

ON LINE
Symposion

Veranstalter	ZERO - the Art of Being Everywhere* (Robert Adrian X & Gerfried Stocker) im Auftrag der STEIRISCHEN KULTURINITIATIVE
Projektleitung	Gerfried Stocker
Projektbüro	Jutta Schmiederer
Technische Leitung	Horst Hortner
Videotechnik	Martin Szilagyi

ON LINE
Katalog

NETZ.

Impressum

Herausgeber

~~Lehrstuhl für Kunst~~
PUBLISHER

Dr. Helga Konrad
Steirische Kulturinitiative
Hans-Resel-Gasse 6, A-8020 Graz

© bei den Autoren

Redaktion	ZERO - The Art of Being Everywhere* Jutta Schmiederer, Robert Woelfl
Gestaltung	Robert Adrian X
Graphik/Layout	Silvia Eckermann
Druck	REAAAprint, Neulerchenfelder Straße 35, A-1160 Wien

*ZERO - The Art of Being Everywhere ist ein Programm, das im Auftrag der Steirischen Kulturinitiative 1992 begonnen wurde

Friedrich Kittler

GESCHICHTE DER KOMMUNIKATIONSMEDIEN

Einleitung

Was folgt, bildet einen ersten Versuch, über die Geschichte der Kommunikationstechniken, soweit das menschenmöglich ist, im ganzen und allgemeinen zu sprechen. Das sollte im Ergebnis auf den Entwurf einer historischen Medienwissenschaft führen. Einen Entwurf einfach deshalb, weil die Medienwissenschaft ein junges Forschungsfeld ist, das es ohne den Siegeszug moderner Informationstechnologien gar nicht geben würde. Deshalb stößt eine solche Geschichte auf methodische und sachliche Probleme.

Ein sachliches Problem liegt schon darin, daß Kommunikationstechniken selber weit weniger archiviert oder weit weniger zugänglich als ihre Inhalte sind, wie denn das Nachrichtenwesen trotz seiner oft kriegsentscheidenden Rolle (um den letzten Chef des Wehrmacht-nachrichtenwesens zu zitieren) "ein Stiefkind der militärhistorischen Forschung" geblieben ist. Dazu kommt als methodisches Problem die Ratselfrage, ob der mittlerweile so selbstverständliche Begriff Kommunikation zur Beschreibung von Zeiten und Räumen taugt, die ersichtlich anderen Leitbegriffen (aus Mythos oder Religion) unterstanden. Jedenfalls beruhte seine philosophische Inthronisierung, in John Lockes "Essay on Human Understanding", auf der schwerlich verallgemeinerbaren Annahme, Kommunikation besage Versprachlichung wahrgenommener Vorstellungen und infolgedessen Vernetzung von isolierten Individuen durch "das Band der Sprache"². Nur wie Menschen ohne Sprache zu ihren Vorstellungen oder Ideen überhaupt gekommen sein sollen, vergeblich die Philosophie zu fragen. Aus dieser abgründigen Verwirrung hat erst ein technischer Begriff von Information befreit, der seit Shannons "Mathematischer Theorie der Kommunikation" jede Bezugnahme auf Ideen oder Bedeutungen, damit aber auch auf Menschen unterläuft.

Informationssysteme im engen Wortsinn sind allerdings auf Speicherung, Verarbeitung und Übertragung von Nachrichten optimiert. Kommunikationssysteme dagegen, weil sie, über Nachrichten hinaus, den Verkehr auch von Personen und Gütern regeln³, umfassen (nach McLuhans Analyse) unterschiedlichste Medien vom Strabensystem bis zur Sprache⁴. Dennoch besteht Anlaß, Kommunikationssysteme wie Informationssysteme zu analysieren. Auch Kommunikati-

Friedrich Kittler

THE HISTORY OF COMMUNICATION MEDIA

Introduction

What follows is an attempt to discuss the history of communication technologies - as far as this is humanly possible - in general terms. The objective is ultimately the outline of a scientific history of the media - an outline for the simple reason that media sciences is a new field of research which would not exist had it not been for the triumphal advance of modern information technologies. This is why such a history comes up against methodological and practical problems.

One practical problem is that communications technologies themselves are documented to a far lesser extent, or are far less accessible, than their contents, vide the manner in which the intelligence services have remained, despite their frequently decisive role in wars, (to quote the last head of the Wehrmacht intelligence service) "the Cinderella of military-historical research"¹. Then there is the methodological problem posed by the conundrum of whether the now so self-evident term "communication" can properly be used in connection with times and locations which manifestly were characterised by other terminology (drawn from mythology or religion). At any rate its enthronement in philosophy was based, in John Locke's "Essay on Human Understanding", on the scarcely generalisable assumption that communication means the rendering into speech of perceived ideas, and consequently the linking of isolated individuals through "bonds of language"². The only trouble is that philosophy omits to enquire how, without language, people are supposed to have arrived at their ideas and conceptions in the first place. Liberation from this unfathomable confusion came only with a technical concept of information which, since Shannon's "Mathematical Theory of Communication" avoids any reference to ideas or meanings, and thus to people.

Information systems in the narrowest sense of the word are, it is true, optimised in terms of the storage, processing and transmission of messages. Communication systems on the other hand, because in addition to messages they also control the traffic of persons and goods³, comprise all kinds of media (in McLuhan's analysis) from road systems



on hängt schließlich von Steuersignalen ab, und zwar um so mehr, je komplexer sie arbeitet; auch die Dreiheit der Kommunikate - Nachrichten, Personen, Güter - lässt sich informationstheoretisch reformulieren:

- Erstens sind Nachrichten, das besagt schon ihre deutsche Etymologie, Befehle, 'nach' denen Personen sich zu 'richten' haben.
- Zweitens sind Personen, wie die Systemtheorie lehrt, keine Gegenstandseinheiten, sondern Adressen, die "die Berechnung weiterer Kommunikationen ermöglichen".⁴
- Drittens schließlich bilden Güter, wie die Ethnologie seit Mauss und Levi-Strauss gelehrt hat, Daten in einer stellenwertigen Tauschordnung zwischen besagten Personen.

Wenn nun aber Daten die Operation der Speicherung auf-tun, Adressen die der Übertragung und Befehle die der Datenverarbeitung, ist jedes Kommunikationssystem als Verbund dieser drei Operationen ein Informationssystem. Es hängt schlechterdings nur davon ab, ob die drei Operationen im physikalisch Realen implementiert sind, inwieweit ein solches System zur selbständigen Kommunikationstechnologie wird. Die Geschichte dieser Techniken kommt, mit anderen Worten, zum Ende, wenn Maschinen nicht nur die Adressenübertragung und die Datenspeicherung übernehmen, sondern mittels mathematischer Algorithmen auch die Befehlsverarbeitung steuern können. Es ist deshalb kein Zufall, daß Shannon erst zu Beginn des Computerzeitalters, also nachdem alle Operationen von Kommunikationssystemen maschinell realisiert waren, ein formales Modell von Information anschieben konnte. Dieses Modell umfaßt bekanntlich fünf verschaltete Instanzen⁵:

- Erstens gibt es eine Informationsquelle, die je eine Nachricht pro Zeiteinheit aus der entweder abzählbar-diskrete oder unabzählbar-stetigen Menge möglicher Nachrichten selektiert.
- Zweitens versorgt diese Quelle ein oder mehrere Sender, die durch geeignete Codierung die Nachricht zum technischen Signal verarbeiten (was im diskreten Fall ohne Zwischenspeicherung von Daten gar nicht möglich ist).
- Drittens beschicken diese Sender einen Kanal, der die Signalübertragung in Raum und/oder Zeit gegen physikalisches Rauschen und/oder feindliche Störungen sichert.
- Viertens führen diese Kanäle zu einem oder mehreren Empfängern, die die Nachricht aus dem Signal rekonstruieren, das heißt einem zum Sender inversen Algorithmus der Decodierung unterziehen, so daß schließlich
- Fünftens die rückübersetzte Nachricht an die Adresse einer Informationssinke gelangt.⁷

Dieses elegante Modell kann allerdings, schon weil es keinerlei historischen Ehrgeiz hat, auf die faktische Geschichte der Kommunikationstechniken nicht einfach angewandt werden. Statt allenthalben, wie es auch in Sprach- und Kultur-

to language⁴. There is nonetheless good reason to analyse communication systems in the same way as information systems. Ultimately, communication too depends on control signals, the more so the more complex its working; even the triad of "things communicated" - information, persons, goods - can be reformulated in terms of information theory:

- Firstly, messages are essentially commands to which persons are expected to react (this definition in the original German is based on the etymology of the German word "Nachrichten" - Tr.).
- Secondly, as systems theory teaches, persons are not objects, but addresses which "make possible the assessment of further communications"⁵.
- Thirdly, as ethnology since Mauss and Levi-Strauss has taught, goods represent data in an order of exchange between said persons.

However if data make possible the operation of storage, addresses that of transmission and commands that of data processing, then every communication system, as the alliance of these three operations, is an information system. It depends solely on whether the three operations are implemented in physical reality to what extent such a system becomes an independent communication technology. In other words the history of these technologies comes to an end when machines not only handle the transmission of addresses and data storage, but are also able, via mathematical algorithms, to control the processing of commands. It is thus no coincidence that not until the start of the computer age, that is, when all operations of communication systems had been mechanised, was Shannon able to describe a formal model of information. This model comprises, as we know, five connected stages⁶:

- Firstly there is an information source which selects one message per unit of time from the either enumerable-discrete or innumerable-continuous quantity of possible messages.
- Secondly this source supplies one or more transmitters which process the message via suitable coding into a technical signal (something which is quite impossible in the discrete case without intermediate data storage).
- Thirdly these transmitters feed a channel which safeguards the transmission of the signal in space and/or time from physical noise and/or hostile interference.
- Fourthly these channels lead to one or more receivers which reconstitute the message from the signal by subjecting it to a decoding algorithm inverse to that of the transmitter, so that finally,
- Fifthly, the retranslated message arrives at the address of an information drain/

This elegant model, however, not least because it lays no

wissenschaften üblich geworden ist, Shannons fünf black boxes anzuzeichnen, scheint es dringender und lohnender, durch die Geschichte zu verfolgen, wie ihre Ausdifferenzierung selber erst einmal hat zustandekommen müssen. Unter der luhmannschen Prämisse, daß Kommunikationstechniken eine "vorrangige, alles andere magnetisierende Epochen-einfaltung"⁸ leisten, läßt sich plausibel machen, daß der historische Übergang von Mündlichkeit zu Schriftlichkeit einer Entkopplung von Interaktion und Kommunikation gleichkam, der Übergang von Schrift zu technischen Medien dagegen einer Entkopplung auch von Kommunikation und Information. Es geht also um einen Prozeß der Ausdifferenzierung, der erst in Theorie und Praxis einer Information, die dem energetischen Begriff Entropie mit umgekehrtem Vorzeichen entspricht⁹, zum Abschluß gekommen ist.

Dieser Ausdifferenzierungsprozeß vergibt die Möglichkeit, die Geschichte der Kommunikationsmedien in zwei größere Blöcke zu zerlegen. Der erste Block behandelt die Schriftgeschichte und zerfällt seinerseits in einen Block über Handschriften und einen über Druckschrift. Der zweite Block über technische Medien wird von der Basiserfindung Telegraphie über die analogen Medien schließlich zum digitalen Medium Computer führen.

A Schrift

1. Handschrift

Über die Geschichte der Schriftkulturen, deren "Medium" üblicherweise auch Geschichte und Vorgeschichte trennt¹⁰, bestimmen zwei Reihen von Variablen. Die erste Reihe steht in Bezug zu dem, was die Philosophie seit den Stoikern als Referenz er- oder verkannt hat: "Sofern der Inhalt eines Mediums immer ein anderes Medium ist" und der von Schrift (schon bei Aristoteles¹²) die Rede, lassen sich Schriften danach klassifizieren, ob sie Alltagssprachen zu Bild-, Silben- oder Phonemzeichen verarbeiten¹³. Sofern das Medium Schrift aber auch, wahrscheinlich zum erstenmal, Speicherung und Übertragung, Inschrift und Post koppelt, entscheiden physikalische Variablen von Schreibzeug und Schreibfläche über Raum und Zeit der Kommunikation. Von diesen Variablen ruht der Zeitverbrauch beim Senden und Empfangen, die Permanenz oder Lösbarkeit des Geschriebenen und nicht zuletzt die Ortsfestigkeit oder Mobilität der Nachrichten.

Die erste Variablenreihe regelt Ausdifferenzierungen zwischen Rede und Schrift: Grade der Gedächtnisleistung, Grade der grammatischen Analysierbarkeit, Kopplungsmöglichkeiten von Sprache mit anderen Medien. Als Hauptforschungsfeld der kulturwissenschaftlichen Medienforschung kann sie hier am Rand bleiben.

Der zweiten Variablenreihe hat, womöglich weil sie so materiell ist, wesentlich weniger Aufmerksamkeit gegolten. Und

claim whatever to historicity, cannot simply be applied to the factual history of communication technology. Instead of simply accepting Shannon's five black boxes, as has become customary in linguistics and the humanities too, it seems more important and more rewarding to trace back through history how their evolution must have proceeded in the first place. Taking Luhmann's premise that communication technologies provide a "first-rate demarcation of epochs, magnetising all else"⁸, it is reasonable to conclude that the historical transition from orality to the written word equated to a decoupling of interaction and communication, and the transition from writing to the technical media indeed to a decoupling of communication and information. What we have here, therefore, is a process of evolution which has come to a conclusion only in the theory and practice of an information which corresponds to the exact opposite of the energetic concept of entropy .

This evolutionary process gives us the possibility of dividing the history of communication media into two main blocks. The first block deals with the history of writing, and itself falls into a section on scripts and one on printing. The second block, on technical media, will take us from the basic invention of telegraphy via the analog media to, finally, the digital medium of the computer.

A Writing

1. Script

The history of the literate cultures, whose "medium" customarily also divides history from prehistory¹⁰, is determined by two series of variables. The first series stands in relation to what philosophy since the Stoics has recognised or failed to recognise as a reference: To the extent that the content of a medium is always another medium¹¹, and that of writing (even for Aristotle¹²) is speech, scripts can be classified according to whether they process everyday languages into pictographs, or syllabic or phonemic signs¹³. However to the extent that the medium of writing, probably for the first time, also couples storage and transmission, inscription and post, then physical variables relating to writing implements and writing surface decide as to the space and time-frame of the communication. These variables dictate the time needed for transmitting and receiving, the permanence or erasability of what is written, and not least whether the information is transportable or not.

The first series of variables controls developments between speech and writing: degrees of memory performance, degrees of grammatical analysability, the possibilities of coupling speech with other media. As an independent field of anthropological media research it can for our purposes be left to one side.

The second series of variables has received considerably

doch bestimmen so schlichte Dinge wie Schreibzeug und Schreibfläche über den Machtgewinn, den der Einsatz von Schriften jeweils abwirft. Wenn Priestern an der Speicherung von Adressen, also von Gottern oder Toten, über eine maximale Zeit liegt, Händlern an Güterspeicherung über maximale Zeit und Gütertransport über maximale Distanz, Kriegern schließlich an Befehlsübertragung über maximale Distanz in minimaler Zeit, dann hatten die ältesten Schriften, um 3000 vor Christus in Sumer und Ägypten entstanden, ökonomische und religiöse Funktionen. In Kriegerverbänden dagegen endete, was Militärgeschichtler die orale "Steinzeit des Befehlsflusses" nennen, wohl erst mit Napoleon¹⁴. Außer Befehlen vom Mund zum Ohr gab es nur semiotische Einsätze des Feuers zu Signalzwecken und schnelle, aber gleichfalls mündliche Botenposten, deren Rekord wahrscheinlich Dschingis Khan hielt¹⁵.

Die ersten Schriftzeugnisse sind bekanntlich Inschriften ohne genuine Schreibfläche. Zweidimensionale Abrollungen von Siegeln oder Stempeln im Medium Ton versahen Güter mit Adressen ihres Besitzers oder ihres Inhalts, Lapidarinschriften versahen Gräber mit dem Namen ihres Toten¹⁶. Als Signale in Abwesenheit der Nachrichtenquelle, also durch Entkopplung von Kommunikation und Interaktion, eröffneten Inschriften - nach dem Argument Jan Assmanns - die prinzipielle Möglichkeit von Literatur¹⁷.

Hingegen setzte eine Verwaltung jener großen Flußbewässerungssysteme, in denen Städte und Hochkulturen entstanden, die Ablesung der Inschrift durch handwerklich optimierte und transportable Schreibflächen voraus: Bambus und Maulbeerbaum in China, ungebrannter oder zur Speicherung gebrannter Ton im Zweistromland, Papyrus als Monopol des Nildeltas. Dieselben Flüsse, über die der Verkehr von Fronarbeitern und Gütern lief, übertrugen also gleichzeitig (nach Maßgabe einer kalendarischen oder goniometrischen Mathematik) die Befehle der Wasserzuteilung und Güterabschöpfung¹⁸. Dieselben Städte, die das anthropologische Schema von Kopf, Hand und Rumpf ins architektonische Schema von Palästen, Straßen und Speichern überführten⁹, brauchten Schriften zur Verarbeitung, Übertragung und Speicherung ihrer Daten. Diese Erschließung eines dokumentarischen Raums kehrt in den Texten selber als Verdummlichung der Rede wieder: Die Schrift kennt seit Anbeginn kontextlose Listen, die alle Spuren mündlicher oder graphischer Kommunikationsnetze ausfüllen, eben darum aber auch kein alltdglich-situatives Äquivalent mehr haben²⁰.

Ausgriffe über die Okumene hinaus, also Reichsgrundungen, wurden dagegen erst möglich, nachdem Staaten der Alten wie der Neuen Welt die kriegerischen Botenposten übernahmen und in der Alten Welt seit 1200 vor Christus, nach Kreuzung zweier Pferderassen, Boten und Krieger darüber hinaus mobil machten²¹. In klassischer Zeit "gab es", nach Herodots unvergeßlicher Formulierung, "auf Erden

less attention, possibly because it is so material in nature. And yet it is such simple things as writing implements and writing surface that determine the gain in power which the introduction of scripts always results in. If priests were interested in the storage of addresses, that is, of gods or the dead, for a maximum length of time; if merchants were interested in the storage of goods over a maximum length of time and in goods transportation over maximum distances, and finally warriors in the transmission of commands over maximum distances in the shortest possible time, then the oldest scripts which were produced some 3,000 years BC in Sumeria and Egypt had economic and religious functions. In warrior circles however that which military historians call the oral "stone age of the command flow" ended only with Napoleon¹⁴. Apart from commands passed from mouth to ear there were only the semiotic use of fire for signalling purposes and fast but equally oral messengers, whose record was probably held by Genghis Khan¹³.

The first manifestations of script are of course inscriptions without a writing surface in the accepted sense. Two-dimensional rolls of seals or stamps in the medium of clay enabled goods to be given addresses indicating their owner or their contents. Stone inscriptions named the deceased occupants of tombs¹⁶. As signals in the absence of the source of information, in other words through the decoupling of communication and interaction, inscriptions opened up, according to Jan Assmann, the possibility in principle of literature¹⁷.

*j*za; .^--..*

By contrast an administration of those great river irrigation systems in which cities and high cultures blossomed presupposed the transition from inscribed tablets to skillfully-crafted and optimised, transportable writing surfaces: bamboo and mulberry in China, unfired clay or clay fired for storage purposes in Mesopotamia, papyrus as the monopoly of the Nile delta. Thus the same rivers on which the traffic of slave labour and goods flowed simultaneously carried (on the basis of a calendar or goniometric mathematics) the commands of water allocation and the harvesting of products¹⁸. The same cities that translated the anthropological schema of head, hand and torso into the architectonic schema of palaces, streets and storehouses¹⁹ needed scripts for the processing, transmission and storage of their data. This establishment of a unified area is reflected in the texts themselves as a spatialisation of speech: since its very beginnings writing has yielded lists without context which bear no traces of oral or written communication networks, but for this precise reason no longer have any equivalent in everyday situations²⁰.

By contrast, outreachings beyond the unified area - the founding of empires in other words - only became possible when states of both the ancient world and the modern

nichts Schnellere" als den Medienverbund, der unter den Achmeniden Persiens Königsstraße mit einer berittenen Relaispost kombinierte, um "Eilbriefe im schlanken Trab", also alien Naturstorungen zum Trotz, von Reiter zu Reiter, von Tagereise zu Tagereise zu übertragen²². Angareion, der persische Name dieser Militärpost, liegt dem griechischen Namen für Boten und mithin auch alien christlichen Engeln zugrunde.

Einem Kommunikationsimperium wie dem persischen hatte die griechische Polis nur eine Schrift entgegenzusetzen, die im Unterschied zu orientalischen Bürokratien für Mundlichkeit mehrfach transparent blieb. Erstens funktionierte das griechische Alphabet (aus indoeuropäischen Notwendigkeiten und weil es im Handels- und Übersetzungsverkehr mit semitischen Konsonantenschriften entstand) redundant gewordene Konsonanten in Vokale um, leistete also die erste Totalanalyse einer gesprochenen Sprache - und im Prinzip jeder beliebigen²³. Da die Vokalzeichen erstmals prosodisch-musikalische Elemente der Rede encodierten, erlaubte eine Notenschrift und in der pythagoreischen Schule, einfach weil griechische Lettern zugleich Ziffernwerte hatten²⁴, eine Mathematisierung der Musik, sofern sie nur abstraktes Intervall blieb.

Zweitens scheint für den Siegeszug des Vokalalphabets nicht so sehr sein überschätzter Innovationsgrad als vielmehr die Eindeutigkeit der Phonemzuordnung verantwortlich. Sie minimierte den Aufwand des Schrifterwerbs und überführte damit Palast- oder Tempelgeheimnisse in Öffentlichkeit²⁵. Der Literatur wurde es möglich, zunächst mündliche Mnemotechniken (etwa von Weisen oder Rhapsoden) und später auch die Prosa einzubinden²⁶. Athenische Tyrannen gründeten die erste öffentliche Bibliothek; Euripides als Bucherzähler wurde zum "ersten großen Leser" unter den Dichtern²⁷.

Ihren biblischen Namen hatten solche antiken Buchrollen von einer Papyrusexportstadt in Phönizien, deren Stelle ab 560 vor Christus das Nildelta einnahm. Auch das Imperium Romanum stützte nach Eroberung Ägyptens sein Befehlsnetz, das mit dem Imperium ja synonym war, auf einen Verbund aus berittener Relaispost, befestigten Heerstraßen und leichttransportablem Papyrus. Das Imperium, mit anderen Worten, kombinierte despotische Übertragungstechnik mit demokratischem Alphabet. Der Cursus publicus, von Augustus mit Übernachtungsstationen in Abständen von 40 Kilometern und Pferdewechselplätzen in Abständen von rund 12 Kilometern ausschließlich für Beamte und Legionen eingerichtet²⁸, wurde trotzdem oder gerade deshalb zum Kristallisationspunkt der europäischen Städte. Im Verbund mit Feuer-Telegraphen an sensiblen Limesstrecken trug eine Staatspost, die die schnellste Schifffahrt übertraf und ihrerseits erst von Napoleon übertroffen werden sollte, die imperiale Gewalt als solche: "Caesarum est per orbem terrae litteras missitare"²⁹, heißt es bei einem spätromischen Schriftsteller. "Amt

took over control of the warrior messengers and additionally, in the ancient world since 1200 BC, after the crossing of two breeds of horse, made messengers and warriors mobile²¹. In classical times, "There was", in the immortal words of Herodotus, "nothing swifter on earth" than the alliance of media which under the Achaemenides combined Persia's Royal Way with a mounted staging messenger service to carry "urgent messages at a fast trot", in the face of all natural adversities, from rider to rider, from stage to stage²². Angareion, the Persian name of this military mail, is the root of the Greek word for messenger and consequently of all Christian angels. ...

The Greek polis had but one script to set against a communications empire such as the Persian, but in contrast to oriental bureaucracies it was entirely susceptible of orality. Firstly the Greek alphabet (from Indo-European necessities and because it developed in the course of commercial and translation intercourse with Semitic consonant scripts) turned redundant consonants into vowels, thus performing the first total analysis of a spoken language - and in principle of all such²³. The fact that vowel signs for the first time encoded prosodic-musical elements of speech permitted of a musical notation, and in the Pythagorean school, for the simple reason that Greek letters also possessed numerical values²⁴, a mathematisation of music, to the extent that this remained a matter of abstract intervals.

Secondly, the triumphal progress of the vocalic alphabet seems less to be the result of an overestimated degree of innovation rather than of the unambiguity of its phoneme allocation. This minimised the effort required for literacy and thus transferred palace and temple secrets to the public domain²⁵. It became possible for literature firstly to incorporate oral mnemonics (such as airs or rhapsodies) and later also prose²⁶. Athenian tyrants founded the first public library; the bookworm Euripides became the "first great reader" among writers²⁷.

These ancient scrolls got their Biblical name from a papyrus-exporting city in Phoenicia, whose place was taken as of 560 BC by the Nile delta. The Imperium Romanum too, after the conquest of Egypt, based its command network - which is what the empire was - on a combination of mounted staging messengers, made-up military roads and easily transportable papyrus. The empire, in other words, combined despotic transmission mechanisms with a democratic alphabet. The cursus publicus which Augustus set up, with overnight stations at distances of 40 kilometres and staging posts at around 12 kilometres, exclusively for officials and legions²⁸, became despite this, or perhaps precisely because of it, the crystallisation point for European towns. In combination with beacon telegraphy at sensitive frontiers, a state postal service, which was faster than the fastest ships and was not excelled until Na-

der Kaiser ist es, schriftliche Befehle über den Erdkreis zu schicken." Gegenüber diesem perfekten Übertragungsmedium für besagten Erdkreis und Casars Zeitungsdistribution für die Stadt Rom blieb die Datenspeicherung, auch wenn es seit Hadrian ein kaiserliches officium sacrae memoriae gab, technisch zurück.

Papyrus ist zwar leicht, aber empfindlich und wenig haltbar. Lagern lief es sich nur in Buchrollen, lesen nur beidhändig. Nach der Einsicht Alan Tulings, des ersten Computertheoretikers, "muß es seine Zeit gebraucht haben, in solchen Volumina Verweise nachzuschlagen"³⁰. Erst der Codex aus Pergament, den zunächst die Bibliothek von Pergamon zur Umgehung des ägyptischen Papyrusmonopols und seit 140 nach Christus vorab Christen benutzten, erlaubte eine Indizierung nach Lagen, Blättern und schließlich nach Seiten. Bücher, die haltbar, löschar (wie im Palimpsest) und durch Blättern adressierbar waren (wie in Konkordanzen) wegen Mehrgewicht und Mehrpreis auf: Sie entkoppelten eine kursorisch werdende Lektüre von der Arbeit und Langsamkeit der Munder. Wenn Bischof Ambrosius von Mailand (nach dem Zeugnis seines berühmtesten Schülers) einen Codex "las, schweiften seine Augen über die Seifen, erforschte das Herz den Sinn, er selbst aber schwieg"³¹. Im Codex siegten die transportierbaren, adressierbaren und interpretierbaren Schriften ehemaliger Nomaden, der Juden und Araber, über die Ortsfestigkeit von Gotterstandbildern und Tempeln.

Der Zerfall des Cursus publicus und die islamische Einnahme Ägyptens, die ja auch die größte antike Bibliothek zerstörte, schnitten Westeuropa vom Papyrusimport ab. Übrig blieb das Agrarprodukt Pergament, auf dem Mönche die christlich zensurierte Papyrusüberlieferung abschreiben mußten, während in Ostrom der briefliche Befehlsfluß alter gewesenen Kaiser zur festen Gesetzgebung des Codex Iustinianus gerann. Mit solchen Überbrückungen oder Verdichtungen der Zeit gelang zwar eine translatio studii; die translatio imperii dagegen setzte neue Raumordnungen und damit auch zugänglichere Schreibflächen voraus.

Im 13. Jahrhundert gelangte das Papier, aus China über Bagdad importiert, nach Europa, wo es von Leinwandhandelsstädten und neuen Wind- oder Wassermühlen zum Lumpenpapier weiterentwickelt wurde. Diese Schreibfläche als solche trug den Aufschwung der Universitäten, die mit angeschlossenen Bucherkopierbüros und Postnetzen das Speichermonopol der Klöster sprengten. Sie trug aber auch, im Verbund mit dem aus Indien über Arabien importierten Stellenwertsystem der Zahlen, den Aufschwung von Handelsstädten³². Dabei ging es nicht nur um die bekannte Erfindung der doppelten Buchführung, sondern vor allem um eine mathematische Notation, die zum erstenmal von den vielen Alltagssprachen unabhängig machte: Wenn sie zwei Zahlen addierten, hatten Griechen kai gesagt und Römer et; seit dem 15. Jahrhundert dagegen gibt es, ebenso

poleon, transmitted imperial power as such: "Caesarum est per orbem terrae litteras missitare"²⁹, as a late Roman writer has it - "It is the office of emperors to send written commands across the world." In comparison with this perfect transmission medium for said world and Caesar's news-sheet distribution in the city of Rome, data storage - even if there was an imperial officium sacrae memoriae since Hadrian - remained technically retarded. > ...

Papyrus may be light, but it is fragile and impermanent. It could only be stored in rolls, and read with two hands. In the opinion of Alan Turing, the first computer theorist, "it must have taken some time to look up references in such volumes"³⁰. It was not until the arrival of the codex in parchment, used first by the library of Pergamon for circumventing the Egyptian papyrus monopoly, and by Christians since 140 AD, that indexing by location, sheets and finally sides became possible. Books, which were durable, erasable (as in the palimpsest) and addressable with special pages (indices) were worth their extra weight and extra cost. They decoupled increasingly cursory reading from the laboriousness and slowness of orality. When Bishop Ambrose of Milan (according to the testimony of his best-known disciple) read a codex, "his eyes swept over the pages, extracting the essence of the meaning, while he himself remained silent"³¹. In the codex, the transportable, addressable and interpretable scripts of former nomads, the Jews and Arabs, vanquished the immobility of statues and temples of the gods. . . .

The decline of the cursus publicus and the Islamic incorporation of Egypt, which also led to the destruction of the great ancient library, cut off Western Europe from papyrus imports. What was left was the agricultural product, parchment, on which monks were constrained to copy the censored Christian version of what was contained on papyrus, while in the Byzantine Empire the flow of written commands from all past emperors coagulated into the legislation of the Codex Justinianus. Through such bridgings or compressions of time a translatio studii was enabled to take place; but the translatio imperii presupposed new orders of distance and thus more accessible writing surfaces.

In the 13th century, paper, imported from China via Bagdad, arrived in Europe, where it was further developed by cities of the linen trade and the new windmills and watermills into rag-paper. This writing surface was central to the rise of the universities, which with their incorporated book-copying departments and postal networks broke the storage monopoly of the monasteries. And at the same time it was central, in combination with the Indian numerical system imported via Arabia, to the rise of trading cities³². The important thing in this context was not simply the well-known invention of double-entry bookkeeping, but above

stumm wie international, das Plus und das Minus, Zeichen also für mathematische Operatoren.

2. Druckschrift

Gutenbergs Erfindung, mit beweglichen, aus Buchruckenstempeln entwickelten Lettern zu drucken, die anders als ihre Vorgänger in China und Korea zugleich alphabetisch und (nach Wegfall der Ligaturen) diskret fungierten, war wohl keine Revolution wie der Codex, deckte aber den durch Papier geweckten Bedarf. Als "erstes Fließband der Technikgeschichte"³³ potenzierte der Druck die Datenverarbeitungskapazität von Büchern. Weil alle Exemplare einer Auflage, im Gegensatz zu manuellen Abschriften, dieselben Texte, Holzstiche und Kupferstiche an derselben Stelle hatten, konnten einheitliche und erstmals alphabetische Register auf sie zugreifen. Diese Adressierung nach Belegen, Buchtiteln und seit Leibniz auch alphabetischen Bibliothekskatalogen³⁴ stellte das Kommunikationssystem Wissenschaft auf seine Zitiertabelle, während Buchillustrationen ohne Überlieferungskorruptelen das Ingenieurwesen begründeten³⁵. Nicht umsonst rühmte Vasari, daß Italien die Perspektive als Ermöglichung technisch exakter Zeichnungen im selben Jahr wie Gutenberg seinen Buchdruck erfunden habe.

Neue Medien machen alte nicht obsolet, sie weisen ihnen andere Systemplätze zu, Eben weil der Buchdruck die rhetorisch-musikalischen Performanzen auf Turnieren nurmehr als Literatur der Autoren und Fiktionen abbildete, scheinen die Korpertechniken dieser Turniere (nach Gumbrechts These) in stumme und meßbare Sporfarten abgewandert zu sein³⁶. Ebenfalls erst als Ausdifferenzierung innerhalb der Typographie entstand ein Eigenwert der Handschrift, deren Signatur auf Briefen und Akten das antike Siegel ablöste und deren Individualität an ein Staatssystem aus Post und Polizei fiel. Die ersten Staatsposten der Frühneuzeit waren nach dem Modell des römischen Imperiums zwar noch für militärisch-diplomatische Netze reserviert und durch eine Kryptographie, deren Aufschwung auf Vietas Algebra als Übercodierung von alphabetischen und numerischen Zeichen zurückging³⁷, vor Interzeption geschützt. Die durch Post und Feuerwaffen weiträumig kontrollierten Territorialstaaten dagegen öffneten ihre Netze einem Privatverkehr, den sie über ihr Postregal zugleich monopolisierten. Nach Anschluß von Handelskorrespondenten ans öffentliche Postnetz entstanden ab 1600 Zeitungen und Zeitschriften, nach Anschluß auch des Personentransports ab 1650 die Ordinari-Posten als Verkehrsnetze nach Fahrplan³⁸. Nur den vielberufenen Strukturwandel von der aristokratischen zur bürgerlichen Öffentlichkeit, deren Reisen und Briefe, Drucksachen und Zeitschriftenkritiken Europas altes Machtsystem unterhöhlt haben sollen³⁹, hat es nie gegeben. Auch ohne ihre durchgängige Kontrolle durch Briefgeheimkabinette und Druckzensur blieb die bürgerliche Öffentlichkeit ein Artefakt merkantilistischer Staaten, deren neues Postregal den halben Staatshaushalt und die halbe Kriegskasse füllte⁴⁰. Nur in der Intimität von

all a mathematical notation which for the first time brought independence from the numerous workaday languages. Greeks, when adding two numbers together, had said kai, and Romans et; since the 15th century however we have had plus and minus, as mute as they are international, as signs for mathematical operators.

2. Printing

Gutenberg's invention of printing using movable letters developed from book-spine stamps which, in contrast to their predecessors in China and Korea, functioned both alphabetically and (after the disappearance of ligatures) discretely, may not have been a revolution of the magnitude of the codex - but it met the demand awakened by paper. As "the first assembly line in the history of technology"³³, printing potentiated the data processing capacity of books. Because all copies of an edition, in contrast to manual copies, had the same texts, woodcuts and engravings in the same places, they could be accessed via unified and for the first time alphabetical indexes. This addressing using page numbers, titles and, since Leibniz, alphabetical library catalogues³⁴, put the communication system which is science on its reference basis, while book illustrations free of copying errors formed the basis of engineering³⁵. Not without reason could Vasari boast that Italy had discovered perspective, as enabling the production of technically accurate drawings, in the same year as Gutenberg invented typography.

New media do not make old media obsolete; they assign them other places in the system. Thus because printing now reproduced the rhetorical-musical performances at tournaments as literature and fictions of the authors, the physical techniques of these tournaments appear (according to Gumbrecht's thesis) to have been transmuted into silent, measurable disciplines³⁶. Equally it was only as a development within typography that the intrinsic value of handwriting emerged, the individuality of the hand taking the place of seals on letters and documents, and which became the domain of a state system of post and police. The first state postal systems of early modernity were, after the fashion of the Roman imperial system, still reserved for military and diplomatic networks and protected from interception by a cryptography whose rise began with Vietas algebraic encoding of alphabetical and numerical signs. The territorial states controlled extensively by post and firearms, on the other hand, opened up their networks to a private traffic which they also monopolised through their sovereign right of posts. When commercial correspondents were included in the public postal network, after 1600 newspapers and journals came into being; when the transport of persons was also included, after 1650 the post-coach networks were established as a scheduled service³⁸. However the oft-quoted structural transformation from the aristocratic to the middle-class pu-

Familienzirkeln forderte die "Lesesucht" der sogenannten Öffentlichkeit⁴¹ einen Rekordanstieg nationalsprachlicher Belletristik, die den "Verlust der Sinnlichkeit"⁴² durch virtuelle Effekte auf Lesersinne kompensierte, also kommenden Medientechniken vorarbeitete⁴³.

Ihre technische Basis hatte diese Mediatisierung der Druckbuchstaben vermutlich in einer routinisierten leisen Lektüre, die kein elitäres Privileg wie beim heiligen Ambrosius mehr war, sondern durch allgemeine Schulpflicht und allgemeine Alphabetisierung die Demokratie installierte. Eben damit aber löste die mühelose Lektüre ein neues Systemproblem. Weil gedruckte Bücher, anders als Pergamentcodices, Festwertspeicher ohne jede Löschmodigkeit sind, gab es um 1800 (nach Fichtes Wort) "keinen Zweig der Wissenschaft mehr, über welchen nicht sogar ein Ueberfluss von Büchern vorhanden" gewesen wäre⁴⁴. Literatur und Wissenschaft mußten ihre Sende- und Empfangstechniken folglich umstellen: weg von der Buchstabilität gelehrtenrepublikanischer Zitate oder rhetorischer Mnemotechniken und hin zu einer Interpretation, die gedruckte Datenmengen auf ihren Sinn, eine kleinere Datenmenge also reduzierte. Die Folge im Kommunikationssystem Wissenschaft, seit Humboldts Reform, waren Vorlesungen ohne Lehrbuch, Seminare als Interpretationsübungen und der universitäre Aufstieg einer Philosophie, deren absoluter "Geist" von alien Wissensformen der Geschichte und seinem eigenen Lehrbuch lediglich die "Er-Innerung" aufbewahrte, also zum hermeneutischen "Schattenrisse" des gesamten Buchwesens wurde⁴⁵.

Im Realen entsprach dieser Mediatisierung der Schrift ihre industrielle Revolution. An die Stelle von Gutenbergs abzählbarer Kombinatorik trat auch praktisch eine Analysis von Unendlichkeiten: Endlospapiermaschinen ersetzten seit 1800 die diskreten Formate und geschöpften Bogen, Holzpapiere aus Amerikas scheinbar unerschöpflichen Wäldern, diese materielle Basis aller Massenpresse seit 1850, ersetzten Hadern oder Lumpen. Und schließlich haben Schreibmaschine und Linotype seit 1880 auch noch den Unterschied zwischen Schreiben und Drucken eingeebnet⁴⁶, eben damit aber den Raum moderner Literatur eröffnet⁴⁷. Erst Mallarmé gab ja die Lösung aus, Literatur auf ihren Wortsinn, die sechszwanzig Lettern, zu reduzieren, mit anderen Medien also gar nicht mehr in Konkurrenz zu treten.

B Technische Medien

Technische Medien, anders als Schrift, arbeiten nicht auf dem Code einer Alltagssprache. Sie nutzen physikalische Prozesse, die die Zeit menschlicher Wahrnehmung unterlaufen und nur im Code neuzeitlicher Mathematik überhaupt formulierbar sind.

1. Telegraphie und Analogtechnik

Selbstredend muß es technische Medien seit jeher gegeben

blicness, whose travels and letters, printed pamphlets and newspaper critiques are supposed to have undermined the old power system of Europe, never took place. Even without its consistent control through secret cabinets and print censorship the middle-class publicness remained an artefact of mercantile states, whose new post office provided half the budget and half the war chest⁴⁰. Only in the intimacy of family circles did the "addiction to reading" of the so-called public⁴¹ promote a record rise in national-language belles-lettres which compensated for the "loss of sensuality"⁴² with virtual effects on readers' senses, thus presaging future media technologies⁴³.

This mediatisation of the printed word presumably had its basis in a routine light reading which was no longer a privilege of the elite, as in Saint Ambrose's time, but which paved the way for democracy through compulsory schooling and general literacy. But precisely this effortless reading triggered a new systemic problem. Because, unlike parchment codices, printed books are storage devices having no possibility of erasure, there was, around 1800, (to quote Fichte) "no branch of knowledge on which a surfeit of books is not available"⁴⁴. As a result literature and science had to revamp their transmission and receiving techniques: away from the literalness of quotes from the scholarly elite, and rhetorical mnemonics, towards an interpretative approach which reduced the quantity of printed data to its essence, in other words to a smaller quantity of data. The consequence for the communication system that is science, since Humboldt's reform, was lectures without textbooks, seminars as exercises in interpretation and the rise at universities of a philosophy whose absolute "spirit" preserved only the "remembrance" of all previous forms of knowledge and of its own textbook, thus becoming the hermeneutic "silhouette" of the totality of books⁴⁵.

In the real world this mediatisation of writing amounted to its industrial revolution. In place of Gutenberg's enumerable combinations came, in practical terms too, a calculus of infinities: endless paper machines replaced, as of 1800, the discrete formats and moulded sheets; pulp papers from America's seemingly inexhaustible forests, this material basis of all mass print material since 1850, took the place of rag. And finally the typewriter and linotype have, since 1880, levelled out the difference between writing and printing⁴⁶, thus opening up the floodgates of modern literature⁴⁷. It was Mallarmé who first offered the solution of reducing literature to its lexical meaning, the twenty-six letters, and thus not competing with other media at all.

B Technical media

Unlike writing, technical media do not utilise the code of a

haben, weil alles Zeichengeben mit akustischen oder optischen Mitteln an ihm selbst technisch ist. In vorindustriellen Zeiten jedoch bildeten Kanäle, die wie Rauch- oder Feuerelegraphie die Lichtgeschwindigkeit ausnutzten oder wie Trommelsprachen und Rufketten die Schallgeschwindigkeit, nur Subsysteme einer Alltagssprache. Das Feuersignal von Troja nach Mykene, mit dem bei Aischylos die Literaturgattung Tragödie beginnt, meldete als einziges Bit den Fall der belagerten Festung und auch das nur nach vorheriger Verabredung⁴⁸. Dagegen bleibt es fraglich, ob eine von Polybios angegebene Telegraphie, die das griechische Alphabet in fünf mal fünf Lichtzeichen encodieren, also auch zufällige Sätze übertragen konnte, je Einsatz gefunden hat⁴⁹?

Informationsraten, die die Leistungsgrenzen von Schrift überboten, erzwang erst der Befehlsfluss in wehrpflichtigen Massenheeren und waffentechnisch standardisierten Nationalkriegen. Derselbe Abgeordnete Lakanaï, der dem revolutionären Frankreich 1793 ein allgemeines Volksschulsystem und ein literarisches Urheberrecht bescherte, brachte den Nationalkonvent ein Jahr später auch zum Bau von optischen Telegraphenlinien. Als offizielle Begründung dieser Revolution fungierte das Argument, in flächendeckenden Nationalstaaten könne nur Chappes optischer Telegraph jenes demokratische Wahlverhalten ermöglichen, das Rousseau bekanntlich dem Stadtstaat Genf abgelernt hatte. Als minder öffentliche, aber ausschließliche Verwendung des optischen Telegraphennetzes trat dagegen mit Napoleon eine Strategie auf den Plan, die Kriege aus der Steinzeit des Befehlsflusses erlöste. Selbständig operierende Divisionen konnten gleichzeitig an mehreren Fronten kämpfen, weil neu geschaffene Generalstäbe ihre kartographische Wissensbasis per Telegraph dem realen Erdboden auferlegten⁵⁰.

Die Telegraphie hat also literarische Öffentlichkeit und militärisches Geheimnis im selben historischen Augenblick wieder getrennt, da Öffentlichkeit von Eliten auf ganze Bevölkerungen übergang. Eine neue Elite aus Ingenieursschulen und Generalstäben entdeckte im Krieg von 1809 schließlich ihr neues, schlechthin geheimes Medium Elektrizität. Mit der Umstellung der Telegraphie von Optik auf Gleichstrom verschwanden nicht nur die menschlichen, also unzuverlässigen Relaisstationen, sondern auch Claude Chappes (sage und schreibe) 98 Zeichen. Das Morsesystem mit seinen Punkten, Strichen und Pausen machte eine Zeichendekonomie zur Praxis, die einst Leibniz in ausdrücklich typographischer Theorie mit seinem Binarcode erfunden hatte⁵¹. Die Depesche, nach Buchstabenfrequenzen optimiert und nach Wortzahl verrechnet, war der erste Schritt zur Informatik.

Auch organisatorisch und technisch hatte die Telegraphie weltweite Rückwirkungen. Zum absolut ersten Mal war Information als masseloses Fließen elektromagnetischer Wellen abgekoppelt von Kommunikation. Durch telegraphische Fern-

workaday language. They make use of physical processes which are faster than human perception and are only at all susceptible of formulation in the code of modern mathematics.

1. Telegraphy and Analog Technology

Self-evidently there must always have been technical media, because any sending of signals using acoustic or visual means is in itself technical. However in pre-industrial times channels such as smoke signals or fire telegraphy which exploited the speed of light, or bush telegraphs and calling chains making use of the speed of sound, were only subsystems of an everyday language. The beacon signal from Troy to Mycenae, with which Aeschylus introduces the literary genre of tragedy, announced in one single bit the fall of the besieged fortress, although that depended on prior arrangement⁴⁸. On the other hand it remains questionable whether a form of telegraphy which, according to Polybios, was capable of encoding the Greek alphabet into five times five light signals and thus transmitting random sets, ever saw service⁴⁹.

Information rates which exceeded all performance limits of writing were first achieved as a result of the necessity for command flow in conscripted mass armies and wars waged with standardised weaponry. It was one and the same to Lakanaï, the politician who presented the revolutionary France of 1793 with an elementary school system and a literary copyright law, who one year later persuaded the national assembly to build optical telegraphy lines. As the official reason for this revolution the argument was pressed into service that, in large nation-states, only Chappes's optical telegraph could make possible that democratic election process which Rousseau had, as we know, picked up from the city-state of Geneva. With Napoleon however a less public, but exclusive use of the optical telegraph network gave rise to a strategy which finally released wars from the stone age of command flow. Independently-operating divisions were able to fight on several fronts at the same time because newly-created general staffs imposed their cartographic knowledge by telegraph on the actual ground⁵⁰.

Telegraphy thus separated literary publicness and military secrecy at the same historic moment, since publicness was transferred from elites to entire populations. A new elite of engineering schools and general staffs finally discovered in the 1809 war their new, to all intents and purposes secret medium of electricity. With the move of telegraphy from optics to direct current, not only did the human, and therefore unreliable, relay stations disappear, but also Claude Chappes's grand total of 98 signs. The Morse code with its dots and dashes and pauses put an economy of signs into practice which Leibniz had previously come up with in expressly typographical theory in the form of his

steuerung über Landkabel wurde ein systematisches Eisenbahnnetz möglich⁵², durch Eisenbahnnetze ein beschleunigter Verkehr von Gütern und Personen⁵³, der seit dem amerikanischen Bürgerkrieg auch militärisch unter Telegraphenbefehl geriet⁵⁴. Mit dem Güter- und Personenverkehr aber büßte die Post zwei ihrer drei altherwürdigen Funktionen ein. Sie wurde gezwungen, reine Informationstechnik nach Standards des Hausnummerbriefkastens, der Briefmarkenvorfrankierung und des Weltpostvereins zu werden⁵⁵.

Diese Lösung vom Erdboden, dessen Distanzen (wie in der zeitgleichen mathematischen Topologie) im Gegensatz zu allen vormodernen Postsystemen gar nicht mehr berechnet werden, weil nur die absolute Geschwindigkeit zählt, organisierte Internationalität -: von den Börsenberichten des Welthandels über die Telegraphenagenturen der Weltpresse bis zu Kolonialreichen, die wie das britische Empire auf einer Fleet in being und damit auf einem weltweiten Seekabelmonopol beruhen⁵⁶.

Technische Rückwirkungen der Telegraphie als diskret gemachter Informationszeit waren Folgeerfindungen, die paradoxerweise auch und gerade die stetigen Signalquellen verarbeiteten. Ich übergehe hier das Analogmedium der Photographie, die einen eigenen Vortrag verdient hatte, und erwähne nur Telephon, Schallplatte und Film.

Bells Telephon, dieses lukrativste Einzelpatent der Geschichte, entstand 1876 gar nicht in seiner wohlbekannten Funktion, sondern beim Versuch, mehrere Nachrichten gleichzeitig über ein einziges Telegraphenkabel zu schicken. Ganz entsprechend entstand, nur ein Jahr später, der Phonograph Edisons beim Versuch, die Durchsatzrate von Telegraphenkabeln zu steigern. Und schließlich wurden Mybridges wissenschaftliche Serienphotographien, die 1895 nach Erfindung von Malteserkreuz und Zelluloid im Kino mündeten, durch elektrische Telegraphenrelais ausgelöst.

Film und Grammophon, diese massenreproduzierbare Konkurrenz zu Edisons Phonographen, haben es möglich gemacht, optische und akustische Daten als solche zu speichern. Weil Analogmedien die von Fechner ermittelten Wahrnehmungsschwellen zunächst mechanisch und später elektrisch unterlaufen, können sie in Sprachphonemen und Musikintervallen, bei denen die griechische Analyse als letzten alphabetischen Elementen la stehengeblieben war, gerade umgekehrt noch Frequenzgemische erkennen, die dann einer weiteren und seit Fourier mathematischen Analyse offenstehen. Der moderne Grundbegriff Frequenz⁵⁷, dem seit Euler Wahrscheinlichkeitsrechnung, Musik und Optik gleichermaßen unterstehen, hat Künste durch technische Medien abgelöst. Dieser Physik im Simulationsverfahren des Realen entspricht im Rezeptionsvorgang denn auch keine Mnemotechnik oder Pädagogik auf Sprachbasis mehr, sondern eine Sinnesphysiologie, die den Medien ihren weltweiten und dank Shannons Informationsmafia auch berechenbaren

binary code-^{*1}. The electric telegraph, optimised on the basis of letter frequency and charged by the number of words, was the first step on the road to information technology.

...

In terms of organisation and technology too, telegraphy had worldwide repercussions. For absolutely the first time, information was decoupled, in the form of a massless flow of electromagnetic waves, from communication. Remote telegraphic control via landline made possible a systematic railroad network⁵², railways made possible an accelerated traffic in goods and persons⁵³ which, from the time of the American Civil War on, was also subject for military purposes to telegraphic command⁵⁴. However, in the form of goods and people traffic the post lost two of its traditional functions. It was forced to become a pure information technology based on the principles of house numbers and letterboxes, prepayment with stamps and the world postal union⁵⁵.

This detachment from the ground, whose distances (as in synchronous mathematical topography) are, in contrast to all pre-modern postal systems, no longer calculated because only absolute speed counts, brought internationality: from the stock exchange reports of world trade and the telegraph agencies of the world press, to colonial empires which, like the British Empire, were founded on a "fleet in being" and consequently on a global undersea cable monopoly⁵⁶.

Technical repercussions of telegraphy as information time made discrete were consequential inventions which, paradoxically, also processed precisely the continuous signal sources. Of these I shall pass over the analog medium of photography, which requires a treatment of its own, and mention only the telephone, gramophone record, and film.

Bell's telephone, the most lucrative single patent of all time, came about in 1876 not by any means in its familiar function, but in the course of an attempt to transmit several messages over a single telegraph cable at the same time. In exactly the same way, only a year later Edison's phonograph emerged as a spin-off from an attempt to increase the throughput rate of telegraph cables. And finally Mybridge's scientific serial photographs, which in 1895, after the invention of Maltese cross and celluloid, paved the way for cinema, were triggered by electric telegraph relays.

Film and gramophone, these mass-reproducible competitors to Edison's phonographs, made it possible to store optical and acoustical data as such. Because analog media underbid, first mechanically and subsequently electrically, the perceptual thresholds determined by Fechner, they can recognise in speech phonemes and musical inter-

ren Erfolg garantiert hat^{5A}. Zugleich ist zwischen unbewuften Medieneffekten einerseits und den (seit Edisons erstem Labor auch planbaren) innovationsschiiben andererseits ein Wissensgefulle entstanden, das bei aller Frauenemanzipation an Telegraphen, Telephonen und Schreibmaschinen⁵⁹ die allgemeine Alphabetisierung konterkariert und Kommunikation uber Kommunikation nachgerade ausschlie6t.

MaBgebiich fur diese Zdsur, die wohl nur an der Schrifterfindung ihresgleichen hatte^{6A}, waren Maxwells elektromagnetische Feldgleichungen und deren experimenteller Nachweis durch Heinrich Hertz. Seit Weihnachten 1906, als Fessendens Radiosender niederfrequente Zufallereignisse, wie sie in die Sinne fallen, als Amplituden- oder Frequenzmodulation einer Hochfrequenz gefunkt hat, gibt es immaterielle Kandie. Seit 1906, als de Forest aus Edisons Gluhbirne die energielos steuerbare Rdhre entwickelte, steht Information beliebigen Verstrkungen und Manipulationen offen. Das Rohrenradio, als drahtlose Telephonie zur Brechung imperialer Kabelmonopole herbeigeforscht, machte im Ersten Weltkrieg zundchst die neuen Waffensysteme Flugzeug und Panzer ebenso mobil wie fernsteuerbar⁶¹, nach Kriegsende dann auch Zivilbevolkerungen⁶².

Als "sekundare Oralitdt"⁶³ unter Umgehung von Schrift standardisierte das Radio, vor allem im weltweiten Kurzwellenfunk⁶⁴, nichtalphabetisierte Sprachen, verwandelte also kolonisierte Stammesverbndne in selbstnddige Nationen⁶⁵. Entsprechend hat das Telephon auf seinem Weg vom Selbstwahlsystem uber das Frequenzmultiplex bis zum Sateilitenfunk hierarchiefreie Vernetzungen zundchst der Stdte und schließlich eines "globalen Dorfs"⁶⁶ ermöglicht. Aber die öffentlich zugndlichen Wellenbereiche bleiben trotz ihrer kritischen Uberfu'llung⁶⁷ nur Bruchteile eines Frequenzspektrums, das vom Langwellenfunk bis zum Dezimeterradar staatliche oder militarische Steuerungsaufgaben ijberrnimmt und alle dffentlichen Wellenbereiche geheimdienstlich anzapft⁶⁸.

Die Elektrifizierung sinnlicher Eingangsdaten durch Wandler und Sensoren erlaubte es der Unterhaltungsindustrie, analoge Speichermedien erstens aneinander und zweitens mit Ubertragungsmedien zu koppeln. Der Tonfilm kombinierte optische und akustische Speicher, das Radio vor Einfuhrung des Magnetophons ubertrug im wesentiichen Schaliplatten, die ersten Fernsehsysteme vor Enwicklung elektronischer Aufnahmerohren tasteten Spielfilme ab. So bleibt der Inhalt von Unterhaltungsmedien stets ein anderes Medium, for das sie Werbung machen. Aber all diese Kopplungen bereits einzeln standardisierter Techniken, auch wenn sie dsthetische Formen vom Horspiel uber die elektronische Musik bis zum Videoclip ins Leben riefen, haben ein entscheidendes Manko: Kein allgemeiner Standard regelt ihre Steuerung und wechselseitige Übersetzung. An genau dieser Leerstelle sprangen vielmehr die Helden und Heldinnen von Benja-

vals - which is where the Greek analysis as their being the final alphabetical elements stopped - complex frequency mixtures which are open to a further, and since Fourier mathematical, analysis. The modern fundamental concept of frequency⁻⁷, which since Euler governs probability calculation, music and optics alike, has replaced the arts with technical media. This physics in the simulation process of the real is no longer partnered in the reception process by a language-based mnemonics or pedagogy, but by a sensory physiology which has guaranteed the media their world-wide and, thanks to Shannon's measure of information, calculable success⁵⁸. At the same time a knowledge gap between unconscious media effects on the one hand and the innovatory thrusts on the other (which since Edison's first laboratory are also plannable) has emerged which, despite the participation of women in telegraph, telephone and typewriter operations⁵⁹ is inimical to the general development of literacy and absolutely rules out communication on communication.

A prominent role in this turning-point, whose significance is probably equalled only by the invention of writing , was taken by Maxwell's electromagnetic field equations and their experimental substantiation by Heinrich Hertz. Since Christmas 1906, when Fessendens's radio transmitter broadcast low-frequency random events as they occur as amplitude or frequency modulation of a high frequency, there exist non-material channels. Since 1906, when de Forest developed from Edison's light bulb the controllable valve, information is open to any kind of amplification and manipulation. The valve radio, developed as wireless telephony for breaking the imperial cable monopoly, first of all made the new weapons systems of the first World War, the aeroplane and the tank, both mobile and dirigible by remote control⁶¹, and after the end of the war was applied to the civilian populations⁶².

In the guise of a "secondary orality"⁶³, bypassing the written word, radio had the effect of standardising unwritten languages primarily through world-wide shorKvave broadcasting⁶⁴,^^ transforming colonised tribal associations into independent nations⁶⁵. In the same way the telephone, in its progress from the direct dialling system via frequency multiplex to satellite **links**, has made possible the non-hierarchical networking firstly of cities and ultimately of the "global village"⁶⁶. Yet the publicly accessible wavebands remain, despite their critical overcrowding⁶⁷, only fractions of a frequency spectrum which, from long^vave broadcasting to the decimetre radar, exercises governmental or military control functions and taps all public wavebands for the secret services⁶⁸.

The electrification of sensory input data through transducers and sensors enabled the entertainments industry to couple analog storage media firstly with one another and

mins Medientheorie ein: Cutter beim Film, Tonmeister beim Tonband mit ihrer gefeierten, aber bloß handwerklichen Montage⁶⁹. Dieses Menschenwerk abzuschaffen und einen allgemeinen Standard zu automatisieren, blieb der Digitaltechnik vorbehalten.

2. Digitaltechnik

Die Digitaltechnik fungiert, nur eben auf numerischer Basis, wie ein Alphabet: Sie ersetzt die stetigen Funktionen, die die Analogmedien die im allgemeinen ebenfalls stetigen Eingangsdaten umwandelt, durch diskrete Abtastungen zu möglichst gleichabständigen Zeitpunkten, wie das die 24 Filmaufnahmen pro Sekunde oder das Fernsehen seit der Nipkowscheibe viel hochfrequenter vorgemacht haben. Diese Messung mit anschließender Auswertung im Binärzahlensystem ist die Voraussetzung eines schiechthin allgemeinen Medienstandards.

Nach dem Abtasttheorem von Nyquist und Shannon können nämlich beliebige Signalformen, wenn sie nur von Haus aus oder durch Filterung frequenzbandbegrenzt sind, aus Abtastwerten der mindestens doppelten Frequenz wieder eindeutig konstruiert werden⁷⁰. Das Quantisierungsrauschen, das dabei notwendig entsteht, erlaubt im Gegensatz zum physikalisch festgelegten Rauschen von Analogsystemen beliebige Minimierungen, einfach weil es Regeln eines Stellenwertzahlensystems gehorcht⁷¹.

Die Prinzipschaltung aller Digitaltechnik erstellte 1936 Turings Universale Diskrete Maschine. Sie bestand in Fortschreibung oder Reduktion der ja ebenfalls diskreten Schreibmaschine⁷² schlicht und einfach aus einem Endlospapierband, dessen Idee ja seit 1800 umging. Auf diese "Papiermaschine" zur Datenspeicherung konnte ein Schreib/Lese/Loschkopf zur Datenverarbeitung die Binärzeichen 0 und 1 schreiben, während eine Transportvorrichtung zur Datenadressierung Zugriffe auf die Nachbarzeichen rechts und links ermöglichte. Turing aber bewies, daß diese schiechthin elementare Maschine, weil sie im Unterschied zum verrauschten Laplace-Universum endlich viele Schaltzustände einnimmt, nicht nur jedem Mathematiker ebenbürtig ist, sondern alle (in Hilberts Wortsinn) entscheidbaren Probleme der Mathematik löst - und zwar durch Simulation jeder anderen korrekt programmierten Maschine⁷³.

Die Turingmaschine in ihrer Universalität schloß also alle Entwicklungen zur Speicherung, Indizierung und Bearbeitung sowohl alphabetischer wie numerischer Daten ab. Im Raum des Alphabets hatten diese Entwicklungen von Listen und Katalogen über die Zettelkästen, denen um 1800 Jean Pauls Literatur und Hegels Philosophie entsprungen waren⁷⁴, bis zur Hollerith-Maschine der amerikanischen Volkszählung von 1890 geführt⁷⁵. Im Raum der Ziffern hatte eine parallele Entwicklung von Schickarts Rechenuhr für die vier Grundrechenarten über Jacquards programmierbare Webstühle⁷⁶

secondly with transmission media. The sound film combined optical and acoustic memories; radio, before the introduction of the tape-recorder, largely transmitted gramophone records; the first television systems, prior to the development of electronic cameras, scanned feature films. Thus the content of entertainment media always remains another medium, which in this way they serve to promote.

But all these couplings of technologies which are already individually standardised, even though they gave birth to aesthetic forms from the radio play and electronic music to the videoclip, have one decisive deficiency: there is no general standard which regulates their control and reciprocal translation. This is precisely the point at which the heroes and heroines of Benjamin's theory of media came to the rescue, in the shape of cutters in film studios, and sound engineers for tape, with their celebrated but strictly manual montage techniques⁶⁹. The rendering obsolete of this human intervention, and the automation of a general standard, was reserved for digital technology.

2. Digital technology

Digital technology functions like an alphabet, only on a numerical basis. It replaces the continuous functions into which the analog media transform input data, which are generally also continuous, with discrete scanings at points in time as equidistant as possible, in the same way that the 24 film exposures per second or, at a much higher frequency since the Nipkow screen, television, did before. This measurement followed by evaluation in the binary number system is the precondition for a general media standard.

According to the scanning theorem of Nyquist and Shannon, any and every form of signal, provided it is frequency-range-limited intrinsically or through filtering, can be univocally reconstructed from scanned values of at least twice the frequency⁷⁰. The quantisation noise which necessarily arises in the process can also, in contrast to the physically-determined noise of analog systems, be minimised to any degree simply because it obeys the laws of a digital system⁷¹.

It was in 1936 that Turing's universal discrete machine stated the principle of all digital technology. Extrapolating or reducing the equally discrete typewriter⁷², it consisted simply of an endless paper tape, the idea of which goes back to 1800. On this "paper machine" for data storage a write/read/erase head for data processing could write the binary signs 0 and 1, while a transport device for data addressing made it possible to access the neighbouring signs right and left. Turing proved however that this elementary machine, because by contrast to the noisy Laplace universe it knows a finite number of states, is equal not only to any mathematician, but solves all (in Hilbert's sen-

bis zum Computervorläufer Babbage geführt, dessen Differential Engine von 1822 die mannzeitaufwendigen Reihenentwicklungen in Trigonometrie und Ballistik auf rekursive Differenzgleichungen reduzierte, während seine später geplante Analytical Engine mit bedingten Sprungbefehlen die gesamte Analysis berechenbar machen sollte⁷⁷. Um die alphanumerische Universalität von Turingmaschinen alias Computern zu erreichen, mußten Booles logische Algebra und Gödels Unvollständigkeitsbeweis allerdings beide Entwicklungsstränge noch zusammenführen, also Aussagen und Axiome gleichermaßen manipulierbar wie Zahlen machen.

Die Turingmaschine von 1936 war unendlich langsam, ihr Papierband unendlich lang, also inexistent. Der Computer als ihre technische Realisierung gldntz dagegen durch eine Ökonomie von Zeit und Raum, wie erst der Zweite Weltkrieg sie nötig machte. Gleichzeitig mit Shannons Beweis, daß schlichte Relais in Reihen- oder Parallelschaltung alle Operationen der Booleschen Algebra automatisieren können⁷⁸, baute Zuse aus Telegraphenrelais erste Computer für die Luftwaffenforschung, während das Chiffrierwesen der Wehrmacht seine Automatisierungsangebote zurückwies⁷⁹. Ende 1943 dagegen entstanden für Turings kriegsentscheidende Kryptoanalyse genau dieses UKW-Geheimfunks, der die deutschen Blitzkriege möglich gemacht hatte, im britischen Geheimdienst Computer auf der Basis übersteuerter Radoröhren⁸⁰. 1945 schließlich konnte John von Neumann für die geplante amerikanische Uranbombe, deren Explosionsgeschwindigkeit neue Zeitmaßstäbe setzte⁸¹, die seitdem übliche Architektur sequentieller, dafür aber in Mikrosekunden getakteter Computer entwerfen.

Von Neumanns Entwurf sah folgende drei Systemelemente vor:

- Erstens eine Zentraleinheit zur befehlsgesteuerten Abarbeitung alphanumerischer Daten nach entweder arithmetischer oder logischer Regeln;
- zweitens einen Schreibespeicher für variable Daten und einen Festwertespeicher für vorprogrammierte Befehle;
- drittens schließlich ein Bussystem zur sequentiellen Übertragung aller dieser Daten und Befehle, wie sie durch binäre Adressen nach Seiten und Spalten eindeutig indiziert sind.

Mit diesen drei Teilen haben von-Neumann-Maschinen die Struktur von Informationstechnik überhaupt als einen Funktionszusammenhang von Hardware-Elementen artikuliert. Gleichgültig ob ihre Umwelt alphabetische oder numerische Daten, also Schriften oder Medien-Meßwerte anliefern, sind die Befehle, Daten und Adressen intern sämtlich durch Binärzahlen repräsentiert. Die klassische Unterscheidung zwischen Funktionen und Argumenten, Operatoren und Zahlenwerten ist durchlässig geworden. Gerade dieses Ende des Alphabets erlaubt es jedoch, Operationen auch auf Operationen anzuwenden und Verzweigungen zu automatisieren.

se) decidable problems of mathematics, through simulation of any other correctly-programmed machine⁷³.

Thus the Turing machine concluded in its universality all developments for the storing, indexing and processing of both alphabetical and numerical data. In the alphabetical field these developments had led from lists and catalogues, via the card indexes from which around 1800 Jean Paul's literature and Hegel's philosophy had sprung⁷⁴, to the Hollerith machine of the American census of 1890⁷⁵. In the numeric field a parallel development had led from Schickart's calculator for the four basic types of calculation, via Jacquard's programmable looms⁷⁶, to the pioneer of computers, Babbage, whose differential engine of 1822 reduced the time-consuming developments of series in trigonometry and ballistics to recurrent difference equations, while his later planned analytical engine was intended to make the whole of analysis calculable with conditional jump commands⁷⁷. To achieve the alphanumeric universality of Turing machines, alias computers, however, the two development strands had to be brought together by Boole's logical algebra and Gödel's theorem of incompleteness, making statements and axioms as manipulable as figures.

The Turing machine of 1936 was infinitely slow, its paper tape infinitely long, and therefore inexistent. By contrast the computer, its technical successor, is a miracle of economy of time and space called forth by the exigencies of the second World War. At the same time that Shannon was demonstrating that simple relays connected in series or in parallel can automate all operations of Boole's algebra⁷⁸, Zuse was building the first computers for Luftwaffe research from telegraph relays, while the cryptography department of the Army rejected his offers of automation⁷⁹. At the end of 1943, by contrast, the British secret service came up with computers based on overmodulated tubes for Turing's war-deciding cryptoanalysis of precisely that secret VHF radio traffic which had made the German blitzkrieg possible⁸⁰. Finally in 1945 John von Neumann designed the now customary architecture of sequential but microsecond-fast computers for the planned American uranium bomb, whose rate of explosion set new standards in the measurement of time⁸¹.

Von Neumann's design postulated the following three system elements:

- Firstly a central processing unit for command-controlled processing of alphanumeric data by either mathematical or logical rules;
- secondly a write-read memory for variable data and a read-only memory for programmed commands;
- and thirdly a bus system for sequential transmission of all these data and commands as bi-univocally indicated through binary addresses by pages and columns.

Weshalb Computer prinzipiell alle anderen Medien einbinden und ihre Daten den mathematischen Verfahren der Signalverarbeitung unterziehen können⁸².

Datendurchsatz und Zugriffszeit hängen dabei nur von physikalischen Rahmenwerten ab. Nachdem der Transistor ab 1948 die Röhren-Leiterplatten des Zweiten Weltkriegs und der Integrierte Schaltkreis ab 1968 die Einzeltransistoren abgelöst hat, was Raum- und Zeitbedarf jeweils um eine Zehnerpotenz senkte, sind Echtzeitanalysen und Echtzeitsynthesen eindimensionaler Datenströme (etwa von Sprache und Musik) kein Problem mehr⁸³. Die Tonmeister können also gehen. Für mehrdimensionale Signalverarbeitung in Echtzeit dagegen, wie Fernsehbilder oder Computer-Animationen sie brauchen, wird die Von-Neumann-Architektur zum Flaschenhals. Deshalb sind massiv parallele Rechner schon im Einsatz, biologische und optische Schaltkreise, wie vor allem die Simulation von Gehirnfunktionen sie voraussetzt, schon in der Entwicklung. Der Tag ist nicht mehr fern, an dem die Signalverarbeitung an die Grenzen physikalischer Machbarkeit stößt⁸⁴.

An dieser absoluten Grenze wird die Geschichte der Kommunikationstechniken buchstäblich abgeschlossen. Theoretisch bleibt damit nur die Frage, welcher Logik die Vollenkung gehorcht haben wird. Von Freud⁸⁵ bis McLuhan war die klassische Antwort darauf ein Gattungssubjekt, das gegenüber einer gleichgültigen oder störenden Natur nacheinander seine Motorik, seine Sensorik und schließlich auch seine Intelligenz an technische Prothesen veräußern können. Wenn jedoch Shannons Mathematisierung der Information auf seiner "fundamentalen Idee" beruhte, den "nachrichtentechnischen Effizienzbereich einer gestörten Übertragung" durch Konzept-Transfer aus ihrem kryptoanalytischen Effizienzbereich herzuleiten⁸⁶, werden Störungen erst als Eingriffe einer feindlichen Intelligenz intelligibel und die Geschichte der Kommunikationstechniken als eine Serie strategischer Eskalationen. Ohne Referenz auf den oder die Menschen haben Kommunikationstechniken einander überholt, bis schließlich eine künstliche Intelligenz zur Interzeption möglicher Intelligenzen im Weltraum schreitet⁸⁷.

With these three parts, von Neumann machines articulated the fundamental structure of information technology as a functional interrelationship of hardware elements. No matter whether their environment supplies alphabetic or numerical data, that is, writing or media-generated values, the commands, data and addresses are all represented internally by binary numbers. The classic distinction between functions and arguments, operators and numerical values has become permeable. However it is precisely this breakdown of the alphabet which also permits operations to be applied to operations, and ramifications to be automated. Which is why computers in principle comprehend all other media and can subject their data to the mathematical procedures of signal processing⁸².

Data throughput and access time depend solely on physical parameters. Since 1948, when the transistor replaced the tubes/printed circuits of the second World War, and 1968 when integrated circuits replaced the single transistor, in each case reducing the space and time requirement by a factor of ten, real time analyses and real time syntheses of one-dimensional data flows (of speech or music for example) are no longer any problem⁸³. So the sound engineer can go home. However, for multi-dimensional signal processing in real time, such as is required for television pictures or computer animations, the von Neumann architecture becomes a bottleneck. For this reason large numbers of parallel computers are already in use, and biological and optical circuitry such as is required above all for the simulation of brain functions, is already under development. The day is not far off when signal processing will reach the physical limits of feasibility⁸⁴.

This absolute limit is where the history of communication technologies will literally come to an end. Theoretically there remains only the question as to what logic this completion will have obeyed. From Freud⁸⁵ to McLuhan the classic answer to this was a generic subject - humanity - which before of an indifferent or interferent natural world would have externalised first its motor and sensory interface, and finally its intelligence, in technical prosthetics. However if Shannon's mathematisation of information rested on his "fundamental idea" of inferring, through a conceptual transfer, the "information efficiency of a jammed transmission" from its kryptoanalytical efficiency⁸⁶, interference will only be understandable as the interventions of a hostile intelligence, and the history of communication technologies as a series of strategic escalations. Without reference to the individual or to mankind, communication technologies will have overhauled each other until finally an artificial intelligence proceeds to the interception of possible intelligences in space⁸⁷.

- Schenkel, Wolfgang, Wozu die Agypter eine Schrift brauchten. In: Assmann, Ajeida und Jan/Hardmeier, Christof (Hrsg.), Schrift und Gedächtnis. Zur Archäologie der literarischen Kommunikation I. München 1983, 45-63.
- Schiller, Friedrich, Was heißt und zu welchem Ende studiert man Universalgeschichte? Eine akademische Antrittsrede Oena 1789]. In: Sämtliche Werke, hrsg. v. Eduard von der Hellen. Stuttgart-Berlin 1904, Bd. XIII, 3-24.
- Schivelbusch, Wolfgang, Geschichte der Eisenbahnreise. Zur Industrialisierung von Raum und Zeit im 19. Jahrhundert. München 1977.
- Schon, Erich, Der Verlust der Sinnlichkeit oder die Verwandlung des Lesers. Stuttgart 1987.
- Schwipps, Werner, Wortschlacht im Äther. In: Deutsche Welle (Hrsg.), Wortschlacht im Äther. Der deutsche Auslandsrundfunk im Zweiten Weltkrieg. Berlin 1971, 11-97.
- Shannon, Claude Elwood, A symbolic analysis of relay and switching circuits. In: Transactions of the American institute of electrical engineers, 57, 1938, 713-723.
- Shannon, Claude Elwood, Communication in the presence of noise. In: Proceeding of the institute of radio engineers, 37, 1949a, 10-21.
- Shannon, Claude Elwood, Communication theory of secrecy systems. In: Bell system technical journal, 1949b, 656-715.
- Sickert, Klaus (Hrsg.), Automatische Spracheingabe und Sprachausgabe. Analyse, Synthese und Erkennung menschlicher Sprache mit digitalen Systemen. Haar 1983.
- Stephen, Heinrich von/Satter, Karl, Geschichte der deutschen Post. I. Berlin 1928. II. Berlin 1935. III. Frankfurt/M. 1951.
- Turing, Allan M., Intelligence Service. Ausgewählte Schriften, hrsg. v. Dotzler, Bernhard/Kittler, Friedrich. Berlin 1987.
- Van Creveld, Martin L, Command in War. Cambridge (Mass.)/London 1985.
- Vemant, Jean-Pierre, Les origines de la pensée grecque. Paris 1962.
- Virilio, Paul, Krieg und Kino. Logistik der Wahrnehmung. München 1986.
- Voigt, Fritz, Verkehr. I. Berlin 1973. II. Berlin 1965.
- Vorstius, Joris/Joost, Siegfried, Grundzüge der Bibliotheksgeschichte. 7. Aufl. Wiesbaden 1977.
- Wittfogel, Karl, Die Orientalische Despotie. Eine vergleichende Untersuchung totaler Macht. Köln/Berlin 1962.
- Yates, Frances A., The art of memory. London 1966.
- Zglinicki, Friedrich von, Der Weg des Films. Die Geschichte der Kinematographie und ihrer Vorläufer. Berlin 1956.
- Zuse, Konrad, Der Computer. Mein Lebenswerk. 2. Aufl. Berlin/Heidelberg/New York/Tokyo 1984.

- | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 Praun 1970, 137 | 23 Iohmann 1980, 168-74 | 46 McLuhan 1968, 283 | 67 Beck 1974, 38-42 |
| 2 Peters 1989 | 24 Domseiff 1922,13 | 47 Kenner 1987 | 68 Bamford 1986 |
| 3 Kries 1857, 6 | 25 Vernant 1962, 13 | 48 Aischylos, Agamemnon, | 69 Benjamin 1972-85, 1/2 495f |
| 4 Mduhan 1968 | 26 Havelock 1962, 32 | V. 281-316 | 70 Shannon 1949a, 11 f |
| 5 Luhmann 1988,901 | 27 Nietzsche 1922-28, V 218 | 49 Riepl 1913,91-106 | 71 von Neumann 1967, 146f |
| 6 vgl. Hagemeyer 1979, | 28 Sueton, Augustus, 49 | 50 Oberiesen 1982,44-62 | 72 Hodges 1983,96 |
| 422-39 | 29 Fronto, zit. Riepl 1913, 241 | 51 Cajori 1928-29, II 182-85 | 73 Turing 1987, 17-60 und |
| 7 Shannon 1949a. IOf | 30 Turing 1987, 187 | 52 Schivelbusch 1977, 32-34 | 157f |
| 8 Luhmann 1985. 21 | 31 Augustin, Conf. VI 3 | 53 Knies 1857, 16-19 | 74 Rosenkranz 1844, 15 |
| 9 Bell 1955, 35 | 32 Innis 1950, 126-140 | 54 Blum 1939, 73 | 75 Oberiesen 182, 212-48 |
| 10 Schiller 1904, XIII 17 | 33 Ong 1987, 1 19 | 55 vgl. Derrida 1982 | 76 Coy 1985,43-48 |
| 11 Mduhan 1968 | 34 Vorstius/Joost 1977, 30-46 | 56 Kennedy 1979,75-97 | 77 Hyman 1986, 191-279 |
| 12 Aristoteles, Herm. 16a 3-7 | 35 Eisenstein 1979, 153 | 57 Hacking 1975 | 78 Shannon 1938, 713-23 |
| 13 Derrida 1974 | 36 Gumbrecht 1988, 42f | 58 Beck 1974, 37f | 79 Zuse 1984, 51 f |
| 14 Van Creveld 1985 | 37 Kahn 1967 | 59 Faulstich-Wieland/ | 80 Hodges 1983, 267-88 |
| 15 Voigt 1965-73, 11/2 830f | 38 Beyrer 1985, 54 | Horstkemper 1987 | 81 Hagen 1989 |
| 16 Schenkel 1983,53-59 | 39 Habermas 1971, 28-61 | 60 Leroi-Gourhan 1980, 265-70 | 82 Rabiner/Gold 1975 |
| 17 Assmann 1983, 80-88 | 40 Voigt 1965-73, 11/848 | 61 Virilio 1986 | 83 Sickert 1983, 117-220 |
| 18 Wittfogel 1962 | 41 Schenda 1970 | 62 Lerg 1970 | 84 Cambers 1985 |
| 19 Leroi-Gourhan 1980, 228 | 42 Schon 1987 | 63 Ong 1987, 136 | 85 Freud 194068, XIV449f |
| 20 Goody 1977, 86f | 43 Kittler 1987 | 64 Schwipps 1971, 29 | 86 Hagemeyer 1979, 434 |
| 21 Innis 1950, 71 | 44 Fichte 1845, VIII 98 | 65 Innis 1950, 169 | 87 Posner 1984, 198-202 |
| 22 Herodot. Hist. VS1 98 | 45 Hegel 1952, 564 und 27 | 66 McLuhan 1968 | |