

Anmerkungen zur „Allgegenwart der Computer“

Anlass & Motivation

Schon früh, in einer ersten Sitzungen dieser Vorlesung, kam in meinem Hinterkopf ein gewisses Unbehagen auf, ohne dass sich dies genauer hätte spezifizieren oder formulieren können. Irgendwo fehlte mir ein bestimmter Teil. Eine gewisse Ahnung, in welche Richtung die Überlegungen ergänzt werden müssen, tauchte bei der Behandlung des „Moore'schen Gesetzes“ auf: von diesem „Gesetz“ hatte ich schon früher oft gehört, aber im Laufe der Zeit den Eindruck bekommen (ich hatte nie den Originaltext gelesen), dass es sich hierbei um eine rein Technik-immanente Prognose handele (vielleicht mit einem leicht angeberischen Unterton: „... wir sind so gut, dass wir es schaffen, alle zwei Jahre ...“). Insofern war ich sehr überrascht, zu lesen, dass Gordon Moore die so gezeichnete Entwicklungslinie – so zumindest der Eindruck, den der Titel vermittelt – nicht nur als Ergebnis und Ausdruck einer überlegenen ingenieurtechnischen Leistungsfähigkeit sah, sondern dahinter auch einen in gewisser Hinsicht „externen“ Druck, der diese Entwicklung vorantreibt, allerdings ohne dass er genauer beschrieben hätte, worin denn dieser ökonomische Druck besteht, wie er aussieht und vorher eigentlich kommt.

Nach den gängigen betriebs- bzw. volkswirtschaftlichen Konzepten wäre an dieser Stelle zu vermuten, dass hierbei angenommen bzw. unterstellt wird, dass „der Markt“ eine solche Entwicklung verlangt. Die Abnehmer der Chips, d.h. also die Firmen, die Computer-Bauteile, Platinen etc. entwickeln, konstruieren und produzieren, bis hin zu den End-„Usern“, verlangen oder erwarten, dass die Leistungsfähigkeit der Komponenten und Geräte insgesamt in dieser Geschwindigkeit gesteigert wird, und dann sind sie – genauer: dann und nur dann – bereit, für die so produzierten und angebotenen Geräte die entsprechenden Gelder aufzubringen und zu bezahlen. Dabei sind mit „sie“ vor allem diejenigen gemeint, die am Ende der Kette stehen, die diese Geräte dann tatsächlich nutzen, und die letztlich bereit sein müssen, ihr Geld dafür auszugeben.

Bei genauerer Betrachtung sieht das Ganze allerdings ziemlich spekulativ aus. Immerhin geht es um elektronische Bauelemente, die erst entwickelt werden sollen, die dann in Geräten verbaut werden sollen, die es – im Augenblick – ebenfalls noch nicht gibt, um darauf Programme ausführen zu können, deren Leistungen und Fähigkeiten erst allenfalls in groben Umrissen absehbar sind. Aber es wird schon Leute geben, die genau darauf gewartet haben und solche Dinge kaufen werden.

Tatsächlich finden sich in dem Aufsatz von Moore (inzwischen habe ich ihn gelesen) kaum weitere Hinweise oder Überlegungen dazu, welche Vorteile, welche Anwendungen, welchen Nutzen für den Endanwender diese Geräte dann eigentlich bringen sollten (aus der Sicht von Gordon Moore zum Zeitpunkt 1965). Lediglich die Bereiche der Raumfahrt sowie militärische Anwendungen mit ihren spezifischen Anforderungsprofilen – kleine, leichte, verlässlich funktionierende, robuste elektronische Geräte – werden kurz erwähnt. Für Geräte in diesen Sektoren galt allerdings schon immer, dass die Aufträge, wenn denn etwas beschafft werden sollte, schon in beträchtlichen Kosten-und/oder Stückzahl-Regionen angesiedelt waren, und dass dafür dann auch ausreichende Mittel bereitgestellt wurden. Gleichwohl handelt es sich hierbei gerade nicht um einen Massenmarkt. (Und genau dieses Merkmal „Massenmarkt“ spielte für die weitere Entwicklung der Informationstechnologie nach 1965 eine entscheidende Rolle; wir kommen darauf zurück.) Für alle anderen – potentiellen,

allerdings nicht weiter spezifizierten – Anwendungsgebiete wird nur pauschal ein „billiger“, „besser“, sowie (natürlich) „schneller“ behauptet bzw. für die Zukunft in Aussicht gestellt, wobei rein formal ein exzessiver Gebrauch des Futur bei inhaltlich eher vagen Aussagen auffällt: „Integrated electronics will make electronic techniques more generally available throughout all of society, performing many functions that presently are done inadequately by other techniques or not done at all.“ (Moore, 1965, S. 2).

Auf der anderen Seite geht Moore auf technische Details – Feinheit und Präzision von Leiterbahnen, Stromstärken, Wärmeentwicklung und -ableitung etc. – vergleichsweise ausführlich ein.

Was ist dran am moore'schen Gesetz

Vor diesem Hintergrund kann man durchaus die Vermutung haben das mit dem Verweis auf den „ökonomischen Druck“ im Untertitel ein ganz anderer Zweck verfolgt wird: der Grundton des gesamten Artikels ist, wenn man ihn einmal mit einer gewissen kritischen Distanz liest, eine überbordende Technik-Euphorie und ein mitreißender Zukunfts-Optimismus, und damit das alles nicht zu sehr aus dem Ruder läuft müssen den ganzen durch einen äußeren, ökonomischen Druck Zügel angelegt werden

Es ist vielleicht sinnvoll, sich den historischen Kontext etwas genauer vor Augen zu führen. Der erste Transistor wurde 1948 gebaut und vorgestellt, das ist zu diesem Zeitpunkt also gerade einmal 17 Jahre her; die neuen „Transistorradios“, die mit einzelnen solchen Bauelementen bestückt waren und die im Hinblick auf Größe, Gewicht und niedrigem Stromverbrauch alle früher üblichen Geräte weit hinter sich liessen, hatten gerade ihren weltweiten Siegeszug angetreten, und was Gordon Moore hier schreibt, so geht ja schon um die nächste, weitere Entwicklungsstufe der *integrierten* Schaltkreise, bei denen derartige Funktionseinheiten in großer – und unglaublich schnell steigender - Anzahl auf kleinstem Raum zusammen gepackt und miteinander verschaltet werden.

Insofern ist eine gewisse Euphorie, die nicht nur bei Herrn Moore zu beobachten war, sehr gut nachvollziehbar. Und als Chef einer jungen, aufstrebenden Firma musste Gordon Moore seine Leute sowohl mit einer dynamischen Vision motivieren und zu Höchstleistungen anstacheln als auch gleichzeitig warnend darauf hinweisen, dass man leicht unter die Räder der Konkurrenz geraten kann, wenn man es nicht schafft, bei dieser Entwicklungsdynamik mitzuhalten.

Es bleibt aber festzuhalten, dass die Prognose des Gordon Moore, was ihren technischen Aspekt anbelangt, bis heute mit einer durchaus erstaunlichen Genauigkeit bestätigt werden konnte. Gleichzeitig bleibt aber – vielleicht sogar noch verstärkt – die Frage offen, welche Antriebskräfte zu dieser überwältigenden Entwicklung geführt haben. Vielleicht gab es ja doch irgendwelche ökonomischen Triebkräfte, unabhängig davon, was Gordon Moore (nicht) gesagt bzw. nur gedacht oder gemeint hat.

Hinterher ist man – natürlich – immer schlauer, und natürlich ist auch immer leichter, im Nachhinein zu analysieren, wie es denn zu einem bestimmten Ereignis oder zu einer bestimmten Entwicklung gekommen ist. Und so stellt sich heute, knapp 50 Jahre nach Moore's Vision, die Frage nach den hinter dieser Entwicklung stehenden treibenden Kräfte ganz anders. Womit wir wieder am Anfang wären, bei meinem Unbehagen, dass da irgendetwas fehlt: denn wenn wir, anders als damals Gordon Moore, diese Entwicklungen von heute aus, rückblickend, und als tatsächlich stattgefundenen Verlauf betrachten, ist eines auf

jeden Fall klar: es wurden große Kräfte eingesetzt – freigesetzt? –, es wurden in außerordentlichem Umfang menschliche Arbeitskraft, Zeit, und natürlich auch Geld investiert, und da man (bei aller Kritik an den Arbeitsbedingungen an manchen ostasiatischen Herstellungsorten) im Großen und Ganzen keine Anzeichen für Zwang und Sklaverei findet, kann man davon ausgehen, dass die vielen Menschen, die in irgendeiner Form an diesem Prozess beteiligt waren, dies insgesamt eher freiwillig getan haben – und es bleibt die Frage, welche Kräfte nun tatsächlich hier wirksam waren.

Ergänzungen zum moore'schen Gesetz – im Rückblick

Die bisherigen Ausführungen ging es praktisch ausschließlich um technische Aspekte, also um das, was technisch machbar ist oder was im Moment oder in absehbarer, naher Zukunft machbar erscheint. Diesem Aspekt kommt natürlich eine besondere Bedeutung zu, da irgendwelche – zunächst nur „theoretischen“ – Ideen oder Pläne, wenn sie nicht auf Dauer im Hypothetischen, Virtuellen verharren wollen, trivialerweise auch einmal praktisch - technisch umgesetzt werden müssen.

Auch in einer zusammenfassenden Übersicht (Drivers II, S. 46) wurden die bisher behandelten Antriebskräfte erstmals einschränkend als „technische“ Antriebskräfte bezeichnet und in einer „Fußnote“ die Möglichkeit eingeräumt dass es auch

Other drivers?

- technical
- economic
- social

geben könne.

Was sich hinter diesen drei Stichworten verbirgt oder verbergen könnte, dazu möchte ich im Folgenden ein paar Ideen entwickeln, wobei ich bei dem, was hier als „ökonomisch“ und „sozial“ bezeichnet wird, eine andere Unterteilung vornehmen möchte:

- zum einen möchte ich bestimmte charakteristische Merkmale von Produktionsverfahren und ~Methoden (und deren Entwicklung) herausarbeiten, die, weit über die – im engeren Sinne – technischen/technologischen Aspekte hinaus, vor allem im Hinblick auf die Kosten von industrieller Massenproduktion von Bedeutung sind, und die gleichzeitig gerade in den zentralen Komponenten der Informationstechnologie in besonderem Maße zum Tragen kommen
- weiterhin möchte ich eine Verbindung zum theoretischen Modell der Turing-Maschine herstellen
- und schließlich will ich auf die politischen, geographischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen eingehen, die hier eine Rolle gespielt haben (können).

Dabei möchte ich schon jetzt darauf hinweisen, dass diese drei Faktoren die Entwicklung nicht nur im landläufigen Sinne „gemeinsam“ angetrieben und gesteuert haben, sondern dass es darüber hinaus auch in mehrfacher Hinsicht spezifische Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren zu beobachten waren (und sind !), die diese gesamte Entwicklung wesentlich vorangebracht und geprägt haben.

Insbesondere gehe ich hier davon aus, dass eben diese spezifischen Faktoren in eben diesen spezifischen Wechselwirkungen miteinander noch heute und auch in der zukünftigen Entwicklung der Informationstechnologie eine entscheidende Rolle spielen werden.

Strukturelle Merkmale von Produktion und Produktionsverfahren: Kostenvorteile bei gegliederter, arbeitsteiliger Produktion

Betrachten wir die Buchdruckerkunst (Gutenberg) vor 550 Jahren und die industrielle Revolution vor ~150 Jahren: in beiden Fällen erfolgte eine grundlegende und sehr weit reichende, sehr folgenreiche Veränderung der Produktion, die weit über die Einführung, Neuentwicklung, oder Verbesserung einzelner Produktions- und Arbeitsschritte hinausweist.

Bei einer Gegenüberstellung der Produktion und der Produktionsabläufe „vorher“ und „nachher“ fällt zunächst einmal auf, dass in beiden Fällen eine Veränderung in Richtung auf Massenproduktion stattfand. Zwar handelte es sich dabei noch nicht um eine Massenproduktion im heutigen Sinne, aber es war doch ein erster, wichtiger Schritt in diese Richtung, weg von der handwerklichen Herstellung einzelner Werkstücke und hin zur Serienproduktion, und ein besonderes Charakteristikum dieser neuen Produktionsformen war, dass der gesamte Produktionsprozess in mehrere Abschnitte unterteilt wurde:

- vorbereitende Arbeiten für die gesamte Produktion (Bau einer Fabrik/ Produktionsstätte, Bereitstellung von Maschinen und Werkzeugen, eventuell auch: Mitarbeiterschulung usw.)
- Vorbereitungen für die Herstellung eines einzelnen Produktes oder Bauteils (Erstellen von Mustern, Formen, oder Masken, Bereitstellung von Spezialwerkzeugen, Einrichten von Maschinen usw.)
- Fertigung der einzelnen Teile, Produktion im engeren Sinne.

Für den Buchdruck – unter den damaligen Bedingungen von Gutenberg – würde dies also konkret bedeuten:

- Herstellung einer Druckerpresse und der benötigten Menge von Lettern
- Erstellen einer (oder mehrerer) Seiten-Vorlagen aus diesen Lettern
- Erstellen der Druckseiten in der gewünschten Auflage

Für uns wesentlich an dieser Reihenfolge ist, dass der erste Abschnitt nur einmal durchlaufen wird, unabhängig davon, wie viele Bücher mit wie vielen Seiten und mit welcher Auflage im Verlaufe der Zeit in dieser Druckerei hergestellt werden (einmal abgesehen davon, dass die Maschinen und Werkzeuge natürlich auch einem gewissen Verschleiß unterliegen). Dementsprechend ist auch der Arbeitsaufwand hierfür nur einmal zu leisten und auch die Kosten fallen nur einmal an, so dass diese Kosten auf die Gesamtzahl der Bücher (bzw. der einzelnen produzierten Bauteile) umgelegt werden können – und je höher die Stückzahl in der Produktion ist, desto geringer ist der Kostenanteil, der hierfür im Preis für das einzelne Buch (Bauteil) angesetzt werden muss.

Das gleiche gilt auch für den „mittleren“ Abschnitt, auch hier können (beim Beispiel der Druckerei) die Kosten für die Erstellung einer Seiten-Vorlage auf die einzelnen produzierten Seiten umgelegt werden und dieser Kostenanteil ist dann umso geringer, je höher die Auflage eines Buches ist (natürlich muss hier für jedes Buch getrennt gerechnet werden). Lediglich die Kosten im dritten Abschnitt skalieren 1: 1 mit der Auflagenhöhe (hier wären u.U. natürlich auch Kosten bzw. ~Anteile für laufende Wartung und Reparatur zu berücksichtigen, die ebenfalls mit der Produktionsmenge linear skalieren,).

Aus einem noch etwas allgemeineren Blickwinkel könnte man diese Abschnitte auch noch etwas feiner differenzieren, und vor allem könnte man auch zum Beispiel am Anfang den allgemeinen, gesellschaftlichen Aufwand für Grundlagenforschung oder auch für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten innerhalb einer Firma einfügen. Dies soll uns hier aber nicht weiter interessieren, sondern es geht grundsätzlich um diese differenzierte Form der Kosten-Kalku-

lation in einer industriellen Massenproduktion, denn eben hierin liegt ein wesentlicher Grund dafür, dass industrielle Massenprodukte oft so billig hergestellt werden können (besser: kostengünstig hergestellt werden können, denn eine so organisierte Produktion muss durchaus nicht immer billig in dem Sinne sein, dass hier nur wenig Kapital ein- und umgesetzt wird, und es handelt sich dabei auch nicht zwangsläufig oder automatisch um eine – im abwertenden Sinne – „Billigproduktion“).

Abschließend und zur Abrundung sind zu diesem Punkt vielleicht noch zwei Überlegungen erwähnenswert:

- Manchmal sind die hier betrachteten Charakteristika auch in entgegengesetzter Richtung miteinander verschränkt: sofern man damit rechnet oder rechnen kann, einen Artikel im höheren Stückzahlen absetzen zu können, ist es möglicherweise umgekehrt lohnend, zuvor noch etwas mehr in Forschung und Entwicklung zu investieren und die Produktion bzw. die skizzierten Abschnitte in der Produktion noch weiter zu optimieren, um die Produktionskosten noch knapper kalkulieren zu können, auch unter Einschluss des – zwar einmaligen, aber zusätzlichen – Entwicklungsaufwands.
- In beiden Umbrüchen (Buchdruck/Guttenberg, industrielle Revolution) zeigen sich markante Veränderungen auch in einem anderen Aspekt der Produktionsabläufe: die Produktion wird (noch) stärker arbeitsteilig organisiert, immer mehr Personen sind in der Produktion miteinander verbunden und es sind immer mehr verschiedene Qualifikationen auf unterschiedlichen Niveaus in einem Produktionsprozess erforderlich.

Das allgemeine Modell der Turing-Maschine

Alan Turing legte mit seinem allgemeinen Modell der „Turing-Maschine“ gewissermaßen das Fundament: es sind Maschinen denkbar, die alle Aufgaben lösen können, vorausgesetzt, diese können in Form eines Algorithmus formuliert werden. In Turings Aufsatz „On computable Numbers ...“ ging es in erster Linie um ein theoretisches Problem aus der Aussagenlogik, und wenn hier von einem beliebig langen – in der Theorie bedeutet dies: unendlich langen – Eingabeband und einem beliebig großen (!) Programmspeicher die Rede ist, so hat er offensichtlich (zunächst) noch nicht an eine konkrete, technische Umsetzung einer solchen Maschine gedacht.

Schon wenige Jahre später, während seiner Zeit in Bletchley Park, hat er dann allerdings eine derartige Maschine gebaut, um den mit der Enigma verschlüsselten Funkverkehr der deutschen Wehrmacht verstehen zu können. Auch auf der „anderen Seite“ ist ein frühes Beispiel aus dem militärischen Anwendungsbereich bekannt: für seine ersten selbstkonstruierten Rechenmaschinen hatte Konrad Zuse explizit als – ein – Anwendungsgebiet vorgesehen, dass hiermit die notwendigen Korrekturen beim anvisieren von schnell beweglichen Zielen in größeren Entfernungen berechnet werden könnten – in Echtzeit (Ob Zuse sich bei seiner Arbeit auch auf Turings Vorarbeiten gestützt hat, kann ich nicht sagen). (Vgl. auch <http://www.smithsrisca.co.uk/STMsubtypes-pt2.html>, Abschnitt 3 - Computing, 1935-1942 - The Digital Breakthrough

Aber auch im zivilen Bereich – und schon vor dem Zweiten Weltkrieg – zeigt beispielsweise schon der Erfolg der Firma IBM (gegründet 1911 !), In welchem Umfang z.B. im Geschäftsleben irgendwelche „Daten“ (oder Zahlen) in irgendeiner Form „verarbeitet“ werden müssen. Ganz offensichtlich gibt es in einer durch technische Zivilisation geprägten Welt eine kaum absehbare Menge an Arbeiten und Aufgaben, für die eine Lösung in Form eines Algorithmus formuliert werden kann. Entsprechend zahlreich sind die möglichen

Einsatzorte für Maschinen, die diese Aufgaben an der Stelle eines Menschen erledigen können, d.h. für Computer.

Nachdem nun a) Turing theoretisch – und praktisch (!) – bewiesen hatte, dass derartige Maschinen konstruiert werden können, und b) durch die Verwendung elektrischer Signale und elektronischer Schaltelemente die Takt- und damit insgesamt die Arbeitsgeschwindigkeit solcher Maschinen drastisch verbessert werden konnte, war es eine durchaus lohnende Aufgabe, die weitere Entwicklung und den Bau derartiger Maschinen mit Nachdruck voranzutreiben.

Der politische, geographische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Rahmen

Hier sollen eine Reihe von besonderen Merkmalen und Kennwerten des politischen, wirtschaftlichen, und sozialen Lebens in der Zeit kurz vor sowie nach dem Zweiten Weltkrieg bis etwa zur Mitte der sechziger Jahre (also dem Zeitpunkt, zu dem Moore seine Prognose formulierte) zusammengetragen und zunächst einmal einfach nur aufgelistet werden. Es geht dabei vor allem um solche Merkmale, denen in Wechselwirkung und im Zusammenspiel mit der damals sich allmählich abzeichnenden Entwicklung der Informationsverarbeitung eine gewisse Bedeutung zuzumessen ist.

Regional richtet sich der Blick dabei in erster Linie auf Mittel- und Westeuropa sowie auf Nordamerika, mit einer Bevölkerung von zusammen rund 750.000.000 Menschen; strukturell könnte man noch andere Regionen einbeziehen, betrachtet man die Größenordnungen bei den Bevölkerungszahlen sowie bei den wichtigen wirtschaftlichen Kennwerten, so würde dies für die hier zu entwickelnde Argumentation keinen wesentlichen Unterschied bedeuten.

Es war dies schon damals ein Wirtschaftsraum, der sich – vor allem im Vergleich mit anderen Weltregionen – als relativ homogen und hoch entwickelt charakterisieren lässt, mit engen, gewachsenen Handelsbeziehungen (deren Vertiefung und Weiterentwicklung aktiv betrieben wurde: Römische Verträge, 1958 – dass das Ende des Zweiten Weltkriegs nur wenige Jahre zurück lag, ist hier kein Gegenargument, s.u.), mit einem vergleichsweise hohen Bildungs- und Ausbildungsstand und mit guten Kommunikationsbedingungen sowohl im Hinblick auf die Menschen (Fremdsprachenkenntnisse) als auch in technischer Hinsicht (Telefon, Funk) und mit einer gut entwickelten Verkehrs- und logistischen Infrastruktur.

Politisch war diese Wirtschaftsregion mehr oder weniger deckungsgleich mit der NATO und stellte damit eine Seite im kalten Krieg; für die junge IT-Industrie bedeutete dies eine große Anzahl von Aufgaben, in der Verwaltung, Forschung und Entwicklung wie auch im Hinblick auf mögliche konkrete Anwendungen im „militärisch-industriellen Komplex“ (für die die erforderlichen Mittel zumeist vergleichsweise großzügig bereitgestellt wurden). Der bekanntlich wichtigste Vorläufer des Internet, das ARPANET, wurde in seinen Grundzügen am Anfang der sechziger Jahre konzipiert und geplant.

In der zivilen Wirtschaft war der Bedarf für die Erhebung, Sammlung und Auswertung wirtschaftlicher Daten der verschiedensten Art schon seit längerem offensichtlich geworden. Ablesbar ist dies beispielsweise an dem Erfolg der 1911 gegründeten Firma IBM, die mit ihren Lochkartensystemen schon vor dem Zweiten Weltkrieg international bekannt geworden war (trotz der relativ engen Grenzen, die einer Daten-„Verarbeitung“ in diesen Systemen – aus heutiger Sicht und mit heutigen Maßstäben – gesetzt waren).

Es gibt zwar ein Gerücht, der langjährige IBM-Chef Watson habe im Jahre 1943 den weltweiten Bedarf an Computern auf fünf (in Worten: fünf) Stück geschätzt; allerdings ist

unklar, auf welchen Zeitraum sich diese Aussage bezieht, und es gibt sogar Zweifel, ob Watson dies überhaupt so gesagt hat (vgl. Wikipedia: „IBM“). Hierzu muss man allerdings wissen, dass zu diesem Zeitpunkt „Computer“ noch mit Verstärker-Röhren ausgestattet waren – und entsprechend langsam, störanfällig, und stromhungrig (Konrad Zuse hatte seine ersten Maschinen sogar mit ausrangierten Telefon-Relais aufgebaut).

Mitte der fünfziger Jahre gab es dann die ersten Versuche, anstelle der Vakuum-Röhren bei der Konstruktion von neuen Computermodellen die damals noch brandneuen Transistoren zu verwenden, was in allen drei wichtigen Bereichen – Geschwindigkeit, Funktionssicherheit, Stromverbrauch – gleichermaßen einen außerordentlichen Fortschritt mit sich brachte.

Diese Liste ließe sich vermutlich noch um eine Reihe von weiteren Punkten verlängern, es dürfte allerdings auch so schon klar geworden sein, dass die Startbedingungen für neuartige Methoden, Techniken und Geräte, für eine neue IT-Industrie überaus günstig waren.

Zusammenfassung

Wie schon oben angedeutet möchte ich mich jetzt auf die Frage konzentrieren, inwiefern die in den vorigen Abschnitten aufgelisteten Einflüsse, Rahmenbedingungen und „Kräfte“ in Wechselwirkung miteinander zu der so überaus erfolgreichen Entwicklung der Informationstechnologie seit der Mitte der sechziger Jahre geführt haben.

Die Aufteilung von Produktionsprozessen in solche Schritte, die nur ein- oder wenige Male zu durchlaufen sind, und solche, die mit der „Auflagenhöhe“ 1:1 skalieren wirkt sich in der Gesamt-Kalkulation offensichtlich umso günstiger aus, je höher die zu produzierenden Stückzahlen sind – und dies bei einem großen, homogenen Markt natürlich leichter zu erreichen. Daneben hängt der kalkulatorische Vorteil auch noch davon ab, wie teuer oder wie billig die abschließenden, direkt skalierenden Produktionsschritte im Vergleich zu den vorbereitenden Arbeiten sind. Bei der Produktion von elektronischen Bauteilen (hardware) sind die Kosten für den wichtigsten Rohstoff – Silizium – zunächst einmal nahe Null (lediglich die Aufbereitung mit der erforderlichen Präzision und dem gewünschten Reinheitsgrad gestalten sich in jüngster Zeit zunehmend schwieriger), und auch die anderen Rohstoffe stellen keinen großen Kostenfaktor dar (jedenfalls in der Menge, die für einen einzelnen Chip erforderlich ist), und schließlich ist auch der Produktionsprozesse solcher hochgradig automatisiert. Insofern ist hier dieser Effekt der Serienproduktion mit Sicherheit größer als in anderen Industrien.

Darüber hinaus gibt es allerdings einen weiteren Bereich, in dem die Relation zwischen den einmaligen Kosten für eine Produkt-Serie und den reinen Produktionskosten für das einzelne Teil mit hoher Wahrscheinlichkeit sogar noch extremer ausfällt, und zwar in der Software-Produktion: verglichen etwa mit dem Aufwand der für die Programmierung eines Betriebssystems (auf heutigem Niveau) erforderlich ist, sind die Kosten für die anschließende Pressung einer einzelnen CD oder DVD schon bei einer nicht besonders hohen Auflage praktisch vernachlässigbar. Und man kann dieses Beispiel noch einen Schritt weiter führen: für eventuell erforderliche Updates oder bugfixes fallen unter Umständen nur noch die mit der Programmierung verbundenen Arbeitskosten an, aber keine weiteren Produktions- und Vertriebskosten, sofern nämlich die Nutzer sie direkt vom Server des Herstellers herunterladen (was natürlich nur möglich ist, wenn eine entsprechende Infrastruktur zur Datenübertragung vorhanden ist).

Auch bei der „Produktion“ der Kommunikations- und Datenübertragungs-Infrastruktur, also beim Aufbau eines regionalen, landesweiten und internationalen Datennetzes gibt es so etwas wie eine kalkulatorische Trennung zwischen „Einmalkosten“ und den Kosten für ein einzelnes Produkt, hier: den – einmaligen – Kosten z.B. für das Verlegen eines Kabels und den Kosten für den Transport eines Bits oder eines Datenpakets. Das Verlegen eines Kabels über größere Entfernungen ist zumeist eine recht kostenaufwändige Angelegenheit, evtl. sind Erdarbeiten erforderlich oder es müssen Leitungsmasten aufgestellt werden usw.; und dabei machen die reinen Materialkosten, egal ob man ein zweiadriges Kupferkabel für analoges Telefon oder ein Glasfaserbündel verlegt, nur einen vergleichsweise geringen Anteil aus.

Danach sind dann aber die reinen *Betriebskosten* vergleichsweise niedrig und je mehr Daten über dieses Kabel verschickt werden, je besser die zur Verfügung gestellte Bandbreite ausgelastet wird, desto geringer sind dann die Kosten, die noch auf das einzelne Datenpaket umgelegt werden müssen. In der Praxis ist es darüber hinaus dann oft auch noch so, dass die Kosten für die Durchführung einer individuellen Abrechnung viel zu hoch ausfallen würden und der Betreiber seinen Kunden eine Flatrate anbietet, mit der alle Beteiligten dann sehr zufrieden sind. Bei näherem hinsehen wird aber schnell klar, dass ein solches Modell nur funktionieren kann, wenn auch die einmaligen Installationskosten in irgendeiner Form wieder eingespielt werden und das funktioniert hier nur dann, wenn sich diese – manchmal ja durchaus nennenswerten – Kosten auf eine hinreichend große Anzahl von Schultern verteilen lassen, d.h. wenn ein hinreichend großer Markt bzw. eine hinreichend große Zielgruppe für die Auslastung der Bandbreite vorhanden ist oder erwartet werden kann.

In beiden Bereichen wird dieser Effekt natürlich umso ausgeprägter zu beobachten sein, je größer die produzierten Stückzahlen sind, je größer die Anzahl der erreichbaren potentiellen Abnehmer ist. Gleichzeitig ist es, um einen solchen Effekt überhaupt spürbar werden zu lassen, vermutlich aber auch erforderlich, dass diese Zahlen einen gewissen minimalen Schwellenwert übersteigen. Dieser Schwellenwert aber wird natürlich schneller und leichter erreicht, wenn die Zielgruppen sich über mehrere Länder/Volkswirtschaften, über mehrere Wirtschaftszweige, und über verschiedene Tätigkeitsbereiche hinweg erstrecken und wenn die einzelnen Teilnehmer durch eine schon existierende und funktionierende Wirtschafts- und Kommunikations-Infrastruktur im Hinblick auf ihre Partner (oder auch Wettbewerber) und Kunden „überregional“ denken und handeln.

Eine besondere Rolle kommt der Kommunikations-Infrastruktur zu, also dem Vorhandensein von (zunächst in aller Regel kabelgebundenen) Daten-Übertragungsmöglichkeiten. Das gesamte Modell steht und fällt mit einer hinreichenden Größe von Zielgruppen, mit denen ich oder die mit mir Verbindung aufnehmen können, und der sich abzeichnende Geschwindigkeitsvorteilen der neuen Techniken kann erst dann wirklich zum Tragen kommen, wenn auch der Transport der Daten zwischen den Teilnehmern mit einer entsprechenden Geschwindigkeit möglich ist. Glücklicherweise gab es nicht nur ein schon ausgebautes und gut funktionierendes Kommunikationssystem in Form von Telefonleitungen, es war darüber hinaus auch möglich, die auf diesem Netz übertragbare Daten-Bandbreite durch entsprechende Techniken (ISDN, DSL) um mehrere Größenordnungen auszuweiten und dabei zunächst einmal die vorhandenen Zweidraht-Kupferleitungen weiter zu verwenden, lediglich die Knotenpunkte mussten umgebaut werden. Der dann sich ergebende Bedarf nach weiteren Netz-Kapazitäten zeigte sich in zwei vergleichsweise klar voneinander abgrenzbaren Segmenten: auf der einen Seite die Anbindung einer steigenden Anzahl von End-Anwendern in der Fläche und der Ausbau überregionaler und internationaler Verbindungen (backbones) auf der anderen Seite. Durch die klare Unterscheidung dieser beiden Segmente war es möglich, schnell und flexibel auf die wachsenden Anforderungen zu reagieren. Inzwischen

gibt es Regionen in Europa, in denen eine flächendeckende Verkabelung mit Glasfasern konkret vorgesehen und in erheblichem Umfang auch schon realisiert ist.

Bei den backbones ist hier auch noch zu beachten, dass – als bis heute wirksames Erbe der Herkunft des Netzes aus dem militärischen Bereich – die routing-Mechanismen explizit darauf ausgelegt sind, bei Störungen und Lücken in umgrenzten Teilbereichen („Maschen“) des Netzes die Daten automatisch über andere, intakte bzw. funktionsfähige Netz Segmente umzuleiten (und dieser Mechanismus greift dann natürlich auch bei überlasteten und verstopften Segmenten).

Paradoxerweise hat gerade dieser Umstand, dass nämlich ausreichende Datenübertragungskapazitäten von Anfang an zur Verfügung standen (und vergleichsweise zügig dem steigenden Bedarf angepasst wurden, ohne dass es zu gravierenden Engpässen gekommen wäre), dazu geführt, dass diese wesentliche Säule, auf dem das gesamte System aufbaut, in der Wahrnehmung und im Bewusstsein der Benutzer kaum repräsentiert ist. Probleme gab und gibt es allerdings durchaus in dünner besiedelten Gebieten, wenn die vergleichsweise hohen Kosten für einen Netzausbau für eine vergleichsweise geringe Anzahl von Nutzern bei den Überlegungen zur Rentabilität in den Vordergrund treten. So gibt es in Deutschland aktuell eine heftige Diskussion über die Versorgung mit leistungsfähigen Breitband-Anschlüssen außerhalb größerer Ballungsgebiete: hier scheint es mittlerweile doch erhebliche Lücken zu geben („Kein Anschluss“, Spiegel, 4/2013, S. 60). Vor diesem Hintergrund werden administrativen Vorgaben zur Netzabdeckung gefordert.

Richtig brisant werden derartige Überlegungen aber vor allem dann, wenn man dabei einmal über den Tellerrand der entwickelten Industrienationen hinaussieht (digitale Spaltung; engl. digital divide).

Es ist wohl deutlich geworden, dass es sich bei den Antriebskräften, die zu der Entwicklung der Informationstechnologie geführt haben, um eine ganz spezifische Konstellation gehandelt hat, deren Wurzeln deutlich weiter zurückreichen, über 1965 hinaus, dem Jahr, in dem Gordon Moore seine Prognose formulierte.

Betrachtet man die letzten 100 Jahre, so könnte man die Gründung von IBM (1911) als Anfangspunkt auffassen (jede Grenzziehung ist in gewissem Maße willkürlich); in den folgenden 50 Jahren wurden wesentliche theoretische (Turing) und erste praktische (Turing, Zuse) Grundlagen erarbeitet, gleichzeitig wurde der Bedarf der Wirtschaft an umfassender, automatisierter bzw. automatisierbarer Datenverarbeitung immer deutlicher und am Ende kam von der technischen Seite noch die Entwicklung von Transistoren (ab 1947) hinzu, die gegen Ende der fünfziger Jahre durch den Bau von leichten, energiesparenden (also mit Batterien zu betreibenden und somit transportablen) „Transistor-Radios“ zu einem Massen-Artikel wurden, der dann auch in der Informationstechnik Einzug hielt. In den darauf folgenden (knapp) 50 Jahren ging die Entwicklung dann rasant weiter und das Moore'sche Gesetz hat – mehr oder weniger – bis heute Gültigkeit.

Diese Entwicklung hätte vor 50 Jahren wohl kaum würden jemand vorherzusagen gewagt, auch nicht Gordon Moore; und auch wenn die Kräfte, die hier dann wirksam wurden, als solche natürlich vorhanden waren, so war doch für niemanden abzusehen, welche Bedeutung sie haben und welche Wirkungen sich aus ihrem Zusammenspiel ergeben würden.

Im Nachhinein hat man natürlich immer gut reden.

Ausblick

Wenn man nun einmal versucht, den Blick zu wenden, Weg von der Vergangenheit und in Richtung auf die Zukunft, so ist eines sofort klar: es wäre vermessen, eine Prognose über die Entwicklung der Informationstechnologien in den nächsten 50 Jahren formulieren zu wollen, und selbst über einen Zeitraum von 25 oder 20 Jahren wäre ein solcher Versuch sehr mutig (und letztlich wohl wenig glaubwürdig).

Man könnte allerdings versuchen, bestimmte Dimensionen oder Entwicklungslinien aufzuzeigen, an denen entlang eine (Weiter-)Entwicklung denkbar, möglich, und/oder wünschenswert sein könnte. Eine Möglichkeit dabei wäre, Entwicklungslinien, die sich in der Vergangenheit erkennen lassen, aufzugreifen und fortzuführen – das sollte dann aber mehr sein als eine bloße (lineare) Extrapolation. Man könnte auch versuchen, aus den bisherigen Einsatzfeldern bestimmte Grundfunktionen oder Beschreibungsdimensionen zu entwickeln und für diese dann zu prüfen, inwieweit hier Verbesserungen möglich sind. Weiterhin könnte man versuchen, die Interessen, Wünsche und Erwartungen der Nutzer/Anwender genauer zu erfassen und zu analysieren (das heißt also letztlich klassische Marktforschung zu betreiben), und schließlich spielt – natürlich – auch eine Rolle, was in der nächsten oder in absehbarer Zeit sich als voraussichtlich technisch machbar erweisen könnte, in welchen Bereichen interessante neue Forschungsergebnisse vorliegen (auch wenn sie vielleicht – noch – nicht bis zu einem serienreifen Produkt gediehen sind). Und das ganze könnte dann auch noch in einer Art „differentieller Indikation“ für bestimmte Anwender-(Teil-) Gruppen spezifisch überlebt werden.

Konkret: Wir haben es im weitesten Sinne mit Datenverarbeitung zu tun, aber:

Um welche Art von Daten handelt es sich:

- Texte und Zahlen, fortlaufend oder mit einer inneren Ordnung/Struktur
- Töne und Geräusche, Sprache, Musik
- Bilder, Filme

Woher kommen diese Daten

- wer hat sie produziert/erzeugt,
- und wo befanden sich diese Daten vorher, wo waren Sie gelagert/gespeichert

Wem „gehören“ diese Daten:

- eigene, private Daten
- öffentliche Daten
- fremde, aber dennoch private/vertrauliche Daten
- berufliche Daten (für die Arbeit in einem oder für ein Unternehmen)
- neue Daten, die ich aktuell erzeuge (wie zum Beispiel diesen Text hier)

Was will ich mit diesen Daten tun:

- ich will vorhandene Daten bearbeiten oder ergänzen
- (noch einmal:) ich will aktuell neue Daten erzeugen
- ich will die Daten sehen bzw. hören (allgemein: konsumieren; Musik, Filme)

Was geschieht nachher mit diesen Daten, werden sie weitertransportiert/gespeichert:

- (nichts weiter, d.h.): nur „konsumieren“ / zur Kenntnis nehmen
- privat (/beruflich) speichern (wo?)
- veröffentlichen (wo / über welches Medium ?)

Unter welchen äußeren Bedingungen tue ich etwas (arbeite ich) mit diesen Daten

- an einem festen Ort, Zuhause oder Arbeitsplatz
- mobil (lokal, aber ohne störende Kabel, oder draußen, unterwegs)
- privat oder beruflich
- allein oder gemeinsam mit anderen (ein Gerät oder mehrere?)

Mehrfachzuordnungen und Mischformen sind bei allen diesen Klassifikationen möglich.

Schon aus diesen Beschreibungen bzw. Kategorisierung lassen sich verschiedene Anwendungsszenarien kombinieren, denen dann bestimmte Anforderungen an die hardware (und software) zuzuordnen wären, z.B. im Hinblick auf

- Rechenleistung
- Speicherkapazität
- Konnektivität/Vernetzung
- Steuer-, Auswahl-, und Eingabemöglichkeiten (Maus, Tastatur, Spracheingabe, Touchscreen)
- Mobilität (Gewicht, Stromversorgung)
- Selbstständigkeit/„Eigenintelligenz“

M. a. W.: Um herauszufinden, welche Richtung die Entwicklung gehen könnte oder sollte, wäre zu ermitteln, wie typische Nutzer-Szenarien zu charakterisieren sind, welche Anforderungsprofile sich hieraus ergeben und in welcher Hinsicht, in welcher Richtung Entwicklungen oder Verbesserungen – aus der Sicht eines typischen Anwenders – erwartet, gewünscht, oder gefordert werden.

Dabei wäre es allerdings wichtig, mit der notwendigen Sorgfalt und Vorsicht z.B. auch hinter bzw. unter die Oberfläche griffig formulierter Werbeslogans zu schauen, bei denen in aller Regel ein Verkaufsinteresse des Anbieters, nicht aber ein funktionaler Mehrwert für den Käufer im Vordergrund steht (auch wenn dies keiner zugeben will). So sollte man sich beispielsweise durch die propagierte Leichtigkeit und Freiheit in einer Welt ohne hinderliche Kabelverbindungen nicht den Blick darauf versperren lassen, das der mühelose Zugriff auch auf Daten und Dateien, die vielleicht irgendwo auf einem Server auf der anderen Seite der Erde liegen, ohne einen („konventionellen“) kabelgebundenen Zugangspfad kaum möglich sein dürfte. Und die Möglichkeit, eine Fotosammlung bei irgendeinem Anbieter „in der cloud“ zu speichern, damit man von jedem Punkt der Erde darauf zugreifen kann, ist nur mit einer entsprechend großen Upload-Bandbreite wirklich bequem und komfortabel zu realisieren – bei den typischen (asymmetrischen !) DSL-Zugängen kann da schon der Upload eines mittelgroßen raw-Bildes zu einer Geduldprobe werden.

Wenn man hier einmal versucht, ein möglichst breites, realistisches Spektrum möglicher Anwendungsbereiche zu betrachten, wird sich vermutlich als erstes herausstellen, dass hier eine deutliche Trennung von beruflichen/geschäftlichen Nutzungen auf der einen und privaten Nutzungen auf der anderen Seite vorgenommen werden muss.

Schließlich wird auch der Zielkonflikt zwischen Datenschutz und Datensicherheit auf der einen und Bequemlichkeit auf der anderen Seite vermutlich auf unabsehbare Zeit prinzipiell bestehen bleiben und immer wieder (neu) zu entscheiden sein. (Und dann setzt beispielsweise ein sicherer Aufbau einer drahtlosen VPN-Verbindung auf beiden Seiten Speicher- und Verarbeitungskapazitäten voraus, die nicht ohne eine eigene Stromversorgung betrieben werden können ...).

Abschließend ein vorsichtiger Versuch einer Extrapolation

Da grundsätzlich „Prognosen mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind, insbesondere, wenn sie sich auf die Zukunft beziehen“ (Woody Allen) sollte man in einem sich so dynamisch entwickelnden Gebiet wie der Informationstechnik auf Aussagen über die möglichen zukünftigen Entwicklungen eigentlich lieber ganz verzichten. Andererseits erscheint eine Prognose diesem Bereich besonders reizvoll (und mit einer zutreffenden Prognose könnte man hier u.U. noch mehr Geld verdienen als in anderen Branchen).

In einem ersten Schritt könnte man versuchen, die verschiedenen Zielvorgaben für ein gegebenes Projekt darauf zu untersuchen, ob sie einander widersprechen (oder auch nur in einem gewissen Konkurrenzverhältnis zueinander stehen), und ggf. muss dann entschieden werden, welches Ziel vorher nicht verfolgt ist. Ein Beispiel: für Größe und Gewicht eines mobilen Gerätes können bestimmte Untergrenzen (zumindest zur Zeit) nicht unterschritten werden, weil dies die Größe der Akkus und damit die Batterielaufzeit tangiert – es sei denn, man verwendet einen kleineren Prozessor mit weniger Strombedarf (und entsprechend weniger Leistung).

Generell scheint es so zu sein, dass der drahtlosen Anbindung doch Grenzen gesetzt sind: die Möglichkeit, auf beliebige Server weltweit zugreifen zu können, hat einen hohen Stellenwert, und eine rein drahtlose Verbindung würde hier zum Beispiel einen außerordentlich hohen technischen Aufwand erfordern. Im Umkehrschluss gilt, dass leitungsgebundene Systeme auf längere Sicht einen hohen Anteil und hohen Stellenwert in der Netzstruktur behalten werden.

Auch bei passiven Systemen (RFID) sind der Funktionalität und damit auch der „Eigenintelligenz“ eben wegen der systematisch fehlenden Stromversorgung enge Grenzen gesetzt. Die Information ist hier – wie der Name ja schon sagt – auf die Bekanntgabe einer Identifikation (-nummer) begrenzt und alle weiteren hier gewünschten Informationen können nur (unter Nutzung des „normalen“, weltweiten, drahtgebundenen Internet) auf dem von der Herstellerfirma bereitgestellten Server abgerufen werden.

Ein letzter Ansatz für die Eingrenzung möglicher zukünftiger Entwicklungen könnte darin bestehen, bei aktuellen „Trends“ zum Beispiel bloße Modeerscheinungen zu identifizieren und auszuschließen. Dies ist natürlich mit erheblichen Unsicherheiten verbunden und setzt eine spezifische Sensibilität voraus, mit der man auch durchaus grob falsch liegen kann. Trotzdem – oder gerade deshalb – möchte ich hier abschließend eine Prognose wagen:

In fünf Jahren wird man von Facebook nur noch in der Vergangenheitsform reden.

Carsten P. Malchow

(für Anmerkungen & Kommentare zum Kommentar: [cp-malchow{at}cp-malchow.de](mailto:cp-malchow@cp-malchow.de))

Material/Quellen

(insgesamt eher etwas zusammengestoppelt und umstrukturiert; auch wenn das keine Dissertation sein oder werden soll, habe ich mich bemüht, wichtige und interessante externe Quellen zu nennen, ohne mich allerdings besonders um formal-korrekte Schreibweisen zu bemühen.)

Wikipedia-Artikel:

- Weltgipfel zur Informationsgesellschaft
- digitale Spaltung (engl. digital divide)
- Alan Turing

ftp://download.intel.com/museum/Moores_Law/Articles-press_Releases/Gordon_Moore_1965_Article.pdf

Smith, Derek J.: Course Handout - Short-Term Memory Subtypes in Computing and Artificial Intelligence: <http://www.smithsrisca.co.uk> (Part 1-7 von dort verlinkt; weitere Links zu Lehrmaterialien, Bletchley Park etc.)

Blaauw; G.A. & Brooks, F P.: Computer Architecture: Concepts and Evolution; Addison-Wesley Professional, 1997 ISBN-13: 978-0-201-10557-5

s.a.: <http://www.informit.com/store/computer-architecture-concepts-and-evolution-9780201105575>

sowie: Selected Historical Computer Designs - <http://people.cs.clemson.edu/~mark/hist.html> [einige Links verwaist]

„Kein Anschluss“, Spiegel, 4/2013, S. 60