

HANS DIETER HELDIGE

## ERFAHRUNGEN MIT SEMINAREN ZUR GESCHICHTE DER NETZWERKARCHITEKTUREN UND DES INTERNETS.

*Vortrag auf dem Symposium der GI-Fachgruppe 8.2. / Informatik- und Computergeschichte:  
„Historische Anteile in der Informatiker-Ausbildung“ auf der GI/ÖGI-Jahrestagung 2001,  
Wien 27.09.2001*

Ich biete seit dem Sommersemester 1977 Seminare im Fachbereich Physik/Elektrotechnik und in den Studiengängen Informatik und Medieninformatik der Universität Bremen an. Anfangs standen Seminare in der Elektrotechnik zur Geschichte der technisch-wissenschaftlichen Intelligenz, zur historischen Branchenanalyse Elektroindustrie und zur Energietechnik im Vordergrund.<sup>1</sup> Seit Mitte der 80er Jahre dominierten eindeutig Veranstaltungen zur Langzeitentwicklung und Technikbewertung von Techniken der Tele- und Computerkommunikation. Seit Ende der 90er Jahre habe ich meine Lehrtätigkeit auch auf computer- und informatikhistorische Themenstellungen ausgedehnt. Die Gegenstände und Lehrkonzepte variieren dabei ständig, aber es kristallisierten sich in den letzten 15 Jahren sechs Schwerpunkte heraus:

1. Überblicke über die informationstechnische Entwicklung aus der Sicht der Technikgeschichte und der sozialwissenschaftlichen Technikforschung (BTG-Einführung, Grundlinien der informationstechnischen Entwicklung, Analyse- und Bewertungsinstrumente der Technikgenese-forschung und Technikbewertung)
2. Nutzungsbezogene Probleminventare und Gestaltungskonzepte von Tele- und Computerkommunikationstechniken mit dem Schwerpunkt der Mensch-Maschine-Schnittstelle und Bedientechnik (Hard- und Softwareergonomie für Elektrotechniker)

---

<sup>1</sup> Einen Niederschlag haben dabei behandelte Fragestellungen gefunden in: Hellige, Hans Dieter (1985): Die Größensteigerung von Elektrizitätsversorgungssystemen: Eine kritische Bestandsaufnahme aus technikhistorischer Sicht, in: Lehren & Lernen, Berufsfeld Elektrotechnik, H. 6: Energietechnik, hrsg. von Detlef Gronwald, 1985, S. 111-133; Hellige, Hans Dieter (1986): Entstehungsbedingungen und energietechnische Langzeitwirkungen des Energiewirtschaftsgesetzes von 1935, in: Technikgeschichte, Bd. 53 (1986) Nr. 2, S. 123-155; Hellige, Hans Dieter (1987): Elektrotechnische Basisinnovationen im langfristigen Konjunkturverlauf. Kritische historische Überlegungen zur schumpeterianischen Theorie der technisch-ökonomischen Entwicklung, in Lehren & Lernen, Heft 9/1987, S. 69-87

3. Geschichte und Gegenwart der Computernetze einschließlich ihrer Anwendungen (Leitbilder, Architekturen und Entwicklungsdynamiken von Netzwerken und Netzwerkanwendungen, insbesondere Geschichte des Internets und konkurrierender Computernetze)
4. Langzeitvergleiche von Hardware- und Software-Konstruktionslehren (Rechnerarchitektur und des Software Engineering / der Software Architecture) mit Blick auf aktuelle Methodendiskussionen sowie allgemeine Theoriedebatten in der Informatik
5. Geschichte und aktuelle Entwicklungen von Mensch-Computer Interfaces mit den Schwerpunkten Designtheorien und Metaphern-Transfer
6. Geschichte und Genese von Informations- und Kommunikationsmedien, insbesondere der Wissensmedien, wobei Fragen der Rolle von Visionen, Leitbildern, Metaphern und Interaktionskonzepten im Mittelpunkt standen

Im folgenden möchte ich näher auf den dritten Veranstaltungsschwerpunkt eingehen, der sich mit der Rechnernetzwerkung und der Langzeitentwicklung von Computernetzen beschäftigt. Diese Vorlesungen bzw. Seminare verbinden die historisch-genetische mit der systemischen Betrachtungsweise, d.h. den Entstehungszusammenhang und die Entwicklungsbedingungen von Computernetzen mit deren Baustruktur, Systemeigenschaften und Systemdynamiken. Auch diese Veranstaltungen verknüpfen Analysemethoden der historischen und soziologischen Technikgeneseforschung wie Leitbildanalyse, Systemhistorie und Technologielebenszyklusmodellen. So dient die Geschichte des Internet sowohl zur Einführung in die Architekturprinzipien von Netzen, in die Strukturmerkmale und Entwicklungsdynamik von informationstechnischen Infrastrukturnetzen und es werden hierbei die Designmerkmale und Designkonflikte aus unterschiedlichen Perspektiven der Netzbetreiber, Systemhersteller und Netzteilnehmer beleuchtet. Es wird nach dem Zusammenhang zwischen Netzwerkcharakteristik bzw. -eigenschaften und Anwendungspotentialen gefragt. Die Geschichte des Internet ist nicht, wie es aus häufiger Sicht den Anschein hat, ein geradliniger Aufstieg zum Erfolg, sondern eine Slalomstrecke um Probleme, Fehlentscheidungen und Interessenkonflikten unter den beteiligten Akteuren. An seinem Beispiel lassen sich Einsichten in die Bedeutung von Topologiegestaltung und Zugangscharakteristiken, ergonomischer Qualität von Benutzungsprotokollen und Antizipation von Anwenderverhalten für den Aufstieg zum "Netz der Netze" vermitteln.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Siehe u.a. Hellige, Hans Dieter (1993): From SAGE via ARPANET to ETHERNET: Stages in Computer Communications Concepts between 1950 and 1980, in: Eda Kranakis (Ed.), Beyond Hardware History: Studies in the Social History of Information Technology, History and Technology, Bd. 11 (1994), S. 49-75.

Ich habe diese Veranstaltung bisher in zwei Versionen angeboten, eine mit einem breiteren Themenspektrum für einen größeren Teilnehmerkreis und zuletzt eine besonders anspruchsvolle für eine kleine Gruppe, die sich auf die Genese und Entwicklung von Netzwerkarchitekturen konzentriert. Der erste Typ gibt eine allgemeine Einführung in die Geschichte der Computernetzinfrastrukturen und der Rechnernetzung in Büro und Fabrik mit jeweils dazu gehörenden Anwendungskonzepten. Der zweite Typ gelangt über die Historie der Strukturformen und Bauprinzipien von Netzen zu allgemeineren Fragen der ingenieurwissenschaftlichen Designmethodik. Zugleich lässt sich der eminent gesellschaftliche und politische Charakter der Netzarchitektur und Protokollwelten erkennen. Denn hier wie in den anderen Veranstaltungstypen geht es mir besonders darum, deutlich zu machen, dass die Gesellschaftlichkeit von Technik sich nicht erst im Verwendungszusammenhang ergibt, sondern bereits im Genese- und Gestaltungsprozess und dass angehende Elektroingenieure deshalb für möglichst rationale anwenderbezogene und folgenbewusste Lösungen motiviert werden sollen.

Das Seminar bietet einen Überblick über die Entstehung und Entwicklung von Netzwerkarchitekturen von Weitverkehrs- und Lokalen Netzen bis zur Gegenwart. Die Längsschnitt-Betrachtung soll Zusammenhänge deutlich machen, die die aktuelle Vielfalt der Techniken und Produkte verdeckt. Der Überblick wird verbunden mit einer Einführung in den Entstehungshintergrund von Strukturierungs- und Standardisierungskonzepten in der Informationstechnik sowie in Grundfragen der Gestaltung von Computer- und Informationsnetzen. Näher behandelt wird die Frage, warum der Internet-Protokollstack (TCP/IP) die Open-System-Interconnection-Architektur (OSI-Modell) völlig verdrängt hat und warum sich im LAN-Bereich Ethernet- bzw. WLAN-Netze klar gegenüber den Konkurrenten durchsetzen konnten. Das Seminar zielt insgesamt auf die unterschiedlichen Entwicklungsmuster und das Zusammenspiel von WAN-, MAN-, LAN-, PAN-, und BAN-Netzen. Meine Vorgehensweise soll im folgenden näher am Beispiel der LAN-Genese- und Entwicklung ausgeführt werden.

# LEHRBEISPIEL LAN-GENESE UND ENTWICKLUNG

HANS DIETER HELDIGE: SEMINAR NETZWERKARCHITEKTUREN

## LAN: BEGRIFF, ENTWICKLUNGSPHASEN, CHARAKTERISTIKA

### LOCAL AREA NETWORKS ( LAN'S )

**LAN-BEGRIFF:** Definition ist standort - und interessengebunden

#### **Begriffs-Dimensionen**

- geographische Reichweite (von 100 m bis zu 10 km )
- juristische Verfügung (Inhouse-System gegenüber dem öffentlichen Fernmeldenetz)
- organisatorisches Konzept (lokaler Kooperationsverbund auf PC-Basis)
- technisches Konzept (Paketorientierung, hohe Datenraten, bitserielle Übertragung, meistens verteilte Vermittlung, Anschluß unterschiedlicher Geräte)

#### **LAN-Generationen**

- 1.Generation: bis 10 MBit/S (Low-/Middle-Speed LAN) Eindienste-LAN's
- 2.Generation: um 100MBit/S (High Speed LAN) Mehrdienste-LAN's
- 3.Generation: im GBit/S-Bereich vollintegrierte Daten-, Sprach- und Video-Dienste

#### **LAN-ENTWICKLUNGSPHASEN**

<b>1.Generation</b>	Vorlaufphase	1967-1972
	Inventions-/Experimentalphase	1972-1980
	Innovationsphase	1980-1985
	Diffusionsphase	ab 1985/86
<b>2.Generation</b>	Inventionsphase	1984-1990/91
	Innovationsphase	ab 1990/91
<b>3.Generation</b>	Inventionsphase	ab 1990/91

#### **WESENTLICHE LAN-CHARAKTERISTIKA**

##### **LAN-TOPOLOGIE**

Nach naturwüchsigen Maschennetzen zu Beginn setzten sich seit Ende der 70er Jahre vor allem Bus-Topologien durch. Mit erheblicher Verzögerung breitete sich nach 1986/87 dann auch die Ring-Topologie aus, allerdings meist in der Mischform einer Stern-Ring-Architektur. Reine Stern-Netze spielen dagegen eine untergeordnete Rolle, sie werden meist in Verbindung mit

Telefon-Nebenstellenanlagen betrieben. Der Normalfall in Unternehmen, Universitäten und größeren Institutionen sind Hybridnetze bzw. die Koppelung unterschiedlicher Topologien. Dabei sind an einen Backbone (übergeordnetes Netz) eine Reihe von Subnetzen mit unterschiedlichen Topologien angeschlossen, siehe das Bremer Campusnetz als Beispiel.

### ***ÜBERTRAGUNGSMEDIUM***

Der Schwerpunkt liegt noch immer bei der vom Ethernet zuerst eingeführten Koaxialtechnik (50 oder 75 Ohm-Typen). Seit Mitte der 80er Jahre dringen aber zunehmend verdrillte Kupferdoppel-adern vor, u.z. zunächst die besonders isolierten "Shielded Twisted Pairs" (STP) und seit einigen Jahren vor allem die "Unshielded Twisted Pairs" (UTP). Letztere sind relativ billig und besonders flexibel bei der Installation und der Erweiterung, sie erlauben vor allem die Nutzung der bereits in Gebäuden verlegten Telefonkabel. Gerade dieses Downgrading hat erheblich zur Ausbreitung und zum Erfolg der LANs beigetragen. Wegen der hohen Interferenzgefahr sind sie für den industriellen Einsatz aber nicht geeignet. Noch sehr langsam erfolgt dagegen der Übergang zur Licht-wellen-leiter-Verkabelung. Die Upgrading-Strategie ist für die meisten LANs noch zu teuer, zu kompliziert (Spleiß-Problematik bei Glasfasern) und von den meisten Anforderungen her überdimensioniert.

### ***ZUGRIFFSVERFAHREN***

#### *Zufallsgesteuerte Methoden - Spontaner Zugang*

Das Fehlen eines zentralen Vermittlungsknotens und die Notwendigkeit einer Regelung des Zugriffs verschiedener Nutzer auf das gemeinsame Übertragungsmedium hat zur Entwicklung einer ganzen Reihe von Zugriffsverfahren geführt. Das 1968-1971 in Betrieb gegangene Hochschul-Forschungsnetz ALOHANET wählte als erste Lösung des Netzzugriffs ein reines random-access-Verfahren (PURE-ALOHA), bei die Sendewilligen spontan auf das Netz zugreifen. Eine hohe Übertragungsrate hält dabei die möglichen Kollisionen in Grenzen. Da bei einer höheren Netzauslastung (ab 50-60%) die Übertragungen häufiger zusammenbrechen können, wurde für eine zuverlässigere Datenübertragung einerseits eine strikte Taktung der Übertra-gungssegmente (SLOTTED ALOHA) eingeführt (Nachteil: schlechtere Kanalausnutzung und geringere Flexibilität) und andererseits die Zugriffssteuerung durch Besetztabfrage des Sende-willigen sowie Regelungen bei Kollisionen geschaffen, das CSMA/CD-Verfahren des ETHER-NET (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detecting). In dieser verbesserte Form hat das kollisions-behaftete CSMA-Verfahren bis heute seine Führungstellung behauptet, da, entgegen den Behauptungen seiner Gegner, in der Praxis die Netzauslastung recht selten über 5-10% beträgt.

#### *Deterministische Methoden - Kontrollierter sequentieller Zugang*

Zur Vermeidung von Kollisionen im Netz sind mehrere zentrale und dezentrale Selektionsverfahren entwickelt worden. Die älteste Methode ist das in vielen Rechenzentren bzw. Time-Sharing-Systemen angewandte POLLING, ein statisches Verfahren, bei dem die Zentrale bei allen Stationen die Sendewilligkeit abfragt. Nachteile des an sich gerechten Zugriffsverfahrens sind jedoch der große Zeitverlust wegen des schematischen Umlaufes und die höhere Ausfallgefährdung aufgrund zentraler Netzsteuerung. Das Polling-Verfahren wurde daher durch Farmer und Newhall 1968 im Bell-Lab zum zirkulierenden TOKEN-PASSING weiterentwickelt. Vorteil des Tokens ist eine garantierte maximale Wartezeit, ein Faktor, der vorallem in industriellen LANs wichtig ist (Token-Bus). Nachteil ist der gegenüber dem normalen CSMA-Betrieb höhere Zeit-aufwand durch den Umlauf. Zur Ökonomisierung ist daher das Multiple Token- bzw. Early- Token-Verfahren entwickelt worden. Daisy-Chaining und sind weitere Methoden des kontrol-lierten sequentiellen Zugangs.

### *Reservierungsverfahren*

Hierbei erfolgt keine geregelte Selektion von jeweils Sendeberechtigten, sondern eine Vorabzuweisung von Netzressourcen an alle Teilnehmer, u. U. nach Prioritäten. Die älteste Methode ist hierbei das Zeitschlitz-Verfahren (Slot-Verfahren), das bereits in der Multiplex-Telegraphie und im Time-Sharing verwendet wurde. Als synchrones Time Division Multiplexing (TDMA) wird es aber auch wieder in synchronen Glasfasernetzen (SONET, Synchrone Digitale Hierarchie, SDH) sowie in verteilter Form in der "Verteilten Warteschlange" in Metropolitan Area Networks (MANs) eingesetzt. Die feste Zuordnung von Zeitquanten an alle Benutzer ist vom Protokoll-aufwand her einfacher, jedoch vom Bandbreiten-Verbrauch her relativ aufwendig und wenig flexibel und nur bei Bandbreiten-Überschuß angebracht.

Bei allen Zugriffsverfahren gibt es Zielkonflikte der Netz-Designer zwischen der Zugangs-Gerechtigkeit bzw. Faineß, der Flexibilität, der Zuverlässigkeit und dem jeweils erforderlichen Bandbreiten-Bedarf.

## ENTSTEHUNG UND ENTWICKLUNGSDYNAMIK DER LAN's

### GENESE DER LAN's

**Fragestellung:** Wodurch wurde die LAN-Technologie ausgelöst und warum brauchte sie fast zwei Jahrzehnte von den ersten Konzepten bis zur Marktausbreitung in großem Stil?

#### **Angebotslücke:**

Die LANs schließen die Lücke zwischen Multiprozessorsystemen und öffentlichen und privaten Weitverkehrsnetzen. Dieser lokale Bereich der Computerkommunikation war durch Entwickler, Hersteller und Netzbetreiber vernachlässigt worden. Die Defizite und akuten Mängel der Large-Scale-Time-Sharingsysteme (Überlastung zu Hauptverkehrszeiten) und die Schwächen der digitalen Nebenstellenanlagen bei der Datenübertragung bildeten einen starken Anreiz für Überlegungen über Alternativen. Aber von der Nachfrageseite (Anwender kamen keine direkten Impulse für die Schaffung lokaler Netzwerke.

#### **Auslöser für die LAN-Entstehung bei DV- und Kommunikationstechnik-Entwicklern**

1. Paketvermittlungstechnik: Anpassung des lokalen Bereichs
2. Vom Militär angestoßene Suche nach weniger verletzlichen Netzarchitekturen ("invulnerable networks")
3. Probleme des Zugriffs vieler Stationen auf den Zentralrechner
4. Suche nach Ersatz für Zeitmultiplex (TDM) in der Datenübertragung
5. Notwendigkeit des Resource-Sharing beim PC-Einsatz

#### **Erster LAN-Entwicklungsstrang: Lokalbereich von WAN-Paketnetzen**

1. LAN-Konzept: Forschungsnetz des National Physical Laboratory in Teddington von 1967/68,

LAN-Bedeutung nicht erkannt, fixiert auf WAN-Paketnetz.

2. LAN-Konzept: ALOHANET der Uni von Hawaii, 1968-71, LAN-Möglichkeiten nicht gesehen, fixiert auf Funkübertragung und Time-Sharing von Zentralrechnern.

#### **Zweiter LAN-Entwicklungsstrang: Frühe Ring-LAN's**

*Frühe Versuche mit der Ringtopologie bei AT&T bzw. Bell-Lab*

3. LAN-Konzept: Farmer-Newhall-Ring von 1968/69, erster Token-Ring, unentschieden zwischen lokaler -Perspektive ("conversation" der Stationen untereinander) und WAN-Perspektive (Suche nach Ersatz für ungeeignetes TDM-Verfahren in der Datenkommunikation und nach Alternative zur klassischen Fernmeldenetz-Architektur). Da das Bell-System an der lokalen Komponente kein Interesse hatte, wurde es sehr bald fallengelassen.

4.LAN-Konzept: Pierce-Ring von 1970/71.Er führte die überregionale Komponente des Farmer-Newhall-Loops fort, allerdings mit dem traditionelleren Zugriffsverfahren der Zeitschlitzte.

(Slot-Ring). Der Pierce-Ring ist eine typische Netzbetreiber-Entwicklung, Leitbild war ein effizienteres hierarchisches DFÜ-Großnetz, das die netzökonomischen Probleme einer großen Fernmeldegeseellschaft löst, nicht aber die technische Infrastruktur für einen lokalen Kooperationsverbund bereitstellen möchte. der Pierce-Ring wurde aber wichtig für andere Ringnetz-Entwürfe in Europa (Hasler-, Zürich- und Cambridge-Ring).

#### *Frühe Versuche mit der Ringtopologie bei IBM*

5. LAN-Konzept: IBM-2790-Ring von Steward und Hippert von 1970/71(IBM Systems Development Division), ein Token-Ring mit zentraler Steuerung. In Ansätzen war hier bereits die später von IBM favorisierte Stern-Ring-Architektur (Wiring Center) vorhanden. Diese als Problemlösung für den Anschluß vieler Terminals an zentrale Systeme gedachte Entwicklung wurde in die IBM-Standardprotokolle der SNA-Netze einbezogen, aber nicht als LAN-Architektur weiterverfolgt. Parallel hierzu entstand bei IBM ein weiterer LAN-Vorläufer-Typ.

6. LAN-Konzept: erster Zürich-Ring von Konheim und Meister von 1970/71 von US Air Force gefördert. Dessen erklärtes Ziel war der Ersatz des sternförmigen Anschlusses von Terminals an die CPU. Die gewählte Architektur, ein Slot-Ring mit zentralem Supervisor; war aber höchst problematisch, da bei ihr zur störanfälligen Ring-Topologie eine zentrale Steuerung hinzukam.

#### *Ergebnis der frühen Bell Lab-/IBM-Ring-Entwicklung :*

Wesentliche Elemente des Token-Rings waren vorhanden, wurden aber nicht in Produkte umgesetzt. Es dauerte bei IBM noch bis 1985/86, bis ein marktfähiger Token-Ring vorgelegt werden konnte. AT&T ging dagegen zu noch traditionelleren Sternnetz-Architekturen über, ohne damit aber einen größeren Marktanteil zu erringen. Bei der größten Telekommunikations-Hersteller- und Betreiber-Gesellschaft der Welt und dem mit Abstand größten Computer-Hersteller standen die vorherrschenden Leitbilder der Schaffung einer marktfähigen LAN-Architektur im Wege. Die von ihnen gewählten neuen Netzarchitekturen waren vielfach sehr verletzlich und wurden daher auch schnell wieder fallengelassen. So blieb es Außenseitern vorbehalten, als erste eine in der Praxis funktionierende LAN-Architektur zu entwickeln.



### **Dritter LAN-Entwicklungsstrang: Bus-LANs im Kontext der PC-Entstehung**

7. LAN-Konzept: ETHERNET-Entstehung im Xerox PARC 1972-76. Robert Metcalfe's Ethernet war als Gegenkonzept zur Mainframe-Welt von Großorganisationen konzipiert. Lokale Netze fungierten bei ihm als Zubehör zum PC.

#### *Technisches Konzept: des Ethernet*

Übertragung der ALOHA-CSMA-Lösung auf ein 50-Ohm-Koaxialkabel, Kombination mit Bus-Topologie, Verbesserung des CSMA durch "collision detecting", 10 MBit/S Übertragungsrate

#### *Leitbild*

- möglichst einfaches Vernetzungs-Konzept für einzelne Bürogebäude bzw. Gebäudekomplexe
- billige strong-and-simple-Technik
- das Preisniveau sollte sich den PC-Kosten anpassen
- das Netz sollte die Kooperationsbeziehungen von Arbeitsgruppen widerspiegeln

#### *Marktentwicklung*

1976/77 Erste Ethernet-Installationen, Problem der LAN-Lösungsvielfalt

1979 Bündnisbildung: DIX-Konsortium von DEC, Intel und Xerox

1980 Ethernet als Massenprodukt marktfähig

1980-83 Standardisierung als IEEE 802.3 (1980=DP: Draft Proposal; 1982=DIS: Draft International Standard; 1983=IS, International Standard)

Ethernet wurde die erfolgreichste LAN-Architektur bis heute, noch immer größtes Marktsegment

### **Vierter LAN-Entwicklungsstrang: Token-Ring als IBM-Gegenstrategie**

8. LAN-Konzept: Token-Ring als Vernetzungskonzept für die IBM-Welt

1980 Interne Verhandlungen Metcalfes mit IBM scheitern

1981/82 Wiederanknüpfen von IBM an Zürich-Ring

1983 Erste vage Token-Ring-Ankündigung

1984 IBM-Verkabelungskonzept

1985 Vorfassung des Token-Rings

1986 im Herbst Token-Ring endlich marktreif

#### *Technisches Konzept:*

Stern-Ring mit aktiven Stationen (Repeater), 4 MB Übertragungsrate, Ringleitungsverteiler zur Beseitigung der Verfügbarkeitsprobleme von einfachen Ringen, geringe Offenheit gegenüber Nicht-IBM-Stationen, Ausweitung auf 16 MBit/S

### *Leitbild*

In erster Linie Vernetzungskonzept für die IBM-Welt, Anbindung von PC-Inseln an die hierarchische SNA-Architektur. Aufbau einer Ringnetz-Hierarchie: 4MBit/S als untere Ebene, 16MBit/S als mittlere Ebene, FDDI (Fiber Distributed Data Interface) 100 MBit/S-Backbone

### *Marktentwicklung*

Strategie des Second-Best ist gescheitert, schlechtes Innovations-Timing. IBM läuft noch immer Ethernet-Entwicklung hinterher. Beginn der Koexistenz Ende der 80er Jahre, ab 1991 Kombination beider Netzarchitekturen, Duopol gegenüber den übrigen Netz Architekturen angestrebt.

### **Fazit**

Die überlange Entwicklungsdauer der lokalen Netze ist nicht primär aus technischen Problemen oder aus mangelnder Nachfrage zu erklären. Der schnelle LAN-Boom seit Mitte der 80er Jahre spricht dem entgegen. Es waren in erster Linie traditionelle Leitbilder, die einer schnellen Umsetzung der durchaus vorhandenen technischen Lösungsansätze in praxisgerechte LAN-Produkte im Wege standen. Durch seine Verzögerungs- und irritierende Ankündigungs-politik sowie durch das Beharren auf einer eigenen Produktlinie hat IBM die Diffusion der LAN-Technologie um fünf Jahre zurückgehalten und zugleich eine technisch kaum gerechtfertigte Aufspaltung des LAN-Marktes herbeigeführt.