

Technikprognosen und Technikentwicklung in der Kommunikations- und Informationstechnik: Ein Rückblick auf die letzten 50 Jahre

© Hans Dieter Hellige

Preprint des Vortrages bei der ITG-VDE-Tagung:

Blick zurück nach vorn. Die ersten 50 Jahre Informationstechnische Gesellschaft

Berlin 19. Dezember 2003

Inhalt

1. Überblick
2. Entwicklungsgesetze der Information- und Kommunikationstechnik:
Ein kritischer Rückblick
3. Universalnetzvisionen, Konvergenzszenarien und Anwendungs-Prognosen der Tele- und Computerkommunikation: ein Problemaufriss
4. Das säkulare Leitbild der Telepräsenz und das bisherige Scheitern des Bildtelefons
5. Schlussthesen
6. Literatur

Prof. Dr. Hans Dieter Hellige
Forschungszentrum Arbeit – Umwelt – Technik (artec)
Universität Bremen
Enrique-Schmidt-Str. 7
D 28334 Bremen
hellige@artec.uni-bremen.de
<http://www.artec.uni-bremen.de/team/hellige>

Technikprognosen und Technikentwicklung in der Kommunikations- und Informationstechnik: Ein Rückblick auf die letzten 50 Jahre

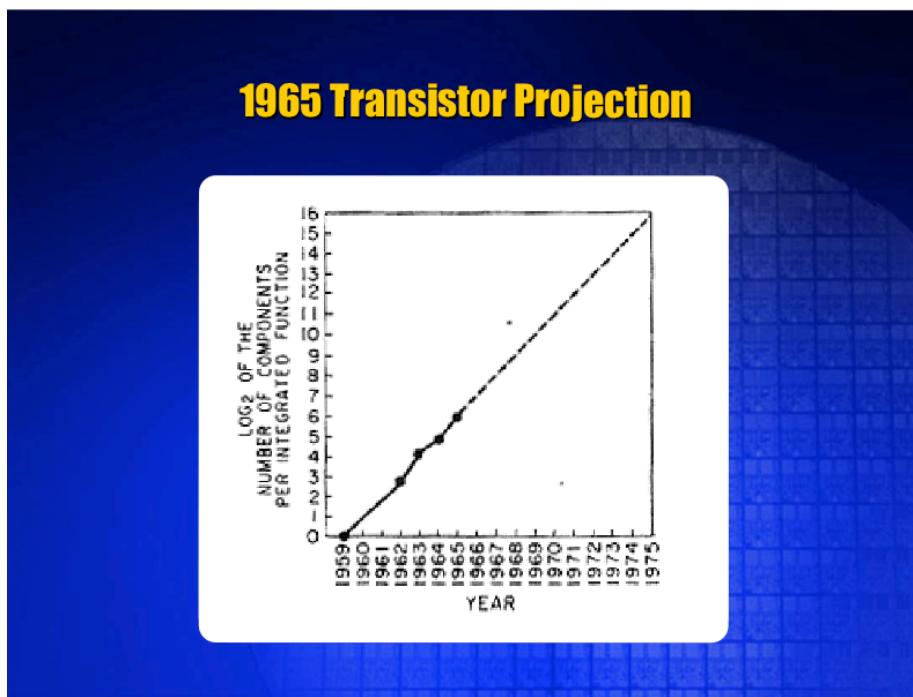
© Hans Dieter Hellige

1. Überblick

Jubiläen verführen zu einer Siegerperspektive und zu einer linearen Fortschrittsauffassung. Der Gang der Geschichte wird dabei auf den erreichten Stand der Techniken hin interpretiert und dieser als Vollendung der Visionen und Ziele der Pioniere gesehen. Lineare Fortschrittskonzepte werden oft mit Entwicklungsstufenkonzepten, Innovations- und Diffusionstheorien und mathematischen Modellen untermauert. Denn dadurch wird dem historischen Ablauf eine technisch-ökonomische Logik attestiert, die die Technikentwicklung prognostizierbar und planbar macht. Eine solche Sichtweise verdeckt jedoch die mannigfach zu beobachtenden Irrläufe, Umwege und Fehlprognosen, die der Annahme einer eindeutig bestimmbarer Entwicklungslogik widersprechen und die die Geschichte der Technik eher als einen von Trial and Error geprägten Lernprozess erscheinen lassen. Genau diesem Widerspruch möchte ich mich mit dem folgenden Blick auf die kommunikations- und informationstechnische Entwicklung der letzten 50 Jahre stellen: Ich betrachte auf der einen Seite anscheinend gut prognostizierbare oder gar planbare Prozesse in der Mikroelektronik und Übertragungstechnik. Dabei interessiert mich die Frage, worauf hier die Regelmäßigkeit der Entwicklung beruht und welchen Status die für diese Techniksparten formulierten Entwicklungsgesetze haben. Auf der anderen Seite widme ich mich den überraschenden Entwicklungen, den Fehlprognosen, unerwarteten Erfolgen wie den teuer bezahlten Flops. Dies geschieht zunächst in der Form eines Überblicks über die zahlreichen Fehleinschätzungen, ich verweise nur auf Picturephone, Zweiweg-Kabelfernsehen, Breitband-ISDN, Bildschirmtext, Telefax, E-Mail, HDTV, Iridium, Mobilfunk, Video-on-Demand. Da ich die Gründe für die Fehlprognosen bzw. Fehlplanungen hierbei nur sehr grob charakterisieren kann, möchte ich einem dritten Abschnitt die Frage von Entwicklungsgesetzen und Prognosen am Beispiel des Bildtelefons näher beleuchten.

2. Entwicklungsgesetze der Information- und Kommunikationstechnik: Ein kritischer Rückblick

Ich beginne mit den Entwicklungsmödellen bei der Halbleitertechnik bzw. Mikroelektronik, d.h. jener Branche, die seit fünf Jahrzehnten die Rolle eines Technologietreibers der Informations- und Kommunikationstechnischen Entwicklung einnimmt. In diesem Schlüsselsektor verlaufen Leistungssteigerung, Kostenreduktion und technologische Verbesserungsinnovationen derart regelmäßig, dass es hier schon in den 60er Jahren zu einem auf mathematischer Modellierung beruhenden Prognoseansatz kam, dem allseits bekannten Moore's Law. Der Fairchild- und spätere Intel-Gründer Gordon E. Moore stellte bereits 1965 das Verhältnis von Integrationsdichte und Kosten bei integrierten Schaltkreisen seit ihrer Erfindung im Jahre 1958 in Gestalt einer logarithmischen Extrapolation dar und stützte darauf eine Prognose bis zum Jahr 1975¹.

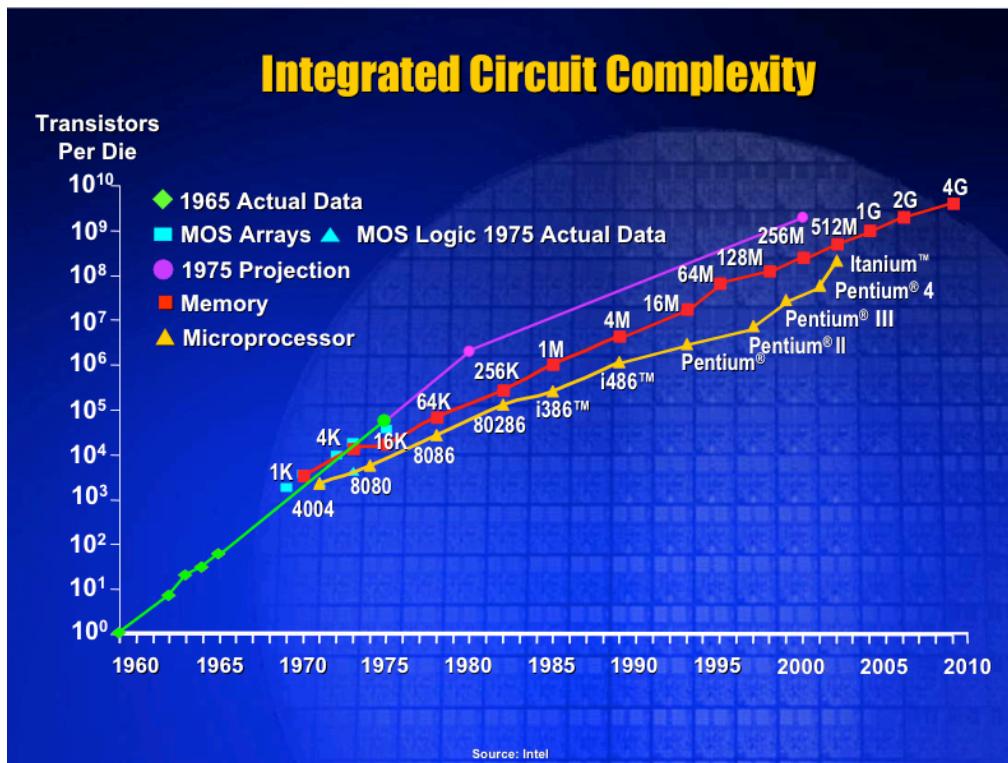


Bei der ersten Formulierung des von der Presse später sogenannten Moore's Law ging er noch von einer Verdoppelung pro Jahr aus: „The complexity for minimum cost has increased at a rate of roughly a factor of two per year. Certainly over the short term this rate can be expected to continue if not increase.“ (Moore 1965, S. 83) Neben der quantitativen Prognose skizzierte Moore eine zeitlich weiter ausgreifende qualitative Vorhersage, die er mit der Feststellung einleitete: „The future of integrated electronics is the future of

¹ Interessanterweise bildete ein Beitrag zum 30-jährigen Jubiläum der Zeitschrift „Electronics“ den Anlaß für die Gesetzesformulierung.

electronics itself. Integrated circuits will lead to such wonders as home computers, or at least terminals connected to a central computer, automatic controls for automobiles, and personal portable communications equipment.“ (Ebda., S. 82) Nicht zuletzt aufgrund der beigefügten Cartoons hat man immer nur die dezentralisierende Tendenz der Miniaturisierungsfolgen bei Moore gesehen. Doch 1965 war er noch überzeugt: “the biggest potential lies in the production of large systems“. Moore stand damals offensichtlich noch unter dem Eindruck des sogenannten Grosch’s Law, der Größerdimensionierungs-Strategie der Mainframe-Ära, die aus der 1953 zuerst vom Leiter des IBM-Vertriebsbüros Herbert R. J. Grosch formulierten Erfahrungsregel abgeleitet wurde, wonach Computer-Leistung und -Wirtschaftlichkeit im Quadrat der Rechnerkosten ansteigen.

Im Jahre 1969 korrigierte Moore erstmals seinen Prognoseansatz von 1965: Von der Verdopplung pro Jahr auf eine Vervierfachung alle drei Jahre, bzw. eine Verzehnfachung alle fünf Jahre oder eine Verhundertfachung alle zehn Jahre. Erst im Dezember 1975 gab er dem Verdopplungsgesetz seine bis heute verwendete Form: „The number of transistors per chip will double every 18 month“ (Moore, zit. nach Bonyopadhyay 1998, S. 80). Die entscheidende Triebkraft lag für ihn dabei in der Ökonomie: „The real driving force for this complexity increase is cost per function“. Aufgrund der so gewonnenen Gewissheit wagte Moore nun auch über seine bisherigen vorsichtigen 10-Jahres-Prognosen hinaus eine Extrapolation bis in das Jahr 2000 (siehe. Schaubild). In ihrer relativen Genauigkeit ist die Prognose über einen Zeitraum von 25 Jahren wirklich erstaunlich, auch wenn sie sich letztlich nur für Speicher bewahrheitet hat, während Mikroprozessoren und anwendungs-spezifische ICs (ASICs) deutlich hinterherhinken. Seit dem Ende der 70er Jahre stand für die Halbleiter-Community der Gesetzescharakter außer Frage und bald erhielt das Moore’s Law in der gesamten Informations- und Kommunikationstechnik den Status eines Quasi-Naturgesetzes, auf dem man bei Technikprognosen und -planungen fest bauen kann. Bei Vertretern transhumaner Technikvisionen wie Hans Moravec (1988) und Ray Kurzweil (2000, S. 50 f.) erhält das Gesetz seit dem Ende der 80er Jahre sogar den Status einer die gesamte Evolution bestimmenden Ontologie, aus der sich der Zeitpunkt der Ablösung des Menschen durch die Künstliche Intelligenz bzw. intelligente Roboter vorherbestimmen lässt.



Doch Moore selber kamen immer wieder Zweifel, weil er durchschaute, dass es sich bei dem vermeintlichen Gesetz nur um eine sich selbst erfüllende Prophezeiung handelt. Sie sei bisher nur deshalb so genau eingetroffen, weil alle maßgeblichen Vertreter der Branche vom F&E-Management über die Chip-Designer bis zu den Technologen und Geräte- und Systemkonstrukteuren von der Gültigkeit des Gesetzes ausgehen und ihre Aktivität darauf ausrichten. Moore drückte das 1997 so aus: „In one respect it has become a selffulfilling prophecy. People know they have to stay on that curve to remain competitive, so they put the effort in to make it happen.“ (Moore 1997) Anfang der 90er Jahre befürchtete Moore jedoch eine Katastrophe wenn die Industrie weiterhin auf seinen Extrapolationen aufbaut und ihre Investitionen in blinden Vertrauen auf das Gesetz tägt. 1993 drängte er sogar auf eine baldige Abkehr vom Moore'schen Gesetz und dies nicht aufgrund physikalischer oder verfahrenstechnischer Hürden, sondern wegen der ins Unendliche steigenden Kosten der Produktionsanlagen jeder neuen Chipgeneration (Syrbe, 1993). Mit dem bald Moore's Second Law genannten Gesetz, wonach sich die Kosten einer Halbleiterfabrik ebenfalls alle drei Jahre verdoppeln, wurde so von Moore selber die weitere Gültigkeit seines ersten Gesetzes bestritten. Doch auch diese Warnung relativierte er schon im Jahre 1997 wieder, weil die Fab-Kostensteigerung durch Prozessinnovationen weniger stark eskalierte als prognostiziert. Die Kosten für eine Fab lagen 2001 mit 3 Mrd. Dollar nur 0,5 Mrd. über denen von 1996/1997 und betragen so nur ein Drittel der von Moore für das Jahr 2000

befürchteten Summe. Die normative Kraft des ersten Moore's Law hatte sich damit gegenüber der begrenzenden Wirkung des zweiten durchgesetzt.

In den letzten beiden Jahren verlängerte Moore die Gültigkeit seines Gesetzes noch einmal bis ca. 2020, doch sieht er die Grenzen nun nicht mehr in den Produktionskosten begründet, sondern in physikalischen Grenzen.² Andere Prognosen schwanken beim Enddatum zwischen 2012, (so die Bell-Lab-Prognose von 1999) und 2059 so Hiroshi Iwai 2000, während weitere Prognosen von einer langsam zunehmenden Abschwächung ab 2006 bzw. 2017 ausgehen (Klaus Herbst 1999; G.S. 2003). Sie machen dafür neben der Strukturkrise der Mikroelektronik vor allem die Energiekrise der Halbleitertechnik verantwortlich, d. h. die Probleme der Leckströme und der Wärmeabfuhr. Die derzeitige heftige Kontroverse über das Ende der Geltung des Moore's Law macht deutlich, dass die relativ große Prognosesicherheit nur innerhalb des Paradigmas vorhanden ist, denn nur hier wirkt das Gesetz als kollektive Erwartungshaltung, als skalenökonomische Leitlinie, die zu der wohl erfolgreichsten sektoralen kapitalistischen Planwirtschaft geführt hat. Getragen wird das Entwicklungsleitbild von einem kohärenten Entwicklungsblock aus Unternehmen, staatlichen Förderinstanzen und Forschungsinstitutionen. Sie allen folgten und folgen der berühmten Kantischen Empfehlung aus dem Fakultätenstreit, wie eine „Geschichte a priori“ möglich werde: Nämlich „wenn der Wahrsager die Begebenheit selber macht und veranstaltet, die er zum voraus verkündigt“ (Kant, Der Streit der Facultäten, 2. Abschnitt, Teil 2). Alan Kay, der sich selber durch das Moore's Law zu seiner Dynabook-PC-Vision inspirieren ließ, brachte dies auf die bekannte Formel: „The best way to predict the future is to invent it.“

Wendet man sich jedoch den Grenzen des Paradigmas zu, so herrscht eine große Prognose-Unsicherheit, wann es zu dem immer wieder hinausgeschobenen Technikwechsel kommt: zur Abkehr von der Siliziumtechnik, zu neuen Belichtungsverfahren oder gar zu grundsätzlichen Technologiesprüngen wie der Nanotechnik und Biochips. Die Wissenschaft neigte hier in den vergangenen Jahrzehnten sehr oft zu Erwartungen schneller Ablösungsprozesse aufgrund neuer wissenschaftlicher Entdeckungen und Herstellungsverfahren. Das hier übliche Denken in Substitutionskurven führte zu einer ganzen Reihe von Fehlprognosen, die im Falle der Propagierung eines frühzeitigen Wechsels zur Röntgenstrahlolithographie in der deutschen Halbleiterforschung erhebliche Fehlinvestitionen zur Folge hatte (Müller,

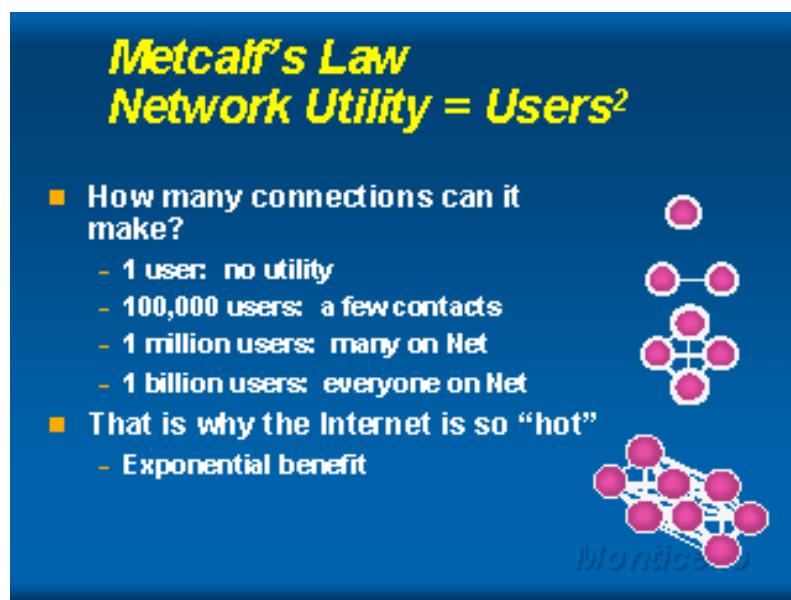
² Moore: „To be honest, I did not expect this law to still be true some 30 years later, but I am now confident that it will be true for another 20 years.“ (Intel-Hompage 2002)

1993). Man unterschätzte nicht nur immer wieder die Ausbaufähigkeit bestehender Verfahren, sondern vor allem den grundlegenden technischen Konservatismus der Halbleiterbranche: Hier gilt wegen der gewaltigen ökonomischen Risiken von Technologiewechseln die Maxime, bestehende Investitionen in fabs, Fertigungstechnologien und „Human Capital“ durch die raffiniertesten technologischen Tricks so lange wie möglich zu bewahren. Grundsätzlich wird dabei jeweils die Neuerung mit der geringsten Sprunghöhe gewählt. Die sogenannte „Praxis“ bleibt also bei der Exponentialkurve des Moore'schen Gesetzes als Prognose- und Planungsgrundlage, während man die von der Wissenschaft favorisierten Substitutionsmodelle verwirft bzw. in die ferne Zukunft schiebt.

Das Moore'sche Gesetz als Kernstrategie des Technologietreibers Mikroelektronik ist somit alles andere als ein technisches *Gesetz* das sicher die Zukunft vorhersagt. Es ist ein skalen-ökonomisches Strategiekonzept, das nur so lange gelingt, wie die chipanwendenden Branchen attraktive Massenprodukte herstellen, die die riesigen Investitionen der Halbleiterindustrie refinanzieren. Diese Strategie ist vor allem darauf angewiesen, dass die anderen Sparten der Informations- und Kommunikationstechniken mitziehen, also die Hersteller von Übertragungs-, Vermittlungs- und Netztechniken, der Speichermedien, der Eingabe-/Ausgabe-Geräte sowie der Endgeräte und Software-Produkte. Wegen des Zusammenwirkens aller dieser Techniken in informationellen Prozessen ist eigentlich davon auszugehen, dass es auch in den anderen Informations- und Kommunikationstechniken vergleichbare Modellbildungen und Prognoseansätze wie in der Mikroelektronik gibt, mit denen sich die Entwicklungen der technischen Parameter, Leistungsniveaus, Bandbreiten, Speichervolumina und Knotenkapazitäten vorhersagen und planen lassen. In der Tat ist es auch bei den Übertragungs- und Netztechniken gleich zu drei vergleichbaren Gesetzesformulierungen gekommen: Das Metcalfe's Law, das Gilder's Law und das Cooper's Law. Alle drei werden immer mehr zusammen mit dem Moore's Law als ein zusammenhängendes Erklärungsbündel für die Entwicklungsdynamik der gesamten Informations- und Kommunikationstechnik angesehen.

Das älteste der drei, das bereits auf das Jahr 1980 zurückgehende *Metcalfe's Law*, das jedoch erst 1993 durch Robert Gilder die Bezeichnung „law“ erhielt, stellt im Kern eine Neuformulierung des Phänomens der „kritischen Masse“ in Netzwerken dar (Rogers 1983, Weiber 1992). Der Ethernet-Erfinder Robert Metcalfe propagierte eine Vernetzung möglichst vieler

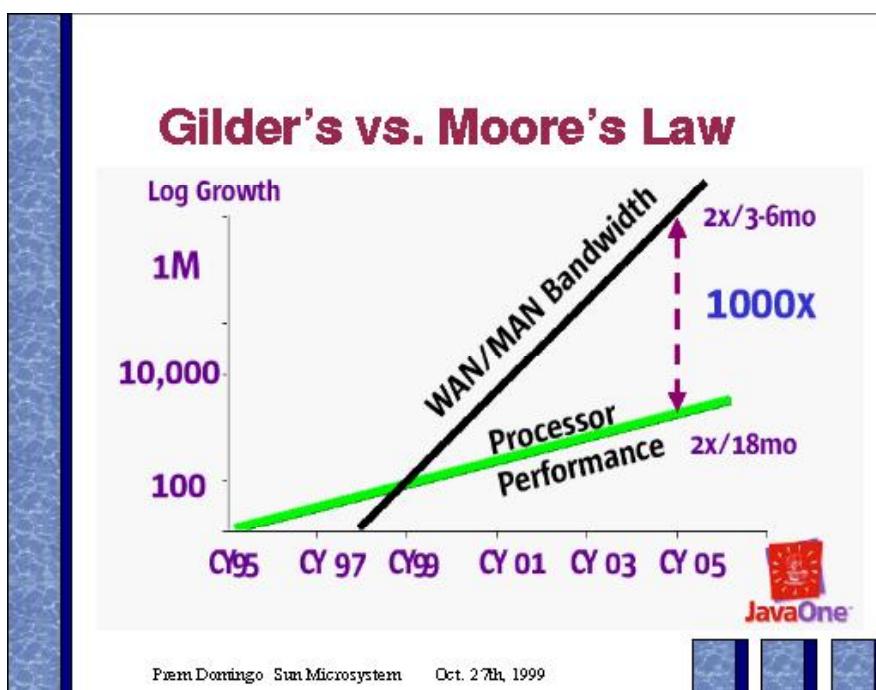
Workstations über LANs bzw. LAN-Verknüpfungen, da der Wert des Netzes dadurch exponentiell steige: „The usefulness, or utility, of a network equals the square of the number of its users“.³ Der exponentielle Nutzenzuwachs von Netzen bietet eine gute Erklärung für die schnelle Netzausbreitung nach Erreichen einer kritischen Masse etwa beim Internet ab 1993, doch greift es schon nicht mehr bei den seit 2000 deutlich zurückgegangenen Wachstumsraten. Für die Zukunft kann aus dem Metcalfe's Law der Trend zu einem alle Kommunikations- und Informationsformen umfassenden Universalnetz abgelesen werden, zu einem All-over-IP-Ansatz. Doch als reine Mengenregel blendet es hierbei alle qualitativen Nutzungskriterien aus, die Frage der Verfügbarkeit, Datensicherheit, der Bedienungsfreundlichkeit und anderer Gebrauchseigenschaften. Es lässt auch die Frage offen, warum sich in der Vergangenheit das traditionelle System separater Telekommunikations-, Radio-, TV- und Datennetze so lange gegen die immer wieder auftretenden Universalnetzkonzepte behauptet haben.



Das zweite Gesetz wurde von dem Ökonomen, Technologieberater von Reagan und Bush jr und Bestsellerautor George Gilder um 1995 mit direkter Anknüpfung an das Moore's Law formuliert, den Namen „Gilder's Law“ erhielt es übrigens erst 1997 durch einen Wallstreet-Analysten. In ihm wird behauptet, dass die Übertragungsbandbreiten dreimal so schnell wachsen wie die Integrationsdichte von Schaltkreisen, also alle sechs Monate. Er kam so 1995 für das Jahr 2004 auf die Gesamtkapazität eines Glasfaserkabels von 8 Petabit (864

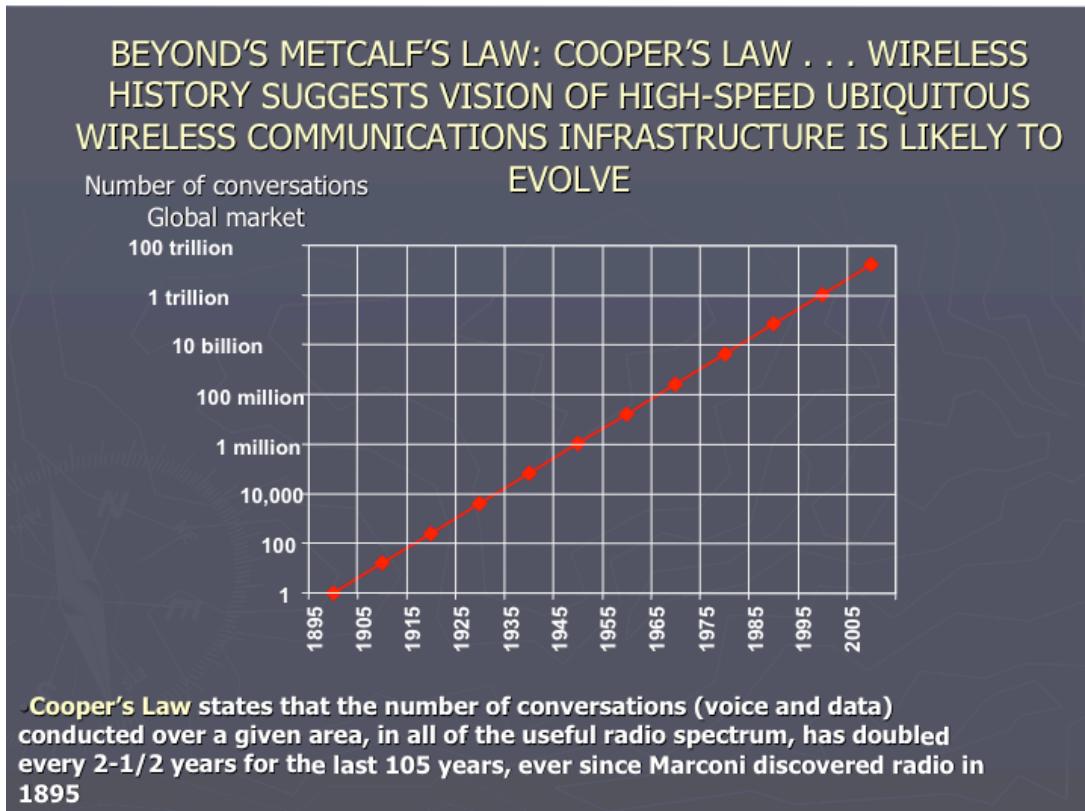
³ The power of the network increases exponentially by the number of computers connected to it. Therefore, every computer added to the network both uses it as a resource while adding resources in a spiral of increasing value and choice.

Fasern je 1000 Wellenlängen à 10 Gbit/s.), eine Prognose, die, legt man die tatsächlich realisierten Übertragungssysteme zugrunde, deutlich über das Ziel hinausschoss. Er leitete daraus für die Zukunft ein drastisch zunehmendes Missverhältnis zwischen Computer- und Übertragungsleistungen ab. Wie einst Moore 1965 ließ auch Gilder sein Verdopplungsgesetz in eine Vision münden: Bei nahezu kostenloser Bandbreite werde es zu einer weitestgehen- den Dezentralisierung aller Informationsprozesse kommen: „Transcending all previous concepts of centralization and decentralization, one global machine will distribute processing to the optimal point and access everything. Feeding on low power and high bandwidth, the most common computer of the new era will be a digital cellular phone with an IP address.“ (Gilder, 2003) Da Gilder seinem Gesetz als Prognosebasis die erst in den 90er Jahren zum Einsatz gekommene Wellenlängenmultiplextechnik zugrunde legte, bemühte er sich gar nicht erst um eine Rückwärtsprojektion des Gesetzes. In Anbetracht der deutlich erkennbaren Entwicklungsschübe in der Übertragungs- und Vermittlungstechnik (vgl. bes. Stein 1999, S. 73) dürfte es auch sehr schwer wenn nicht gar unmöglich sein, über einen längeren Zeitraum die behauptete Regelmäßigkeit einer dreifach schnelleren Wachstumsrate gegenüber den Bauelementen empirisch nachzuweisen. Das Gilder's Law bezieht sich zudem auf in Forschung und Entwicklung erzielte und nicht auf real implementierte technische Fortschritte, es bildet somit kein wirkliches Komplement zum Moore's Law.



Dies gilt auch für das ebenfalls erst in den 90er Jahren bekannt gewordene Cooper's Law, obwohl sein Autor Martin Cooper mit ihm eine bis 1895 reichende Rückwärtsprojektion versucht hat. Der langjährige Systementwickler bei Motorola, der 1973 das erste Cellular-Handy konstruierte, postuliert in dem Gesetz, dass sich das Funkspektrum seit Marconis erster drahtloser Übertragung alle zweieinhalb Jahre verdoppelt, wörtlich: „[...] the number [of conversations (voice or data) that can theoretically be conducted over a given area of all the useful radio spectrum] has doubled every two- and –a- half years for the past 104 years.“ (Coopers Homepage, ArrayCom, S.1)

Im Unterschied zu der oft unkorrekten Wiedergabe in Fachzeitschriften, Büchern und im Internet, die von einer Verdoppelung der *tatsächlichen* „conversations“ sprechen (siehe das Schaubild von Peter Cowhey, 2002), bildet Cooper in seinem Verdopplungsgesetz nur funktechnische *Potentiale* ab. Für ihn ist die erkannte Gesetzmäßigkeit eine Aufforderung an die Politik, durch eine entsprechende Deregulierung und Technologieförderung dafür zu sorgen, dieses Potential auch wirklich auszuschöpfen. Seine ferne Vision ist dabei das „Ubiquitous Wireless“, d.h. ein drahtloser Endzustand der Telekommunikation, in der jeder Einzelne zur Funkzelle wird und dadurch nahezu das ganze Frequenzspektrum zur eigenen Verfügung hat. Die quantitative Modellbildung mündet so in einer paradiesischen Bandbreiten-Überflussgesellschaft. Der unterstellte Gesetzescharakter der Entwicklung verleiht dabei einem soziotechnischen Leitbild den Anstrich des Notwendigen und entzieht es so einer offenen gesellschaftlichen Diskussion (vgl. auch Hellige 2004).



Von seinem Status her ist das Gesetz also eher eine statistische Hypothese mit Appellcharakter. Die Gesetzesformulierung beruht nämlich von den empirischen statistischen Grundlagen her auf einer konstruierten Trendkurve, die dadurch zustande kam, dass Cooper die schubweisen übertragungstechnischen Leistungsverbesserungen, die jeweils aus technischen Durchbrüchen der Frequenz-, Zeit- und Codemultiplexverfahren und der verschiedenen Modulationstechniken resultierten, durch eine Art Hüllkurve verband, die er dann einfach bis zum Ausgangswert des Jahres 1895 rückprojizierte. Es fehlt dem Gesetz somit der Charakter eines von allen beteiligten Akteursgruppen eines Entwicklungsblokkes geteilten Leitbildes, deren koordinierte Verfolgung die Prognose zu einer „selffulfilling prophecy“ machen könnte, wie es beim Moore's Law der Fall ist.

Da erst die Kohärenz von branchenübergreifenden Entwicklungsblöcken die Stabilität des Paradigmas und damit den Anschein des Gesetzmäßigen erzeugt, klaffen in der interessensmäßig zersplitterten Übertragungs- und Vermittlungstechnik Modellbildungsansätze und reale Entwicklung stark auseinander. Gegenüber den idealisierten Kurven zeigen selbst die

gemessenen Bestwerte je nach erzielten größeren Technikdurchbrüchen Schübe und Beharrungstendenzen. Die reale Durchsetzung neuer Übertragungsmedien und –techniken weist viele Überraschungen und Brüche auf, die mit einer ganzen Reihe von Fehlprognosen verbunden waren. So wurde die Diffusion der bereits um 1930 entwickelten breitbandigen Kupferkoaxialkabel durch Kriegs- und Nachkriegszeit stark verzögert. Die eigentliche Ausbreitung erfolgte erst zu einer Zeit als die Glasfasertechnik schon bereit stand. Dabei hatte man wegen der anfänglich hohen Dämpfung den Lichtwellenleitern zunächst keine Chance gegeben und ganz auf Hohleiter gesetzt, doch hier bekam man die Verlegungs- und Handhabungstechnik nicht in den Griff. Nach dem zwischen 1966 bis 1969 erzielten Durchbruch der sogenannten „optischen Revolution“ prognostizierte Stewart E. Miller die Ablösung der Mikroelektronik durch die „Integrierte Optik“ bereits in ein bis zwei Jahrzehnten. Nach dem ersten gelungenen Schritt der Entwicklung eines optischen Schalters 1978 setzte eine neue Euphorie mit neuen Ablösungsvisionen ein, doch es zeigte sich sehr schnell, dass die Optik auf absehbare Zeit nicht mit dem Integrationstempo der Mikroelektronik mithalten konnte.

Doch auch bei den Übertragungsstrecken trat die erwartete baldige Verdrängung der Kupfer- und Koaxialkabel durch die Glasfaser nicht ein. Es wurden hier *Stufenkonzepte* vorgelegt, nach denen in schneller Folge das Fernnetz, die Regionalnetze, die Ortsnetze und schließlich die Anschlussnetze zu den Teilnehmern in zwei bis drei Jahrzehnten auf Glasfasern umgestellt würden. In den USA sollte, so eine Prognose von 1984, der Umstellungsprozess im Jahr 2000 abgeschlossen sein. Die Deutsche Bundespost plante um 1980 den Übergang zum integrierten Universalnetz IBFN in Glasfasertechnik bis 1992, der Endausbau sollte aber erst nach 2000 erreicht werden. Doch auch die Prognose eines schnellen Ausbaus der Glasfaserstrecken bewahrheitete sich nicht. Die Verlegungstechnik, die Spleißtechnik und die optoelektronischen Bauelemente waren lange Zeit zu teuer. Vor allem hatte man die Leistungssteigerung bei den etablierten Übertragungstechniken auf Kupferbasis unterschätzt. Mit digitalen Modulations- und Multiplexverfahren sowie mit der Datenkompression ließ sich die Bandbreite der Kupferdoppelader so stark vermehren, dass für Lichtwellenleiter kein großer Bedarf übrig blieb. Sie wurden im Wesentlichen nur im Fernnetz und den oberen Netzebenen eingesetzt. Die Diffusion in Regional- und Ortsnetzen sowie zum Teil in Unternehmensnetzen erfolgte meist erst seit den 90er Jahren.

Die Erwartung einer zügigen Umstellung des Anschlussnetzes auf Glasfaser bewahrheitete sich dagegen bis heute nicht. Die konstruierten Ausbreitungsstufen FTTC, FTTB, FTTO,

FTTH, FTIT (Fiber to the Curb, Building, Office, Home, Terminal), gerieten sehr schnell ins Stocken, da man die enorme Schwerkraft des in Anschluss- und Gebäudenetzwerken investierten Kapitals unterschätzte. Gegen alle Entwicklungsstufenkonzepte der Optoelektronik setzten sich in den 90er Jahren die Copper-Access-Technologien durch, also ISDN, xDSL, Kabelmodems und am Rande die Powerline-Technologie. Selbst die Lokalen Netze auf LWL-Basis wie Fast-Ethernet, Gigabit-Ethernet und FDDI wurden nachträglich so angepasst, dass sie auch auf Kupferleitungen laufen. Die Vermehrung der Bandbreite fand zwar statt, wenn auch in einem weit bescheidenem Ausmaß, denn die als Träger der optischen Übertragungstechnik ausersehnen Anwendungen, das Bildtelefon, die Telekonferenz und die TV-Verteilung fanden kaum Anhänger oder liefen über Koax-Netze. Die zusätzlichen Bandbreiten wurden überwiegend über modulations-, multiplex- und codierungstechnische Verfahren realisiert und nicht durch den breiten Umstieg auf Glasfaser. Auch hier setzten sich *die* Innovationen durch, die den Bestand der Infrastrukturinvestitionen am besten bewahrten. Ein stabiler Entwicklungsblock war und ist angesichts höchst unterschiedlicher Interessen von unterschiedlichen Herstellern, Netzbetreibern, gewerblichen und privaten Anwendern nicht zu erreichen. Dadurch war die Entwicklung von Übertragungsmedien und -techniken nicht so einfach vorhersehbar oder als „Self fulfilling prophecy“ umsetzbar wie in der Mikroelektronik.

Die Prognose-Unsicherheit wird aber noch größer, wenn man sich den übertragungstechnischen Infrastrukturnetzen und den auf ihnen laufenden Anwendungsdiensten zuwendet. Ich komme damit zu meinem zweiten Abschnitt den ich aber nur anhand weniger Folien als sehr gedrängten Problemaufriss vorstelle.

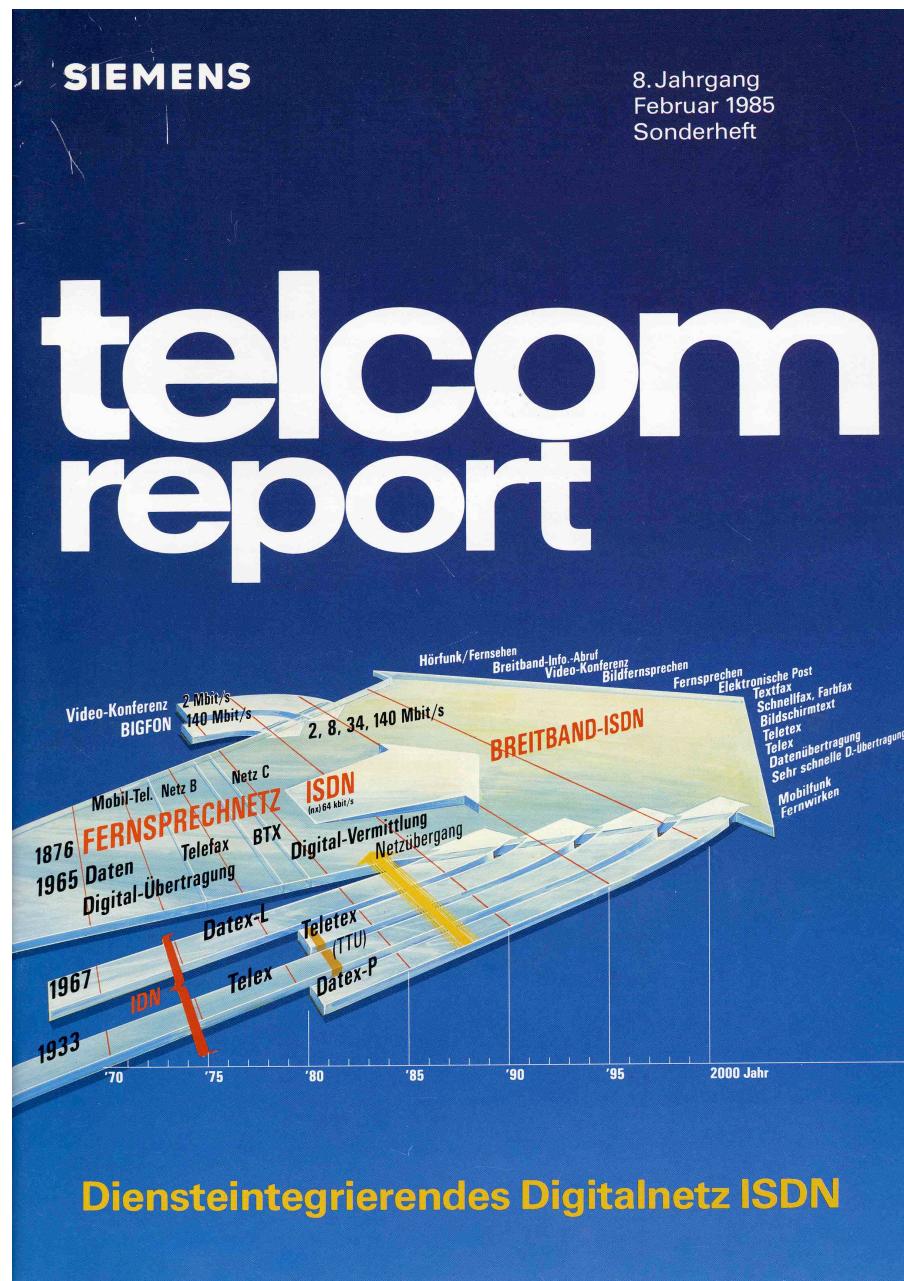
3. Universalnetzvisionen, Konvergenzszenarien und Anwendungs-Prognosen der Tele- und Computerkommunikation: ein Problemaufriss

Die Universalnetzvisionen und Konvergenzszenarien der Tele- und Computerkommunikation bilden das Bindeglied zwischen den quantitativen Modellbildungen der Bauelemente- und Übertragungstechniken und den Prognosen für Schlüsselbereiche der Anwendung. Auch diese Konvergenzszenarien verfolgen das Ziel, einem Entwicklungspfad eine säkulare Logik zu attestieren und sie dadurch als notwendige Entwicklungsstufe oder gar Endzustand

erscheinen zu lassen und sie so dem offenen Gestaltungsdiskurs zu entziehen. Alle aufgeführten Szenarien stellen sich als stufenweise Zusammenfassung bestehender Netze zu einem Universalnetz dar, das die Grundlage bzw. die Kerninfrastruktur der globalen Informationsgesellschaft bildet. Sie differieren nur darin, welcher Informations- und Kommunikationstechnikbereich oder welches Branchenkonglomerat in den USA, in Europa oder Japan diese Weltinfrastruktur bestimmen oder beherrschen sollen: Die Telekommunikations- oder Datennetzwerkbetreiber, die Hersteller der Informations- oder Kommunikationstechnik, die Software und Content-Anbieter oder Unterhaltungselektronik und TV-Radiobereich.

Universalnetzvisionen und Großszenarien der Tele- und Computerkommunikation

<u>SZENARIO</u>	<u>VERBREITUNG</u>
Picturephone-Szenario	60er/70er Jahre
Computer-Utility-Szenario	60er/70er Jahre
Zweiweg-Kabel-TV-Szenario	70er Jahre
ISDN-IBFN-Szenario	70er/80er Jahre
Fast-Packet-Internet-Szenario	80er Jahre
ATM-ISDN-Szenario	80er/90er Jahre
	ab 90er Jahre:
TV-/ Multimedia-Internet-Szenario	
UMTS-Internet-Szenario	
Globalnet-Szenario	
All-over-IP-Szenario	
Internet-Everywhere-Anytime-Szenario	
Wearable / Nomadic Computing Szenario	
Ubiquitous Computing-Szenario	



Im letzten Jahrzehnt spitzt sich diese Auseinandersetzung immer mehr zu auf die Konkurrenz zwischen der DV-Region Nordamerika und der Telco-Region Europa. Die Integrationsstufenkonzepte erweisen sich am Ende als Projektionen des eigenen Universalanspruches. Im Unterschied zum Moore'schen Gesetz werden die Konvergenzszenarien nur von den jeweiligen Akteursnetzwerken geteilt, sie konkurrieren daher und schließen sich in vieler Hinsicht aus, was im Widerspruch zu ihrem universalen Anspruch steht. Jedoch gewinnen die Konvergenzszenarien gerade bei einem Verzicht auf den Anspruch, eine historische Entwicklungslogik zu repräsentieren, wieder eine analytische Funktion: Als wirkliche *Szenarien* bündeln und verabsolutieren sie Trends und führen auf diese Weise deutlicher die Komplexwirkungen von Entwicklungspfaden vor Augen. Die

Akteure des I und K-Bereiches einschließlich der Anwender in Europa sollten sich z.B. anhand des All-over-IP-Szenarios bzw. des Internet-Every-Where-Any-Time-Szenarios eine technologiepolitische Debatte beginnen, welche Folge es haben könnte, wenn alle Daten-, Telefon-, Radio- und TV-Dienste nur noch über ein Universalnetz laufen, das die USA immer noch als amerikanischen Wirtschafts- und Rechtsraum, als ihre „Next Frontier“, beanspruchen (siehe hierzu auch Hellige 2003).

Am größten schließlich ist die Prognoseunsicherheit bei einzelnen Diensten und Anwendungskonzepten der Informations- und Kommunikationstechnik. Dies belegt eine bei weitem nicht vollständige Liste gescheiterter oder stark fehlbewerteter Innovationen von I und K-Medien.

Fehlprognosen bei einzelnen Medien der Kommunikations- / Informationstechnik

- Bildtelefon (Video Telephone)
- Telepoint (Birdie)
- Sprachbox (Voicemail)
- Teletex (Bürofenzschreiben)
- Fernzeichnen (Grafiktelefondienst)
- Kabeltext (Broadband Videotex)
- Bildschirmtext (Interactive Videotex)
- Studio-Video-Konferenz
- Temex (Telemetric Exchange)
- Telebox (zentrale Mailboxen)

- Pencomputer
- ATM-Workstation
- NC (Network Computer)
- Zweiweg-Kabel-TV
- HDTV (High Definition Television)
- 3D-Fernsehen
- Interaktives Fernsehen
- Video-on-Demand
- DAB (Digital Audio Broadcasting)
- DSR (Digital Satellite Radio)
- Set-Top-Box
- Bildplatte (Video Disc)
- Quadrophonie

Doch nicht nur Innovationen, sondern auch Diffusionsprozesse sind von häufigen Prognoseirrtümern begleitet. Zwar hat die Diffusionsforschung in der Vergangenheit auf der Basis langer Zeitreihen für verschiedene Produktkategorien typische Diffusionsmuster herausgearbeitet und mathematisch modelliert. Als Idealtypus dient dabei seit langem das von Frank M. Bass 1967/68 zuerst für Investitions- und Konsumgüter entwickelte Diffusionsmodell in Form einer logistischen S-Funktion, das in der Folgezeit für Güter mit speziellen Netz- und Systemeffekten modifiziert wurde (vgl. Bass 1969, Rogers 1983, Weiber 1992). Zur Erklärung von Übereinstimmungen oder Abweichungen werden dann meist quantitative Einflußgrößen wie Preise, Investitions- und Werbeaufwand sowie die Höhe der anfänglichen Subventionierung herangezogen. Die Redundanz oder Gegenläufigkeit dieser Datenreihen verhindert aber sehr oft eine klare Aussage über den ausschlaggebenden Faktor

in dem jeweiligen Diffusionsverlauf. Zusätzlich berücksichtigte *qualitative* Einflussgrößen erstrecken sich überwiegend auf Wettbewerb und Monopolisierungsgrad sowie auf Marketingkonzepte und Maßnahmen zur Erzeugung von Erwartungshaltungen, die ein schnelles Erreichen "Kritischer Massen" fördern sollen (Allan, S 261 ff.)

Doch weder mit quantitativen Einflussgrößen noch mit Marketing-Argumenten lässt sich das *zentrale Problem* von Adoptions- und Diffusionsprozessen lösen, nämlich die Bestimmung des insgesamt erreichbaren Marktpotentials einer neuen Technik bzw. eines Telekommunikationsdienstes. Denn dazu sind vor allem *qualitative* Anwendungspotentiale sowie komparative Nutzungsvor- und –nachteile gegenüber konkurrierenden oder komplementären Technik- und Diensteangeboten abzuschätzen. Da dieses jedoch sehr stark vom Gestaltungskonzept und konkreten Zuschnitt der technischen oder soziotechnischen Lösung abhängt, es sich mithin um ein eminent qualitatives Problem rekursiver Hersteller-Kunden-Beziehungen handelt, versagen hier die quantitativ-ökonomischen wie die marktpsychologischen Argumentationen der traditionellen Diffusionsforschung. Es rücken daher Fragen der *Gestaltung* eines Telekommunikationsdienstes in das Zentrum. Neuere Ansätze der Technikgeschichte und der Technikgeneseforschung haben dabei geholfen, tiefere Einblicke in das komplexe Ursachen- und Faktorengeflecht von Diffusionsprozessen zu erhalten. Mit der abschließenden Skizze der Geschichte des Scheiterns des Bildtelefons möchte ich exemplarisch zeigen, wie ein säkulares Leitbild der Telekommunikation zusammen mit quantitativen Entwicklungsgesetzen und Stufenkonzepten der Netzevolution die Entwickler in die Irre geführt hat.

5. Schlussthesen

- Nicht Gesetze, Paradigmen und Evolutionsmodelle bestimmen den Erfolg einer Informations- und Kommunikationstechnik, sondern allein die Nutzungsqualität und Gestaltung.
- Ist eine Technik auf den unmittelbaren Nutzer hin entworfen und gestaltet, braucht sie keine „Gesetze“ und Stufenkonzepte als Legitimation, ist sie es nicht, helfen auch diese nicht.
- Die entscheidenden Probleme der Technikentwicklung sind qualitativer Natur, im Mittelpunkt muss der Benutzer stehen.
- Die Geschichte der Telekommunikation ist ein Erfahrungsschatz, den die Entwickler und Promotoren neuer Techniken viel zu wenig nutzen. Geschichte ist nicht nur zum Feiern da, sondern vor allem zur kritischen Bilanzierung vergangener Erfolge und Misserfolge.

6. Literatur

- Armbrüster, Heinrich, Weiterentwicklung der Telekommunikation: Universalnetz Breitband-ISDN, in: ntz 40 (1987), S. 564-569
- Börner, Manfred, Die zukünftige Entwicklung der optischen Nachrichtentechnik, in: Wilhelm Wadelich: Laser/Optoelektronik in der Technik. Laser/Optoelectronics in Engineering: Laser 83 Optoelektronik, Vorträge des 6. Internationalen Kongresses, Berlin, Heidelberg, New York 1984, S.425-434
- Börner, Manfred; Trommer, Gerd, Lichtwellenleiter, Stuttgart 1989
- Börner, Manfred; Müller, Reinhard; Schieck, Roland; Trommer, Gerd, Elemente der integrierten Optik, Stuttgart 1990
- Bondyopadhyay, Probir K., Moore's Law Governs the Silicon Revolution, in: Proceedings of the IEEE 86 (1998) 1, S. 78-81
- Brinkman, William F.; Pinto, Mark R., The Future of Solid-State Electronics, in: Bell Labs Technical Journal (Herbst 1997), S. 57-75
- Broß, Peter, Entwicklung des Telekommunikationswesens in den nächsten Jahrzehnten, in: ntz 36 (1983) 5, S. 302-309
- Carey, John; Moss, Mitchell L., The diffusion of new telecommunication technologies, in: Telecommunications Policy Juni 1985, S. 145-158
- Chatterjee, Pallab; Doering, Robert R., The Future of Microelectronics, in: Proceedings of the IEEE 86 (1998) 1, S. 176-183
- Christian, Bruce, Martin Cooper: Cell Phone 'Father' Squeezes Spectrum
- Cooper, Martin, Cooper's Law, in ArrayComm Homepage:
http://www.arraycomm.com/pct/coopers_law.htm (10.12.2003)
- Cooper, Martin, A Wireless Prophet Who's Pushing "Smart Antennas", in: Business Week Online, 17.Mai 2000
- Cooper, Martin, Testimony of Martin Cooper, Chairman, CEO and Co-Founder ArrayComm Inc. Before the U.S. Senate, Committee on Commerce, Science and Transportation, Subcommittee on Communications. Hearing on Spectrum Management and Third Generation Wireless Service, 31. Juli 2001
- Friedewald, Michael, Die veränderliche Ökonomie des Computers: Von Groschs Gesetz zum PC, in: Informatik Spektrum 21 (1998), S. 80-83
- Gilder, George, The Gilder Paradigm, Gilder Technology Report, 1993, 2003
- Gilder, George, The Twenty Laws of Telecosm, in: ders., Telecosm. How Infinite Bandwidth Will Revolutionize Our World, 2000; Internet-Version:
<http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0004.html>
- Grosch, Herbert R. J., High Speed Arithmetic: The Digital Computer as a Research Tool, in: Journal of the Optical Society of America 43 (Apr. 1953), S. 306-310
- G.S., Im Zeichen des Energiesparens, in: Elektronik 7/1003, S. 18-19
- Hartenstein, Reiner, Der Mikroprozessor im nächsten Jahrtausend, in: Elektronik 1/2000, S. 64-68
- Heldman, Robert K.; Bystrzcki, Thomas A., The Telecommunications Information Millennium. A Vision and Plan for the Global Information Society, New York, San Francisco, Washington, D. C. 1995
- Hellige, Hans Dieter, Leitbilder, Strukturprobleme und Langzeitdynamik von Teletex. Die gescheiterte Diffusion eines Telematik-Dienstes aus der Sicht der historischen Technikgeneseforschung, in: Matthias-W. Stoetzer, Alwin Mahler (Hrsg.), Die Diffusion von Innovationen in der Telekommunikation, (Schriftenreihe des WIK, Bd. 17), Berlin, Heidelberg, New York 1995, S. 195-218
- Hellige, Hans Dieter, Die Geschichte des Internet als Lernprozeß, Einführungsvortrag beim Workshop der Fachgruppe Informatik- und Computergeschichte der Gesellschaft für Informatik auf der 33. Jahrestagung der GI „Die Zukünfte des Internet: Eine Retrospektive, Frankfurt a. M. im Oktober 2003, Kurzfassung in: K. Dittrich, W. König, A. Oberweis u.a. (Hrsg.), Informatik 2003. Innovative Informatikanwendungen, Proceedings (Lecture Notes in Informatics, P-35), 2 Bde Bonn 2003, Bd. 2, S. 102-114; Preprint der Langfassung: artec-Paper Nr. 107, November 2003, 24.S.
- Hellige, Hans Dieter, „Technikgeschichte und Heilsgeschehen“: Endzeiterwartungen in technischen Zukunfts-szenarien für das Jahr 2000, erscheint in: Schöck-Quinteros, Eva; Kopitzsch, Franklin, Steinberg, Hans-Josef (Hrsg.), Bürgerliche Gesellschaft – Idee und Wirklichkeit. Festschrift für Manfred Hahn (Schriften des Hedwig Hintze-Instituts Bremen, Bd. 8), Berlin 2004, 21 S.
- Herbst, Klaus, Kurzschluss im Chip, in: Computer-Zeitung 32/12.8.1999
- Höfflinger, Bernd, Chips 2020. Ein Ausblick in die Halbleiterwelt von übermorgen, in: Elektronik 1/2000, S. 36-46
- Jurvetson, Steve, transcending Moore's Law, in: cnet News.COM Tech News First,
<http://news.com.com/2010-1075-281576.html?legacy=cnte>

- Kaiser, Wolfgang (Hrsg.), Glasfaser bis ins Haus. Fiber to the Home. Vorträge des Kongresses in München, 14.-15.11.1990 (Telecommunications, Bd. 16), Berlin, Heidelberg, New York 1991
- Kelly, Kevin, George Gilder: When Bandwidth Is Free. The Dark Fiber Interview with George Gilder, in: Wired Sept./Okt. 1993
- Kilbane, Doris, Martin Cooper: But Is It Usefull, in: ED Online 20. Okt. 2003
- Kurzweil, Ray, Homo Sapiens, Köln 2000
- Miller, Stewart E., Integrated Optics: An Introduction, in: Bell Systems Technical Journal 48 (1969) 7, pp.2059-2069
- Miller, Stewart E.; Chynoweth, Alan G. (Eds.), Optical Fiber Communications, New York, San Francisco, London 1979, S.1-15
- Millman, S., A History of Engineering and Science in the Bell System: Communications Sciences (1925-1980), AT&T Bell Laboratories 1984 , Chapter 7: Lightwave Communications, pp.273-312
- Moore, Gordon E., Cramming More Components Onto Integrated Circuits, in: Electronics 38 (1965) 8, S. 114-117; wiedergedruckt in: Proceedings of the IEEE 86 (1998) 1, S. 82-85
- Moore, Gordon E., Progress in Digital Integrated Electronics, in: IEEE International Electronic Devices Meeting Technology Digest, 1975, S. 11-13
- Moore, Gordon E., VLSI: Some Fundamental Challenges, in: IEEE Spectrum 16 (1979) 4, S. 30-37
- Moore, Gordon E., Some Personal Perspectives on Research in the Semiconductor Industry, in: Engines of Innovation. U.S. Industrial Research at the End at that Era, Cambridge, Mass. 1996, S. 165-174
- Moore, Gordon E., Scientific American Interview: Gordon E. Moore, in: Scientific American, Sept. 1997; Internet-Version <http://www.sciam.com/interview/moore/092297moore2.html>
- Moore, Gordon E., Microprocessors and Integrated Electronics Technology, in: Proceedings of the IEEE 64 (1998) 6, S. 837-841
- Moore, Gordon E., The Continuing Silicon Technology Evolution Inside the PC Platform, Intel Hompage 2002: <http://developer.intel.com/update/archive/issue2/feature.htm>
- Moore, Gordon E., No Exponential Is Forever..., in: ISSCC, 2.20.2003; Internet-Version auf der Intel-Homepage
- Moravec, Hans, Mind Children. The Future of Robot and Human Intelligence, Cambridge, Mass. 1988
- Müller, Bernd, In Schönheit gestorben, in: Bild der Wissenschaft 5/1993, S. 11
- Pattay, Walter von, Ist die Entwicklung moderner Dienste noch berechenbar? in: H. Kubicek, G. Müller, E. Raubold, A. Roßnagel (Hrsg.), Jahrbuch Telekommunikation und Gesellschaft Bd. 2, Heidelberg 1994, S. 176-190
- Penzias, Arno A., The Next Fifty Years: Some Likely Impacts of Solid-state Technology, in: Bell Labs Technical Journal (Herbst 1997), S. 155-168
- Pinto, Jim, 3 technology Laws (2000), erschienen in: AutomationTechies.com, April 2002
- Podmore, Christopher; Faguy, Denise, The Challenge of Optical Fibres, in: telecommunications policy, Dez. 1986, S. 341-351
- Rogers, Everett, Diffusion of Innovations, 3.Aufl. New York, London 1983
- Schaller, R. R., Moore's Law: Past and Present, and Future, in: IEEE Spectrum 34 (1997) 6, S. 52-59
- Spicer, D.; Allison, Z.; Shustek, L., Microprocessor Evolution (1971-1996) <http://www.MDR.online.com/>
- Stein, Karl-Ulrich, Zur techno-ökonomischen Evolution der telekommunikation, in: ntz 9/1999, S. 72-75
- Stix, Gary, Getting More from Moore's, in: Scientific American, April 2001, Internet-Version: <http://www.sciam.com/techbiz/0401innovations.html>
- Syrbe, Max, Zweite Chance für Europas Chipindustrie, in: VDI-Z, 1.10.1993, S. 5
- Tenzer, Gerd, Glasfaser bis ins Haus. Fibre to the Home, Heidelberg 1991
- Wasshuber, Christoph, Die Zukunft der Mikroelektronik, in: Informatik-Spektrum 21 (1998), S. 223-226
- Weiber, Rolf, Diffusion von Telekommunikation, Wiesbaden 1992
- Weigand, Stefan, Diffusionsprognosen im Telekommunikationsbereich: Der gescheiterte Versuch, die Zukunft vorherzusagen, in: H. Kubicek, G. Müller, E. Raubold, A. Roßnagel (Hrsg.), Jahrbuch Telekommunikation und Gesellschaft Bd. 2, Heidelberg 1994, S. 191-200