

Ich steige mit meinem Vortragsthema quasi auf der untersten Ebene in die Diskussion über Ambivalenzen ein, die später am Tag auf viel höheren Ebenen geführt werden wird. Also ich meine jetzt nicht ein höheres Diskussionsniveau, obwohl das auch passieren kann, sondern bei mir geht es um technische Schichten, die weit unter dem Internet liegen, nämlich eben um die Einsen und Nullen im Computer.

Ich habe immer wieder die These gelesen und gehört, dass sich das Digitale technisch bedingt nicht zur Darstellung von Ambivalenzen eignet, weil es eben auf Einsen und Nullen basiert und dazwischen nichts ist. "Die Zwischentöne fehlen", heißt es dann, oder "es gibt eben auch Graustufen, nicht nur Schwarz und Weiß". Und deswegen haben wir so viel Streit und das Internet polarisiert. Wegen der Einsen und Nullen auf der untersten technischen Ebene.

Ich dachte bisher immer "Das ist doch offensichtlicher Blödsinn", und ich komme mir immer noch ein bisschen albern dabei vor, dieser Frage so viel Aufmerksamkeit zu widmen. Aber 2019 habe ich den Vorwurf mit der technisch bedingten Lücke sogar in einem Vortrag auf einer wissenschaftlichen Tagung gehört, und ich hatte nicht den Eindruck, dass es irgendwie als Scherz gemeint war. Also auch wenn Sie jetzt denken "natürlich ist das offensichtlicher Blödsinn": Das ist ja in der Wissenschaft kein Argument. Und selbst wenn etwas wirklich Blödsinn ist, kann es für die Theorie interessante Gründe geben. Deshalb nehme ich die Behauptung von der folgenschweren Lücke zwischen Eins und Null jetzt mal ernst, wenigstens für die nächste halbe Stunde.

Dahinter steckt die Idee, dass die höheren Ebenen eines Systems immer die Strukturen auf den niedrigeren Ebenen widerspiegeln: Wenn etwas auf der untersten Ebene aus Nullen und Einsen besteht, dann färbt das quasi ab auf alle darüberliegenden Ebenen. Wenn man sich also darüber äußern will, dass dem Internet oder "dem Digitalen" irgendetwas fehlt - Menschlichkeit, Kreativität, Zwischentöne - dann liegt es nahe, das Fehlende in dieser Lücke zwischen Null und Eins zu vermuten. Das ist ja auf den ersten Blick auch eine schöne, symmetrische Vorstellung: Wenn das Konzept von Zwischentönen und Ambivalenzen ganz unten nicht vorgesehen ist, dann kann es auch auf den technischen Ebenen darüber nicht existieren oder ist doch zumindest in seiner Entfaltung immer ein bisschen eingeschränkt.

Woher kommt diese Idee und was macht sie so attraktiv? Ich habe ein paar Erklärungsmöglichkeiten zusammengetragen, die erste: Manchmal ist es in der Natur wirklich so, dass sich die Strukturen auf verschiedenen Ebenen gleichen. Kleine Kochsalzkristalle sehen so würfelförmig aus wie größere, und einzelne Blumenkohlröschen sehen aus wie ganze Blumenkohlköpfe.

Die zweite Erklärungshypothese: Vielleicht ist die Idee aus historischen Gründen so beliebt. Noch vor nicht so langer Zeit war ja die Auflösung zum Beispiel von Scans wirklich sehr schlecht. Alles war schwarzweiß und bestand aus sichtbaren Würfeln. Da liegt der Eindruck schon nahe, dass da etwas Wichtiges verlorengeht. Gerade in älteren Texten kann man dann lesen, es sei eben in der realen Welt nicht alles nur schwarzweiß. Aus heutiger Sicht ist aber klarer, dass es nicht verlorengegangen ist, weil da irgendetwas digital wurde, sondern weil es an der Auflösung fehlte. Wenn wir - sagen wir durch landende Außerirdische - direkt von analoger Technik zur Technik von heute gesprungen wären, wäre der Vorwurf vielleicht gar nicht erst aufgekommen. Es ist einfach nicht so naheliegend, zu sagen: "Über 16 Millionen Farben pro Pixel (ungefähr der aktuelle Stand

der Technik), das ist doch klar, dass dazwischen ganz viel verlorengeht.“ Der Vorwurf bietet sich einfach mehr an, wenn ein Bild nur 2 Farben hat, oder 16, oder 256.

Und noch eine dritte Hypothese: Das Binärsystem ist schuld Dass digitale Systeme diesen Vorwurf oder diese Vermutung so anziehen, kommt nicht daher, dass sie digital sind. Sondern daher, dass sie binär sind. (An dieser Stelle folgte eine Auffrischungs-Slide, um noch mal zu erklären, was digital ist.) Tut mir leid, wenn das jetzt manche überflüssig finden, aber erfahrungsgemäß ist das nie allen Zuhörenden ganz frisch im Gedächtnis, wie das noch mal war. Auch nicht an Universitäten und auch nicht auf Fachtagungen.

Die Analoguhr sieht analog aus, heißt auch so, ist aber digital. Technisch bedingt bewegt sich alles in einer mechanischen Uhr schrittweise. Beim Sekundenzeiger sieht man das deutlich, bei den anderen beiden Zeigern fällt es weniger auf. Eine Sanduhr sieht erst mal analog aus. Sie ist aber auf der Ebene des einzelnen Sandkorns digital. Daran kann man schon mal erahnen, dass die Unterscheidung zwischen digital und analog nicht immer so eindeutig ist. Nur die Sonnenuhr ist wirklich ganz analog.

So, und binär ist quasi eine Unterabteilung von digital. Das heißt nur, dass man das analoge Geschehen halt nicht auf zehn Zustände reduziert, sondern auf zwei. Das kann verschiedene Dinge bedeuten, zum Beispiel, dass irgendwas an oder aus ist, oder dass ein Pixel entweder schwarz oder weiß ist. Meistens geht es aber darum, dass man Zahlen im Binärsystem ausdrückt statt im Dezimalsystem. Sonst bleibt alles gleich.

Sie müssen sich jetzt keine Sorgen machen, wenn Sie nie so ganz verstanden haben, wie man eigentlich mit nur zwei Zahlen irgendwas machen kann. Es ist nicht schwierig, die Erklärung dauert vielleicht drei Minuten, aber ich erkläre es jetzt nicht, weil es für diesen Vortrag irrelevant ist. Alles, was Sie wissen müssen, ist, dass es geht. Es ist einfach eine willkürliche Entscheidung, dass wir im Alltag Dezimalzahlen haben. Wenn wir vier Finger an jeder Hand hätten, hätten wir wahrscheinlich ein Oktalsystem stattdessen. Es ist technisch genauso gut denkbar, dass man in einem digitalen System mit einem anderen Zahlensystem arbeitet. Digital ist es dann trotzdem. Nur halt nicht binär. Und je größer diese andere Zahl ist, desto weniger nahe liegt die Idee, dass dabei etwas verlorengeht. Nur beim binären System drängt sich der Verdacht besonders stark auf: Zwei Symbole, Ja und Nein, nichts dazwischen, keine Ambivalenz: Da muss doch was Wichtiges fehlen.

Aber warum passieren die Dinge im Computer binär? Aus heutiger Sicht wirkt die Entscheidung selbstverständlich, wir lernen das in der Schule: Computer sind halt binär, so als gäbe es da gar keine andere Möglichkeit. Aber historisch war das erstens gar nicht so unausweichlich, und zweitens gibt es für unterschiedliche Elemente so eines Computers unterschiedliche Begründungen, warum sie binär geworden sind. Das ist eigentlich ein Riesenthema, viel zu groß für eine halbe Stunde Vortrag, aber ein bisschen was möchte ich gern dazu sagen, weil es relevant ist für unsere Frage.

Der Webstuhl wird oft als Anfang der Digitalisierung genannt, weil Webstühle so ab dem frühen 19. Jahrhundert mit Lochkarten gesteuert wurden¹. Beim Weben ist die Begründung, warum man da Lochkarten verwendet, ganz einfach: Ein binäres Verfahren bietet sich an, weil es beim Weben nur die beiden Möglichkeiten "Schussfaden liegt über dem Kettfaden" und "Schussfaden liegt unter dem Kettfaden" gibt. Da gibt es wirklich keinen Raum für irgendwelche Ambivalenzen, entweder Drüber oder Drunter, es gibt kein

¹ Sehr gutes, kurzes Erklärvideo: "Victoria & Albert Museum: Jacquard weaving", www.youtube.com/watch?v=K6NgMNVK52A

Dazwischen. Wenn ein Loch in der Karte ist, hebt ein Haken den Kettfaden hoch, und der Schussfaden geht drunter durch. Wenn da kein Loch ist, kommt der Schussfaden drüber. Hier wird also was binär kodiert, was einfach vorher schon in der physischen Welt binär ist. Beziehungsweise ist es eigentlich nicht mal eine Kodierung, man sieht auf der Lochkarte einfach einen Teil des Musters. Es sind also quasi analoge Lochkarten, das Muster auf der Karte ist analog zum Muster im Stoff. Ich hatte mir jetzt viele Jahre lang vorgestellt, dass die Lochkarten des Webstuhls der Gesamtgrund dafür sind, dass Computer heute auf binärer Basis funktionieren: Also letztlich die Schussfaden-Kettfaden-Sache. Aber so ist es gar nicht, es dauert noch ewig, bis Computer binär werden, und es hätte auch anders kommen können.

Bei der Telegrafie, dachte ich, ist es bestimmt genauso. Sieht man ja schon an so einem Morsetaster, dachte ich, der kann entweder gedrückt sein oder nicht. Der Draht kann nur die beiden Zustände "Strom fließt" und "Strom fließt nicht" transportieren, und das binäre Verfahren spiegelt nur einen Zustand wieder, der in der Natur auch schon binär ist, genau wie bei den zwei Fäden beim Weben. Könnte man denken, und habe ich auch lange gedacht. So war es aber gar nicht. Die ersten Prototypen von elektrischen Telegrafen, so ab 1770 ungefähr, hatten noch viel mehr als einen Draht. Hier sieht man das auf einem Bild aus dem Jahr 1810, das ist ein Telegrafie-Prototyp, und hier gibt es für jeden Buchstaben und jede Zahl einen eigenen Draht. Das reduziert sich erst nach Jahrzehnten auf einen einzigen Draht. Es war überhaupt nicht die naheliegendste Idee, nur einen Draht und ein binäres Signal zu nehmen. Nebenbei sind auch Morsezeichen nicht binär, es ist komplizierter.

Bei den frühen Computern ist das ein bisschen ähnlich. Das hier² ist eine Lochkarte, wie sie fast hundert Jahre lang im Einsatz war, vom späten 19. Jahrhundert bis in die 1980er Jahre. Also nicht immer in genau dieser Form, aber das Prinzip war dasselbe. Wenn man genau hinschaut, erkennt man am oberen Rand was Aufgedrucktes. Das zeigt in menschenlesbarer Form, was drunter jeweils in einer senkrechten Spalte kodiert ist, ganz links also ein A, dann ein B und so weiter. Im Prinzip noch ganz ähnlich wie bei den vielen Drähten in der Telegrafie.

Der Lochstreifen, wie er bei Computern auch bis in die 1980er Jahre im Einsatz war, verabschiedet sich dann allmählich davon. Man sieht, dass es da jetzt nicht mehr 10 oder 26 Felder gibt, wo beim W ein Loch reingestanzt ist. Das große W ist mit fünf Löchern kodiert, nicht mit einem Loch, das an einer bestimmten Stelle sitzen muss, damit es ein W ist. Wie das genau kodiert ist, ist zwar interessant und der Grund dafür, dass Menschen mit Umlauten im Namen bis heute Probleme haben, aber das geht uns jetzt nichts an. Wichtig ist hier nur der Unterschied zwischen "ein Loch an einer bestimmten Position bedeutet ein A" und "ein binärer Zahlencode bedeutet ein A, wo der steht, ist ganz egal".

Bei den frühen Versionen kann man durch Draufschaun noch ganz gut erkennen, was da kodiert ist. Da ist eine Stelle oder eine Spalte, die beschriftet ist, und wenn da ein Loch ist, dann heißt das zum Beispiel "ja" oder A oder B. Das funktioniert also immer noch so ähnlich, wie man es von Geheimschriften aus Jugendbüchern kennt, wo jemand in einer Zeitung ein winziges Loch unter die Buchstaben der geheimen Nachricht sticht. Bei den späteren Versionen, also zum Beispiel bei den Lochstreifen, geht das nicht mehr. Dafür

² en.wikipedia.org/wiki/Punched_card#/media/File:Blue-punch-card-front-horiz.png

kann man da dann beliebige Informationen unterbringen. Erst dadurch werden dann die späteren Speichermedien denkbar, auf denen nur lange Reihen von Nullen und Einsen gespeichert sind.

Eigentlich muss man auch separat darüber reden, in welcher Hinsicht ein Computer binär ist. In so einem Computer passieren ja mehrere ganz verschiedene Dinge. Man muss ihn irgendwie programmieren. Das kann man mit Lochkarten machen. Man braucht ein Speichermedium. Das kann man auch mit Lochkarten oder Lochstreifen machen. (Dass das Programmieren und das Speichern zwei verschiedene Dinge sind, merkt man daran, dass die Lochkarten zu unterschiedlichen Zeiten abgelöst wurden: Zuerst als Speichermedium durch Magnetband, aber das Programmieren mit Hilfe von Lochkarten hat sich danach noch zehn, zwanzig Jahre gehalten.) Aber irgendwie muss im Computer ja auch gerechnet werden. Und auch auf der Ebene sind Computer überhaupt nicht von Anfang an binär, es dauert sogar überraschend lang bis dahin.

Die mechanischen Rechenmaschinen waren dezimal und nicht binär. Entsprechend lag es näher, Computer auch dezimal rechnen zu lassen. Aber vorher muss man erst mal die Frage klären: "Soll ein Computer analog oder digital funktionieren?" Norbert Wiener ist ein Mathematiker, der in seiner Autobiografie³ eine Zeit in den 1940er Jahren beschreibt, in der er am MIT über diese Frage nachdenkt. Norbert Wieners Kollege Vannevar Bush, der in dieser Zeit auch am MIT ist, arbeitet an analogen Rechenmaschinen, also Geräten, die einen Wert nicht in Zahlen umwandeln und dann mit diesen Zahlen weiterarbeiten, sondern diesen Wert analog darstellen, zum Beispiel dadurch, dass sich ein Bauteil bewegt. Analoge Computer, das klingt aus heutiger Sicht wie eine abwegige und ein bisschen steinzeitliche Idee, aber nur, weil wir inzwischen nichts mehr über die analogen Computer von damals wissen. Damit sind hochkomplexe Probleme gelöst worden. Es gab analoge Computer zur Vorausberechnung von Ebbe und Flut, und hier⁴ sieht man drei Mathematikerinnen mit so einer analogen Maschine Differentialgleichungen lösen. Ganz links ist Kay McNulty, die wenige Jahre später eine der sechs Programmiererinnen am ENIAC war, dem ersten Computer im heutigen Sinn. (Das war jetzt kein "Programmierer*innen", sondern Programmiererinnen, die anderen fünf waren auch Frauen.) Aber jedes einzelne von diesen analogen Geräten konnte halt nur genau ein Problem lösen. Das eine Gerät kann nur Gezeiten vorausberechnen, das andere kann nur Differentialgleichungen lösen, das dritte kann nur eine Bombe ins Ziel steuern.

Norbert Wiener findet das aus anderen Gründen nicht so aussichtsreich. Er ist der Meinung, dass die analogen Computer grundsätzlich zu langsam sind. Wenn man umfangreiche Differentialgleichungen lösen will, muss man sehr viel rechnen, und das heißt, man muss sehr schnell rechnen, sonst dauert es viel zu lang für den praktischen Einsatz. Das wird seiner Meinung nach in Zukunft nur mit einem digitalen System gehen, nicht mit den analogen Geräten, an denen Bush arbeitet⁵. Das hat vielleicht auch damit zu tun, dass Bush, wie Wiener schreibt⁶, mechanisch unglaublich begabt ist und Wiener selbst kaum zwei Drähte zusammenlöten kann. Vielleicht setzt Bush also auf diese tollen superkomplexen analogen Lösungen einfach nur, weil er es kann, und Wiener muss notgedrungen in einer anderen Richtung forschen. Aber das ist nur meine private

³ Norbert Wiener: "I Am a Mathematician: The later life of a prodigy", Volltext in der Open Library: <https://archive.org/details/iammathematician00wien/>

⁴ en.wikipedia.org/wiki/File:KayMcNultyAlyseSnyderSisStumpDifferentialAnalyzer.jpg

⁵ A.a.O., S. 232 und passim.

⁶ A.a.O., S. 112

Spekulation.

Wir lassen Norbert Wiener mal kurz in den 40er Jahren zurück, damit ich noch einen anderen Grund für digitale Verfahren nennen kann. Das gehört jetzt nicht zum historischen Teil, es ist nur zur Auffrischung Ihrer Erinnerung daran, welche Vorteile digitale Verfahren haben. Man möchte die Daten kopieren können, ohne dabei nach und nach immer mehr Fehler reinzubringen. Kopieren ist nicht nur dann wichtig, wenn man die Daten einmal hat und sie zweimal haben möchte. Auch Transport an einen anderen Ort ist bei Daten meistens ein Kopiervorgang (wenn man nicht gerade eine Festplatte mit der Post verschickt).

Dieses unspektakuläre Foto⁷ ist das erste Foto von der Marsoberfläche, von 1965. Es hat 200 x 200 Pixel und jedes Pixel kann einen von 64 Grautönen haben. Nur so zum Vergleich: Wenn ich mit meinem Handy ein Foto mache, dann hat das eine Seitenlänge von 2048 Pixel, also die zehnfache Größe. Das Bild ist digital zur Erde übertragen worden, die Übertragung hat damals insgesamt achteinhalb Stunden gedauert, so dass sich die Erde unter dem Signal wegdrehte und man mehrere Radioteleskope an unterschiedlichen Orten dafür brauchte. Das Signal war extrem schwach, so schwach, dass kaum noch was davon übrig war. Und das ist der Grund, warum es digital übertragen wurde, obwohl man das auch analog hätte tun können: Man will bei so einem Bild ganz genau wissen, dass die Daten für jedes Pixel wirklich exakt so vom Mars stammen und nicht irgendwelches unterwegs eingefangene Rauschen sind. Das heißt, die Digitalkamera war nicht so toll, die Entfernung zum Mars ein bisschen zu groß für ein gutes Foto, nämlich knapp 10.000 Kilometer, und die Bildgröße ist für heutige Verhältnisse winzig. Aber das, was wir da sehen, ist jedenfalls exakt das, was die Kamera gesehen hat, ohne später dazugekommene Fehler.

Anderes praxisnahes Beispiel: Stellen Sie sich vor, Sie wollen von Hand eine Kopie von einer Vinylplatte machen. Sie müssen sich dazu vorstellen, dass Sie selbst entweder sehr klein sind oder die Schallplatte ein paar Kilometer im Durchmesser hat. Ganz egal, wie viel Mühe Sie sich geben, am Ende kommt was raus, was sich nicht mehr genauso wie das Original anhört. Und je öfter Sie die Kopie kopieren, desto schlimmer wird es. Das ist das analoge Kopiervorgehen.

Bei der CD brauchen Sie nur diese Täler reinzumeißeln, die Pits heißen. Das können Sie ziemlich unordentlich machen, es wird trotzdem richtig erkannt. Sie müssen nur aufpassen, dass die Länge von den Pits und die Länge von den Abständen dazwischen so ungefähr stimmt, vielleicht mit Schritten abmessen. "Ungefähr" reicht dabei völlig. Und wenn Ihre kilometergroße CD allmählich zerbröckelt, weil sie so lange im Freien gelegen hat, dann ist es für Sie immer noch ziemlich einfach, zu sagen "diese Stelle ist jetzt ein bisschen dreckig oder kaputt, aber eindeutig war hier mal ein Pit". Und dann machen Sie in ihrer Kopie wieder ein schön eindeutiges Pit draus. Das heißt, die Kopie kann sogar wieder besser sein als das Original.

Aus dem gleichen Grund ist auch die menschliche DNA digital: Auf die Art geht beim Kopieren einfach weniger schief. Es scheint sich übrigens um ein erstaunlich gutes digitales Speichermedium zu handeln, jedenfalls gibt es seit schon länger Forschung an

⁷ Details: "Portrait of a Planet", Science, 23. Juli 1965, Vol. 86, No. 4.
time.com/vault/issue/1965-07-23/page/38/

der Möglichkeit, Daten in Form von synthetischer DNA zu speichern⁸. In den 1950ern gab es die Idee, in den 1980er Jahren hat es zum ersten Mal funktioniert, und heute passen in ein Gramm DNA über 200 Petabyte, das sind 200.000 Terabyte. Nur so als Größenvergleich, in meinem Laptop sind ungefähr 2 Terabyte, ein Hunderttausendstel davon. Ich erwähne das nur, damit man sieht, dass auch der menschliche Körper da, wo es auf genaues Kopieren ankommt, auf ein digitales Verfahren setzt. Oder da, wo es schnell gehen muss, zum Beispiel bei der Impulsübertragung in Nerven.

Ich habe vorhin “fehlerfreies Kopieren” gesagt, das stimmt natürlich nicht ganz, Fehler passieren überall. Aber bei einem digitalen Verfahren hat man die Möglichkeit, Fehler zu bemerken und es dann noch mal zu versuchen. Wenn Sie Ihre IBAN oder Ihre Kreditkartennummer wo eintippen und dann wird die abgelehnt, dann liegt das daran, dass Sie sich vertippt haben und die Nummer eine Prüfziffer hat. Die berechnet sich aus den anderen Zahlen. Die Seite, wo Sie die eingeben, rechnet das nach, und wenn die Prüfziffer nicht zur restlichen Zahl passt, dann müssen Sie’s noch mal machen. Genau so funktioniert das auch bei vielen anderen digitalen Übertragungsvorgängen. Und die Möglichkeit hat man bei analogen Vorgängen nicht oder nur sehr eingeschränkt.

So, jetzt zurück zu Norbert Wiener und seinem Nachdenken über Computer in den 1940er Jahren. Warum digital, haben wir jetzt geklärt. Aber warum binär? Wiener gibt dafür gar keinen besonderen Grund an, er sagt, es sei “for obvious reasons” einfacher, mit binären Werten zu arbeiten als mit dem Dezimalsystem. Er sagt: Der einzige Vorteil des Dezimalsystems ist der, dass wir halt schon dran gewöhnt sind. An Wieners Begründung mit den “obvious reasons” sieht man wieder mal, dass man einfach nichts damit begründen darf, dass es offensichtlich ist.

Und es war auch für andere nicht offensichtlich. Noch ziemlich lange danach rechnen viele Computer dezimal und nicht binär. Der ENIAC-Computer von 1945 hatte intern noch 10 Flipflops für jede Dezimalstelle. Ein Flipflop ist in dem Fall ein Bauteil aus der Telefontechnik, das man sich ungefähr wie einen Lichtschalter vorstellen kann. Man brauchte also für jede Ziffer zehn Lichtschalter, und nur einer davon durfte an sein. Im Prinzip genau dasselbe wie bei den alten Lochkarten und wie bei den vielen Drähten in der frühen Telegrafie.

Es ist gar nicht so leicht, in der Literatur konkrete Begründungen dafür zu finden, warum man mit einem Binärsystem arbeiten sollte. 1947 gibt es in den USA den Burks-Goldstine-von Neumann Report⁹, in dem es relativ ausführlich erklärt wird. “In spite of the long-standing tradition of building digital machines in the decimal system, we feel strongly in favor of the binary system for our device”, schreiben die Autoren. Die Erklärungen sind dann folgende: Man braucht ein bisschen weniger Stellen für die gleiche Präzision, es ist also sparsamer. Und wesentliche Teile des Computers haben eigentlich nichts mit Rechnen zu tun, es sind logische Elemente. Bei Logik geht es immer um Ja oder Nein, Logik ist von vornherein binär. Deshalb, argumentieren die Autoren, hätte man am Ende ein “homogeneres Gerät”, wenn man auch die Rechenoperationen mit Binärzahlen machen würde.

⁸ en.wikipedia.org/wiki/DNA_digital_data_storage

⁹ Arthur W. Burks, Herman H. Goldstine, John von Neumann: “Preliminary Discussion of the Logical Design of an Electronic Computing Instrument”, 1946.

www.ias.edu/sites/default/files/library/Prelim_Disc_Logical_Design.pdf

Ein kurzer Exkurs zu diesen Logikbauteilen, damit Sie nicht denken, da drin sind Null und Eins saubere platonische Ideen. Das ist nicht so, es sind Wertebereiche von Spannung. Bei TTL-Bausteinen, das sind so Logikelemente im Computer, bedeutet eine niedrige Spannung Null und eine höhere Spannung Eins. Dazwischen, also zwischen da, wo die Null aufhört und die Eins anfängt, ist sicherheitshalber ziemlich viel Abstand. Weil die Spannung eben keine digitale Angelegenheit ist, man muss sich also drauf einrichten, dass es da nicht immer ordentlich zugeht. Deshalb lässt man diesen großen Sicherheitsabstand zwischen dem Spannungsbereich, der Null bedeutet und dem Spannungsbereich, der Eins bedeutet. Dieser Abstand hat einen Zweck, er dient nämlich der Vermeidung von Ambivalenz, und da sieht man, auf welchem, naja: handwerklichen Weg das passiert.

Noch mal zurück zum Burks-Goldstine-von Neumann Report. Der einzige Nachteil von Binärzahlen, sagen die Autoren, ist, dass sie für Menschen unpraktischer sind. Die Argumente scheinen aber nicht alle überzeugt zu haben, es gibt danach aber noch bis in die 1970er Jahre dezimale und binäre Computer parallel (dezimal war eher im Wirtschaftsbereich beliebt). In einem Nachschlagewerk von 1966 werden 139 im Handel erhältliche Computer aufgelistet, davon sind 76 binär, 48 dezimal und 15 können beides¹⁰.

In der Sowjetunion gab es in den 1960er Jahren den Setun¹¹, einen Computer auf der Basis eines Ternärsystems, also mit drei Zahlen. Im Setun heißt es nicht Bit, sondern Trit, und nicht Byte, sondern Tryte. Davon wurden immerhin fünfzig Exemplare gebaut. Das klingt nach heutigen Standards nach einem Flop, war aber damals eine normale, respektable Absatzzahl für einen Computer. Der Setun ist in der ganzen Sowjetunion zum Einsatz gekommen, und das war auch nicht nur so eine seltsame sowjetische Idee, nur um es anders zu machen als im Westen. Es gab auch in den USA und Kanada Forschung dazu, nur waren die ternären Bauelemente offenbar teurer als die binären, wobei ich nicht rausfinden konnte, ob sie das grundsätzlich sind oder ob sie einfach zufällig die Verlierer der technischen Entwicklung waren.

Aber man kann dem jedenfalls entnehmen: Es gab früher andere Möglichkeiten als das Binärsystem, und es könnte auch in Zukunft andere Möglichkeiten geben: Es gibt keinen unüberwindbaren technischen Grund, warum das, was heute binär ist, in Zukunft binär bleiben muss. Die Speichermedien von Computern waren ja jetzt lange binär: Lochstreifen haben Löcher oder Nichtlöcher. Bei Disketten und bei den älteren Festplatten ist ein kleiner Bereich entweder in die eine Richtung oder in die andere Richtung magnetisiert. Die CD-ROM hat kleine Täler.

Aber jetzt kommen wir in der Gegenwart an bei den Speichermedien, und da ist es anders. Flash-Speicher, also das, was in USB-Speichersticks und in Handys und wahrscheinlich auch in ihrem Laptop als Speichermedium verbaut ist, hat früher auch binär funktioniert. Früher waren da in einer Speicherzelle entweder Elektronen eingesperrt oder nicht, eins oder null. Ende der 1990er Jahre konnte man schon unterscheiden zwischen Zellen, die leer sind, Zellen mit wenigen, Zellen mit mittelvielen und Zellen mit vielen Elektronen drin. Das heißt, in eine solche Zelle passt nicht nur die Information "Null oder Eins", sondern vier verschiedene Zustände, also 2 Bit. In den letzten zehn Jahren werden es immer mehr, wir sind jetzt bei vier oder fünf Bit pro Speicherzelle, also Zahlen bis 16 oder 32. Aufmerksame werden jetzt einwenden: 16, 32,

¹⁰ Anton Glaser: "History of Binary and Other Nondecimal Numeration", 1971, S. 151.

www.eipiphiny.org/books/history-of-binary.pdf

¹¹ Alle Informationen stammen aus dem deutschen und dem englischen Wikipediaeintrag.

die Zahlen kenn ich doch, das ist doch immer noch im Binärsystem! Das stimmt, es ist aber jetzt wiederum aus historischen Gründen so: Weil es eben bisher auch binär war. Man könnte genausogut eine Einteilung in 10 Füllstände machen und dezimal damit arbeiten. Der Vorwurf, dass alles auf entweder Null und Eins reduziert werden muss, stimmt also zumindest beim Speichermedium schon gar nicht mehr so genau.

Wenn man in hundert Jahren zurückschaut, sagt man vielleicht, dass das Binärsystem sich nur durchgesetzt hat, weil die Hardware damals noch so unpräzise war und man damals, im 20. Jahrhundert, froh war, wenn man zwei Spannungswerte halbwegs verlässlich unterscheiden konnte. Es ist also kein Naturgesetz, dass Computer auf der Basis eines Binärsystems funktionieren müssen. In einem anderen Hosenbein der Zeit könnten wir jetzt Computer haben, die statt auf zwei Zahlen auf drei basieren, oder auf zehn.

Den Vorwurf, dass da Zwischentöne fehlen, würde es bei einem Dreiersystem ziemlich sicher auch geben. Aber wenn Computer dezimal geblieben wären, kommt es mir unwahrscheinlich vor. Wir hätten dann wahrscheinlich einen leicht anders gearteten Vorwurf bekommen, nämlich den, dass sich nicht alles im Leben in kalten nackten Zahlen darstellen lässt. Es wäre vielleicht eher eine antikapitalistische Kritik am Computer geworden.

Zurück zu der Idee vom Anfang, dass die großen Strukturen die kleinen spiegeln. Ich habe jetzt für diesen Vortrag zum ersten Mal nachgesehen, in welchen anderen Zusammenhängen dieses Konzept eigentlich auftaucht, dass die Strukturen im Kleinen die Strukturen im Großen beeinflussen. Wie sich rausstellt, gibt es das eigentlich nur in der Anthroposophie und verwandten Gebieten. In der Anthroposophie heißt es "Gesetz der Entsprechung", und das gibt es in verschiedenen Formulierungen: "Wie oben, so unten und wie unten, so oben", "Wie innen, so außen und wie außen, so innen" oder "Wie im Großen, so im Kleinen und wie im Kleinen, so im Großen". Wie bei den meisten esoterischen Konzepten heißt es dann, das sei ein uraltes Gesetz und schon vor ein paar Jahrtausenden von irgendwem beschrieben worden. Und wie bei den meisten esoterischen Konzepten ist es zumindest in diesen Formulierungen eigentlich viel jünger. Es scheint auf ein 1908 erschienenes Buch zurückzugehen: "The Kybalion" von den anonymen "Three initiates".

Es gibt also außerhalb der Esoterik eigentlich gar keine Anzeichen dafür, dass das wirklich stimmt. Auch nicht beim Blumenkohl und beim Salzkristall: Beide sind ja nur begrenzt selbstähnlich. Beim Blumenkohl endet die Selbstähnlichkeit ziemlich schnell, er ist also nicht unendlich fraktal, sondern man kann schon mit bloßem Auge erkennen, wo die immer kleineren Teile jetzt gar nicht mehr wie ein ganzer Blumenkohl aussehen. Beim Salz bestehen die großen würfelförmigen Kristalle tatsächlich aus immer kleineren, aber auch das funktioniert nicht bis zur untersten Ebene. Das Natriumchlorid-Molekül selbst ist überhaupt nicht würfelförmig. Und vom Menschen sagt ja auch niemand: Weil wir auf DNA-Ebene digital sind, merkt man uns diese Digitalität auf allen Ebenen darüber an.

Also, ja, es stimmt, dass das Binäre weniger Raum für Ambivalenzen bietet. Aber erstens ist das nicht nur im Computer so, sondern zum Beispiel auch in verschiedenen Bereichen im menschlichen Körper. Und zweitens kann man nicht wegen der technischen Grundlage behaupten, dass irgendwo keine Ambivalenzen transportiert werden können. Die Tatsache, dass es auf der untersten Ebene des Computers so ist, bedeutet gar nichts für die darüberliegenden Ebenen. Auch wenn das eine ästhetische Idee gewesen wäre.

Während ich diesen Vortrag vorbereitet habe, habe ich gemerkt, dass ich die Theorie, die ich am Anfang "offensichtlicher Blödsinn" genannt habe, selbst schon vertreten habe. Ganz so offensichtlich ist es also gar nicht. Und zwar versuche ich seit vielen Jahren, ein Buch über die Organisationsformen von Internetgemeinschaften zu schreiben. Eine meiner zentralen Fragen dabei war immer: Wenn ich irgendein Internetprojekt gründe, in dem es im weitesten Sinne um Weltverbesserung geht, aber die Organisationsform ist vollkommen undemokratisch: Können dann dabei überhaupt Ergebnisse rauskommen, die nicht letztlich genau diese innere Struktur widerspiegeln? Und ich dachte immer: Das kann doch eigentlich nicht gehen. Das ist aber letztlich genau die gleiche Idee, dass die Strukturen auf den höheren Ebenen die Strukturen der Ebenen drunter abbilden. Und sie ist wahrscheinlich hier so falsch wie anderswo. Hätte man ja auch ahnen können, schließlich ist die Demokratie selbst aus undemokratischen Systemen hervorgegangen.

Ich habe beim Betrachten des Programms nicht den Eindruck, dass das hier eine Tagung werden wird, bei der irgendjemand plant, Probleme mit Ambivalenzen im digitalen Bereich auf die zugrundeliegenden Nullen und Einsen zurückzuführen. Und das ist auch gut so. Aber vielleicht sind Sie ja mal woanders, wo Ihnen dieses Argument begegnet. Und dann wissen Sie jetzt zumindest genauer, woher es kommt und warum es kein gutes Argument ist. Und ich kann zurückgehen zu meinem ungeschriebenen Buch über die Onlinegemeinschaften, und die Theorie auch da rauslöschen. Vielen Dank!