

3. ATM-Backbone-Netz der Universität Rostock

3.1. Einleitung

Die Universität Rostock ist eine der ältesten Universitäten Deutschlands. An ihr sind in acht Fakultäten ca. 8.500 Studenten eingeschrieben, denen mehr als 40 Studiengänge angeboten werden. Dazu kommen 3.400 Mitarbeiter in der Medizinischen Fakultät und 1.600 in den übrigen Fakultäten. Die Einrichtungen der Universität Rostock sind mit 35 Standorten über das gesamte Stadtgebiet verteilt. Bild 3-1 zeigt die geographische Verteilung der Hauptstandorte.

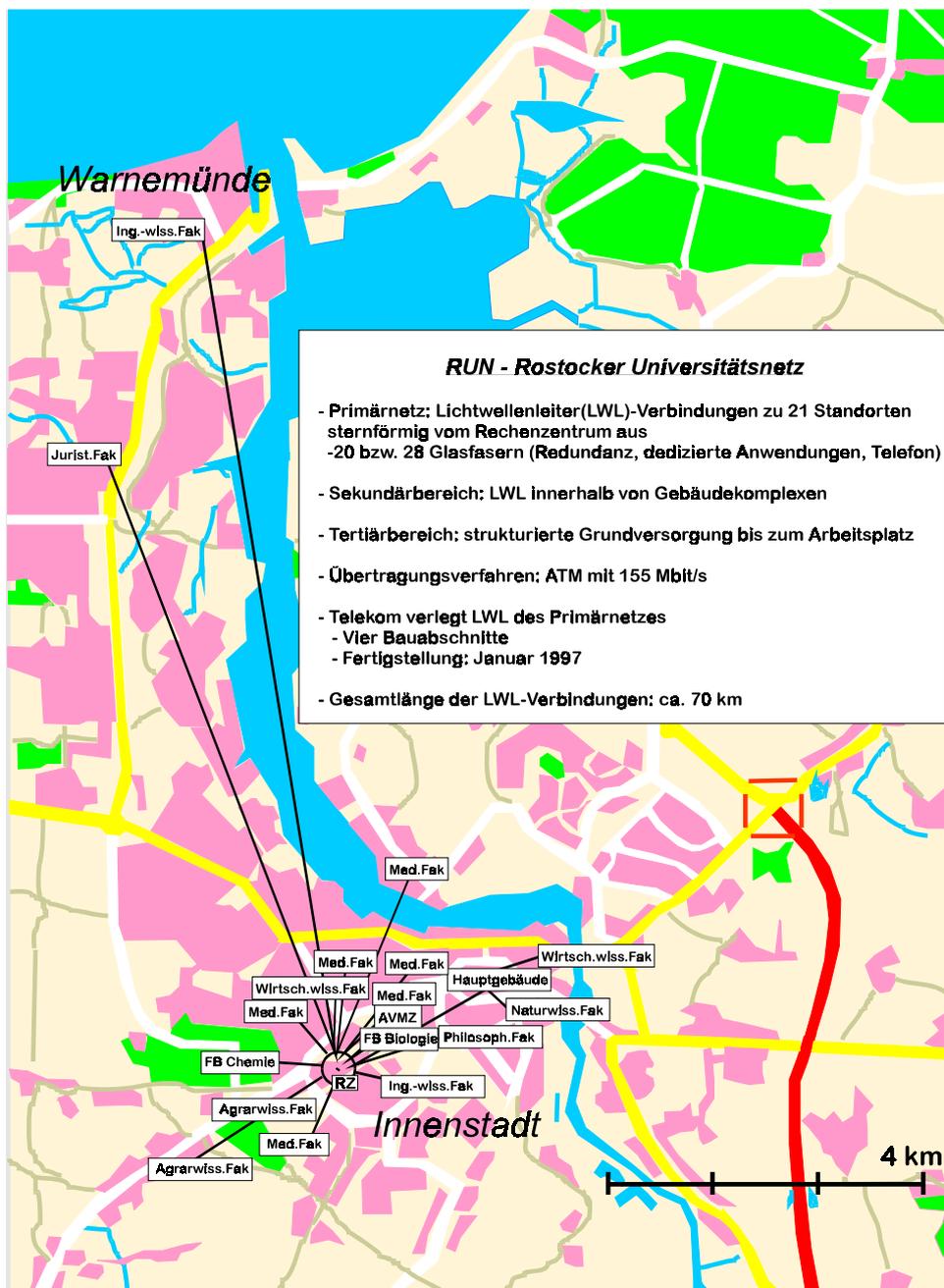


Bild 3-1 : Übersichtskarte der Hauptstandorte der Universität Rostock

Bis Anfang der neunziger Jahre verfügte die Universität Rostock über keine einheitliche Netzstruktur. An den verschiedenen Standorten waren diverse Lokale Netze im Einsatz, die ständig anwuchsen. 1991 begann der Aufbau eines universitätsweiten Datennetzes auf der Basis von X.25 mit einer maximalen Übertragungsgeschwindigkeit von 64 kbit/s. An das X.25-Netz waren auch die allgemein zugänglichen Rechner der Hochschule angeschlossen, so daß die Möglichkeit bestand, von entfernten Arbeitsstationen wie Forschungsstationen oder Studentenwohnheimen über Wählzugänge auf diese Ressourcen zuzugreifen.

Bild 3-2 [URZ96] zeigt das ursprüngliche Wissenschaftsnetz der Universität Rostock.

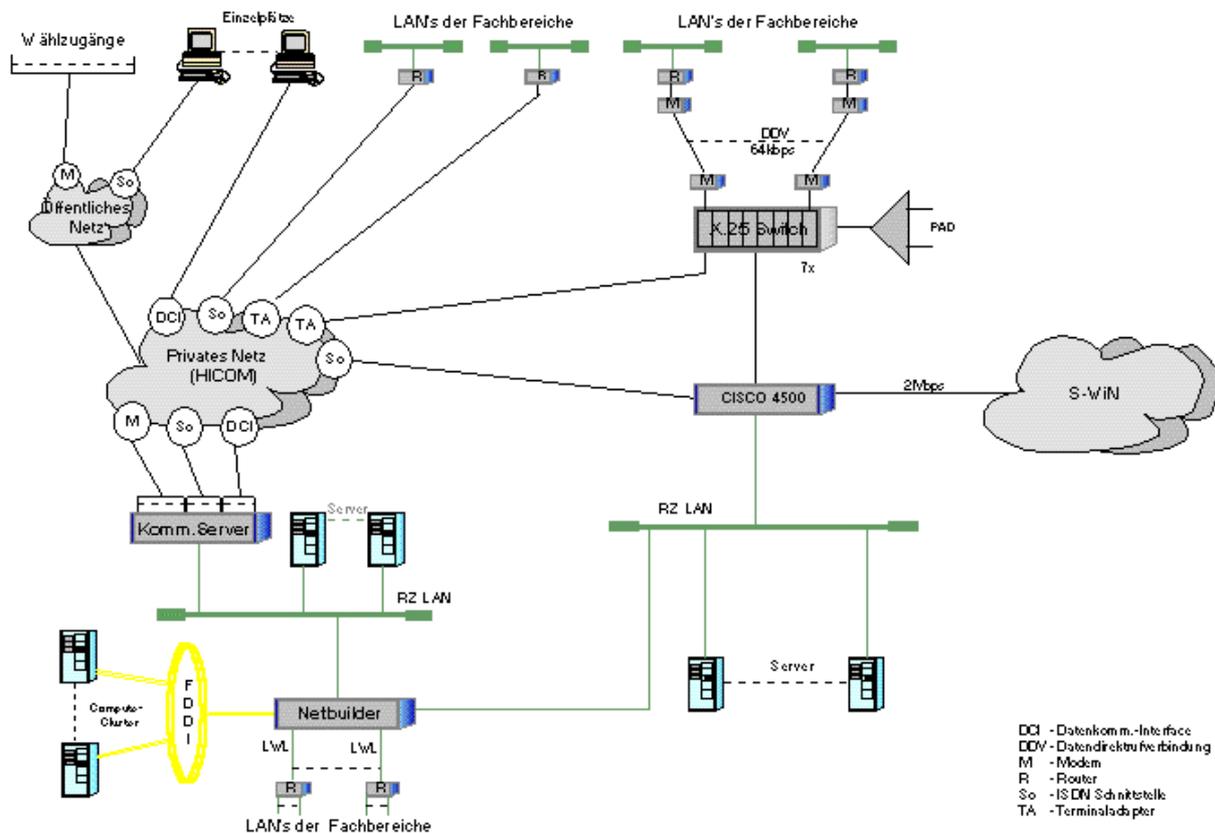


Bild 3-2 : Ursprüngliches Wissenschaftsnetz der Universität Rostock

Die Rechentechnik in den einzelnen Fachbereichen und zentralen Einrichtungen der Universität wurde indes immer leistungsfähiger, der Bedarf nach breitbandigem und verzögerungsfreiem Zugriff auf die DV-Ressourcen stieg stetig an. Aber nicht nur die einzelnen Rechnerarbeitsplätze sollten optimal miteinander verbunden werden, auch der Zugang zu den Großrechnern der Universität, die vorwiegend im Rechenzentrum angesiedelt sind (Parallelrechner, Compute-, FTP-, Mail- u. Info-Server etc., zukünftig File- u. Backup-Server), sowie der Zugang zum Internet (WIN des DFN) sollten verbessert werden.

Um den ständig wachsenden Anforderungen in Zukunft zu genügen und gleichzeitig den Investitionsschutz zu wahren, mußte eine Technologie eingesetzt werden, die dies gewährleisten kann: ATM. Die Vorteile dieser Technologie wurden in Kapitel 2.1. dargelegt.

Momentan werden die für den Aufbau des ATM-Backbone-Netzes erforderlichen Komponenten der Firma Cisco von der Siemens AG in Zusammenarbeit mit dem Rechenzentrum der Uni Rostock installiert.

In diesem Kapitel wird der derzeit im Aufbau befindliche ATM-Backbone des Rostocker Universitätsnetzes (RUN) beschrieben, von der physikalischen bis zur logischen Struktur. Weiterhin werden eine Begründung der Produktauswahl sowie Vorschläge zum weiteren Ausbau und zur Optimierung der Netzstruktur gegeben. Auf die nähere Struktur der drei Teilnetze des RUN wird im Rahmen der Sicherheitsbetrachtungen in Kapitel 5 eingegangen. Für die Beschreibung der Integration von ATM in den LAN-Bereich wird auf [WUN97] verwiesen.

3.2. ATM-Backbone-Netz

Das Rostocker Universitätsnetz (RUN) besteht derzeit strukturell aus drei Netzen: dem Hochschulnetz, dem Verwaltungsnetz und dem Netz der Medizinischen Fakultät. Diese Netze sind aus Gründen der Datensicherheit momentan physikalisch voneinander getrennt, und nur das Hochschulnetz verfügt über einen Internet-Zugang zum Breitband-Wissenschaftsnetz (B-WIN) des Deutschen Forschungsnetzes. Der Aufbau des ATM-Backbones macht jedoch die Verknüpfung dieser drei Netze notwendig. Nur so können zentrale Ressourcen von allen Bereichen der Universität genutzt werden. So kann beispielsweise der kostenintensive Zugang zum Internet auch den Mitarbeitern der Verwaltung und der Medizinischen Fakultät zur Verfügung gestellt werden.

3.2.1. Passives Netz

Die physikalische Grundlage für die Realisierung des ATM-Backbones bildet die Primärverkabelung, die auf der Basis von LWL-Monomodefasern von der Deutschen Telekom AG errichtet wurde. Die einzelnen LWL-Verbindungen, die sternförmig vom Rechenzentrum nach den 21 Hauptstandorten geführt werden, bestehen aus je 20 bzw. 28 Glasfasern. Die Gesamtlänge der LWL-Verbindungen beträgt ca. 70 km, davon sind allein zwischen den Hauptstandorten ca. 50 km verlegt..

Die ausschließlich für Datenanwendungen reservierten und damit für das zu errichtende ATM-Netz relevanten Fasern sind in Bild 3-3 abgebildet. Dabei wurde bewußt eine Anzahl redundanter Fasern

einkalkuliert, um die physikalische Voraussetzung für einen späteren Ausbau des ATM-Netzes zu schaffen.

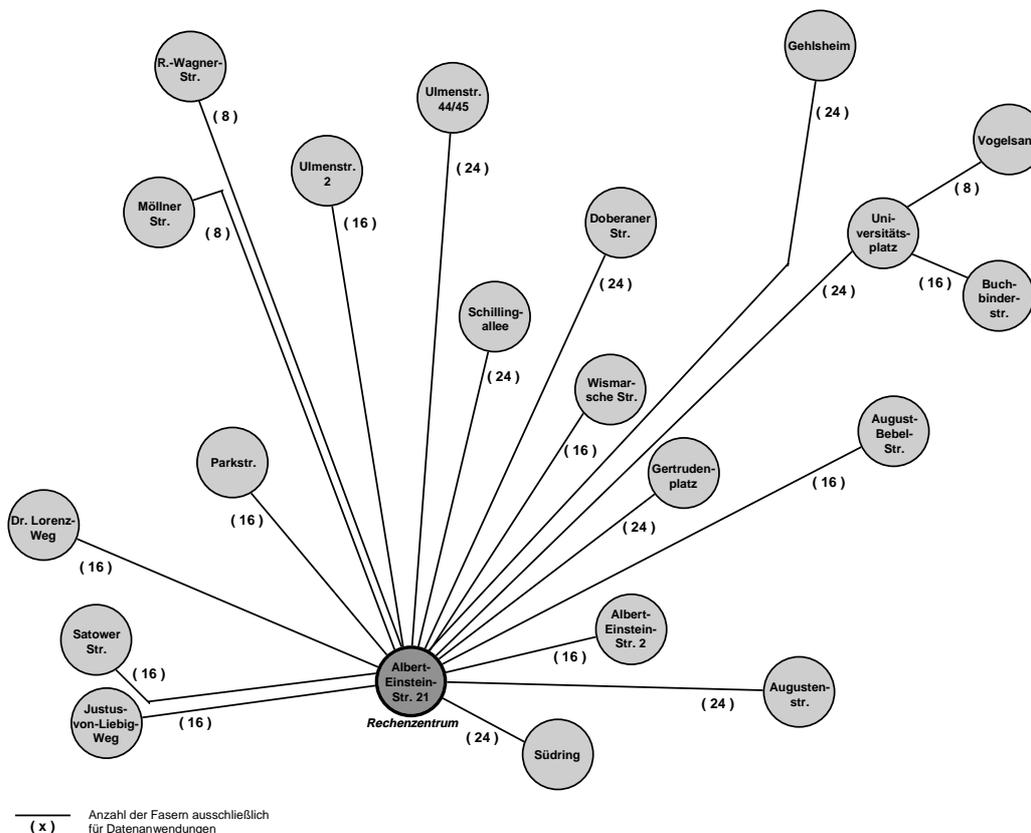


Bild 3-3 : Schematische Darstellung des LWL-Netzes

Die Sekundärverkabelung zwischen den Gebäuden innerhalb eines Standortes (z.B. Warnemünde) erfolgt auf der Basis von LWL-Multimodefasern, in den Etagen vorwiegend mit STP-Kabeln (geschirmte Twisted-Pair-Kabel) der Kategorie 5.

In Bezug auf die nähere Beschreibung der Standorte einschließlich der Sekundär- und Tertiärverkabelung wird auf die Darstellungen in [PFI96], [WUN97] verwiesen.

3.2.2. Aktives Netz

Der ATM-Backbone stellt sich entsprechend der LWL-Verkabelung in Sterntopologie dar: alle LWL-Fasern der einzelnen Standorte enden an den Ports der zentralen ATM-Switch im Rechenzentrum. Dieser übt eine Vermittlungsfunktion zwischen allen Standorten aus und ist daher mit einem vergrößerten Arbeitsspeicher und einem redundanten Netzteil ausgestattet.

Auch in einigen Standorten sind entsprechend der Anzahl bzw. Größe der Gebäude ATM-Switches vorgesehen, um das ATM bis zu den LAN-Switches führen zu können. Letztere sind in den Gebäuden

bzw. Etagen der einzelnen Standorte platziert und binden die heterogenen Netze an den ATM-Backbone an.

Eine Verteilung der ATM- und LAN-Switches auf die einzelnen Standorte wird in Bild 3-4 veranschaulicht.

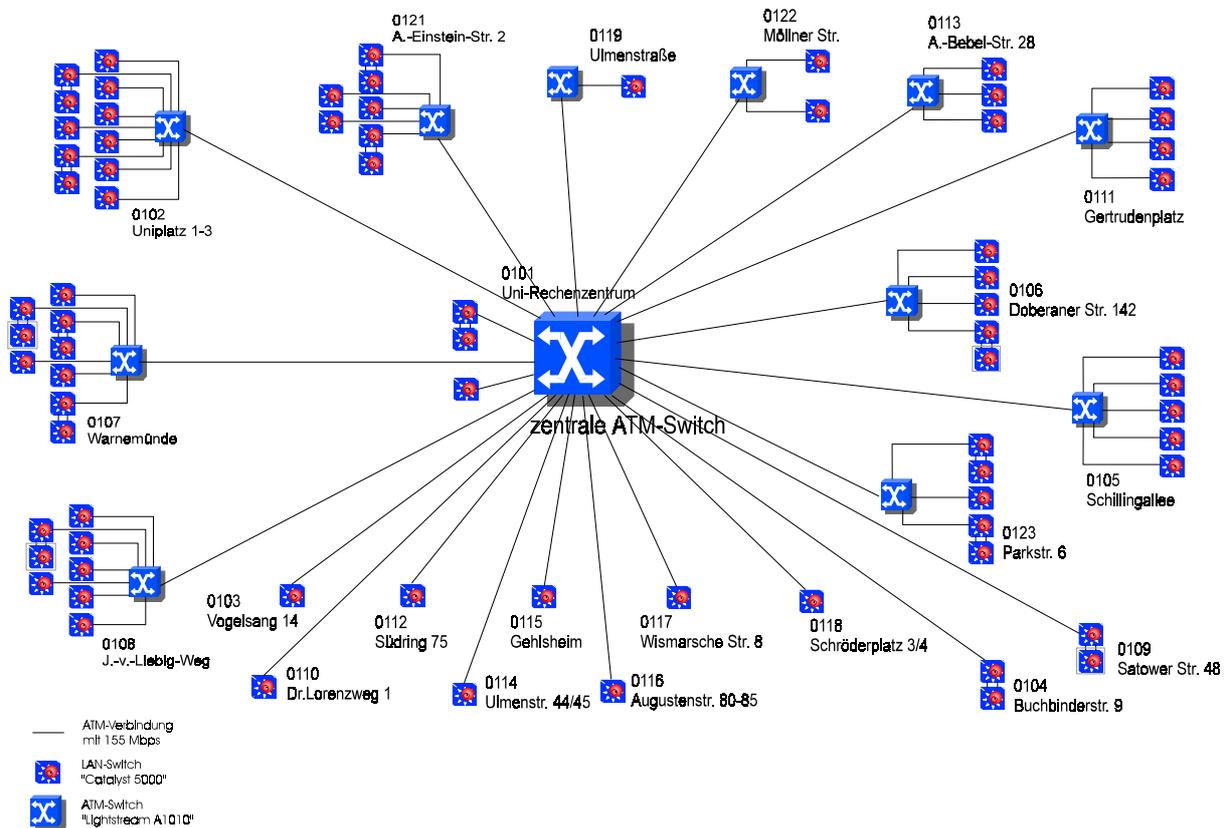


Bild 3-4 : Schematische Darstellung der Standorte mit ATM- und LAN-Switches

Im Rechenzentrum und in den Standorten werden zur Erhöhung des Ausfallschutzes der aktiven Komponenten unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) der Firma Exide eingesetzt, die bei Ausfall der Versorgungsspannung automatisch auf Batteriebetrieb umschalten und somit über mehrere Stunden den Betrieb der aktiven Komponente gewährleisten.

ATM-Switch

Der ATM-Switch vom Typ Cisco LightStream 1010 (siehe Bild 3-5) ist modular aufgebaut und ermöglicht den Einbau von zwei Netzteilen und bis zu acht Port-Modulen. Die Netzteile sowie alle

Module sind hot-swappable, d.h. sie können im laufenden Betrieb entfernt oder installiert werden, ohne daß der Switch neu gebootet werden muß.

Von den fünf Slots ist der mittlere mit dem ATM Switch Processor (ASP) belegt, der die Switching Fabric (5 Gbit/s Gesamtdurchsatz, Shared Memory) und die zentrale Intelligenz (RISC-Prozessor) enthält. In den vier verbleibenden Slots werden sog. Carrier-Module (CAMs) installiert, die wiederum je zwei sog. Port-Adapter-Module (PAMs) der folgenden Typen aufnehmen:

- ATM-Modul (OC-3, Singlemode, 4 Port),
- ATM-Modul (OC-3, Multimode, 4 Port),
- ATM-Modul (OC-12, Singlemode, 4 Port), nur Rechenzentrum

Somit können insgesamt 32 Ports je Switch bereitgestellt werden, sowohl für den Anschluß von Singlemode- als auch von Multimode-Fasern.

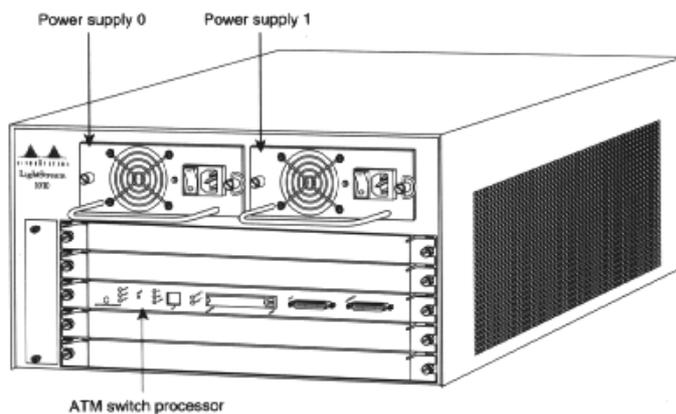


Bild 3-5 : Ansicht des LightStream 1010

Die ATM-Switches werden im Rechenzentrum sowie in größeren Standorten eingesetzt, um die Anzahl der verfügbaren ATM-Schnittstellen zu erhöhen und damit an einem Standort mehrere LAN-Switches vom Typ Catalyst 5000 an den Backbone anbinden zu können. Die Verknüpfung der ATM-Switches untereinander erfolgt über IISP bzw. PNNI (siehe Kapitel 2.3.).

Insgesamt kommen 12 ATM-Switches zum Einsatz. Für weitere technische Einzelheiten wird auf die Tabellen 7-1 und 7-2 im Anhang sowie auf [Anlage 2] verwiesen.

LAN-Switch

Der Catalyst 5000 (siehe Bild 3-6) ist ein modulares Switching-System. Das Gehäuse ist identisch mit dem des LightStream 1010 und bietet Platz für zwei Netzteile und fünf Module. Netzteile und Module (außer der Supervisor Engine) sind hot-swappable.

Von den fünf Slots ist der obere mit der Supervisor Engine belegt, die das Switching (1,2 Gbit/s Gesamtdurchsatz) und das Management der Module übernimmt und zusätzlich zwei Fast Ethernet-Ports (100BaseTX) bereitstellt. In den vier verbleibenden Slots sind folgende Module installiert:

- ATM-LANE-Modul (OC-3, Singlemode, 1 Port) oder
- ATM-LANE-Modul (OC-3, Multimode, 1 Port),
- Ethernet-Switching-Module (10BaseT, 24 Ports),
- Ethernet-Switching-Module (10BaseFL, 12 Ports),
- Fast Ethernet-Switching Modul (10/100BaseTX, 12 Ports), nur Informatik,
- FDDI-Switching-Modul (Multimode, 2 Ports), nur Rechenzentrum

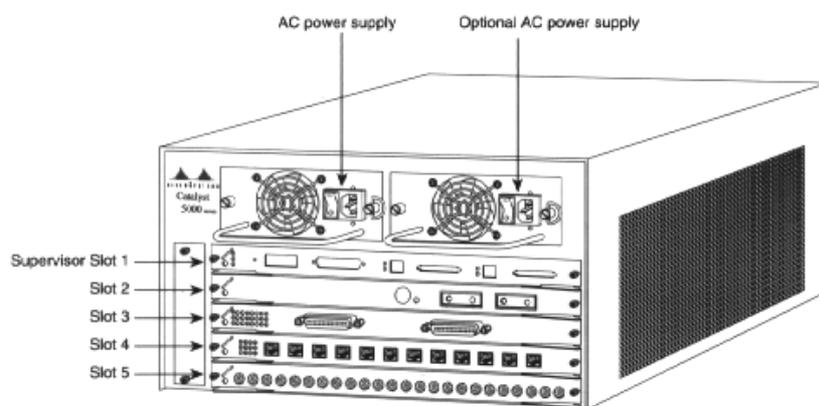


Bild 3-6 : Ansicht des Catalyst 5000

Die LAN-Switches werden über den ATM-Uplink-Port mit den jeweiligen ATM-Switches gekoppelt, die Signalsierung erfolgt nach UNI 3.1 (siehe Kapitel 2.2.). Reichen an einem Standort die durch einen Catalyst 5000 verfügbaren LAN-Ports nicht aus, wird ein zweiter Catalyst 5000 nachgeschaltet, deren Kopplung erfolgt über die Fast Ethernet Ports der Supervisor Engine mit 2 x 100 Mbit/s (Full Duplex).

Die LAN-Switches dienen der Anbindung der LANs an den ATM-Backbone und ermöglichen zudem eine wesentliche Durchsatzsteigerung bei der Kommunikation innerhalb eines Standortes. Es werden bis zu 1000 virtuelle LANs unterstützt. Die Catalyst 5000-Switches arbeiten wie die ATM-Switches auf der OSI-Layer 2, d.h. es wird noch kein Routing zwischen den verschiedenen VLANs unterstützt. Jedoch ist durch die Firma Cisco ein Upgrade der LAN-Switches geplant, so daß dann auch Layer 3-Funktionalitäten (Routing) unterstützt werden können. Beim Catalyst 3000 ist dieser Upgrade bereits durch die Integrierung einer Route-Engine vollzogen worden.

Insgesamt kommen 74 LAN-Switches zum Einsatz. Für weitere technische Einzelheiten wird auf die Tabellen 7-3 bis 7-5 im Anhang sowie auf [Anlage 3] verwiesen.

Router

Der Cisco 7507 (siehe Bild 3-7) ist modular aufgebaut und gestattet den Einsatz von zwei Netzteilen, die hot-swappable sind. Weiterhin bietet der Cisco 7507 Platz für sieben Module.

Von den sieben Slots sind die Slots 2 und 3 mit dem Route Switch Processor (RSP) belegt, der die System-CPU (100-MHz R4600) und die Systemspeicher-Komponenten beinhaltet sowie die Managementfunktionen für die Systemkontrolle ausführt. Die 2,132 Gbit/s-Dual-CyBus-Backplane umfaßt einen 1,067 Gbit/s-Daten-Bus für die Interface-Prozessoren der Slots 1 und 2 und einen für die Interface-Prozessoren der Slots 4 bis 6. Die Bestückung der Slots umfaßt im wesentlichen:

- 1 ATM-Interface-Prozessor (OC-3, Multimode, 1 Port), für Anbindung des B-WINs,
- 1 ATM-Interface-Prozessor (OC-3, Multimode, 1 Port), für Anbindung des ATM-Backbones,
- 1 Fast-Serial-Interface-Prozessor (8 Port) für Anbindung des X.25-Netzes und des TK-Systems

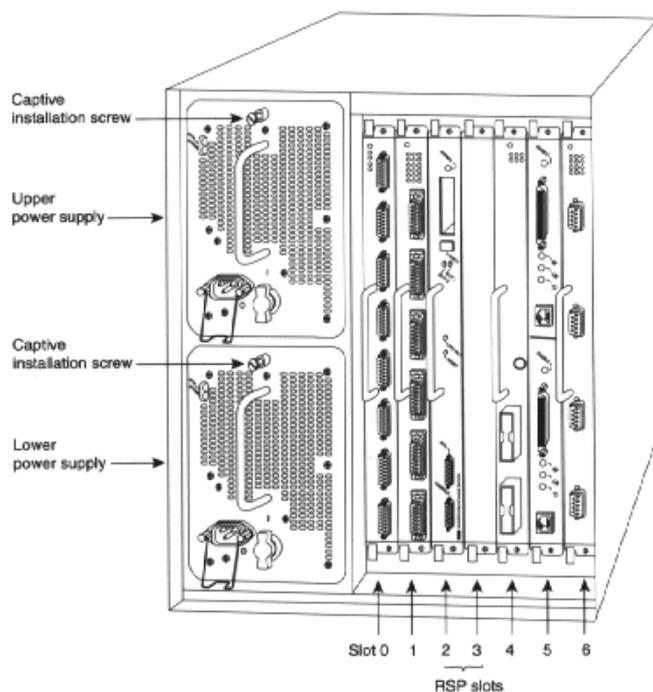


Bild 3-7 : Ansicht des Cisco 7507

Der Cisco 7507 ist im Rechenzentrum installiert und übernimmt das Routing zwischen verschiedenen VLANs sowie die Umsetzung zwischen verschiedenen Protokollen. Desweiteren realisiert er die Paketfilterung auf der Basis von Access Lists und stellt die verschiedenen LANE Services bereit. Die Anbindung des noch vorhandenen X.25-Netzes sowie des Telekommunikationsnetzes erfolgt ebenfalls am Router. Zudem bildet er die Schnittstelle zwischen dem Universitäts-Netz (RUN) und dem Internet (B-WIN). Es werden bis zu 512 VLANs unterstützt.

Für weitere technische Einzelheiten wird auf [Anlage 4] verwiesen.

Für die Standorte der Verwaltung und der Medizin kommen zwei Router geringerer Leistung (Cisco 4500M, modular) zum Einsatz (siehe Kapitel 3.5.). Die technische Einzelheiten zum Cisco 4500 sind in [Anlage 4] aufgeführt.

Gesamtnetz

Bild 3-8 [URZ96] zeigt das geplante Wissenschaftsnetz der Universität Rostock einschließlich der Integration der Telekommunikationsdienste (vgl. Bild 3-2).

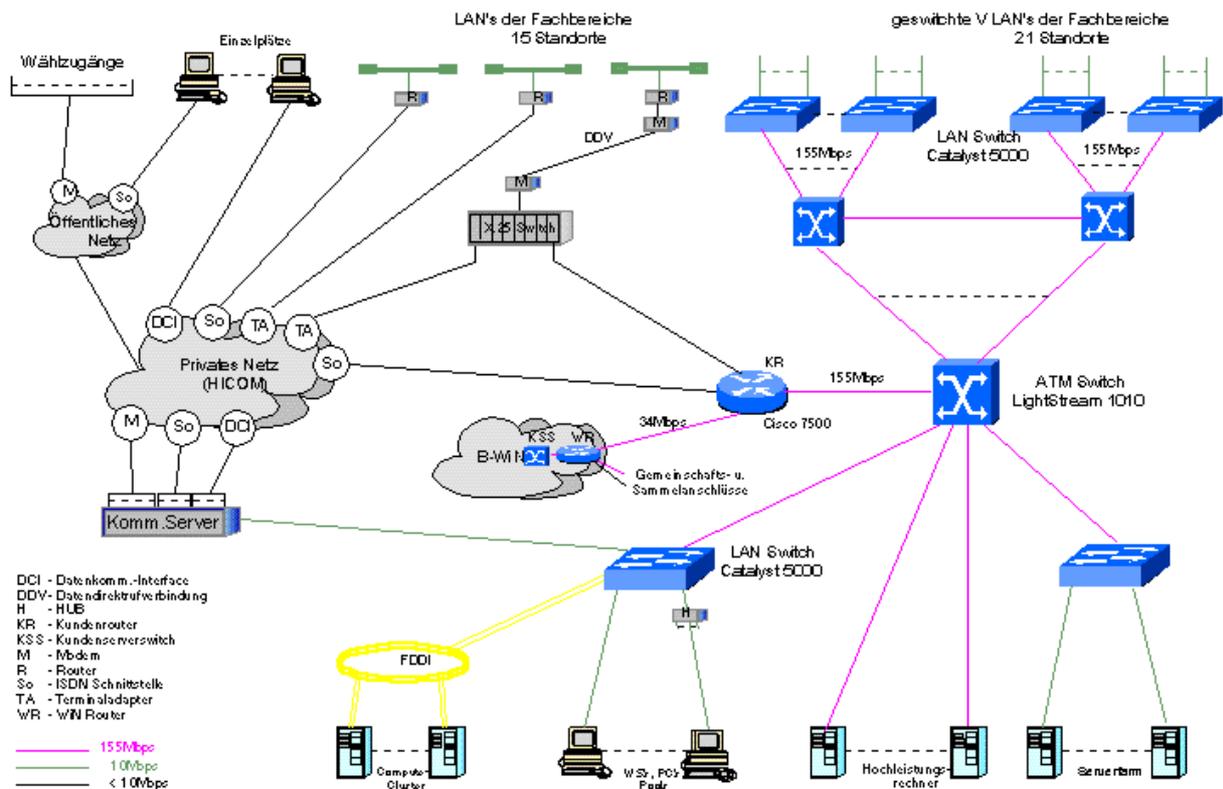


Bild 3-8 : Im Aufbau befindliches Wissenschaftsnetz der Universität Rostock

Den jeweiligen Anforderungen entsprechend werden den einzelnen Arbeitsplätzen in Hochschule, Verwaltung und Medizin Datenanschlüsse mit folgenden Bandbreiten zur Verfügung gestellt:

- Shared Ethernet: n Nutzer teilen sich 10 Mbit/s (realisiert durch Hubs)
- Switched Ethernet: jedem Nutzern stehen 10 Mbit/s zur Verfügung
- Switched Fast Ethernet: jedem Nutzer stehen 100 Mbit/s zur Verfügung
- FDDI: n Nutzer teilen sich 100 Mbit/s (im Synchronbetrieb auch feste Zuordnung möglich)
- ATM: als Backbone-Struktur oder Anschluß von Endgeräten mit bis zu 155 Mbit/s

Zielstellung ist eine möglichst hohe Anzahl von dedizierten Ethernet-Ports. Die Anzahl der zu realisierenden Ports für die gesamte Universität beträgt 5.279, davon entfallen 39,3% auf die Medizinische Fakultät. So sind nach jetzigem Stand für die Medizinische Fakultät 514 Switched und 1552 Shared Ports vorgesehen.

Die Kommunikation über den ATM-Backbone wird fast ausschließlich mittels LAN Emulation realisiert, wobei virtuelle Fest- und Wählverbindungen (PVC- und SVC-Verbindungen) möglich sind. In der Regel werden SVCs genutzt. Einige Hochleistungsendgeräte (Parallelrechner, zukünftig File- und Backup-Server) sowie Teilnetze oder Mitnutzer können auch über Festverbindungen (PVCs) angebunden werden, wobei diesen dann eine feste Bandbreite zugeordnet wird.

Beispiel: Das Fraunhofer-Institut ist derzeit über zwei PVCs, die zwischen den Routern von Uni und Fraunhofer-Institut (beide Cisco!) eingerichtet sind, mit dem RUN verbunden. Ein PVC (155 Mbit/s) verbindet das Institut mit dem Hochschulnetz, ein weiterer (2 Mbit/s) wird vom Uni-Router direkt zum B-WIN weitergeführt.

3.2.3. Logische Struktur

Durch die Bildung von virtuellen Netzen wird es möglich, Arbeitsgruppen bzw. bisherige Subnetze an verschiedenen räumlich getrennten Standorten übergreifend zu VLANs zusammenzufassen. Dabei erfolgt die VLAN-Zuordnung am Catalyst 5000 portweise. Die LAN-Switches im Netz können über interne Tabellen jedem VLAN die entsprechenden LAN-Switches, die dieses VLAN bedienen, zuordnen. Über sog. Trunk-Verbindungen tauschen die LAN-Switches die Pakete innerhalb der jeweiligen VLANs aus, ohne daß ein Router benötigt wird.

In Zukunft wird es möglich sein, daß wenn Mitarbeiter mit ihrem PC o.ä. (einschließlich der zugehörigen IP-Adresse) umziehen, diese am neuen Standort automatisch und ohne manuelle Umkonfiguration dem vorherigen VLAN (IP-Subnetz) zugeordnet werden. Dies ist bereits beim Catalyst 3000 realisiert.

Die Verwaltung der VLANs erfolgt durch ein auf folgende drei logische Domänen verteiltes Netzmanagement: Hochschule, Verwaltung und Medizin. Hierzu dient der VLAN-Director innerhalb der Software Cisco Works for Switched Internetworking (CWSI), die auf HP-UNIX-Workstations installiert ist (siehe auch Tabelle 3-1).

Bild 3-9 zeigt die VLAN-Verwaltung der drei Domänen am Beispiel von drei VLANs, die jeweils Arbeitsgruppen der Hochschule (VLAN 1), der Verwaltung (VLAN 2) und der Medizin (VLAN 3)

repräsentieren sollen. Die durch die Router bereitgestellten LANE-Services (LECS/3xLES/3xBUS) können auch in die LAN-Switches verlegt werden.

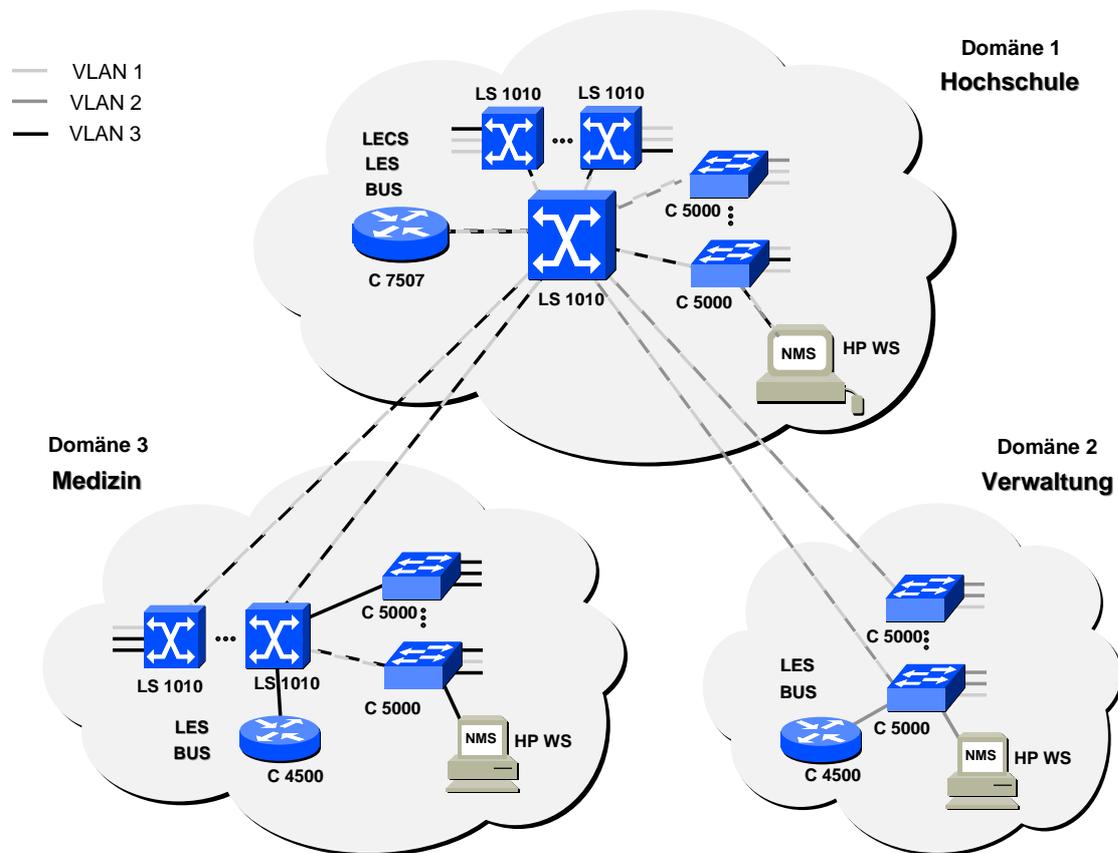


Bild 3-9 : VLAN-Verwaltung der drei Domänen

Für eine ausführliche Beschreibung von VLAN-Bildung und Netzmanagement wird auf [WUN97] sowie auf [Anlage 1 u. 6] verwiesen.

3.3. Begründung der Produktauswahl für das ATM-Netz

Gerade auf dem neuen ATM-Gebiet bilden bestehende Referenzen ein wesentliches Kriterium für die Produktauswahl. Die Siemens AG kann in Bezug auf die eingesetzte Technik der Firma Cisco auf mehrere Referenzen in näherem Umkreis verweisen. Dazu zählen das Bremer Landesnetz, die Uni Greifswald, die Fachhochschule Stralsund, das Fraunhofer-Institut Rostock sowie das Institut für Ostseeforschung Warnemünde.

Da alle einzusetzenden Komponenten (Router, ATM- und LAN-Switches) innerhalb der nächsten Jahre unabdingbar das Rückgrat der Kommunikation der Universität bilden werden, müssen das Betriebssystem der o.g. Geräte sowie das Netzmanagement eine untrennbare Einheit bilden. Dies ist

bei der Firma Cisco durch das einheitliche Betriebssystem IOS und das darauf zugeschnittene Netzwerkmanagementsystem Cisco Works gegeben.

Entscheidend ist, daß die eingesetzten Cisco-Komponenten die Forderungen der Ausschreibung erfüllen. Dies wird anhand der Produktvergleiche in den Tabellen 7-1 bis 7-5 im Anhang dokumentiert, wo jeweils ATM- und LAN-Switches verschiedener Hersteller an den technischen Forderungen der Ausschreibung gemessen wurden (Die Angaben beziehen sich daher auf den Zeitraum der Ausschreibung: Dezember 1995). Die Auswahl des Routers erfolgte vor allem wegen der notwendigen Interoperabilität mit dem Router des B-WIN des Deutschen Forschungsnetzes. Hierbei handelt es sich um das gleiche Produkt: Cisco 7507. Über 80% aller im Internet eingesetzten Router stammen von der Firma Cisco [Zapp].

Auch aus heutiger Sicht hält ein Vergleich der Cisco-Produkte mit denen anderer Hersteller stand, wie auch von internationalen unabhängigen Testlabors regelmäßig bestätigt wird. So wurde dem LightStream 1010 bei Interoperabilitätstest am European Advanced Network Test Center (EANTC) im November 1996 als bisher einziger verfügbarer ATM-Switch die PNNI-Fähigkeit nachgewiesen [Almus].

Ein weiteres Kriterium für die Auswahl ist die Investitionssicherheit, die bei Cisco durch Upgradesicherheit für die nächsten Jahre sowie durch einen umfangreichen technischen Support gewährleistet ist. Hierzu existiert eine Upgrade-Vereinbarung zwischen der Universität Rostock und der Siemens AG bis zum Jahr 1999.

Die Firma Cisco ist Mitgründer und aktives Mitglied im ATM-Forum und kann so neue Technologietrends zügig in ihre Produktlinie einfließen lassen.

3.4. Einsatzmöglichkeiten der Meß- und Analysetechnik

3.4.1. Cisco Works for Switched Internetworking

Cisco Works for Switched Internetworking (CWSI) vereint mehrere Netzwerkmanagement-Applikationen, die auf geschwichte Netze mit Cisco-Komponenten und deren IOS-Betriebssystem optimiert wurden. Hierzu gehören der VLAN Director, der Traffic Director sowie Cisco View.

Der VLAN Director dient der Definition, Konfiguration und Verwaltung von VLANs. Der Traffic Director ermöglicht es dem Nutzer, den Verkehr auf geschwichten Segmenten anzuzeigen und zu analysieren. Cisco View stellt Chassis, Schnittstelle und Portinformationen der Cisco-Geräte dar.

Tabelle 3-1 bietet eine Übersicht über die Funktionen der CWSI-Komponenten.

Funktionen	VLAN Director	Traffic Director	Cisco View
<u>VLAN-Verwaltung:</u>			
Portzuordnung der ATM Switches	x		x
Portzuordnung der LAN Switches mit der Geräteansicht	x		x
Darstellung der VLANs	x	x	
Darstellung der Link-Typen	x	x	
VLAN-Authentication	x		
VLAN-User Profiles	x		
grafische VLAN-Registratur	x		x
tabellarische VLAN-Registratur	x		
Verbindungsmanagement	x	x	
<u>Fehler-Management:</u>			
automatische Fehlerregulierung	x	x	
<u>Traffic-Management:</u>			
Analyse von Trends und Reports		x	
Bildung und Darstellung von Statistiken		x	
Setzen von Schwellwerten und Alarmen		x	
grafische Datendarstellung		x	x
Performance-Management		x	
Aufdecken von Paketfehlern		x	
<u>Teilnehmer-Management:</u>			
MAC-Layer-Statistiken	x	x	x
<u>Geräte-Management:</u>			
grafische Darstellung der ATM Switches			x
grafische Darstellung der LAN Switches			x
grafische Darstellung der Router			x
Überwachung der Stromversorgung			x
Überwachung der Lüfter			x
grafische Portzuweisung	x		x
grafischer Verbindungsaufbau	x		x
grafische Konfiguration mit Drag-and-Drop			x
grafische Zuordnung der VLANs	x		x

Tabelle 3-1 : Funktionsübersicht von Cisco Works for Switched Internetworking

Speziell der Traffic Director ermöglicht es, mittels der in den LAN-Switches bereits implementierten RMON-Agenten, Daten über Verkehrsaufkommen, Broadcast-Aufkommen, Fehlerraten und Anzahl der Kollisionen, auf einen Port oder eine Portgruppe bezogen, zu sammeln. Zusätzlich können Schwellwerte auf diese Daten gesetzt werden, so daß, wenn diese überschritten werden, Benachrichtigungen sowie automatische Handlungen zur Fehlerbehebung ausgelöst werden können.

Die im Cisco Works for Switched Internetworking implementierten Meß- und Analyse-Tools sind dazu geeignet, sich von zentraler Stelle aus permanent einen Überblick über die Funktionsfähigkeit der aktiven Komponenten und das Verkehrsaufkommen im Universitäts-Netz zu verschaffen. Die Meßwert-Erfassung erfolgt jedoch nur auf der LAN-Seite.

Cisco Works for Switched Internetworking setzt auf die herstellerunabhängige Netzwerkmanagement-Standard-Plattform von HP OpenView auf. Eine weiterführende Beschreibung bietet [Anlage 6].

3.4.2. LAN/WAN-Multiprotokollanalysator W&G DA-30C

Der DA-30C ist eine tragbare Plattform für mehrere Analysatoren, Schnittstellenmodule und Softwarepakete, mit denen er sich für eine Vielzahl von Analysefunktionen in heterogenen Netzen wie dem Universitätsnetz konfigurieren läßt. Hierfür ist er mit Schnittstellen-Modulen für ATM (SM und MM) , FDDI und Ethernet ausgestattet worden.

Der DA-30C ist ein Dual-Port-Internetworking-Analysator, der die simultane Analyse an zwei beliebigen Schnittstellen ermöglicht. Er überwacht und analysiert und dekodiert Netzdaten in Echtzeit und erfaßt Daten über längere Zeiträume, so daß auch sporadisch auftretende Ereignisse erfaßt werden können. Er bietet gegenüber den o.g. Netzmanagement-Applikationen den Vorteil, daß er herstellerneutral ist und ein weitaus größeres Spektrum von Meßmöglichkeiten umfaßt. Darüberhinaus läßt er sich mobil einsetzen.

Der DA-30C ermöglicht eine unabhängige Analyse der drei unteren Schichten des B-ISDN-Referenzmodells: Die Messungen der physikalischen Schicht dienen in erster Linie dazu, die Bitströme sowie deren Fehlerrate zu bestimmen. Die Messungen in der ATM-Schicht beinhalten die Überprüfung der Leistungsparameter der ATM-Zellen sowie des Verhaltens in Überlastphasen. In der Anpassungsschicht (AAL) erfolgt vor allem die Überprüfung der Segmentierungs- und Reassemblierungsfähigkeit der Systeme.

Eine Übersicht der Funktionen des DA-30C bezüglich ATM zeigt Tabelle 3-2.

Betriebsarten:	Analyse: Zellen oder AAL Monitoring oder Emulation des ATM-Links
LED-Anzeigen:	Signal Rahmen- und Zellen-Synchronisation Alarm-Indikationssignal (AIS) Slicing
Statistiken:	
Physikalische Schicht:	Path-, Line- und Section-BIP-Fehler (Paritätsfehler) Path- und Line-FEBE-Fehler (Blöcke mit fehlerhafter Parität) Section Loss of Frame Signalverlust
ATM-Schicht:	Assigned-Zellen (gesamt) HEC-Fehler (Fehler im Header-Prüfsummen-Feld) Zellrate Auslastung Payload-Bitrate
AAL-Schicht:	reassemblierte Rahmen (gesamt) Rahmen/s Übertragungsrate (gesamt) Bandbreiten-Auslastung (prozentual)

	CRC-Fehler (Fehler der zyklischen Blockprüfung)
Tests der ATM-Schicht:	Messung der Zellaufzeit (Verteilungskurve) Messung des zeitlichen Zellenabstands (Verteilungskurve) Zellen, OAM und CLP=1 pro VC/VP (Verteilungskurve)
Filterung/Triggerung:	Erfassung einzelner ATM-Zellen Erfassung reassemblierter Netzrahmen Anwendung von Filtermustern für Adressen oder Daten Filterung von Idle-Zellen
Zelleneinfügung:	Senden von Einzelzellen Senden von Zellsequenzen Wiederholung von Zellsequenzen AAL5-Importierung
Alarm-/Fehlereinfügung:	einfache Fehler und kontinuierliche Alarmer Fehler: Phys.Schicht: Path-, Line- und Section-BIP-Fehler Fehler: ATM: HEC-Fehler (korrigierbar und nicht korrigierbar) Alarmer: Phys.Schicht.: Path- und Line-RDI/AIS, C2 UNEQ
Sonstiges:	Dekodierung auf allen sieben Schichten Unterstützung von Standard-WAN- und LAN-Protokollen Dekodierung aller AALs VC-Datenbank grafische Anzeige der Statistiken in Echtzeit

Tabelle 3-2 : Funktionen des DA-30C bezüglich ATM

Es wird zwischen vier unterschiedlichen Testmethoden unterschieden:

- Funktions-Test (z.B. bei ATM- oder LAN-Switch)
- Internetworking-Test (z.B. bei LAN-Switch oder Router)
- Interoperabilitäts-Test (z.B. zwischen ATM-Switch und Router)
- Monitoring (z.B. zwischen zwei ATM-Switches)

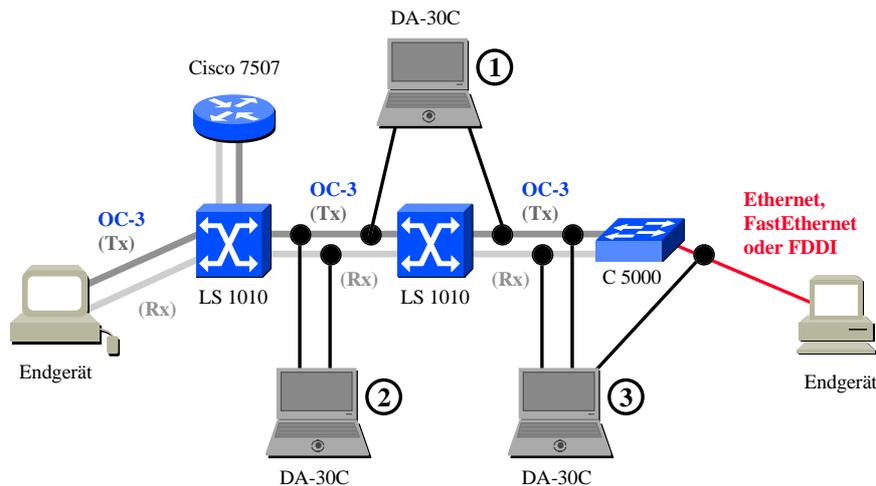
Beim Funktionstest wird ein definierter Traffic an den Eingang des zu untersuchenden Systems gesendet und die Reaktion am Ausgang empfangen. Anhand eines Vergleichs von Sende- und Empfangsdaten können Performance-Parameter wie Zellenverzögerung, Zellenverlust, Zellen-Jitter und Durchsatz in Abhängigkeit von der Auslastung analysiert werden.

Der Internetworking-Test dient der Überprüfung der fehlerfreien Protokollumsetzung zwischen unterschiedlichen LAN-Technologien und/oder ATM.

Der Interoperabilitätstest wird bei unterschiedlichen Systemen eingesetzt, um deren Konformität zu überprüfen.

Beim Monitoring wird die Datenübertragung zwischen zwei Systemen überwacht (in eine oder beide Richtungen), ohne diese zu manipulieren. Dadurch können Verkehrsstatistiken erstellt sowie Signalisierungsaktivitäten überwacht werden.

Bild 3-10 zeigt Anwendungsmöglichkeiten des DA-30C im ATM-Backbone-Netz der Universität.



- ① Test and Monitor ATM Switch
- ② Monitor Full-Duplex ATM Network incl. LAN Traffic
- ③ Test and Monitor ATM LAN Switch

Bild 3-10 : Anwendungsmöglichkeiten des DA-30C im ATM-Backbone-Netz

Der DA-30C wird in Ergänzung zum Netzmanagement eingesetzt, um beispielsweise aufgedeckte Fehlfunktionen näher analysieren zu können, sowohl auf der LAN-Seite als auch auf der ATM-Seite. Im Rahmen des vereinbarten Upgrade-Programms kommt der Überprüfung der Normen-Konformität eine besondere Bedeutung zu. Es wird vorgeschlagen, diesen Nachweis anhand eines von Universität, PFI und Siemens AG gemeinsam angelegten Pflichtenheftes zu führen, um eine weitere Optimierung der Netzdimensionierung zu garantieren.

Für weitere Informationen zur Meß- und Analysetechnik wird auf [Anlage 6] verwiesen.

3.5. Möglichkeiten der Erweiterung und Optimierung des ATM-Netzes

Die Möglichkeiten bei einem ATM-Backbone-Netz zur weiteren Optimierung zielen vor allem auf eine Erhöhung der Ausfallsicherheit durch Schaffung redundanter Komponenten und Leitungswege, denn der Backbone soll in erster Linie der schnellen und sicheren Kommunikation über die Standorte hinaus dienen.

Da der Standort Warnemünde mit nur einer ATM-Switch ausgestattet ist, muß die Beschreibung der Möglichkeiten anhand eines anderen Teilnetzes des RUN erfolgen.

Als Grundlage soll die ursprüngliche Minimalvariante des Teilnetzes der Medizinischen Fakultät dienen (siehe Bild 3-11). Hier werden alle vorhandenen ATM-Switches (LightStream 1010) und LAN-Switches (Catalyst 5000) mit je einer Singlemode-Doppelfaser sternförmig an der zentralen ATM-Switch (ebenfalls LightStream 1010) des Rechenzentrums angeschlossen. Es ist keinerlei Ausfallsicherheit vorhanden.

Wird beispielsweise eine LWL-Faser zwischen Südring und Rechenzentrum getrennt oder ein beteiligter Trunkport (an der LAN-Switch des Südringes oder an der ATM-Switch des Rechenzentrums) fällt aus, kann keine Kommunikation mehr zwischen Südring und den anderen Standorten stattfinden.

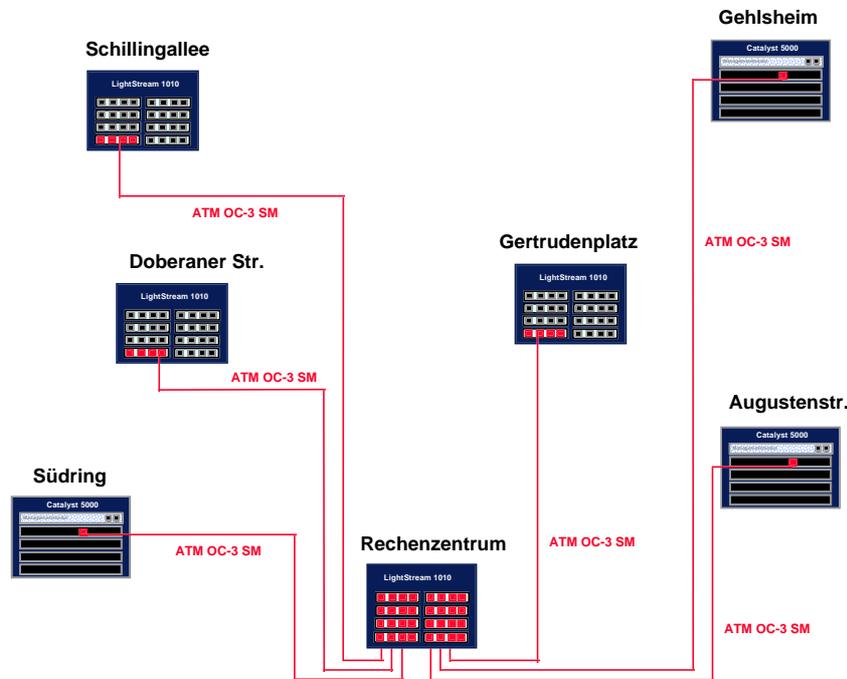


Bild 3-11 : Sternförmige Anbindung der ATM- und LAN-Switches (Minimalvariante)

Eine erste Redundanz kann durch eine Verknüpfung der LAN-Switches untereinander geschaffen werden. Hierzu verfügt jede LAN-Switch bereits über ein Supervisor-Modul, das zwei Fast Ethernet-Trunk-Ports (je 100 Mbit/s) bereitstellt, auf die bei Ausfall des ATM-Ports der Switch innerhalb von 15 Sekunden automatisch umgeschaltet wird. Über diese Ports werden die Switches untereinander verknüpft (siehe Bild 3-12). Sollen nur je zwei Switches miteinander verbunden werden, können beide Ports für dieselbe Anbindung verwendet werden, wodurch sich eine Vollduplex-Verbindung von 200 Mbit/s erzielen läßt, dies sollte ohnehin innerhalb der Standorte vorgenommen werden.

Da diese Ports im Gegensatz zu den ATM-Ports für den Anschluß von Kupferkabeln ausgelegt sind, die Standorte jedoch über optische Fasern verbunden werden, müssen zusätzlich Transceiver zur Anpassung eingesetzt werden.

Fällt beispielsweise der ATM-Port der LAN-Switch im Südring aus, wird eine Verbindung über die LAN-Switch der Augustenstraße zum Rechenzentrum hergestellt. Der verwendete Spanning-Tree-Algorithmus (STA, von DEC entwickelt) sorgt dafür, daß die redundanten Netzstrukturen erkannt werden und daraus optimale Wege berechnet werden, die Ausbildung von Schleifen wird unterdrückt.

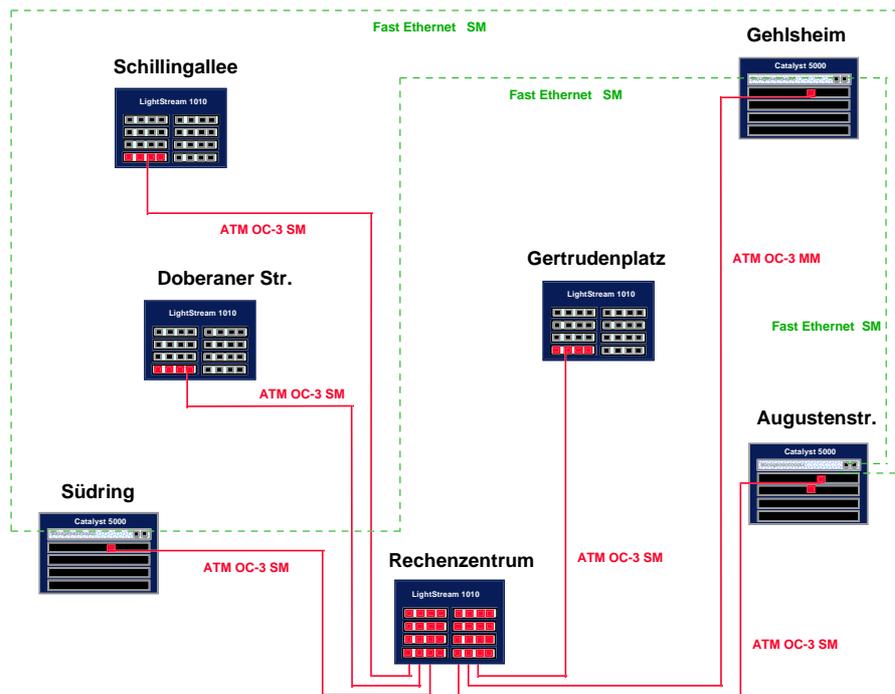


Bild 3-12 : Redundante Verknüpfung der LAN-Switches über Fast Ethernet (Spanning Tree)

Ebenfalls ohne größere Mehrkosten kann eine redundante Verknüpfung der ATM-Switches untereinander erfolgen. Dies ist möglich, da die vorhandenen ATM-Module je vier Ports bereitstellen, von denen jedoch bisher nicht alle belegt werden.

Für die automatische Erkennung der redundanten Verbindungen sorgt das im PNNI enthaltene Source Routing (SR), das bereits in Kapitel 2.3.2. beschrieben wurde.

Bild 3-13 zeigt eine Realisierung der Verknüpfung der ATM-Switches, dabei werden die Portbelegungen durch die nachfolgenden LAN-Switches in denselben Standorten nicht berücksichtigt.

Fällt beispielsweise der Trunk-Port an der ATM-Switch der Schillingallee aus, wird automatisch die Verbindung über die ATM-Switch im Gertrudenplatz oder in der Doberaner Straße aufgenommen. Fällt hingegen das gesamte Modul in der Schillingallee aus, führt diese Methode zu keiner Lösung, solange alle anderen Trunkports auf demselben defekten Modul definiert wurden. Um diesem Fall vorzubeugen, muß ein zusätzliches Modul verwendet werden.

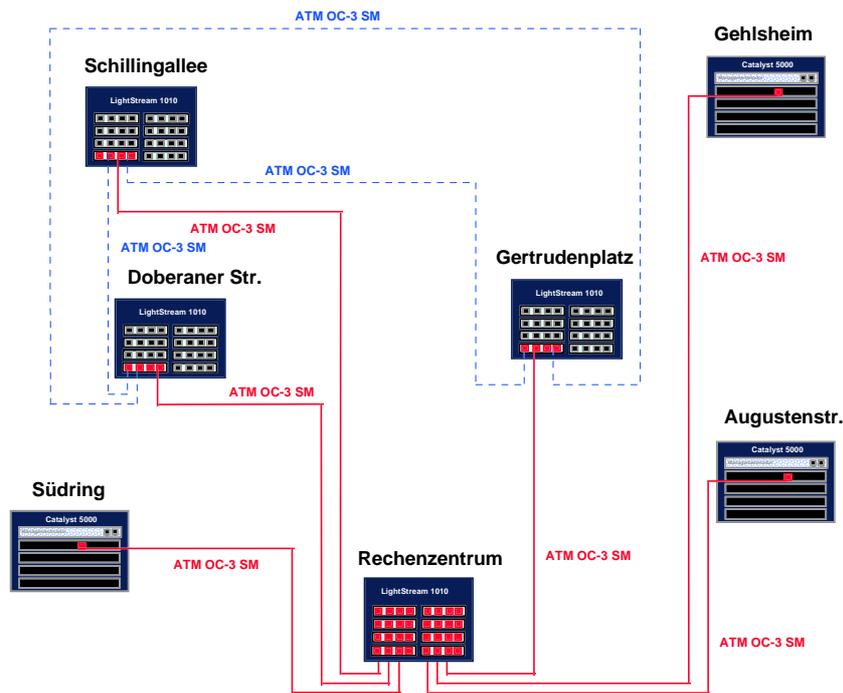


Bild 3-13 : Redundante Verknüpfung der ATM-Switches (PNNI)

Der folgende Lösungsansatz beruht auf der Verwendung von Dual-PHY-ATM-Modulen für die LAN-Switches Catalyst 5000. Diese Module beinhalten zwei ATM-Ports, von denen nur einer zur Zeit aktiv sein kann, der andere wird im Standby-Modus betrieben. Dieses Konzept ist mit dem Dual Homing bei FDDI vergleichbar.

Das Konzept nach Bild 3-14 ist wegen der hohen Anzahl von LAN-Switches und der bereits fortgeschrittenen Installation nur unter erheblichem Kostenaufwand zu realisieren, so daß der erzielbare Nutzen in geringem Verhältnis zum Aufwand steht.

Bild 3-14 zeigt eine mögliche Realisierung. Fällt die Verbindung zwischen dem aktiven Port der LAN-Switch im Südring und der ATM-Switch im Rechenzentrum aus, wird automatisch der zweite Port am ATM-Modul der LAN-Switch aktiv und stellt eine Verbindung über die ATM-Switch in der Schillingallee zum Rechenzentrum her.

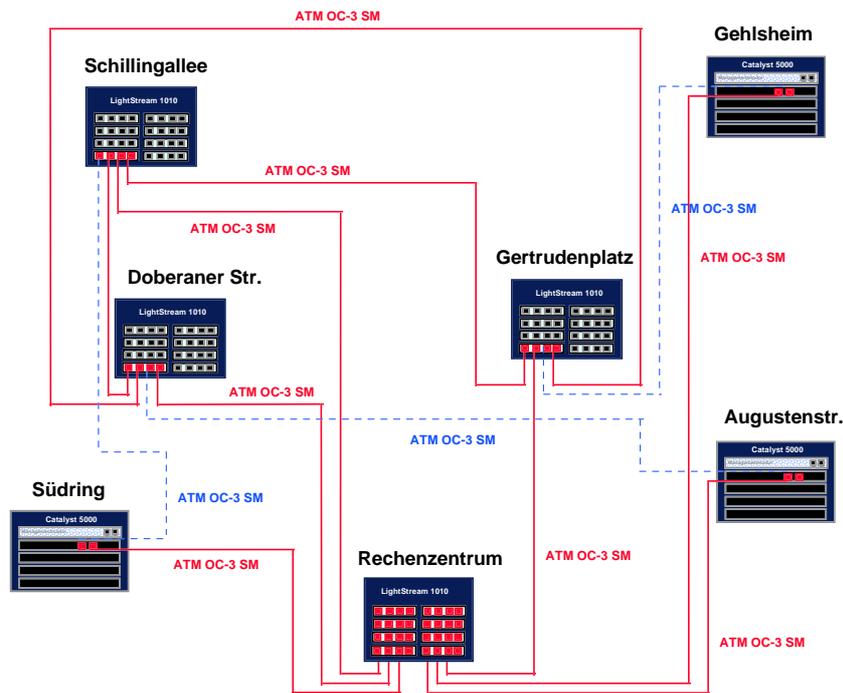


Bild 3-14 : Redundante Anbindung der LAN-Switches über Dual PHY ATM Interfaces

Die bisherigen redundanten Anbindungsmöglichkeiten haben einen entscheidenden Nachteil gemein: Sie ändern nichts an der bestehenden Sternstruktur laut Bild 3-3. Alle LWL-Kabel laufen wie vorher von den Standorten zum Rechenzentrum und können dort lediglich untereinander weiterverbunden (gepatcht oder gespleißt) werden. Sowohl die genutzten als auch die redundanten Fasern werden je Standort physisch durch ein- und dasselbe LWL-Kabel geführt.

Wird beispielsweise bei Erdarbeiten ein LWL-Kabel beschädigt, ist davon auszugehen, daß alle sich in diesem Kabel befindenden LWL-Fasern unterbrochen sind, einschließlich der als Redundanz dienenden.

Eine echte Redundanz kann nur gewährleistet werden, wenn auch die Verbindungswege physisch völlig getrennt verlaufen (sog. Dreiecksstruktur). Dies ist auf dem Leitungswege nur unter erheblichem Kostenaufwand zu realisieren.

Eine Lösungsmöglichkeit bietet der Aufbau von ATM-Richtfunkstrecken. Dadurch können nicht nur die angesprochenen redundanten Verbindungen realisiert werden, sondern auch weitere Standorte an den Backbone angeschlossen werden (siehe Bild 3-15).

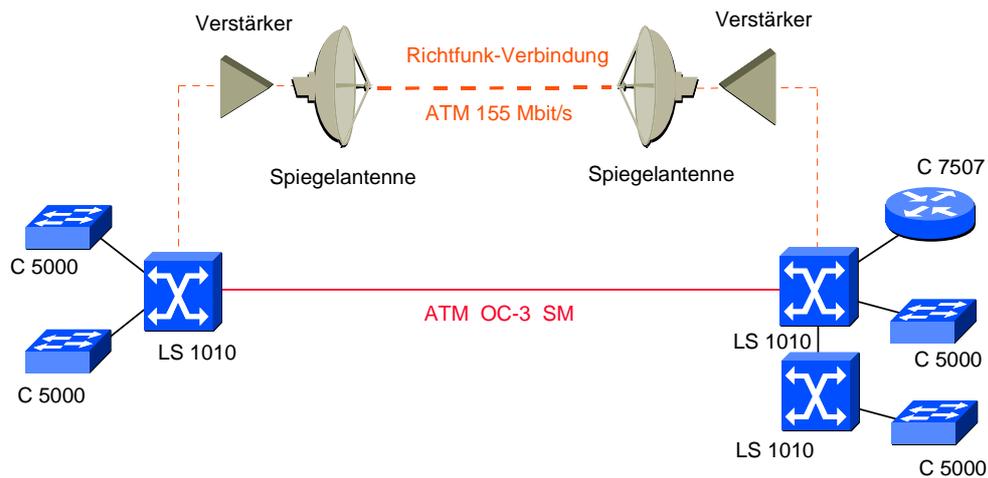


Bild 3-15 : Redundanz durch ATM-Richtfunk-Verbindungen

Richtfunkverbindungen werden u.a. von den Universitäten in Darmstadt und in Jena eingesetzt. Letztere setzt zur Anbindung einiger Außeneinrichtungen die bislang erste 155 Mbit/s-ATM-Vernetzung via Richtfunk ein, um schwierige topographische Verhältnisse zu überwinden. Es werden Hochfrequenz-Komponenten der Firma Bosch Telecom eingesetzt. Dabei sind Entfernungen von bis zu 7 km zu überbrücken, die Sendefrequenz beträgt 23 GHz bei 10 mW Sendeleistung und einem Spiegeldurchmesser von 30 cm.

Abschließend wird eine Software-basierte Ausfallsicherheit vorgestellt, die auf die Teilnetze der Verwaltung und der Medizin angewendet werden kann.

Die aktuelle Software für das ATM-Modul des Catalyst 5000 gestattet es, die LANE-Services redundant zu implementieren, dies geschieht über das Simple Server Redundancy Protocol (SSRP) von Cisco. Dies steht nicht im Widerspruch zur in Kapitel 2.6.1. erläuterten LANE 1.0, da jeweils nur ein LECS insgesamt sowie je ein LES/BUS pro ELAN im aktiven Zustand ist, die als redundant definierten LANE Services befinden sich derweil im Standby-Modus. Die Anzahl der definierbaren LECS beträgt 16, während die der LES/BUS je ELAN unbegrenzt ist.

Ebenso gestattet es das Hot Standby Router Protocol (HSRP) von Cisco, einen zweiten Router redundant auszulegen. Mit Hilfe des HSRP kann der redundante Router im Standby-Modus den Status des aktiven Routers überwachen und bei Nichtverfügbarkeit desselben dessen Funktionen übernehmen.

In Bild 3-16 sind die LANE-Services sowie der Router je einmal redundant ausgelegt. Kommt es zu der dargestellten Unterbrechung im ATM-Backbone, so schalten die Standby-Services in den aktiven Zustand und übernehmen die LANE-Service-Aufgaben im abgetrennten linken Teil. Ein Datentransfer ist jedoch auf der linken Seite nur innerhalb eines VLANs möglich. Zur Kommunikation zwischen den VLANs dient daher der nun ebenfalls aktivierte redundante Router.

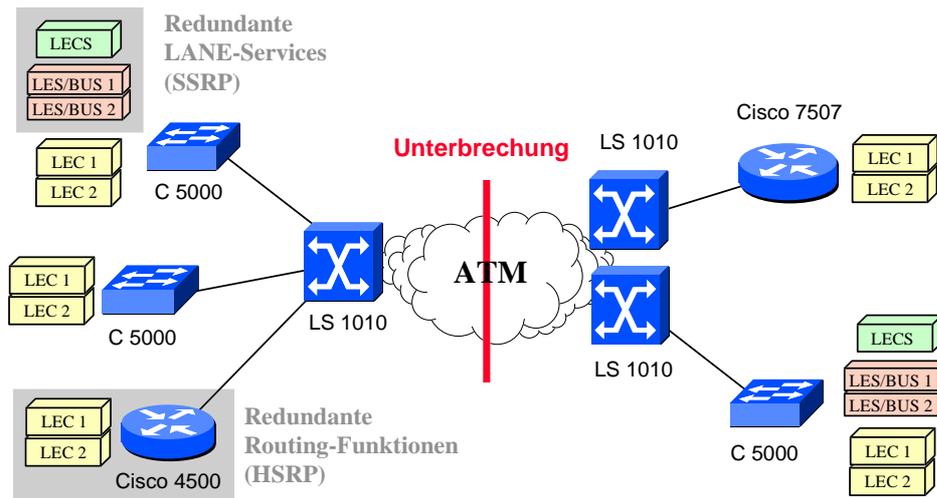


Bild 3-16 : Redundanz der LANE-Services (SSRP) sowie der Routing-Funktionen (HSRP)

Diese Lösung ist nicht mit der zukünftigen LANE 2.0 zu verwechseln, in der mehrere LANE-Services gleichzeitig innerhalb eines ATM-Netzwerkes im aktiven Betrieb sein können (siehe Kapitel 2.6.2.).