Schlamm und Brei und Bits
Warum es die Digitalisierung nicht gibt
Aleks Scholz, Kathrin Passig
erschienen in Merkur 798, November 2015

Seit ein paar Jahren wird die Welt digital. Oder zumindest scheint es so. Alles digitalisiert sich, Bücher, Fernsehen, Arbeit, Autos, Strom, Telefon, Politik, sogar Radio. Wie jede große Veränderung wird die Digitalisierung entweder als Weltrettung gefeiert oder als Weltuntergang verdammt. Die Auswirkungen der Digitalisierung sind offenbar selbst digital, schwarz und weiß, dazwischen gibt es nichts.

Auch wenn man jetzt ständig davon hört, ist das Phänomen Digitalisierung nicht neu. Computer haben das analoge Stadium ab den 1940er Jahren allmählich verlassen[1]. Banken, Versicherungen und zahlenintensive Verwaltungsbereiche digitalisierten ihre Rechenvorgänge ab den 1960er Jahren. Polizei und Geheimdienste arbeiten seit den 1970er Jahren mit Datenbanken. Ebenfalls seit den 1970er Jahren werden Krankenhauspatienten auf der Intensivstation mit Hilfe von Computern überwacht und die erhobenen Messwerte digital gespeichert. 1976 heißt es im *Spiegel*: “Die elektronische Revolution hat die Zeitungsverlage erreicht“, gemeint waren Lichtsatz, Bildschirmterminals und Speicherung der Texte auf Magnetbändern. Im Laufe der 80er und 90er wurden textlastige Verwaltungstätigkeiten digital. Die Umstellung von Schallplatte auf CD fand in den 1980er Jahren statt. Verkehrsampeln werden seit den frühen Neunzigern digital gesteuert. Ende 1997 war das deutsche Telefonnetz vollständig digitalisiert. Fotografie und Film folgten.

Während der ersten siebzig Jahre dieser Vorgänge spielte der Begriff der Digitalisierung keine große Rolle. In den 1960er und 70er Jahren waren Bezeichnungen wie Automation, Automatisierung und Roboterisierung üblich, in den 1980ern und Neunzigern hieß das Geschehen Computerisierung. Für die Veränderungen der letzten drei Jahrzehnte gibt es nicht genug Begriffe, die auf -ung enden: der Übergang von Offline zu Online; der vom Netz als Nachschlagewerk zum Netz, das soziale Beziehungen abbildet; das Verschwinden von physischen Gegenständen als Aufenthaltsorten für Kulturgüter; der Übergang vom stationären zum mobilen Internet; der allmähliche Rückgang der Praxis, an Computern erzeugte Inhalte auf Papier zu drucken und analog weiterzuverwenden; der Umgang mit sehr großen statt nur mittelgroßen Datenmengen, der Übergang von bisher schweigsamen zu kommunizierenden Geräten.

Für alle diese Aufgaben muss das Wort Digitalisierung herhalten. Wo es ab den 1990er Jahren vereinzelt auftauchte, bezeichnete es noch die konkrete Digitalisierung *von* etwas: von Telefonnetzen, Wörterbüchern, Landkarten. Erst ab 2010 wird der Begriff häufiger und in

---

[1] Heutige Leserinnen können sich unter analogen Computern häufig nur den Nachbau digitaler Schaltungen als Lego-Modell vorstellen. Tatsächlich wurden bis in die 1960er Jahre analoge Computer für militärische Anwendungen eingesetzt, zur Gezeitenvorhersage oder zur Steuerung von Produktionsabläufen in der Industrie. Der Antikythera-Mechanismus ist ein analoger Computer, ein Rechenschieber ebenfalls. Digitale Computer setzten sich durch, weil sie präziser, vielseitiger und schneller waren als analoge – letzteres allerdings nicht von Anfang an.

seiner heutigen vagen Bedeutung verwendet[2]. Im Mai 2015 schrieb die *FAZ* über die Mittelstandsbefragung der Commerzbank: “48 Prozent der Einzelhändler geben an, dass die bewährten Geschäftsmodelle durch die digitale Entwicklung bedroht werden.”[3] Im Juni desselben Jahres, ebenfalls in der *FAZ*: “Wie eine sich steigernde Flutwelle braust die Digitalisierung über die Unternehmenslandschaft – und wird sie stark verändert hinterlassen. ... Hier muss Deutschland ... schnell gleichziehen, wenn es von der Welle der Digitalisierung getragen und nicht darunter begraben werden soll.”[4] Im Juli 2015 sagt Hans Peter Wollseifer, Chef des Zentralverbands des Deutschen Handwerks, in der Bundespressekonferenz: “70 Prozent unserer Betriebe befassen sich schon mit Digitalisierung und wollen die auch in der Zukunft verstärkt weiterbetreiben.”[5] Und im August berichtet die *Süddeutsche* über die Probleme des Stromkonzerns RWE: “Die Stromversorgung läuft zunehmend dezentral und digital. (...) Die Digitalisierung muss deshalb Chefsache sein.”[6]

Was konkret in deutschen Unternehmen geschieht, wenn die “Welle der Digitalisierung” über sie hereinbricht, ist unklar, aber es muss sich um “irgendwas mit Internet” handeln. In der im Projekt Digi20[7] durchsuchbaren geistes- und sozialwissenschaftlichen Literatur scheint “Digitalisierung” noch nicht einmal “irgendwas mit Internet” zu bedeuten, sondern “irgendwas mit Computern”, jedenfalls dort, wo nicht gerade das konkrete Einscannen von Texten gemeint ist. Auch die Autoren dieses Beitrags haben (die eine häufiger[8], der andere seltener) den Begriff “Digitalisierung” an Stellen verwendet, an denen sie besser genauer benannt hätten, welchen Vorgang sie meinten.

Dass Arbeitsabläufe, die bisher analog waren, gerade in diesem Moment digital werden, ist unwahrscheinlich. Selbst wenn aus dem Kontext hervorgeht, welche konkrete Veränderung gemeint ist, lässt sich so kein Geschehen beschreiben, das ein ganzes Unternehmen, eine “Unternehmenslandschaft” oder “die Wissenschaften” gleichförmig erfasst. Zwischen der Einführung von Computern in der Rechnungsabteilung und ihrer Einführung in der Chefetage liegen Jahrzehnte. Autos enthalten seit den 1960er Jahren elektronische Bauteile, beginnend mit Benzineinspritzung und Anti-Blockier-Systemen. Etwa um dieselbe Zeit beginnen Roboter in der Fertigung zu arbeiten. Fünfzig Jahre später tastet man sich an Markenkommunikation über soziale Netzwerke heran, das Auto beginnt selbstständig Werkstatttermine zu vereinbaren. Ab wann ist die Autobranche “digitalisiert”? Ein Text wandert auf dem Weg von der Autorin zur Leserin mehrmals zwischen analogen und digitalen Formaten und Arbeitsweisen hin und her. Das fertige Papierbuch wird via Onlineshop beim lokalen Buchhändler bestellt, der die Bestellung seinem analogen Faxgerät

---

[2] Quelle für diese zeitliche Einordnung ist das Spiegel-Archiv.

[3] blogs.faz.net/adhoc/2015/05/12/commerzbank-mittelstandsbefragung-digitalisierung-bedroht-ein-viertel-aller-geschaeftsmodelle-1016/

[4] www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wie-die-digitalisierung-unternehmen-ergreift-13019296.html TODO DETAILS

[5] www.youtube.com/watch?v=AbIj9WTUE68

[6] Süddeutsche Zeitung, 20.8.2015

[7] Das DFG-geförderte Projekt Digi20 “konzentriert sich auf die Digitalisierung überwiegend geistes- und sozialwissenschaftlicher, nicht gemeinfreier Literatur”, digi20.digitale-sammlungen.de.

[8] Ganze Bücher damit vollgeschrieben, genau genommen.

entnimmt, zum Computer trägt und in die Bestellsoftware eintippt. Wann und an welchen Stellen soll man die Buchbranche digitalisiert nennen?

Digitale und analoge Signale

Zürcher Hochschule der Künste, September 2015, eine Veranstaltung des “Institut für Theorie”. Den Vormittag über ist auf mittlerer Flughöhe über Digitales und Analoges diskutiert worden, am Nachmittag erkundigt sich eine Dozentin bei den Studierenden, ob denn überhaupt allen klar sei, was die beiden Begriffe bezeichnen. Lange Schweigepause. “Dann versuch ich es mal”, sagt schließlich eine Studentin, “digital ist Einwegkommunikation und analog ist Mehrwegkommunikation.” Decken Sie den folgenden Text ab und denken Sie kurz darüber nach, wie Sie den Unterschied erklären würden.

Die Dozentin nahm bei ihrer Erklärung die Etymologie und ihre Finger zu Hilfe: Wo ein Finger ist, da ist ein digitaler Wert, dazwischen ist nichts. Der Wikipediaeintrag “Digitalsignal” illustriert den Unterschied mit einer Kurvenlinie für das analoge und einer gestuften für das digitale Signal. Ein digitales Signal ist eine Serie aus Werten, zum Beispiel eine Reihe von Binärzahlen wie 010011101011 oder eine Messreihe wie 5, 2, 8, 1, 0, 2, 4. Am zweiten Beispiel sieht man eine weitere Eigenschaft von digitalen Daten – die Werte selbst sind wiederum Vielfache einer diskreten Einheit, in diesem Fall Vielfache von 1.

Analoge Datenverarbeitung erfordert Geräte, die genau dieses eine Signal verarbeiten oder übertragen können. Digitale Signalverarbeitung betreibt man nicht mit gesonderter Hardware, sondern mit Geräten, die sowohl Gezeiten vorhersagen als auch Musik abspielen können. Software übernimmt die Anpassung an die jeweilige Aufgabe. So wird Kompression möglich (indem man Muster in den digitalen Daten findet), aber auch Fehlerkorrektur oder wenigstens -kontrolle durch Prüfwerte. Dank dieser Eigenheiten lassen sich digitale Daten auch unter schlechten Bedingungen unverändert übertragen.

Wenn heute von digital und analog die Rede ist, dann ist das Digitale immer das Neue und das Analoge war schon vorher da. Mehr noch, das Digitale ist menschengemacht, artifiziell, während Analoges irgendwie natürlich ist. Das Analoge ist in dieser Art Argumentation fundamentaler, und digital werden Dinge erst, wenn der Mensch oder der Computer eingreift. “Die Welt ist analog”, so hört und liest man häufig, wenn von der Digitalisierung die Rede ist, und deshalb sei zum Beispiel die digitalisierte Musik schlechter als die von der Schallplatte.

Aber wenn man sich in der sichtbaren Welt umsieht, dann findet man schnell viele diskrete, unterscheidbare Dinge, die man mit ganzen Zahlen abzählen kann. Im Regal stehen einzelne Bücher. Vier Stühle stehen um den Tisch, der vier Beine hat. Das Sternbild Großer Wagen besteht aus sieben hellen Sternen. Ein Baum hat einzelne Blätter und bringt abzählbare Früchte hervor. Der Apfel wird in mehrere Teile zerlegt. Tiere und Menschen sind Individuen, diskrete Einheiten mit vier oder zwei oder null Beinen. Gedichte bestehen aus einzelnen Wörtern, Texte aus einzelnen Buchstaben. So viele abzählbare Dinge gibt es in der Welt, man könnte genausogut zu dem Schluss kommen, die Welt, die uns umgibt, sei

vor allem digital. “Die ganzen Zahlen hat der liebe Gott gemacht, alles andere ist Menschenwerk”, so der deutsche Mathematiker Leopold Kronecker[9].

Andererseits kann man selbst bei einer oberflächlichen Überprüfung unserer Welt kaum übersehen, dass es Entitäten gibt, die sich einer Aufteilung in klar umrissene Einheiten zu entziehen scheinen. Das Meer. Der Himmel. Luft. Schlamm. Brei. Wie zählt man Himmel? Wie rechnet man mit Brei? Im Schlamm der Welt nimmt die Idee des Kontinuums ihren Anfang, die Idee, dass die Welt nicht nur aus unendlich vielen Teilen besteht, sondern dass es zwischen diesen unendlich vielen Teilen noch etwas gibt.

Deshalb beginnt die Untersuchung der digitalen Revolution mit Stift und Papier. Ich zeichne eine gerade Linie. Wenn ich meine Linie halbiere, zum Beispiel mit Hilfe einer Schere, bleiben zwei gleich große Linienstücke übrig. Jetzt halbiere ich die beiden Hälften abermals. Übrig bleiben Viertellinien, die ich wiederum halbieren kann. Dann nochmal. Und nochmal. Ich sitze vor einem Haufen von Papierschnipseln, die jeweils einen Teil meiner ursprünglichen Linie darstellen. Je kleiner die Schnipsel werden, umso schwieriger ist das Teilen. Irgendwann ist die Klinge der Schere größer als die Schnipsel. Ich muss die Übung im Kopf fortsetzen, als Gedankenexperiment. Aber das Problem bleibt: Besteht die Linie aus einer kleinsten Einheit, die nicht mehr teilbar ist? Oder geht der Vorgang des Teilens immer weiter?

Es ist mehr als zweitausend Jahre her, als diversen Leuten der Verdacht kam, dass Geometrie, die Welt der Linien, und mit ihr die Welt der Zahlen, nicht digital ist. Manche Linien bestehen nicht aus diskreten Einheiten. Das beste Beispiel ist die Diagonale eines Quadrats. Angenommen man schneidet die Seite eines Quadrats in kleine gleichgroße Teile, und man versucht dann, die Diagonale aus diesen Teilen zusammenzusetzen. Dann bleibt am Ende immer ein Stück Diagonale übrig, egal, wie klein man die Teile macht. Die Seitenlänge und die Länge der Diagonale sind inkommensurabel, sagt der Mathematiker. Mit dem Satz des Pythagoras folgt: Wenn die Seitenlänge 1 ist, so ist die Länge der Diagonale die Quadratwurzel aus 2, eine Zahl, die unendlich viele Nachkommastellen hat.

Die Wurzel aus zwei ist eine irrationale Zahl, genau wie Pi, genau wie die Eulersche Zahl. Irrationale Zahlen sind keine seltenen Freaks, ganz im Gegenteil. Die Natürlichen Zahlen (1, 2, 3 usw.) und die Brüche, die man aus ganzen Zahlen bilden kann (½, ⅓, ⅝, usw.) sind nur kleine diskrete Schiffe im Zahlenmeer. Alles dazwischen ist irrational. Die irrationalen Zahlen bilden das Kontinuum, in dem alle anderen Zahlen schwimmen.

A small soft rock

Die Welt enthält viel Schlamm und Brei, und zwar auch dort, wo man saubere digitale Verhältnisse erwartet: im Inneren eines Computers. Überraschenderweise ist es mit analogen Bauteilen angefüllt, und selbst die Digitalzahlen erweisen sich bei näherer Betrachtung als nicht ganz so aufgeräumte Abstraktionen, wie man annehmen könnte. Eine digitale Null ist nicht einfach die Abwesenheit von etwas. Sie wird lediglich durch eine

[9] in einem Vortrag im Jahr 1886, zitiert von Weber 1892
http://www.digizeitschriften.de/dms/met/?PPN=PPN37721857X_0002

niedrigere Spannung als die Eins dargestellt. Bei TTL-Bausteinen[10] bedeutet eine Spannung zwischen 0 und 0,8 Volt Null, eine Spannung von 2 bis 5 Volt Eins. Die Netzteile, die diese Spannungen erzeugen, sind Analogtechnik.

Man kann dem TTL-Beispiel entnehmen, dass Null und Eins keine präzise umrissenen Werte sind, sondern Wertebereiche. Dazwischen liegt ein unordentlicher Zwischenraum, weder Null noch Eins. Bei Flashspeicher[11] wird es noch etwas komplexer, denn seine Zellen können mehrere Ladungszustände annehmen: Viele, mittelviele, wenige oder keine Elektronen pro Zelle. So lässt sich mehr als ein Bit in einer Zelle speichern, auf Kosten der beliebten Metapher, eine digitale Welt kenne nur Schwarz und Weiß[12]. Auch Daten, die im Internet herumfließen, sind auf unterster Hardwareebene analoge Trägersignale, die mit den digitalen Daten moduliert sind.

Genausowenig taugt die analoge Welt als sauberer Gegensatz zur digitalen. Im Jahr 2001 stellt der Physiker Freeman Dyson auf der Plattform edge.org, einer virtuellen Zusammenkunft von Wissenschaftlern, die Frage: Ist Leben digital oder analog?[13] Unter den Antwortenden ist der AI-Forscher Marvin Minsky, der darauf hinweist, dass auch eine CD nur “a small soft rock” ist, eine verkleinerte Version eines etwa einen Quadratkilometer großen gravierten Steins. Ob dieser Stein in Keilschrift beschriftet ist, im griechischen Alphabet oder mit durch Folgen von Nullen und Einsen dargestellten Buchstaben, hat zwar Folgen für die Ausstattung, die man zum Lesen benötigt, ist aber kein grundsätzlicher Unterschied.

Man darf Medien nicht zu genau betrachten, wenn man an einer wohlgeordneten, hier analogen und dort digitalen Welt festhalten möchte. Schallplatten bestehen aus einzelnen Molekülen, Tonbänder sind mit einzelnen magnetischen Partikeln beschichtet. Sie können das Kontinuum eines Tons wie CDs grundsätzlich nur als Folge diskreter Werte speichern[14]. Analoge Fotos haben genau wie digitale eine Auflösung: Man kann nicht beliebig tief hineinzoomen. Irgendwann werden die einzelnen Silberpartikel sichtbar. Digitalkameras im 100-Euro-Preissegment haben derzeit etwa 20 Millionen Pixel, ein Foto auf einem handelsüblichen ISO-100-Kleinbildfilm hat zwischen 4 und 16 Millionen Bildpunkte[15]. Auch die Netzhaut, mit der wir solche Bilder wahrnehmen, ist “gepixelt”. Sie hat bei Menschen etwa sechs Millionen für Tageslicht und Farbsehen zuständige Zapfen und 120 Millionen Stäbchen. Auf die Fläche eines Pixels auf dem “Retina-Display” eines iPhone 5 passen knapp 1000 Zapfen. Ein einziges Photon (auch das ein verdächtig digital wirkendes Ding) genügt, um ein Stäbchen zu aktivieren. Was dann geschieht, ist eine Mischung aus analogen und digitalen Signalverarbeitungsprozessen. Die elektrischen Impulse im Nervensystem werden nach demselben Prinzip behandelt wie die Spannung im Mikroprozessor. Ein Reiz

---

[10] Was ein TTL-Baustein ist, muss man an dieser Stelle nicht wissen. Jedenfalls gibt es auch andere Konventionen, und wenn zwei Bausteine aus unterschiedlichen Logikfamilien aufeinandertreffen, herrscht keineswegs Einigkeit darüber, was eine 1 ist und was nicht.
[11] Also dem, was in USB-Sticks oder neueren Laptops statt einer Festplatte enthalten ist.
[12] Der *Spiegel* zitiert im Juli 2015 Bernd Schlömer, den ehemaligen Piraten-Parteichef: “Die Partei sei auch daran gescheitert, dass ‘immer alles 0 oder 1 war’, sagt er: ‘immer schwarz oder weiß, nie grau’.”
[13] edge.org/conversation/is-life-analog-or-digital
[14] Mehr dazu unter www.st-andrews.ac.uk/~www_pa/Scots_Guide/iandm/part12/page2.html
[15] Quelle für diese Zahl ist der auch sonst hilfreiche Wikipediaeintrag en.wikipedia.org/wiki/Digital_versus_film_photography. Weiterer Lesevorschlag: en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_analog_and_digital_recording.

erreicht ein bestimmtes Schwellenpotenzial. Wie bei der digitalen Verarbeitung gibt es dabei keine klare Trennlinie, sondern einen ungefähren Bereich, der überschritten werden muss. Jetzt entsteht ein Aktionspotenzial, das eben nicht *analog* zur Stärke des auslösenden Reizes ist, sondern immer gleich aussieht. Bei der chemischen Informationsübertragung an den Synapsen hingegen kann die Zelle mehr oder weniger Neurotransmitter ausschütten – ein analoger Vorgang, solange man nicht zu genau hinsieht und anfängt, Moleküle abzuzählen. Der Bauplan für all das ist in der DNA digital gespeichert. Der elektrische Strom, mit dem Computer und Gehirn arbeiten, besteht aus einzelnen Elektronen.

Ist die Welt in ihren Grundfesten nun digital oder analog? Funktioniert das Universum wie ein Computer oder wie ein Schieberegler? Eine Frage, über die sich theoretische Physiker und Philosophen gern streiten. Die Diskussion zieht sich über mehrere Jahrhunderte, mit Beiträgen von Immanuel Kant, Louis de Broglie und Carl Friedrich von Weizsäcker, um nur ein paar Beispiele zu nennen. Im Jahr 2011 war diese Frage das Thema des jährlichen Essay-Wettbewerbs des “Foundational Questions Institute”[16]. Ein Konsens ist nicht abzusehen. Die meisten der preisgekrönten Texte von professionellen Physikern geben keine Antworten auf die Ausgangsfrage. Sie drehen sich eher darum, was mit dieser Ausgangsfrage eigentlich gemeint ist und ob man sie im Prinzip beantworten kann. So argumentiert Ian Durham, Professor für Physik in New Hampshire, dass unser Wissen über das Universum nur aus diskreten Informationen besteht, weil jede Messung diskreten Charakter hat – ob man daraus etwas über ein eventuell kontinuierliches Universum lernen kann, ist unklar.

Man nehme einen Esslöffel Schlamm und zerteile ihn immer weiter. Wenn man das nur konsequent und mit dem richtigen Werkzeug macht, liegen irgendwann Moleküle auf dem Küchentisch. Zerteilt man diese weiter, landet man bei Atomen, dann bei Protonen, Neutronen, Elektronen. Sind das die kleinsten Einheiten der Welt? Aber wenn man Materie so weit zerteilt, dass nur noch Elementarteilchen übrig sind, benimmt sie sich nicht mehr so, wie man es aus dem Küchenalltag gewohnt ist. Quanten verhalten sich entweder wie Teilchen oder wie Wellen, je nach der Art des Experiments, das man mit ihnen durchführt, eine der großen Absonderlichkeiten der Quantenmechanik. Die Frage, ob Materie digital oder analog ist, sieht aus der Ferne betrachtet aus wie der Welle-Teilchen-Dualismus, Wellen sind analog, Teilchen digital. Ist Materie analog oder digital? Es kommt ganz darauf an.

Aber damit endet das Problem noch lange nicht. Materie existiert in Raum und Zeit. Kann man Raum und Zeit in Scheibchen zerlegen? Ist die Schwerkraft digital oder analog? Was ist mit dem Vakuum? Was ist das Fundament der physikalischen Realität? Von John Archibald Wheeler stammt die im Jahr 1990 formulierte “It from Bit”-Doktrin, die viele nachfolgende Theorien beeinflusste. “It from Bit” bedeutet, dass die Welt ultimativ auf digitalen Informationen beruht. Das Universum als gigantischer Computer, eine Idee, die heute unter theoretischen Physikern recht beliebt ist. Der Ursprung jedes Elementarteilchens, jeder physikalischen Interaktion, ist möglicherweise, tief unten im Motorraum des Universums, eine Ja-oder-Nein-Frage, ein Bit Information, eine 1 oder eine 0. Kontinuität wäre in diesem

[16] “Is Reality digital or analog”, fqxi.org/community/essay/winners/2011.1 Das Foundational Questions Institute wird mit Geldern der John Templeton Foundation finanziert und fördert Projekte aus dem Bereich der Physik und Kosmologie.

Konzept eine Illusion. Von einer experimentellen Verifizierung dieser oder ähnlicher Theorien sind die Physiker jedoch einigermaßen weit entfernt. Völlig unabhängig davon, was dabei am Ende herauskommt – für die alltägliche Welt mit ihren Schallplatten, Tachometern, Nervenzellen und Stromzählern wird die Antwort wohl keine Rolle spielen.

Unsere Umgebung ist weder digital noch analog. Beide Begriffe sind Idealisierungen der Realität, genau wie die Idee, man könnte eine auf Papier gemalte Linie in unendlich viele Stücke zerschneiden. Analoges und Digitales existiert in Menschen und Geräten gleichzeitig, je nachdem, wie genau man auf welcher Ebene hinschaut. Es sind abstrakte Idealkonzepte. Der Unterschied zwischen den beiden Formen ist bei der Beschreibung aktueller Veränderungen der Welt hilfreich, in etwa so hilfreich wie die zwischen chemischen und physikalischen Vorgängen oder zwischen Welle und Teilchen. Aber es gibt keine scharfe Trennlinie. Die sauberen Kategorien *digital* und *analog* sind Menschenwerk. Man wird sich die Mühe machen müssen, genau zu sagen, was man mit “Digitalisierung” eigentlich meint, auch wenn man deshalb zwei Tweets statt nur einen benötigt.[17]

Kathrin Passig, geb. 1970, Sachbuchautorin. Zuletzt erschienen ”Weniger schlecht programmieren” (2013, Mitautorin) und “Wir hatten ja nix – Ein Techniktagebuch (2015, Mitautorin). kathrin.passig.de

Aleks Scholz, geb. 1975, ist Astronom und Autor, seit 2013 Direktor des Observatoriums an der Universität Saint Andrews in Schottland. Zuletzt erschien “Lug, Ton und Kip - Die Erforschung der Wicklows” (2013, Culturbooks).

[17] Die Autoren danken der Techniktagebuch-Redaktion und Georg Passig für Beratung in Detailfragen. Fast alles, was in diesem Beitrag steht, wurde bereits 1956 von John von Neumann (in “The Computer and the Brain”) und 1972 von Anthony Wilden (in "Analog and Digital Communication") gesagt. Aus diesen Texten geht auch hervor, dass in Wirklichkeit alles noch viel komplizierter ist, als wir hier behaupten.