

Die Entwicklung der digitalen Telefonie (1960–1985)

DIE KOSTEN SOZIOTECHNISCHER FLEXIBILISIERUNGEN¹



David Gugerli

Westliche Wachstumsgesellschaften haben im letzten Drittel des 20. Jahrhunderts einen tiefgreifenden Wandel erfahren. Die Veränderungen waren so grundlegend, dass es fast unumgänglich wurde, dafür eine eigenständige kollektive Umbruchsymbolik zu entwickeln: Ein paar wenige Jahreszahlen und Ereignisse – 1968, 1973/74, 1989/90 – wurden so arrangiert, dass sie das Wichtigste benennbar machten. Der Erinnerungshaushalt konnte damit insofern besser verwaltet werden, als die historische Erzählung ganz selbstverständlich auf bekannte und allen verfügbare Meilensteine zurückzugreifen vermochte. Dieselben Meilensteine stabilisieren auch heute noch den Umgang mit unserer Vergangenheit – bis zu dem Masse, in welchem sie gerade den gesellschaftlichen Wandel nicht mehr erklären können, weil die grossen Ereignisse fälschlicherweise zu Gründen der gesellschaftlichen Entwicklung gerechnet werden, obwohl sie als Ereignisse vielmehr Effekte des zu erklärenden Wandels gewesen sind.

Die Umbruchsymbolik beschreibt im wesentlichen drei grosse Zäsuren. Da werden mit «1968» etwa das Entstehen neuer sozialer Bewegungen, die Manifestation einer studentischen Revolte und der Beginn einer Debatte von gesellschaftsstruktureller Relevanz assoziiert, während sich die Zäsur von 1973/74 mit dem Erdölpreisschock, dem Beginn der schärfsten Rezession der Nachkriegszeit sowie mit dem Ende des Bretton-Woods-Systems verbinden lässt. Die grosse Wende von 1989/90 zeigt sich im Fall der Berliner Mauer ebenso wie im Beginn einer neuen militärischen Weltordnung.

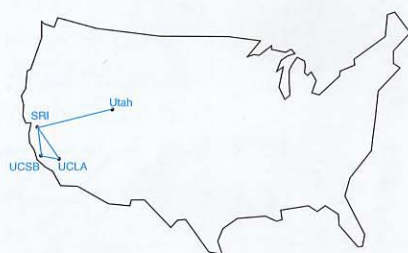
Die genaue Bedeutung, die man solchen Zäsuren beimisst, mag nationale, ideologische und gruppenspezifische Vorlieben spiegeln, oder sie hängt vom analytischen Ansatz ab. Verwenden können sie alle, indem sie den Zäsuren die gewünschten Konnotationen verpassen. Je nachdem ist dann «1968» ein Aufblühen der Fantasie, eine frische Brise politischer Kreativität, vielleicht sogar ein revolutionärer Akt oder steht für eine alle soliden gesellschaftlichen Ordnungssysteme unvernünftigerweise bedrohende Phase jugendlicher Verwirrung. Auch die Geschichtswissenschaft nimmt Zuflucht zu diesen Meilensteinen und modelliert sie, etwas abstrakter, als jene im historischen Augenblick sich

verdichtenden grundsätzlichen Veränderungen, welche krisenhafte Unsicherheiten und kollektive Desorientierungen dank fundamentalen Lernprozessen zu überwinden wissen.

Die Geschichte rechnergestützter Kommunikationsnetze, von der im folgenden die Rede sein soll, kann einer solchen Modellierung problemlos angeglichen und mit gesellschaftshistorischen Zäsuren in Einklang gebracht werden: Nachdem 1968 eine Gruppe von Ingenieuren der Firma *Bolt, Beranek, and Newman* (BBN) den Auftrag erhalten hatte, mit Hilfe von Kleincomputern sogenannte *Interface Message Processors* (IMP's) für die *Advanced Research Project Agency* (ARPA) zu bauen, begannen im folgenden Jahr die ersten vier Hosts des ARPAnet in völlig neuer Art, nämlich im *Packet Switching* Modus, miteinander zu kommunizieren. 1973/74 veröffentlichten Vinton Cerf und Robert Kahn die Anforderungen an ein Protokoll für *Packet Network Intercommunication* und konzipierten damit ein präzedenzloses Netz zwischen den Netzen.² Von 1989/90 schliesslich datiert der Entwurf jenes *Distributed Hypertext System*, welches Tim Berners-Lee als Massnahme gegen permanenten Datenverlust am CERN vorgeschlagen hat und das seither im eigentlichen Sinn des Wortes «weltweit» Furore macht.³

Solche Koinzidenzen lassen zweifelsohne aufhorchen und die Frage stellen, was telekommunikative Entwicklungsschübe mit fundamentalen Veränderungen in gesellschaftlichen Systemen gemeinsam haben oder in welcher Beziehung sie zueinander stehen. Die seit den 1970er Jahren beschleunigte Tertialisierung der Wirtschaft, die Emergenz globaler Finanzmärkte, neue industrielle Fertigungsformen wie «lean-» oder «just-in-time-production», aber auch die zunehmend vernetzte Funktionsweise hochmoderner Medien- und Überwachungssysteme setzten Flexibilitäten voraus, die sich nur aufgrund fundamentaler Veränderungen in der technischen Kommunikationsweise haben ergeben können.

Gerade die Feststellung von Koinzidenzen erklärt in dieser Hinsicht jedoch relativ wenig – die Geschichte bringt bisweilen Regelmässigkeiten hervor, für die sie uns keine Erklärungen anzubieten vermag. Technischer Wandel, dies scheint mittlerweile klar geworden zu sein, ist das Ergebnis langfristiger Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Sie findet deshalb nicht als Ereignis in einem bestimmten Moment statt. Die Koevolution von Gesellschaft und Technik kann nicht mit einem Modell erklärt werden, das der Gesellschaft in Krisenzeiten die fundamentalen Lernprozesse und der Technik die genialen Lösungsvorschläge im günstigen Augenblick zuweist, um dann über die Beobachtung einer zufälligen Koinzidenz einen kausalen Zusammenhang zu suggerieren. Klar ist nur, dass sich der Erfolg technischer Systeme, welche von Ingenieuren geplant und entwickelt worden sind, nicht unabhängig von gesamtgesellschaftlichen Entwicklungen einstellt und dass es umgekehrt nahe liegt, ein Gutteil gesellschaftlicher Umstrukturierungen auf technisch innovative Offerten zurückzuführen.



158. SCHEMA DER ERSTEN VERBINDUNGEN DES ARPA-NETZES, 1969.

Dennoch bieten Phasen strukturellen Wandels – wie zum Beispiel jene der späten 1960er und frühen 1970er Jahre – der technikhistorischen Analyse einen guten Einstieg für die Beobachtung der vermuteten Wechselwirkung, allerdings nur dann, wenn man im Erklärungsmodell dem Interaktionsprozess etwas mehr Zeit einräumt, als die schöne Geschichte es verlangt. Die Angebote ingenieurwissenschaftlicher Entwicklungen werden in Phasen strukturellen Wandels von sozialen Gruppen als Möglichkeit gesellschaftlichen Wandels deshalb leichter wahrgenommen, weil sie nicht von stabilen Erwartungsmustern überblendet werden. Es leuchtet auch ein, dass in Zeiten struktureller Unsicherheit eher über Zukunftsszenarien debattiert werden kann. Damit werden die wahrgenommenen Offerten der technischen Entwicklungsgemeinschaften leichter zum Gegenstand von Aushandlungs- und Evaluationsprozessen, an die sich die Implementation einer neuen Technologie anschliessen kann. Für die Entwicklung des Angebots reicht die kurze Zeit einer Krise jedoch nicht aus. Die Gründe und Motive für eine bestimmte Entwicklungsarbeit sind vorgelagert und deshalb nicht in der Krise selber zu suchen. Die Genauigkeit des Zusammenfallens von Zäsuren, wie ich sie eben erwähnt habe, verliert damit an Bedeutung, und die grossen Taten einzelner Figuren treten notgedrungen wieder in den Hintergrund.

Wir haben demnach nicht so sehr auf die Koinzidenz von Zäsuren und Brüchen zu achten, sondern verwenden mit Vorteil eine längerfristige Perspektive, um jene Ähnlichkeit der Denkmuster und Handlungslogiken verstehen zu können, welche sowohl den kommunikationstechnischen wie den gesellschaftlichen Wandel prägen. Erst dann kann man mit guten Gründen von koevolutiven und interdependenten Lernprozessen sprechen, welche den soziotechnischen Wandel charakterisieren.⁴

Um dies in hinreichender analytischer Tiefe zeigen zu können, werde ich ein kleines Fenster auf die technikhistorische Vergangenheit der Schweiz öffnen. Gegenstand meiner Überlegungen sind die in den 1960er Jahren einsetzenden, seit 1969 formal unter dem Projekttitel «Integriertes Fernmeldesystem IFS» laufenden und 1983 gescheiterten Bemühungen um die Eigenentwicklung eines digitalen Kommunikationsnetzes in der Schweiz. Die Geschichte dieses für die Schweiz bedeutenden Entwicklungsprojekts ermöglicht eine in historischer Perspektive differenziertere und befriedigendere Analyse der Genesis digitaler Telefonie, als dies eine vereinfachende Darstellung soziotechnischer Zäsuren oder die voreilige Rede von der «digitalen Revolution» erlauben.

Das Projekt eines digitalen Netzes

Hinsichtlich seiner Ziele und seines Misserfolgs ist das IFS-Projekt im internationalen Vergleich kein Sonderfall. Auch in Frankreich, Deutschland, England, Schweden, Holland, Italien, Japan und den USA gab es seit den 1970er Jahren Entwicklungsprojekte, welche die Digitalisierung der Telekommunikationsinfrastruktur, vor allem jene des Telefonverkehrs, auf der Grundlage von Pulse-Code-Modulation (PCM) und Time-Division-Multiplexing (TDM) durchzuführen beabsichtigten.⁵ Sehr viele davon sind ebenfalls gescheitert oder fusionierten schliesslich in den

1980er Jahren noch vor der Marktreife mit andern Projekten. Vor allem aber war allen Projekten gemeinsam, dass sich die «nicht überblickbaren Möglichkeiten»,⁶ welche eine Digitalisierung der Telekommunikation versprach, während der Entwicklungsarbeit sehr bald schon in höchst unübersichtliche Problemlagen verwandelten, die sich nur in langen, oft viele Jahre dauernden Lernprozessen zu klären begannen. Das Morgenrot des digitalen Zeitalters kam nicht nach durchschlafener Nacht, und schon gar nicht als IT-Revolution zu Beginn der 1990er Jahre.⁷

Diese allgemeinen Beobachtungen lassen sich auf die meisten Entwicklungsprojekte der 1970er Jahre anwenden. Jedes dieser Projekte hatte sich aber auch in einem ganz spezifischen, lokalen Kontext zu bewegen und zu bewähren. Und diese Kontexte zeichneten sich bisweilen durch Bedingungen aus, die in ihrer Bündelung unterschiedlicher nicht hätten sein können. Für das schweizerische IFS können eine ganze Reihe von besonderen Entwicklungsbedingungen ausgemacht werden:

Erstens ist die Tatsache zu erwähnen, dass man im Land mit der im ganzen 20. Jahrhundert weltweit höchsten Telefondichte auch unter den komfortablen Bedingungen des Staatsmonopolbetriebs sehr wohl *sensibel* auf Innovationsquellen zu achten wusste. Das Potential von Pulse-Code-Modulationsverfahren wurde von einer Gruppe junger PTT-Ingenieure erstaunlich früh wahrgenommen und konzeptionell bearbeitet. PCM sollte auch ausserhalb ihres bisherigen Anwendungsbereichs der Richtstrahl-Übermittlungsdienste anwendbar werden, und zwar gleichzeitig für die Übertragung wie auch für die Vermittlung von Telefongesprächen und Datensätzen.

Eine zweite Besonderheit des IFS-Projekts betrifft die ebenfalls frühe, bereits 1967 angebahte *Organisationsform* der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. Sie scheint sich von einem wachstumsbedingten Unbehagen im Kleinstaat genährt zu haben und ist dennoch – organisatorisch gesehen – jener helvetischen Malaise verfallen, die Max Imboden schon 1964 diagnostiziert hatte.⁸ Aufschlussreich ist diesbezüglich das Protokoll der ersten Besprechung der PTT mit Vertretern der Industrie vom 27. November 1967. Das Eröffnungsvotum des PTT-Vertreterers enthielt die folgenden bedeutungsschweren Sätze: «Als Fernziel wird ein einheitliches schweizerisches PCM-Übertragungs- und Vermittlungssystem angestrebt. Die Unabhängigkeit vom Ausland sollte erhalten bleiben. Wir können uns keine Zersplitterung der Kräfte leisten und wünschen daher die Mitarbeit der Firmen.»⁹ Damit kam im Grunde genommen genau jene «helvetische Neigung» zum Zug, die nach Imboden «das Urteil über das sachlich Mögliche von vorneherein auf das politisch Tragbare» ausgerichtet haben wollte.¹⁰ Nicht die für das Projekt geeignetsten, sondern die altbekanntesten und industrie- wie beschäftigungspolitisch erwünschten Partner wurden zur Teilnahme eingeladen und in einer am nationalen Miliz-



160. BETRIEBSKONTROLLE EINER IFS-VERSUCHS-ANLAGE.

systemgedanken ausgerichteten Organisation so zusammengeführt, dass jede «Zersplitterung der Kräfte» möglichst vermieden werden konnte. Als Reminiszenz aus der Zeit stabiler Réduit-Mentalitäten leistete bei der Entwicklung eines technischen Spitzenprodukts für globalisierte Telekommunikationsdienste nach wie vor die Rede von der «Unabhängigkeit vom Ausland» ihre Hebammendienste. Unter der Leitung der PTT als zukünftigen Kundin sollte die Industrie (d.h. die Hasler AG, die Standard Telephon und Radio AG sowie die Siemens-Albis-Werke AG) ein PCM-basiertes Übertragungs- und Vermittlungssystem entwickeln, das nicht nur «einheitlich», sondern auch noch «schweizerisch» sein sollte. Das ist insofern bemerkenswert, als dieser Helvetozentrismus problemlos neben dem ebenfalls protokollierten Satz des damaligen Generaldirektors der PTT stehen konnte, es stelle sich «die grundsätzliche Frage, ob die Schweiz bei der Entwicklung nur ‚Gewehr bei Fuss‘ verharren möchte oder aktiv sich an weltweiten Bemühungen beteiligen» wolle.¹¹ Man war sich mit andern Worten sehr wohl darüber im klaren, dass hier Zukunft gestaltet wurde und dass dafür bisherige Muster der Zusammenarbeit zwischen Staatsbetrieb und Industrie verlassen werden mussten. Wohl deshalb hielt man die Sitzung selbst für einen «historischen Augenblick».¹²

Drittens unterschied sich das IFS-Projekt von ähnlichen Projekten durch den hohen Grad an Unsicherheit und Unübersichtlichkeit. Wegen des vergleichsweise frühen Beginns an den Arbeiten für ein digitales Fernmeldesystem gab es auf dem steinigen Weg in die verheissungsreiche Zukunft kaum erkennbare Orientierungspunkte, auf die man sich hätte verlassen können. Besonders belastend war die Tatsache, dass es Fernmeldeingenieure gewohnt gewesen waren, von klaren Bedürfnislagen und Zukunftsprognosen auszugehen. Sie befanden sich nun in der unbequemen Situation, schlecht fundierte Vorhersagen über die zu erwartende Nachfrage machen zu müssen. Die durchaus vorhersehbaren «enormous technical possibilities»¹³ liessen sich zunächst nicht in operative Entwicklungsziele und Arbeitsschritte unterteilen. Der zu grosse Möglichkeitsraum der Zukunft belastete die Gegenwart.¹⁴

Ungeachtet der genannten Schwierigkeiten und speziellen Anforderungen, liessen sich die Projektarbeiten zunehmend institutionell absichern. Für die helvetisch organisierte Arbeitsgemeinschaft folgte eine fruchtbare Konzeptarbeit, die in einer relativ kleinen, aber gut ausgestatteten und hochmotivierten Gruppe von Ingenieuren durchgeführt wurde. 1976 schaffte sie den eigentlichen Durchbruch: Es gelang ihr, eine digitalisierte Transitzentrale während dreier Monate im Echtverkehr zu betreiben. Der Leitende Projektausschuss erachtete damit das Ziel des



161. EINWEIHUNG DES IFS-MUSTERSTEUERBEREICHES, 1980.

ersten Vertrages der Arbeitsgemeinschaft als im wesentlichen erfüllt. «Einzig bei der Integration der Datendienste sei noch eine, wenn auch heute nicht mehr so schwerwiegende Lücke vorhanden», wurde von einem Mitglied des Ausschusses bemerkt.¹⁵

Mitten in der Rezession entschieden sich die PTT im Rahmen ihrer antizyklischen Beschaffungspolitik für eine Scaling-up-Phase des Projekts. Der Prototyp war ja vorhanden – zu Beginn der 1980er Jahre, so glaubte man, würde man mit der systematischen Einführung des IFS in der Schweiz beginnen. Bis dahin würden sich auch die wirtschaftlichen Randbedingungen wieder so verbessert haben, dass mit einem grösseren Investitionsvolumen zu rechnen wäre.

Spätestens hier begann sich der nachträglich als «Leidensweg des IFS» bezeichnete Entwicklungspfad an unzähligen Orten und oft auch auf völlig unerwartete Weise zu verästelnd. Die Lage wurde immer unübersichtlicher und kostspieliger, der Komplexitätsgrad des Vorhabens stieg mit jeder neuen Projektphase, immer öfter musste festgestellt werden, dass früher getroffene Annahmen betreffend den Komplexitätsgrad



162. TESTARBEITEN AM PROTOTYP EINES BEDIENUNGSPLATZES IM IFS-KREISBETRIEBSZENTRUM.

des Systems sich als falsch erwiesen und dass gleichzeitig die inzwischen erreichbaren mikroelektronischen Leistungsparameter unterschätzt worden waren. Dies führte zu einem eigentlichen Teufelskreis von Systemanpassungen, Verzögerungen, notwendigen personellen Aufstockungen bei ausgetrocknetem Arbeitsmarkt für Informatikspezialisten, Neudefinition der Teilziele und weiteren Terminproblemen.

Die Arbeitsgemeinschaft litt insbesondere an kaum zu überwindenden Problemen im Softwarebereich, mehr noch: sie litt bereits an den Schwierigkeiten, den Unterschied zwischen Hardware und Software fest-

zulegen. Zudem führte die stark zunehmende Mitarbeiterzahl zu unübersichtbaren organisatorischen Problemen – das Projekt beschäftigte schliesslich über 200 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, die zum Teil sehr unterschiedliche Kompetenzen und Selbstverständlichkeiten einbrachten.¹⁶

Gleichzeitig öffnete sich eine Schere zwischen Erwartetem und Realisierbarem; die Diskrepanz zwischen öffentlicher Selbstdarstellung und Realisierungschancen nahm ständig zu. Weder die 1980 unter Mithilfe der nordamerikanischen Softwarespezialfirma CSC durchgeführte Evaluation noch ein stark verwissenschaftlichtes Projektmanagement, weder der Zukauf von externem Know-how noch die Restrukturierung von Zielen und Etappen konnten das Projekt retten.

Während eine Werbebroschüre der PTT noch 1979 in den höchsten Tönen von einem «evolutionary telecommunication system for the coming decades» gesprochen hatte, wurde das IFS nach seinem Abbruch im Mai 1983 in einer öffentlichen Debatte recht eigentlich zerzaust. Die «Neue Zürcher Zeitung» nannte es schlicht «ein misslungenes Grossprojekt [...] einer introvertierten Schicksalsgemeinschaft»,¹⁷ die Karikaturen der «Technischen Rundschau» waren nicht weniger direkt.



163. RAUCHZEICHEN ZUM SCHEITERN DES IFS.

Solche Pauschalurteile müssen in erster Linie im Kontext der beginnenden Debatte um die Liberalisierung der Telekommunikationsmärkte gelesen werden und sind ihrerseits Ausdruck eines an die IFS-Erfahrungen sich anschliessenden kollektiven Lernprozesses. Um diesen Zusammenhang verstehen zu können, sind die Schwierigkeiten des Projekts an ausgewählten Beispielen genauer zu untersuchen. Denn nur so kann gezeigt werden, dass sogar das *gescheiterte* IFS eine nachhaltige Wirkung für die Ausgestaltung digitalisierter Telekommunikationsnetze hatte und keineswegs als marginale Episode zu bezeichnen ist, die sich weit ab von Gott und der Welt unter Fernmeldespezialisten zugetragen hat. Schaut man den IFS-Ingenieuren etwa bei der Arbeit an den Netz- und Systementwürfen zu und hört man auf die in Sitzungsprotokollen, Diskussionspapieren und Veröffentlichungen überlieferten Auseinandersetzungen und Lösungsvorschläge, dann beginnt man zu verstehen, warum das Projekt nie «zum Fliegen» kam. Vor allem wird deutlich, welche grundlegenden Lernprozesse in dieser Phase der Digitalisierung der Telekommunikationsnetze gemacht werden mussten, welche Selbstverständlichkeiten aufzugeben und durch welche neuen sie zu ersetzen waren. Gleichzeitig lässt sich dabei erkennen, was 1983 an Wissensbeständen vorhanden war, um alternative Szenarien zur Eigenentwicklung erfolgreich und in kürzester Zeit zu evaluieren.

Netz- und Systemstruktur

Was unter den am Projekt Beteiligten sehr viel zu denken und zu reden gab, war der relative Grad an Zentralität und Synchronisation, den das zukünftige Netz aufweisen sollte. Bereits 1968 hatten Walter Neu und Albert Kündig in einem wegweisenden Artikel vorgeführt, dass sich in

digitalen Netzstrukturen einiges ändern würde. Erstens verwiesen sie auf die Möglichkeit zur «network configuration for decentralized switching and centralized control» – also auf eine funktionale Differenzierung von Vermittlung und Systemüberwachung. Die für den Gesprächsverkehr zentrale Leistung des Systems sollte so nahe wie möglich bei den Teilnehmern erbracht und damit die Systemkontrolle, das «control center», durch periphere «switching units» von der Vermittlungsarbeit entlastet werden.

Zweitens zeigte das Paper von Neu und Kündig auf, wie digitale Netzwerke ohne starren Synchronisationszwang betrieben werden konnten: «[...] switching units and multiplexers may in principle be equipped with independent clocks, the only requirement being that clock rates vary within well defined tolerances.»¹⁸ An Netzbereichsgrenzen sollte die Taktfrequenz der Eingangslinie in einen Pufferspeicher geschrieben und von dort diskontinuierlich herausgelesen werden, nun aber in der Frequenz des *lokalen* Takts.

Das mag sich auf den ersten Blick wenig spektakulär anhören – doch für jedes herkömmliche grosstechnische System hätten solche Forderungen nach flexiblen Anpassungsleistungen an *lokale* Bedingungen und Netzfrequenzen nachgerade den bevorstehenden Weltuntergang signalisiert. Denn grosstechnische Systeme müssen soweit wie möglich von ihrer eigenen Uniformität ausgehen können.¹⁹ Wo immer dies der Fall ist, sind Verluste, Unfälle, Disfunktionalitäten oder gar Zusammenbrüche zu erwarten. Das IFS-Projekt dagegen rechnete *von Anfang an* mit einem hohen Grad an Heterogenität und Disparität im Systemdesign. In der zuständigen Arbeitsgruppe schrieb man darüber in einem ausführlichen Bericht vom Juli 1970: «Für den Fall eines weitspannenden vollintegrierten PCM-Netzes wird angenommen, dass einzelne Netzbereiche oder Teile des Gesamtnetzes von einer zentralen Mutteruhr mit einer einheitlichen Taktfrequenz [...] versorgt werden. Im Gesamtnetz dagegen verteilen verschiedene Mutteruhren ihren Takt an die ihnen zugeordneten Netzbereiche, ohne dass diese Mutteruhren im Normalfall untereinander synchronisiert werden. Es kann also angenommen werden, dass Netzbereiche mesochron betrieben werden. [...] Das Gesamtnetz arbeitet plesiochron.»²⁰

Diese historisch bedeutsamen Verschiebungen im Systemdesign – weg von hierarchisch aufgebauten und zentralistisch kontrollierten Netzen hin zu verteilten, hybriden, dynamischen und flexiblen Systemarchitekturen – lassen sich mit Jürgen Link als Übergang zum flexiblen Normalismus verstehen.²¹ Normen wirken nicht mehr als quasijuristische Verordnungen oder starre Regelsysteme, vielmehr ergeben sie sich aus einem ausgehandelten, flexiblen Regime von Grenz- und Schwellenwerten mit bekannten Toleranzen. Die frühen Systementwürfe des IFS zeichnen sich durch einen solchen flexiblen Normalismus aus. Nicht Beliebigkeit ist etwa die Folge, wenn Netze lokale Bedingungen ihrer Teile und Peripherien in Rechnung stellen, sondern erhöhte Flexibilität ohne Stabilitätsverlust. Wie die IFS-Systemgruppe festhielt, waren unter der Voraussetzung, «dass keine starre Phasenrelation zwischen den ver-

schiedenen PCM-Vielfachleitungen bestehen», verschiedene Vorteile zu erwarten. Erstens «treten keine Probleme der Netzsynchronisierung auf. Die Stabilität grosser Netze ist gewährleistet», und zweitens können «alle Fragen der Anpassung an andere PCM-Netze und der Ausbaufähigkeit bestehender Netze [...] ohne Eingriff in bereits bestehende PCM-Netzbereiche gelöst werden». Drittens schliesslich sah man auf diese Weise «die grösstmögliche Flexibilität und Freizügigkeit für den Aufbau der Netze gewährleistet». Wichtigste Voraussetzung war, streng nach Neu und Kündig, dass nichtsynchronisierte Netzbereiche «über Taktgeber genau definierter Toleranz» verfügten.²²

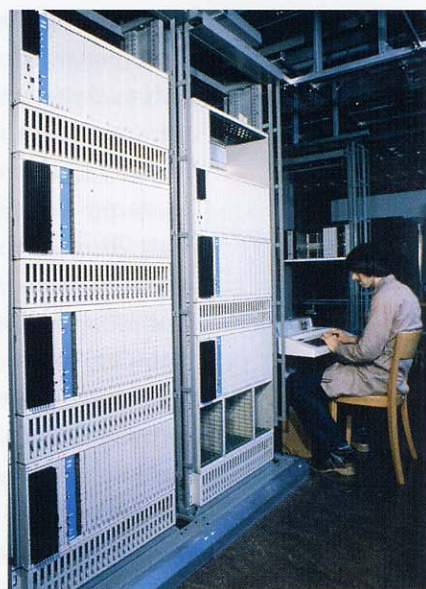
Flexibilisierung und Integration

Flexibilisierung erzeugt bekanntlich Integrationsprobleme – und gerade diese sollten ja im Integrierten Fernmeldesystem gelöst werden. Unter allen Umständen musste vermieden werden, dass «die Operationen eines Teilsystems in einem anderen Teilsystem zu unlösbaren Problemen führen.» Darüber hinaus galt es mit der Tatsache umzugehen, dass in einem funktional hochdifferenzierten System «die Interdependenzen und wechselseitigen Belastungen zwischen den Teilsystemen» so zunehmen, dass es «geradezu normal wird, dass Probleme nicht dort gelöst werden, wo sie erzeugt werden.»²³

Wenn ich die erhaltenen IFS-Dokumente und die bisher durchgeführten Interviews richtig deute, dann ergaben sich für die IFS-Ingenieure in bezug auf Flexibilisierung und daraus folgender Integrationsnotwendigkeit vier grosse Problemfelder.

Ein erstes Hauptproblem lag in der Forderung, dass das System nicht nur sehr flexibel, den jeweiligen Bedürfnissen leicht anpassbar sowie ohne Schwierigkeiten erweiterungsfähig konzipiert sein musste.²⁴ Das System sollte gleichzeitig die aktuellen und die zukünftigen Bedürfnisse der PTT abdecken können.²⁵ Diese strengen Anforderungen an Anschlussfähigkeit brachten kostspielige Pfadabhängigkeiten mit sich und bedeuteten beispielsweise, dass nicht weniger als 16 verschiedene, zum Teil auch antiquierte Signalisierungssysteme des damaligen Telefonnetzes ins zukünftige IFS integriert werden mussten.

Ein zweites Hauptproblem stellte die Allokation von Rechenkapazität dar. Wie zentral musste diese sein und wie verteilt durfte sie geplant werden? Während man in der Anfangsphase des Projekts von einer «weitgehenden Zentralisierung der Intelligenz des Systems»²⁶ sprach und dieses Konzept bis zum Schluss nicht aufgab, beklagte sich schon 1972 einer der führenden Systementwickler bitter darüber, dass die Arbeitsgruppe 6, die sich mit dem Einsatz von Rechnern beschäftigte, schlicht «am System vorbei programmiert [habe], weil sie sich nicht hinreichend über die Funktionsweise [des] IFS-1 und die Absichten der

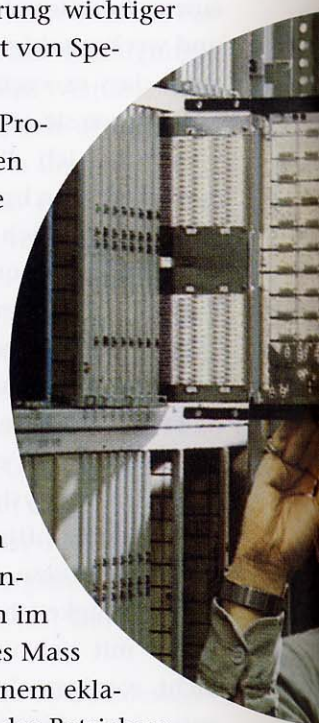


164. TESTARBEITEN AM STEUERPROZESSOR T 203.

[Arbeitsgruppe] 5 orientiert» habe. Namentlich hätte man sich «nicht genügend Rechenschaft gegeben über die von der AG 5 angestrebte Verlegung von Intelligenz an die Peripherie».²⁷ In der Praxis war es offenbar schwieriger, sich von den alten Strukturen und Sinn-Bildern zu lösen. Eine weitgehend zentralisierte und lokalisierbare «Intelligenz», die der Überwachung *und* Steuerung des Systems diene, blieb für viele Ingenieure eine nicht hinterfragbare Selbstverständlichkeit und damit ein fester Parameter im Systemdesign. Vor allem in der Frühphase des Projekts wurden solche Ansichten vom betriebswirtschaftlichen Kalkül nur gestützt. Geeignete Speichermedien (Kernspeicher) waren damals sehr teuer (man rechnete mit rund Fr. 0.10 pro Bit) – allein die Speicher für eine Zentrale hätten Mittel in der Grössenordnung von 500 Mio. Franken verschlungen. Eine Dezentralisierung der Vermittlungsrechnerressourcen schien damit wirtschaftlich nicht vertretbar zu sein, jedenfalls dann nicht, wenn man trotz der langen Planungshorizonte des Projekts von konstanten Kosten für elektronische Bauteile ausging. Das *ceteris paribus* der Ökonomen wurde von den Ingenieuren wider besseres Wissen übernommen und insbesondere die Geschwindigkeit der Veränderung wichtiger Parameter auf dem Gebiet der (Mikro-)Elektronik selbst von Spezialisten unterschätzt.

Das dritte Hauptproblem, welches sich dem IFS-Projekt stellte, ist im Softwarebereich zu finden. Die ersten Systementwürfe können, so systemtheoretisch sie sich auch gaben, als äusserst hardwarelastig beurteilt werden. Selbstironisch und sarkastisch sprach man im IFS-Jargon von «Spaghetti-Software» und meinte damit die Tendenz, lieber Drähte zu verlöten statt Programme zu schreiben. Seit 1972/73, vor allem jedoch nach 1976 waren Softwarekrisen ein Dauerthema des Projekts, was selbstredend auch mit der Schwierigkeit zusammenhing, kompetente Softwareingenieure zu rekrutieren. Verstärkt haben sich die Gegensätze zwischen Soft- und Hardwarelösungen durch eine dramatische Tendenz zum Overdesign im Systemkonzept, das erst sehr spät auf ein realisierbares Mass reduziert worden ist. Zudem litt das Projekt unter einem eklatanten Ungleichgewicht zwischen dem Aufwand für das Betriebssystem und jenem für die Applikationsseiten. Die Softwarekrisen dürften jedoch auch mit einer industriepolitischen Vorentscheidung des Projekts zusammenhängen. Der für die Zentralsteuerung vorgesehene Rechner wird heute von vielen Beteiligten als heilige Kuh, als schwere Hypothek oder aber als Mythos bezeichnet.

Er war das Legat und Danaergeschenk der Hasler AG an das Projekt und sollte als Schweizer Fabrikat eine zentrale Rolle im Aufbau des zukünftigen digitalen Fernmeldenetzes spielen. Während der Betriebsrechner für die Netzüberwachung mit einer VAX Maschine von DEC arbeiten sollte und sich mit neuen Sprachen wie Fortran, Cobol und Pascal programmieren liess, existierte für den Zentralsteuerungsrechner



der Hasler AG nicht einmal ein brauchbarer Compiler.²⁸ Dennoch hielt man an dieser Maschine fest und biss sich mit Rücksicht «auf volkswirtschaftliche Überlegungen» am Assemblercode des Rechners die Zähne aus.²⁹ Deziidiert erklärte der Leitungsausschuss, dass «kein zentralgesteuertes System bekannt sei, bei dem der Zentralprozessor nicht vom Systementwickler gebaut worden sei. Wer das System beherrschen wolle, müsse die Zentralsteuerung in der Hand haben.»³⁰

Die Fixierung auf den Hasler Computer weist schliesslich indirekt auf einen vierten Problembereich des IFS-Projektes hin. Wie der Informatiker Hansjürg Mey 1983 gegenüber der «Technischen Rundschau» im Rückblick festhielt, hatte sich die «Softwarekrise» nicht zuletzt auch darin geäussert, dass «das obere Management eine projektadäquate Sprache weder gesprochen noch verstanden hat.»³¹ Damit sind neben kommunikativen auch organisatorische Problemlagen der Arbeitsgemeinschaft angesprochen. Ein gehemmter Informationsfluss zwischen den Partnern, fehlende Entscheidungsbefugnisse oder firmenspezifische Präferenzen, eine zum Teil sachlich inkompetente politische Projektführung sowie heterogene Partizipationsmotive charakterisierten die

Arbeitsgemeinschaft. Die in den 1960er Jahren noch als flexibel eingeschätzte Organisationsform, in der Mitarbeiter aus verschiedenen Firmen in das IFS-Projekt unter Beibehaltung ihrer ursprünglichen Anstellung delegiert wurden, wirkte sich belastend aus. Sie wurde gegen Ende des Projekts – nachdem man in der Zwischenzeit die Probleme des Projektmanagements mit systemtheoretischen Überlegungen zu lösen versucht hatte³² – wieder schrittweise «zu einer straffen Linienorganisation» ausgebaut. Die nach dem Abbruch erfolgten Evaluations- und Implementationsarbeiten eingekaufter Systeme wurden dann jedoch in einer flexiblen Matrix-Organisation durchgeführt.³³ Auch auf dieser Ebene zeigte das IFS in aller Deutlichkeit, dass die hergebrachten Organisationsformen eines an nationalen Grenzen orientierten Innovationsystems nicht mehr zeitgemäss waren. Organisationsprobleme, so kann man in der Retrospektive beobachten, haben ganz wesentlich zum Misserfolg des IFS-Projektes beigetragen.



165. KONTROLLE

DER HARDWARE.

Lernprozesse und neue Netze

«Alle Strukturänderung», so haben wir von Niklas Luhmann gelernt, «ist Selbständerung. Sie ist in sozialen Systemen nur über Kommunikation möglich. Das heisst nicht, dass die Strukturänderung Thema der Kommunikation sein oder gar in irgendeinem anspruchsvollen Sinne geplant werden müsse. Sie erfordert aber Situationen im System, in denen es beobachtbar, verständlich, plausibel ist, dass Erwartungen sich ändern.»³⁴ Während des IFS-Projekts und im Anschluss an sein Scheitern haben sich Erwartungen an Konzepte hochmoderner Telekommunikationsnetze fun-

damental geändert. Sowohl die Entwicklergemeinschaft als auch ihre Geldgeber haben tiefgreifende Lernprozesse gemacht. Dies war nur möglich, weil sich gleichzeitig eine ganze Reihe von Erwartungen in Bereichen gesellschaftlicher Praxis änderte und die Art dieser Änderungen eine nicht zu unterschätzende Ähnlichkeit aufwies.

Fragen der Umgestaltung bestehender hierarchischer Strukturen zugunsten einer flexibleren oder dezentraleren Allokation von Ressourcen stellten sich zu diesem Zeitpunkt bekanntlich nicht nur im IFS. Auch in unzähligen anderen Bereichen gesellschaftlicher Praxis waren sie ein Dauerbrenner und führten zu erhöhter Flexibilität oder wenigstens zur Wahrnehmung von disfunktionaler Starrheit.³⁵ Man denke etwa an den Verfassungsartikel zur Raumplanung 1969, an die Einführung des Frauenstimmrechts und die Ausdifferenzierung eines mit Umweltschutz beauftragten Amtes 1971, an den Übergang zum Floating der Wechselkurse 1973 und an die Debatten der «Kommission Furgler» über eine «offene Verfassung» seit 1974. Selbst die Universitäten erkannten die Vorteile studentischer Partizipation an hochschulpolitischen Entscheidungsprozessen. Manches davon blieb auf halbem Weg stecken, anderes wurde erst in den 1990er Jahren realisiert. Wichtig scheint, dass sehr vieles gleichzeitig, auf grundsätzliche Art und in ähnlicher Weise diskutiert werden konnte. Selbst für die einigermassen reformresistente Armee war Flexibilisierung nicht mehr automatisch mit dem Kauf von Panzerhaubitzen oder tragbaren Funkgeräten synonym. Man begann rund um die erste Zivildienstinitiative von 1972 ernsthaft auch über den flexiblen sicherheitspolitischen Einsatz von Humankapital zu diskutieren.

Im Kontext des IFS-Projekts zeugen die Diskussionen zur Systemarchitektur, Flexibilisierung und Integration sowie zur Projektorganisation von grundlegenden Veränderungen der Erwartungen an hierarchische Strukturen und von der Flexibilisierung der Ressourcenallokation. Damit sind die wohl grundsätzlichen Veränderungsprozesse angetönt, welche sich seit den späten 1960er Jahren auf politischer, wirtschaftlicher, sozialer und technischer Ebene abgespielt haben. Eine genaue Untersuchung der Veränderung firmeninterner Transaktions- und Informationskosten durch die Entwicklung und die Motive zur Einführung von Local Area Networks dürfte ein ähnliches Bild ergeben.³⁶

Dieser Wandel war überall mit sehr hohen Lernkosten verbunden. Im Fall des IFS waren diese auf rund 220 Mio. Franken gewissermassen in harter Währung zu beziffern. Dieser Verlust musste zum grössten Teil von der Bilanz der PTT als Bundesbetrieb absorbiert werden. Deshalb hatte sich sogar der Nationalrat mit dem IFS auseinanderzusetzen. Er tat dies in mehreren Debatten 1983 und 1984. Aufschlussreich an der Debatte im Dezember 1983 bleibt die Lehre, die einer der parlamentarischen Opinionleader aus dem Scheitern des IFS zog. Ulrich Bremi brachte eine noch vor kurzem ketzerische Ansicht in aller Ruhe zur Sprache: «Was heisst schweizerische Elektronik? Heisst das, dass sich die Arbeitsplätze in der Schweiz befinden, dass es sich um schweizerisches Risikokapital handelt oder dass das geistige Eigentum in der Schweiz stationiert ist? Elektronik kennt keine nationalen Grenzen. Wir müssen akzeptieren, dass unsere Hochschulen und unsere Industrie diesbezüglich nur noch punktuell mit

an der Spitze sind, und dann auch dort in enger-Zusammenarbeit mit ausländischen Firmen.»³⁷ 1969, bei der Gründung der Arbeitsgemeinschaft PCM, hätte sich ein solches Votum dem Verdacht des Landesverrats ausgesetzt. 1983 war es handlungsleitend. Bereits 1984 bestellten die PTT ihre ersten integrierten Fernmeldesysteme, die von Ericsson, von ITT und von Siemens in Schweden, den USA und in Deutschland entwickelt worden waren und nun von den ehemaligen IFS-Partnerfirmen in kürzester Zeit implementiert wurden. Dies liess sich meines Erachtens nur bewerkstelligen, weil das im IFS erworbene Know-how lokal verfügbar war. Die Anforderungen an Schnittstellen zwischen neuen und alten Systemteilen, die neuralgischen Punkte im Systemdesign, die Flexibilitätsgewinne und Integrationsnotwendigkeiten und die organisatorischen Hindernisse waren bestens bekannt. Die «nicht überblickbaren Möglichkeiten» der 60er Jahre waren Mitte der 80er Jahre in klare Handlungskonzepte überführt worden.

Aufsatz Gugerli, Seiten 154–167

1 Der vorliegende Beitrag kann nicht mehr sein als die rudimentäre Skizze einer Geschichte der rechnergestützten Telekommunikation in der Schweiz. Ich danke Beat Bächli für die Unterstützung als Forschungsassistent. Ohne seine Hinweise, Anregungen und kritischen Kommentare hätte ich diesen Text nicht verfassen können. Fehler, Auslassungen, Defizite und Ungenauigkeiten sind selbstverständlich von mir zu verantworten. In mehreren, gemeinsam mit Albert Kündig an der ETH Zürich durchgeführten Lehrveranstaltungen hatte ich die Gelegenheit, ein für Historiker zunächst unwegsames Gelände zu erkunden. Ich danke Albert Kündig für seine Bereitschaft, mir diese von Kabeln, Steuerungen, Formeln und Codierungen verstellte Landschaft plastisch zu erklären. Meine Darstellung stützt sich auf Archivmaterial aus dem IFS-Projekt, auf Interviews und Telefonate mit dessen Protagonisten sowie auf Bächli (2002).

2 Cerf und Kahn (1974).

3 Berners-Lee (1989/90).

4 Siegenthaler (1983).

5 Trachsel (1993), 77–79.

6 Arbeitsgemeinschaft Puls-Code-Modulation. Protokoll Nr. 11 des Leitenden Ausschusses (LA 11), 14. Mai 1970, 7. IFS Archiv.

7 Die analytischen Defizite, die aus der Verwendung des Revolutionsbegriffs für die Entwicklung rechnergestützter Telekommunikationssysteme erwachsen, sind gewaltig. Siehe zum Beispiel die Darstellung von Castells (2001).

8 Imboden (1964).

9 Generaldirektion PTT, Fernmeldedienste. Besprechung mit Vertretern der Industrie über PCM-Vermittlungs- und Uebertragungssysteme, 27. November 1967, 3. IFS Archiv.

10 Imboden (1964), 26.

11 Fontanellaz in: Generaldirektion

PTT, Fernmeldedienste. Besprechung mit Vertretern der Industrie über PCM-Vermittlungs- und Uebertragungssysteme, 27. November 1967, 11. IFS Archiv.

12 Abrecht (PTT) in: Generaldirektion PTT, Fernmeldedienste. Besprechung mit Vertretern der Industrie über PCM-Vermittlungs- und Uebertragungssysteme, 27. November 1967, 16. IFS Archiv.

13 Neu (1972).

14 Siehe dazu die Auseinandersetzung von Bächli (2002) mit Luhmann (1976).

15 Arbeitsgemeinschaft Puls-Code-Modulation. Protokoll Nr. 43 des Leitenden Ausschusses (LA 43), 1. Juni 1976, 6. IFS Archiv.

16 Als Reaktion darauf siehe auch Iseli (1980).

17 NZZ 29./30. Oktober 1983.

18 Neu und Kündig (1968), 633 und 642.

19 Hughes (1987); Mayntz und Hughes (1988); Gugerli (1998).

20 Arbeitsgemeinschaft Puls-Code-Modulation. Technische Kommission Nr. 79 (TK 79). Arbeitsgruppe 5, PCM-Systemstudien (AGr. 5, PCM-Systemstudien): PCM-Vermittlungssystem. Studie eines vollintegrierten PCM-Netzes; Verfasser: AG 5 (GD PTT: Wuhrmann, Neu; AWZ: Pletscher; HAG: Siuda; STR: Beesley, Moser), 25. Juli 1970, 7–8. IFS Archiv.

21 Link (1997).

22 TK 79 (AGr. 5, PCM-Systemstudien), 25. Juli 1970, 14–15. IFS Archiv.

23 Luhmann (1982), 242.

24 TK 79 (AGr. 5, PCM-Systemstudien), 25. Juli 1970, 5. IFS Archiv.

25 TK 64 (Protokoll Nr. 14 der Sitzung der Technischen Kommission vom 4. Februar 1970), 6. Februar 1970, 2. IFS Archiv.

26 TK 79 (AGr. 5, PCM-Systemstudien), 25. Juli 1970, 5. IFS Archiv.

27 Arbeitsgemeinschaft Puls-Code-Modulation. Protokoll Nr. 21 des Leitenden Ausschusses (LA 21), 26. Oktober 1972, 6. IFS Archiv.

28 Diese Interpretation ist nicht unumstritten. Sicher ist nur, dass sie mit grösserer Wahrscheinlichkeit von Zeitzeugen vertreten wird, die ein eher distanzierendes Verhältnis zu Hasler hatten. Der «T-203» könnte in der historischen Überlieferung auch eine Sündenbockfunktion zugewiesen erhalten haben.

29 Arbeitsgemeinschaft Puls-Code-Modulation. Protokoll Nr. 41 des Leitenden Ausschusses (LA 41), 15. Januar 1976. IFS Archiv.

30 Arbeitsgemeinschaft Puls-Code-Modulation. Protokoll Nr. 42 des Leitenden Ausschusses (LA 42), 26. März 1976, 2. IFS Archiv.

31 Hansjürg Mey, in: Technische Rundschau, 1. November 1983, 1.

32 Vgl. Technische Rundschau, Nr. 17, 26. April 1983, 11f. Siehe auch Fontanellaz (1981), 58: «Die Grösse und Komplexität der IFS-Entwicklung muss sich im Aufbau einer angemessenen, beweglichen und schlagkräftigen Organisation widerspiegeln. Die Leitung eines solchen Grossprojektes benötigt Mittel, um den Projektfortschritt dauernd überwachen zu können. [...] die Entwicklungsabläufe sind streng nach formalisierten Entwicklungsmethoden zu gestalten.»

33 Bächli (2002).

34 Luhmann (1984), 478.

35 Siehe auch Siegenthaler (1983); Siegenthaler (1987); Siegenthaler (1994); Siegenthaler (1986); Siegenthaler (1993).

36 In diesem Bereich ist ein grosser technikhistorischer Forschungsbedarf festzustellen. Zu untersuchen wären hier in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit die Projekte zur Entwicklung und Einführung des Ethernet (Xerox Park, Palo Alto), des Token Ring (IBM Forschungslabor in Rüschlikon), des Cambridge Ring (National Physics Laboratory, Teddington, Middlesex), des SILK (Hasler AG, Bern). Zum Erfolg des Ethernet siehe von Burg (2001).

37 Amtliches Bulletin der Bundesversammlung, Nationalrat. Wintersession 1983, 8. Sitzung, 12. Dezember 1983, 1755.

Aufsatz Herlyn, Seiten 170–197

1 Funkrufdienste im Aufbau, 1985, S. 95. Historisches Archiv und Bibliothek PTT: QB 05921.

2 PTT-Zeitschrift 3 (1959), S. 89. Historisches Archiv und Bibliothek PTT.

3 Erich Kästner: Der 35. Mai oder Konrad reitet in die Südsee. Berlin 1975, zuerst Zürich 1931.

4 Schreier (1997), S. 24–28.

5 Technische Beilage der Schweiz. Post-, Zoll- und Telegraphen-Zeitung, Jahrgang 1917–1922; fortgeführt als: Technische Mitteilungen, hg. von der schweiz. Telegraphen- und Telephonverwaltung, Jahrgänge 1923–1960 (zuletzt als: Technische Mitteilungen PTT); zitiert als: TM Nummer (Jahr), Seite, hier 6 (1923), S. 72.

6 TM 2 (1941), S. 1ff.

7 Historisches Archiv und Bibliothek PTT: GD TT 00 B 211 554.03.

8 Hasler-Mitteilungen, 3 (1946), S. 5. Historisches Archiv und Bibliothek PTT.

9 Hasler-Mitteilungen, 1 (1949), S. 23. Historisches Archiv und Bibliothek PTT.

10 Historisches Archiv und Bibliothek PTT: GD TT 00 C 337 400,5 58.1

11 Hasler-Mitteilungen, 1 (1953), S. 5. Historisches Archiv und Bibliothek PTT.

12 PTT-Zeitschrift, 5 (1958), S. 155. Historisches Archiv und Bibliothek PTT.

13 PTT-Zeitschrift, 1 (1957), S. 27. Historisches Archiv und Bibliothek PTT.

14 Hasler-Mitteilungen 3, (1964), S. 74. Historisches Archiv und Bibliothek PTT.

15 Historisches Archiv und Bibliothek PTT.

16 Historisches Archiv und Bibliothek PTT: TF 00 C 1287 400.5.

17 Historisches Archiv und Bibliothek PTT: TF 00 C 1287 400.5.

- 143** RDB, Riniger
- 144** Globi-Verlag
- 145** Der Globi, Jugendschrift 1. Jg., Heft 2, 1935, Globi-Verlag
- 146-148** Siege und Niederlagen, 1943, S. 17, Globi-Verlag
- 149-151** Globi beim Fernsehen, 1961, S. 9, Globi-Verlag
- 152** Globi bei der Feuerwehr, 1985, S. 53, Globi-Verlag



221. ABGRENZUNG EINER LEITUNGSSTÖRUNG, 1951.

- 153/154** Globi bei der Rega, 1988, S. 33, Globi-Verlag
- 155** Globi hilft der Polizei, 1994, S. 95, Globi-Verlag
- 156/157** Globi als Detektiv, 1965, S. 43, Globi-Verlag
- 158, 159** Museum für Kommunikation, Bern
- 160-162** Albert Kündig, Zürich
- 163** Technische Rundschau 1983, Nr. 44
- 164** Albert Kündig, Zürich
- 165** Werbeprospekt IFS, IFS-Archiv
- 166** «Der 35. Mai oder Konrad reitet in die Südsee», Atrium Verlag
- 167** Museum für Kommunikation, Bern
- 168** Historisches Archiv und Bibliothek

- PTT: Bern, Hasler-Mitteilungen 1949/1
- 169** Foto: Brandt, Slg. Museum für Kommunikation, Bern
- 171-174** Museum für Kommunikation, Bern
- 175** Historisches Archiv und Bibliothek PTT: Bern, Hasler-Mitteilungen 1953/1
- 176, 177** Museum für Kommunikation, Bern
- 178** Historisches Archiv und Bibliothek PTT: Hasler Mitteilungen 1964/3
- 179** Historisches Archiv und Bibliothek PTT: P 337-5-1982
- 180-182** Museum für Kommunikation, Bern
- 183** Foto: Comet, Slg. Museum für Kommunikation, Bern
- 184** Nebenspalter Nr. 24, Museum für Kommunikation, Bern
- 185** Historisches Archiv und Bibliothek PTT: P 337-29-1990
- 186, 187** Museum für Kommunikation, Bern
- 188** Historisches Archiv und Bibliothek PTT: TELE 004 A 0003
- 189** Museum für Kommunikation, Bern
- 190** Swisscom mobile
- 191** Historisches Archiv und Bibliothek PTT: P 337-49-1994
- 192** Historisches Archiv und Bibliothek PTT
- 193** Peter Zaloudek (Süddeutsche Zeitung 5./6. Februar 1994)
- 194, 195** Swisscom mobile
- 196** Nebenspalter Nr. 24, Museum für Kommunikation, Bern
- 197** Tom Touché (Taz 21. April 2001)
- 198, 199** Swisscom mobile
- 200, 201** Museum für Kommunikation, Bern
- 202, 203** Swisscom mobile
- 204-206** Museum für Kommunikation, Bern
- 207** Swisscom mobile
- 208** Foto: Beat Löliger, HTA Bern
- 209, 210** Swisscom mobile
- 211** Museum für Kommunikation, Bern