Hebeln und Rollen glichen sie komplizierten Uhrwerken, waren aber nicht viel mehr als edle Spielzeuge. Auf dem Papier funktionierte die Mechanik zwar, aber in der Praxis konnte sie oft nicht mit der erforderlichen Genauigkeit hergestellt werden oder war nicht robust genug.

Erst als im 19. Jahrhundert das Gespenst der Buchhaltung umging und immer mehr Leute tagein, tagaus damit beschäftigt waren, lange Zahlenkolonnen zusammenzuzählen, wurden zuverlässige Rechenmaschinen für Versicherungsgesellschaften, Handelsfirmen und Ämter entwickelt. Die fast ausschliesslich manuelle Auswertung der amerikanischen Volkszählung von 1880 dauerte sieben Jahre. In dieser Zeit hatte sich die Bevölkerung fast verdoppelt. Die Zählung von 1890 war dank mechanischer Hilfe in etwas mehr als zwei Jahren bewältigt. Doch auch das war zu langsam.

**D**as erste ungeschriebene Gesetz der Digitaltechnik trat in Kraft: Wie schnell auch immer ist, was sie hervorbringt, es ist zu langsam. Auf der Jagd nach höherer Geschwindigkeit gingen die Ingenieure in den vierziger Jahren des letzten Jahrhunderts von mechanischen zu elektronischen Systemen ohne bewegliche Teile über, und dieser Wechsel bescherte dem Begriff digital seine zwei ständigen Begleiter: 0 und 1 – Yin und Yang des Computerzeitalters.

Bei mechanischen Rechnern hatten 0 und 1 noch keine besondere Bedeutung. Ihre Innereien rechneten im Zehnersystem. Die Zahnräder hatten zum Beispiel zehn Zähne – für jede Ziffer von 0 bis 9 einen. Mit einer Drehung um  $\frac{7}{10}$  konnte man die Zahl 7 einstellen.

Wollte man 5 hinzuaddieren, drehte man um  $\frac{5}{10}$  weiter, wobei ein gekoppeltes zweites Zahnrad mit nur einem Zahn das Zahnrad für die Zehner einen Zahn weiter schob zum Resultat 12.

In den elektronischen Computern drehten sich jedoch keine Zahnräder mehr. Es floss vielmehr Strom vom Eingang zum Ausgang, und die Frage war, welche Form die Zahlen während ihrer Reise durch das Rechenwerk dazwischen annehmen sollten. Weil die interne Darstellung aller zehn Dezimalziffern umständlich und das Rechnen damit unendlich kompliziert gewesen wäre, suchte man nach einfacheren Lösungen und entschied sich für die einfachste unter ihnen: Nicht mit zehn verschiedenen Zuständen sollte sich der Rechner herumschlagen müssen, sondern nur mit deren zwei. Einerseits würde ein so einfaches System einen Rechner fehlerresistent machen, andererseits eigneten sich auch die zur Verfügung stehenden Bauelemente, die sich als Schalter einsetzen liessen, dafür: Entweder waren sie ein- oder ausgeschaltet – 0 oder 1. Doch wie bringt man die 763 Franken aus der Buchhaltung dazu, sich in Nullen und Einsen zu verwandeln?

**D**ass wir das Zehnersystem benutzen, mit den Einern in der Stelle ganz rechts, den Zehnern in der zweiten Stelle, den Hunderten in der dritten, ist Folge des anatomischen Zufalls, dass wir zehn Finger haben. Grundsätzlich lässt sich jede Zahl auch in einem anderen Zahlensystem ausdrücken. Und das einfachste solche System ist das binäre, das statt der zehn Ziffern 0 bis 9 nur deren zwei, 0 und 1, kennt. Wie im Zehnersystem stehen dabei die Einer ganz rechts, links daneben stehen dann allerdings nicht die Zehner, sondern die Anzahl Zweier, eine Stelle weiter die Vierer, dann die Achter, Sechzehner, Zweiunddreissiger, Vierundsechziger. Die Dezimalzahl 13 (1 Zehner und 3 Einer) wird zur Binärzahl 1101 (1 Achter, 1 Vierer, 0 Zweier, 1 Einer) mit dem Nachteil, dass sie mehr Stellen hat als die zugehörige Dezimalzahl (die 763 Franken werden zu 101111011 Franken). Andererseits vereinfachte das Binärsystem die internen Rechenvorgänge dramatisch, denn ein Computer brauchte jetzt im wahrsten Sinn der Zahlen nur noch 1 + 1 zusammenzählen zu können. Selbst komplizierte Berechnungen liessen sich auf eine Serie von einfachen Elementaroperationen zurückführen, die standardisierte Schaltkreise erledigen konnten.

Zudem war schon lange ein ausgefeiltes Instrumentarium dafür entwickelt worden, wie binäre Zahlen logische Folgerungen fassen konnten: die Boole'sche Algebra, die als Mengenlehre auch an Schweizer Schulen Angst und Schrecken verbreitete.

**D**ie kleinste Informationseinheit – 0 oder 1, wahr oder falsch, ja oder nein – erhielt den Namen Bit, ein Zusammenzug aus «binary» und «digit». Das daraus abgeleitete «Byte» steht für eine Folge aus acht Bits und ist heute vor allem als Megabyte oder Gigabyte für die Kapazität des Festplattenspeichers in einem Computer

anzutreffen. Wenn ein Computer mit einer Festplatte von einem Gigabyte geliefert wird, hat es dort also Platz für eine Milliarde achtstellige Binärzahlen. Das scheint viel zu sein, wäre da nicht das zweite ungeschriebene Gesetz der Digitaltechnik: Wie gross ein Speicher auch sein mag, er ist immer zu klein.

**I**n den späten dreissiger Jahren begannen Ingenieure Geräte auf der Basis des Binärsystems zu entwickeln. 1945 nahm schliesslich Eniac den Betrieb auf, der erste Mehrzweckcomputer der Welt. Er bestand aus 17 000 Elektronenröhren, von denen jeden Monat 2000 ausgetauscht werden mussten. Ein launisches Dreissigtonnenmonster, das ständig von sechs Technikern umsorgt werden musste, wenn das amerikanische Militär ballistische Flugbahnen und Daten für das Design von Atomwaffen berechnen wollte.

Auch die Hersteller von Büromaschinen stiegen von mechanischen auf elektronische Systeme um, und obwohl das Wort «digital» damals zum ersten Mal explizit bei der Beschreibung eines Computers gebraucht worden war, sollte es noch vierzig Jahre dauern, bis es Eingang in den Alltagswortschatz fand.

Das Wort, das damals den Duft der modernen effizienten Zukunft verströmte, hiess Lochkarte. 1956 verfüttelten Schweizer Firmen ihren Rechenanlagen pro Tag 1,5 Millionen Stück davon. Es gab Lochkartenlehrlinge, die im Lochbüro die Lochkartenschrift erlernten. Im Kongresshaus Zürich wurde Lochkartenmobiliar ausgestellt, und die Vereinigung der Lochkartenfachleute hielt Tagungen über die «Probleme des Lochkartenwesens» ab.

Auf Lochkarten wurden den Maschinen nicht nur Zahlen und als Zahlen codierte Buchstaben verabreicht, sondern auch die Anleitung, was sie damit machen sollten: das Programm. Auch es bestand aus einer Kette von Nullen und Einsen, die dem Computer anzeigten, wie er seine elementaren Schaltkreise neu verbinden musste, wenn er, anstatt eine Zinsrechnung vorzunehmen, plötzlich Namen sortieren sollte. Mit dem Programm wurde der Computer zum Alleskönner.

Zu den immer schnelleren Rechenwerken und immer grösseren Speichern kam ein dritter Trend, ohne den die digitale Revolution nicht stattgefunden hätte: der zu immer kleineren Abmessungen. Eniac breitete 1945 seine Berechnungen noch auf 170 Quadratmetern aus. Zwölf Jahre danach, als in den USA «die Zahl der Bureauangestellten fünfmal schneller zunimmt als die Bevölkerung», berichtete die «Neue Zürcher Zeitung» über das Hauptaggregat der Rechenmaschine IBM 610, das «kaum mehr Platz einnimmt als etwa vier Registraturschränke». Später verglichen die Hersteller in der Werbung die Grösse ihrer Rechner gerne mit einem Telefonbuch, dann mit einer Kreditkarte.

Der Grund für das Schrumpfen der Geräte war ein neues elektronisches Bauelement: der Transistor. 1947 erfunden und ab 1960 in Computern eingesetzt, war er nicht nur viel kleiner als die bisher eingesetzte Elektro-



nenröhre, sondern brauchte auch weniger Strom und war schneller. Als man 1959 noch herausfand, wie man kostengünstig mehrere Transistoren platzsparend auf dem gleichen Siliziumchip unterbringen konnte, begann die Gültigkeit des dritten ungeschriebenen Gesetzes der Digitaltechnik: Unabhängig davon, wie billig man ein digitales Gerät kauft, am nächsten Tag steht ein billigeres und besseres im Schaufenster.

**L**angsam kam auch die breite Öffentlichkeit mit der digitalen Zukunft in Berührung. In den siebziger Jahren in Form von absurd teuren Taschenrechnern und digitalen Armbanduhren. Zuerst lernte sie das Wort «Digitalanzeige» für die rot leuchtenden Zahlen, die am Radiowecker vorwärts und an der Bombe in den James-Bond-Filmen rückwärts zählten. Doch der Durchbruch war es nicht. Unter dem Titel «Computertechnik – Revolution oder Evolution» konnte die «Neue Zürcher Zeitung» 1971 eine ganze Seite lang über die «Elektronische Datenverarbeitung» berichten, ohne dass «digital» ein einziges Mal auftauchte. Im Gegensatz zu den Uhren, die bisher keine digitalen Anzeigen hatten, funktionierte ein Computer immer digital. Man musste dieses Merkmal nicht hervorheben.

Erst als die Digitaltechnik auf die Musik übergriff und 1982 der erste CD-Spieler auf den Markt kam, wurde sie zum Allgemeingut. Auf den ersten Blick waren Musik und Digitaltechnik ein schlechtes Paar. Wie die meisten Phänomene des Alltags ist Musik zu tiefst analog. Anders als Krankenkassenprämien und Volkszählungen zeigt sie sich nicht als Kette von vorgefertigten Zahlen, sondern als kontinuierliche, schnelle Luftdruckschwankungen, die das Trommelfell in Schwingung versetzen. Analog bedeutet kontinuierlich, stetig, stufenlos. Die Zeiger einer Analoguhr können alle Zwischenwerte der Zeit anzeigen.

Die herkömmlichen Aufzeichnungsverfahren für Ton wurden analog genannt, weil sie den Ton als physikalische Analogie darstellten. Eine Schallplatte ist nichts anderes als ein in Kunststoff gepresstes Modell der Schallwelle. Wer die Rille vergrössert anschaut, wird ein Tal mit unregelmässig geformten Hängen sehen. Die Diamantnadel vibriert, wenn sie den Furchen in den Hängen folgt. Schnell für einen hohen Ton, wenn die Einschnitte in kurzem Abstand folgen, langsam für einen tiefen, wenn sie weit auseinander liegen.

Wie alle analogen Verfahren hat die Schallplatte den Nachteil, dass das Material der Genauigkeit Grenzen setzt. Man kann den Sägezahn der Geigen und den dumpfen Schlag der Pauke nicht beliebig genau in Rillen pressen. Überdies nützt sich die Platte ab, wenn sie der Diamant befährt.

Eigentlich wusste man schon lange, dass sich diese Probleme beseitigen liessen, wenn sich die Musik irgendwie in Zahlen fassen liesse. Sie könnte dann in gleichbleibender Qualität für immer und ewig gespeichert werden. Diese Umwandlung war in der Theorie ganz einfach: Man musste bloss in schneller Folge die

Höhe der Schallwelle messen und in einem Speicher ablegen. Aus diesen Zahlen liesse sich dann die ursprüngliche Welle rekonstruieren – wie aus Höhenkurven das Profil eines Berges.

Damit das Ohr nicht merkt, dass das Schallgebirge nicht kontinuierlich abgespeichert wurde, sondern aus einzelnen Punkten besteht, müssen die Höhenmessungen sehr schnell aufeinanderfolgen. Bei einer Musik-CD alle 22 Mikrosekunden. 88 200 (für jeden der zwei Stereokanäle 44 100) auf der CD gespeicherte 16-stellige Binärzahlen verwandelt der CD-Spieler pro Sekunde in analoge Signale zurück und schickt sie via Verstärker zum Lautsprecher. Müsste dieser Bandwurm aus 0 und 1 ausgeschrieben werden, hätten in der Bibel nur gerade 3,6 Sekunden Musik Platz. Ein bisschen Ehrfurcht beim Musikhören ist am Platz.

Dasselbe gilt für digitale Fotos und Videos: Eine gute Digitalkamera speichert pro Bild die Farbwerte von drei Millionen Punkten, die schachbrettartig über das Bild verteilt sind.

**D**ie digitale Revolution liess die Welt in Zahlen gerinnen, und wie jede anständige Revolution war sie auch eine Befreiungsbewegung: Sie hat den Inhalt von seinen Trägern befreit. Musik braucht nicht mehr die Schallplatte, um sich zu verbreiten, der Text nicht mehr das Papier. Die Schallplatte wurde denn auch zu ihrem ersten Opfer, Briefe und gedruckte Zeitungen werden ihr folgen. Und bald auch die CD selbst, denn aus einem Zahlenpaket, das im Internet mit Lichtgeschwindigkeit durch die Welt reist, können Text, Ton und Bild überall auferstehen, wo dem digitalen Code in einem Speicher Gastrecht gewährt wird. Anders als die analoge Vervielfältigung unterscheidet sich diese digitale Kopie durch nichts vom Original. Sie besteht aus exakt denselben Nullen und Einsen. Der Traum von der perfekten Kopie ist Wirklichkeit geworden – und damit für Plattenfirmen und Filmproduzenten zum Albtraum, denn die Technik ist so einfach zu beherrschen, dass jeder 15-jährige Computerfreak die neusten Songs von «Metallica» am Tag ihrer Veröffentlichung weltweit vertreiben kann – auch «Metallica» sind lauter Nullen und Einsen.

Es gibt Leute, die halten die Digitalisierung der Welt für eine seelenlose Gleichmacherei. Ihnen mag das vierte und jüngste ungeschriebene Gesetz der Digitaltechnik ein Trost sein: Nicht überall, wo digital draufsteht, ist digital drin. Die digitalen Stereoboxen von U. S. aus B. zum Beispiel können gar nicht digital funktionieren, denn das Ohr, das sie bedienen, funktioniert analog, wie überhaupt die Welt letztlich analog beschaffen ist, ganz egal, wie willig sich das Wort «digital» mit Begriffen wie Kunst, Gesellschaft oder Stereoboxen paart.

Alle Bildbeiträge zum Thema «Digital» stammen von Max Grüter, Zürich. Entstanden sind sie mit einem 3-D-Animationsprogramm auf einem Apple G4.