

**INSTITUT FÜR INFORMATIK
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT MÜNCHEN**

Diplomarbeit

**Entwicklung von Teststrategien beim Einsatz von ATM im
Backbone-Bereich eines Corporate Networks**

am Lehrstuhl Prof. Dr. Heinz-Gerd Hegering

Bearbeiter: Ralf Sandner

**Betreuer: Dr. Sebastian Abeck
Anja Schuhknecht**

Abgabetermin: 15. August 1995

Inhaltsverzeichnis

A. Abbildungsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation.....	1
1.2	Konzept dieser Diplomarbeit.....	2
1.3	Inhaltliche Übersicht der vorliegenden Arbeit.....	6
2	Das Vermittlungsverfahren ATM.....	8
2.1	Grundlagen.....	8
2.2	Das B-ISDN-Referenzmodell.....	12
2.3	Vergleich mit anderen Netztechnologien	15
3	Planung des neuen R&S-Netzes mit integriertem ATM-Backbone	18
3.1	Das R&S-LAN in seiner Entwicklung	18
3.2	Notwendigkeit der Migration auf eine neue Technologie.....	21
3.3	Das Rohde & Schwarz-Netz von morgen.....	24
3.4	Das Migrationskonzept.....	27
3.4.1	Das 5-Phasen-Modell	27
3.4.2	Kriterienkatalog für den Abschluß der Testphase	32
4	Entwurf eines strukturierten Testkonzeptes	33
4.1	Analyse von Rahmenbedingungen	33
4.2	Strukturierung der Testphase.....	36
4.2.1	Analyse von Randbedingungen der Testphase	36
4.2.2	Aufteilung der Testphase in 4 Abschnitte	37
5	Realisierung der Abschnitte 1 und 2	42
5.1	Installation und Konfiguration des Testaufbaus	42
5.1.1	Die Komponenten des Testaufbaus	42
5.1.2	Aufbau der Testkomponenten - Probleme und Lösungen	45
5.1.3	Skizze des Testaufbaus.....	49
5.2	Durchführung von Tests für den Testaufbau	50
5.2.1	A1: Ermittlung der Maximalgeschwindigkeit zwischen zwei ATM-Geräten	51
5.2.2	A2: Performance-Vergleich reines Ethernet und zwischen geschalteter ATM-Backbone.....	53
5.2.3	A3: File Transfers auf Ethernet-Basis bei wechselnder Grundlast.....	55
5.2.4	A4: Redundanztest für die Stackable Hubs.....	57

6 Realisierung der Abschnitte 3 und 4	59
6.1 Überführung des Testaufbaus in das R&S-Netz	59
6.2 Durchführung von Tests im R&S-Produktivnetz	61
6.2.1 B1: File Transfers von SUN auf PC	62
6.2.2 B2: Performance-Tests für IPX	66
6.2.2.1 B2-1: Ermittlung der Zugriffszeiten auf einen Novell-Testserver	67
6.2.2.2 B2-2: Ermittlung der Zugriffszeiten auf Novell-Produktivserver	71
6.2.3 B3: Simulation eines Umzuges.....	77
7 Entwicklung eines Strategiepapiers.....	80
7.1 Analyse der durchgeführten Tests	81
7.1.1 Einschätzung der durchgeführten Tests.....	81
7.1.2 Verbesserung einiger Tests	85
7.1.3 Ergänzung neuer Tests	86
7.2 Analyse der Projektdurchführung.....	88
7.2.1 Probleme während des Projektablaufs	88
7.2.2 Wichtige Hinweise.....	90
7.3 Entwurf eines Gesamtkonzeptes	91
7.3.1 Erstellung eines Personalkonzeptes.....	92
7.3.2 Entwicklung eines zeitlichen Rahmens	96
7.3.3 Teststrategie.....	97
8 Zusammenfassung.....	100

B. Abkürzungsverzeichnis

C. Literaturverzeichnis

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation

Viele private Netzbetreiber stehen heute vor dem Problem, daß ihr derzeit bestehendes Netz den gestiegenen Anforderungen nicht mehr genügt. Denn ein leistungsfähiges, sicheres und zukunftsorientiertes Netz stellt die Voraussetzung dafür dar, daß im täglichen Betrieb effektiv und effizient gearbeitet werden kann und damit die Wettbewerbsfähigkeit erhalten bleibt. Netzbetreiber müssen dabei einige Gesichtspunkte ins Kalkül ziehen.

Steigende Mitarbeiterzahlen führen zu einer immer größer werdenden Anzahl an Netzknoten. Die Tendenz geht sogar in die Richtung, daß für jeden Mitarbeiter zwei Netzanschlüsse (z.B. für einen PC und eine Workstation) bereitgestellt werden sollen. Diesem Trend muß ebenso Rechnung getragen werden wie der rasanten Entwicklung im Bereich der Rechensystemen und Applikationen. Immer schnellere und mehr Bandbreite verbrauchende Applikationen laufen auf immer leistungsfähigeren Rechnern. Ein weiteres Kriterium für ein Kommunikationsnetz stellt die Sicherheit dar. Kritische Daten müssen abhörsicher nach innen und außen über das Netz transportiert werden können. Innere Sicherheit bedeutet hier, daß abgeschickte Daten auch den richtigen Empfänger finden und nicht in anderen Abteilungen landen. Die äußere Sicherheit betrifft die Probleme Internet-Anschluß und Firewall-Konzepte. Von großer Bedeutung ist außerdem der Aspekt, daß so unterschiedliche Anwendungen wie z.B. die Übertragung einer hochauflösenden Grafik, eine Videokonferenz oder ein normaler Filetransfer in einem einzigen Netz integriert werden sollen, ohne die Qualität dieser Anwendungen entscheidend zu beeinträchtigen.

Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, muß eine Übertragungstechnologie gewählt werden, die sowohl den hohen Bandbreitenbedürfnissen als auch den Aspekten Sicherheit, Verfügbarkeit und Zukunftsorientierung Genüge trägt. Der Asynchronous Transfer Mode, kurz ATM genannt, stellt eine solche Technologie dar. ATM ist ein verbindungsorientierter Hochgeschwindigkeitsstandard, der auf der Übertragung sehr kleiner Pakete, den sogenannten Zellen, beruht. Mit dieser Technik soll es möglich sein, alle bisher bestehenden Engpässe in Kommunikationsnetzen der Vergangenheit angehören zu lassen.

Die Firma Rohde & Schwarz, ein internationaler Hersteller und Vertreiber von elektronischen Meßgeräten sowie Hörfunk- und Fernsehsendern, gehört zu den ersten Unternehmen in Deutschland, die ihr momentan noch auf reiner Ethernet-Basis laufendes Produktivnetz im Backbone-Bereich auf die Übertragungstechnologie ATM umstellen wollen. Diese Umstellung soll in einem Zeitraum von zwei Geschäftsjahren verwirklicht werden. Oberste Priorität besitzt dabei natürlich die vollständige Funktionsfähigkeit des aktuellen Netzes, d.h. der normale Tagesbetrieb darf durch diese Migration in keinsten Weise beeinträchtigt werden. Diese Forderung setzt ein klar durchdachtes und gut strukturiertes Migrationskonzept voraus. Jeder Schritt muß auf dem vorherigen Schritt aufsetzen, so daß eine schlüssige und effektive Vorgehensweise gesichert ist. Die einzelnen Migrationsschritte müssen in Phasen zusammengefaßt werden, die dann wiederum als Ganzes das vollständige Migrationskonzept darstellen. Dieses Konzept wird im Rahmen der Diplomarbeit vorgestellt und an den Stellen, an denen wichtige Schritte für das Ziel dieser Arbeit aufgeführt sind, vertieft. Im wesentlichen wird es sich hier um die ersten Migrations-schritte handeln.

Für die jeweiligen Migrationsschritte und damit für den gelungenen Abschluß einer Phase müssen nun einerseits Tests durchgeführt werden, die die Migrationsschritte überprüfen und deren effiziente Funktionsweise sicherstellen, andererseits müssen Kriterien erstellt werden, mit denen entschieden werden kann, ob der jeweilige Migrationsschritt als erfolgreich bewertet werden kann. Die kontinuierliche und vor allem konsistente Durchführung von Tests in verschiedenen Bereichen stellt demnach eine unerläßliche Maßnahme dar, um der Erweiterung den Erfolg zu ermöglichen, den der Netzbetreiber sich vorstellt. Dazu gehört auch eine lückenlose Dokumentation der Migrationsphasen und deren Tests. Die Entwicklung und Durchführung solcher Tests wird in dieser Arbeit den Schwerpunkt darstellen, an deren Ende der Entwurf eines strukturierten Testkonzeptes stehen soll.

1.2 Konzept dieser Diplomarbeit

In diesem Kapitel soll dem Leser die konzeptionelle Vorgehensweise, die der vorliegenden Arbeit zugrundeliegt, näher gebracht werden. Außerdem werden kurz die Kernaussagen der vorliegenden Arbeit dargestellt.

Gegenstand dieser Diplomarbeit soll es sein, die vor dem Hintergrund einer Migration durchgeführten Tests und deren Ergebnisse zu dokumentieren, zu analysieren und zu bewerten, um daraus einen Vorschlag für eine strukturierte Teststrategie zu entwickeln, der auch bei anderen Betreibern von lokalen Netzen, bei denen ATM im Backbone-Bereich eingesetzt werden soll, Anwendung finden kann. In der Abbildung 1-1 ist das Konzept dieser Diplomarbeit skizziert.

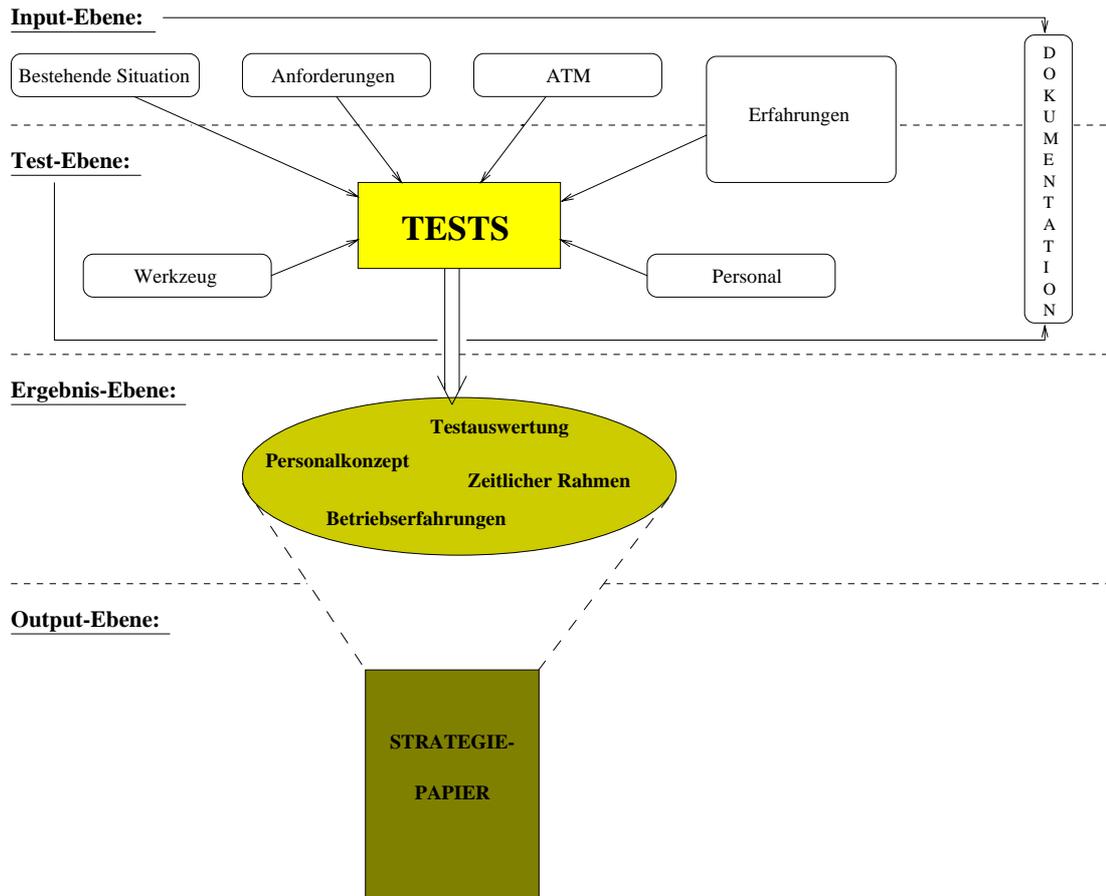


Abbildung 1-1: Das Konzept dieser Diplomarbeit

Wie aus der Abbildung zu entnehmen ist, umfaßt das Konzept 4 Ebenen. Die einzelnen Ebenen und deren Zusammenhang werden näher erläutert.

Input-Ebene:

Die erste Ebene wird als Input-Ebene bezeichnet. Sie beinhaltet Aspekte, die vor Beginn der Installation des ATM-Backbones abgehandelt werden müssen.

Der Netzbetreiber muß sich zuerst klar darüber sein, wie sich sein lokales Netz im Moment darstellt. Dies ist sehr wichtig für die Teststrategie, da durch eine genaue Analyse der bestehenden Situation erst entschieden werden kann, wo die ersten Migrationsschritte anzusetzen sind, d.h. wo sehr dringender und kurzfristiger Bedarf besteht. Typische Fragestellungen bei der Analyse sind: Wer kommuniziert mit wem, welche Protokolle werden eingesetzt, wie ist die Auslastung in den einzelnen Segmenten, wie sieht die Verkabelung auf dem Gelände und in den Gebäuden aus ?

Die Anforderungen an das zukünftige LAN mit ATM-Backbone müssen ebenfalls vom Netzbetreiber formuliert werden. Dabei sind von den verantwortlichen Personen

die Ziele der Migration genau zu definieren. Mit dem so entstandenen Kriterienkatalog besitzt der Netzbetreiber die Möglichkeit, immer wieder überprüfen zu können, ob die Migration nach seinen Erwartungen und Forderungen durchgeführt werden kann oder ob eventuelle Veränderungen oder Neuplanungen vorgenommen werden müssen.

Der Aspekt „Erfahrungen“ umfaßt eigentlich zwei Gesichtspunkte. Einerseits ist damit der im Laufe der Zeit erworbene Erfahrungsschatz des Betreibers im Bereich der Kommunikationsnetze - und hier speziell im Bereich der lokalen Netze - gemeint, andererseits können und sollen natürlich die in dieser Arbeit vermittelten Erfahrungen integriert werden. So müßte es möglich sein, das eine oder andere hier aufgetretene Problem bereits im voraus im Keim zu ersticken.

Jedoch kann Erfahrung allein nicht fundiertes, technisches Wissen ersetzen, besonders wenn eine noch so junge Technologie wie ATM Einzug in den Kommunikationssektor hält. Ergo sollte sich ein Netzbetreiber vor Beginn der Migration die Grundlagen dieser Technologie aneignen. Das nötige Know-How über ATM kann beispielsweise durch das Studium von Büchern oder Computermagazinen erworben werden. Empfehlenswerter ist allerdings eine intensive Schulung einiger Mitarbeiter durch ein darauf spezialisiertes Unternehmen, das natürlich auch die entsprechende Literatur zur Verfügung stellt und über praktische Erfahrungen im Bereich ATM verfügt. Bei R&S wurde diese Aufgabe von der Firma Controlware communications-systems übernommen, die auch die ATM-Komponenten und den nötigen Support lieferte.

Test-Ebene:

Nachdem diese Ebene abgearbeitet worden ist, kann auf die Testkonfigurationen und die Durchführung dieser Tests eingegangen werden. Dabei wird eine **Zweiteilung** der Tests vorgenommen. Zuerst wird eine vom Produktivnetz unabhängige Konfiguration aufgebaut und getestet, anschließend werden Komponenten des R&S-Netzes an den getesteten ATM-Backbone angeschlossen und ebenfalls getestet. Mit diesen Tests werden die einzelnen Schritte während der Migration gemäß dem aufgestellten Kriterienkatalog überprüft. Beeinflußt werden diese Tests neben den Aspekten der Input-Ebene von den zur Verfügung stehenden Werkzeugen und dem für dieses Projekt abgestellten Personal. Zu den Werkzeugen sind sowohl ATM- als auch LAN-Analysatoren sowie diverse Software-Tools zu zählen. Der Punkt „Personal“ umfaßt neben eigenen Mitarbeitern auch Unterstützung durch eine Fremdfirma oder, wie im vorliegenden Fall, durch Studenten, die im Rahmen dieses Projekts ihre Diplomarbeit anfertigen.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die lückenlose Dokumentation einerseits der Anforderungen und Erfahrungen der Input-Ebene, andererseits aller Tests sowie deren Ergebnisse. Denn diese Tests werden in allen Phasen der Migration wiederholt. Ebenso müssen die gemachten Erfahrungen, alle aufgetretenen Probleme und andere relevante Besonderheiten schriftlich fixiert werden. Die so entstandene Dokumentation stellt wiederum einen Bestandteil (Testauswertung) der sogenannten Ergebnis-Ebene dar.

Ergebnis-Ebene:

Die in der Ergebnis-Ebene skizzierte Ellipse soll die noch nicht strukturierte Zusammenfassung der bisher gesammelten Informationen darstellen. Dabei steht die Testauswertung natürlich im Mittelpunkt. Daneben soll in der Ergebnis-Ebene ein Personalkonzept entwickelt werden, um diese Tests auch zügig und effizient durchführen zu können. Außerdem werden während der Testdurchführungen wichtige Betriebserfahrungen erworben, die eine Teststrategie beeinflussen können. Eingebettet werden soll die Teststrategie schließlich in einen zeitlichen Rahmen.

Output-Ebene:

Die Aufgabe in der Output-Ebene besteht darin, aus den Inhalten der Ergebnis-Ebene die nötigen Erkenntnisse zu ziehen, um zu einem in der Abbildung als Strategie-papier bezeichneten Endprodukt zu kommen. Dieses Papier sollte eine geordnete Anleitung enthalten oder zumindest eine sehr hilfreiche Anleitung geben, wie ein Netzbetreiber, der sein LAN um einen ATM-Backbone erweitern möchte, effektiv sinnvolle Tests konfigurieren und durchführen kann.

Wie die Durchführung der ersten Migrationsschritte gezeigt hat, ist noch ein großer Schritt nötig, um die neue Technologie ATM in vollständigen Umfang im LAN-Bereich betreiben zu können. Das liegt daran, daß die Standardisierung im Bereich ATM noch nicht so weit fortgeschritten ist, um bereits alle Features, die ATM bieten soll, im laufenden Betrieb einzusetzen. Obwohl sich gerade im LAN-Bereich durch das ATM-Forum, einem mittlerweile mit über 600 Mitgliedern besetzten Standardisierungsgremium für ATM im LAN-Bereich, einiges getan hat. Trotzdem können in vielen ATM-Komponenten nur proprietäre Software-Lösungen eingesetzt werden. Die LAN Emulation 1.0 kann z.B. erst ab etwa Herbst 1995 verwendet werden. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch [Hindin94], in dem der Aufbau und die Problematik eines ATM-Netzes auf Basis von FORE Systems ATM-Komponenten beschrieben wird.

Das angesprochene Problem hatte auch direkten Einfluß auf die Migration bei R&S. Einzelne geplante Konzepte mußten abgeändert oder konnten überhaupt nicht realisiert werden. Beispielsweise mußte auf die geforderte Redundanz im Backbone-Bereich ganz verzichtet werden. In anderen Bereichen verzögerte sich das Projekt, da nicht vorhersehbare Probleme auftraten und erst nach geraumer Zeit gelöst werden konnten. ATM-Komponenten fielen z.B. zeitweise aus und brachten somit die Durchführung der Tests durcheinander. Es mußte bei R&S erkannt werden, daß zwischen Theorie und Praxis im Bereich ATM noch große Unterschiede bestehen und man selbst am meisten darunter zu leiden hatte, da man einer der ersten Netzbetreiber war, die ATM im Backbone-Bereich eines Corporate Networks einsetzen. Diese Diplomarbeit wird alle Probleme ansprechen und versuchen, eine Teststrategie zu entwickeln, welche die weitere Migration bei R&S verbessern soll, andererseits andere Netzbetreiber, die ebenfalls ATM im Backbone-Bereich einzusetzen gedenken, bei ihrer Migration unterstützt. Man muß bedenken, daß sich in sehr kurzer Zeit im ATM-Bereich in positiver Hinsicht viel tun kann und eine Migration in einem Jahr leichter und schneller durchzuführen ist als zum momentanen Zeitpunkt.

Wie nun die Kapitel im einzelnen aufgeteilt wurden, soll im nächsten Abschnitt erläutert werden.

1.3 Inhaltliche Übersicht der vorliegenden Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung von Teststrategien auf der Grundlage von durchgeführten Tests beim Einsatz eines auf ATM basierenden Backbones in einer konkreten Betreiberumgebung, nämlich dem auf Ethernet basierenden LAN der Firma R&S.

Die Netzübertragungstechnologie ATM steht zuerst im Mittelpunkt. Es werden im Kapitel 2 einerseits die Grundlagen dieser Technik vermittelt, andererseits Vergleiche zu traditionellen LAN-Technologien gezogen.

In Kapitel 3 wird die konkrete Betreiberumgebung, wie sie im Moment bei R&S vorherrscht, dargestellt und auf die im Laufe der Zeit entstandenen Engpässe eingegangen. Die Beantwortung der Frage, warum sich R&S gerade für ATM und nicht wie viele andere Firmen für den Zwischenschritt FDDI¹ entschieden hat und diese Technologie im Backbone-Bereich ihres LAN-Ethernet einsetzt, trägt ebenso zum Verständnis der Thematik bei. Nach einer graphischen Skizzierung des vom Betreiber geplanten Kommunikationsnetzes sollen die einzelnen Migrationsphasen angeführt werden. Dieses von Controlware und R&S entwickelte Migrationskonzept soll den stufenweisen Umbau des Netzes ermöglichen, ohne die Produktivität des laufenden Betriebs einzuschränken. Dabei wird auch in einer Art Vorschau auf die Tests, die an jeden Migrationsschritt anschließen, eingegangen. Gleichzeitig werden Kriterien erarbeitet, auf deren Grundlage die einzelnen Phasen abgeschlossen werden sollen. Da ein Großteil der Phasen erst nach Beendigung dieser Arbeit abgeschlossen wird oder noch gar nicht durchgeführt wurde, schränkt sich der Autor im folgenden auf bestimmte Migrationsschritte und damit auch auf bestimmte Tests ein. Die Kapitel 2 und 3 beschäftigen sich somit mit den Aspekten der Input-Ebene.

Kapitel 4 enthält ein theoretisches Testkonzept, das vom Autor entworfen wurde, um eine gewisse Testanleitung zur Verfügung zu haben. Dieser Entwurf lehnt sich grob an das Migrationskonzept an, beinhaltet aber bereits konkrete Tests und eine Aufteilung aller Arbeitsschritte in einzelne Abschnitte.

Die beiden folgenden Kapitel sind Inhalt der Test-Ebene. Kapitel 5 beschäftigt sich mit der Konfiguration des ersten Testaufbaus. Die verwendeten ATM-Komponenten kommen ebenso kurz zur Sprache wie die Verkabelung dieser Komponenten. Anschließend werden die aufgetretenen Probleme diskutiert und auf die endgültige Testkonfiguration eingegangen. Desweiteren wird die Durchführung der für den unabhängigen Testaufbau spezifizierten Tests beschrieben. Dabei wird erst auf die genaue Testumgebung, dann auf das verwendete Werkzeug und schließlich auf die

¹Fiber Distributed Data Interface

Realisierung des Tests und seine Ergebnisse eingegangen. Mit einer kurzen Auswertung wird jeder einzelne Test abgeschlossen.

Der bis jetzt noch nicht das R&S-Produktivnetz beeinflussende Testaufbau wird in der Folge in das R&S-Produktivnetz integriert. Diese Überführung des ausgetesteten ATM-Backbones in das R&S-Netz durch den Anschluß einiger Produktionsserver und Ethernet-Segmente und die dafür durchgeführten Tests sind Inhalt von Kapitel 6.

In Kapitel 7, deren Inhalt der Ergebnis-Ebene entspricht, wird schließlich die Teststrategie entwickelt. Eine Bewertung der Tests wird durchgeführt. Als Ergebnis dieser Analyse werden einige Tests modifiziert, andere verworfen und neue Tests entwickelt. Probleme während des Projektablaufs werden anschließend aufgezeigt und zu wichtigen Hinweisen für die Vermeidung von Problemen verarbeitet. Nachdem ein Personalkonzept erstellt wurde und ein zeitlicher Rahmen für die Teststrategie entwickelt wurde, können alle bisherigen Ergebnisse zu einer kompakten Teststrategie zusammengefaßt werden, welche schlußendlich als Produkt der Output-Ebene stehen soll.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse rundet die vorliegende Arbeit ab.

Kapitel 2

Das Vermittlungsverfahren ATM

Generell kann bei Vermittlungsverfahren zwischen Leitungsvermittlung und Paketvermittlung differenziert werden. Bei der Leitungsvermittlung wird für die gesamte Übertragungsdauer eine dedizierte Leitung bereitgestellt, die ausschließlich den beiden Kommunikationspartnern zur Verfügung steht. Nachteil dieses Verfahrens ist die sehr hohe Ressourcenverschwendung aufgrund der Unflexibilität gegenüber sich ändernden Bitraten und die damit verbundene geringe Auslastung des Netzes. Das klassische Beispiel für die Leitungsvermittlung ist das Telefonnetz, in dem eine Leitung für zwei Gesprächspartner bereitgestellt wird, die bei Gesprächspausen aber nicht von anderen Kommunikationspartner genutzt werden kann. Im Gegensatz dazu wird bei der Paketvermittlung die Nutzinformation in Einheiten zerstückelt, zusätzlich mit Informationen über Routing, Fehlerkorrektur, Flußsteuerung usw. angereichert und dann von Knoten zu Knoten im Netz übertragen. Dieses Verfahren führt zur einer effizienteren Auslastung des Netzes, da die Informationseinheiten (Pakete) verschiedener Verbindungen auf dem gleichen Weg übertragen werden. Ein Beispiel hierfür ist X.25.

ATM ist ebenfalls zur Klasse der Paketvermittlungsverfahren zu zählen. Im folgenden Kapitel sollen einige Grundlagen von ATM aufgezeigt und auf dieser Basis Vergleiche zu anderen, traditionellen Technologien sowohl im LAN- als auch im WAN-Bereich gezogen werden. Damit soll ein gewisses Grundverständnis für ATM erreicht werden, ohne Anspruch auf eine vollständige Einführung zu erheben. Der Autor nimmt auch an, daß interessierte Leser bereits mit dem Asynchronous Transfer Mode in Berührung gekommen sind und aus diesem Grund bereits Wissen über ATM ansammeln konnten. Für eine genaue Analyse dieser Technologie gibt es mittlerweile schon genügend Literatur. [dePrycker93], [Händel94], [Kyas93] und [McDys94] seien hier an erster Stelle genannt.

2.1 Grundlagen

Der Asynchronous Transfer Mode, kurz ATM, stellt eine Übertragungs- und Vermittlungstechnologie dar, die im Jahre 1990 von der früheren CCITT¹ und jetzigen

¹Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique

ITU² als Standard für die unteren drei Schichten des Broadband-ISDN³-Referenzmodells (siehe Abb. 2-3) verabschiedet wurde. Es wurde dabei versucht, Vorteile bestehender verbindungsorientierter und verbindungsloser Protokolle in einem Ansatz zu vereinen, um endlich eine Netztechnologie zu schaffen, mit der sich unterschiedlichste Dienste in einem einzigen Netz realisieren lassen.

In [CCITT90] wird ATM folgendermaßen definiert: "A transfer mode in which information is organized into cells; it is asynchronous in the sense that the recurrence of cells containing information from an individual user is not necessarily periodic." Der Begriff "Asynchronous" soll in diesem Zusammenhang also ausdrücken, daß zwischen den Taktgebern von Sender und Empfänger ein asynchroner Betrieb möglich ist. In den Datenstrom werden zu diesem Zweck leere⁴ Zellen eingefügt bzw. entfernt, um die Differenz der Taktgeber auszugleichen.

Die ATM-Zelle

ATM ist ein paketorientiertes Verfahren. Für die Übertragung der Daten werden Pakete fester Länge verwendet. Die Länge dieser Pakete wurde mit 53 Bytes definiert, wobei 5 Bytes für den sogenannten Header und 48 Bytes für die Nutzdaten reserviert sind. Diese sehr kleinen Einheiten werden als ATM-Zellen bezeichnet. In Abbildung 2-1 ist der Header einer Zelle dargestellt:

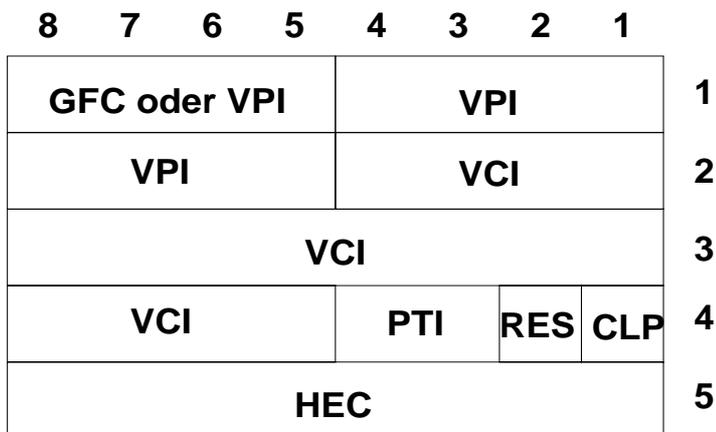


Abbildung 2-1: Der Header einer ATM-Zelle

Die einzelnen Felder besitzen folgende Bedeutung:

²International Telecommunications Union

³Integrated Services Digital Network

⁴ohne brauchbare Information

Das GFC-Feld (Generic Flow Control) wird zur Flußsteuerung an der Benutzerschnittstelle UNI⁵ verwendet. Der VCI (Virtual Channel Identifier) und der VPI (Virtual Path Identifier) dienen der Identifikation eines Abschnittes einer bestimmten Verbindung und bilden somit die Adresse dieser Zelle. Der Payload Type Identifier (PTI) kennzeichnet eine Zelle als Datenzelle oder als OAM-Zelle. Diese Operation-, Administration- und Maintenance-Zellen sind verantwortlich für den Betrieb und die Wartung des ATM-Netzes. Ist das CLP-Bit (Cell Loss Priority) gesetzt, darf eine Zelle bevorzugt verworfen werden. Den Header schließt das HEC-Byte (Header Error Control) ab, ein 8-Bit-Code zur Fehlererkennung und -korrektur.

Ein weiteres Merkmal von ATM ist aus der Erklärung des Headers abzuleiten. Die Adressierung einer Zelle wird nur durch die Kombination aus VCI und VPI gewährleistet. Ansonsten hat der Header eine sehr eingeschränkte Funktion. Sequenznummern zur Fehlerprüfung und Flußsteuerung entfallen völlig. Dadurch können ATM-Zellen in den ATM-Knoten sehr schnell vermittelt werden, die zum jetzigen Zeitpunkt in ATM-Knoten erreichbare Verarbeitungsgeschwindigkeit der Header liegt im Bereich von 150 Mbps⁶ bis 1,5 Gbps⁷.

Das verbindungsorientierte Vermittlungsprinzip

ATM arbeitet verbindungsorientiert. Vor der Übertragung von Daten wird eine virtuelle Verbindung aufgebaut. Sind nicht genügend Ressourcen für die gewünschte Verbindung vorhanden, wird der Verbindungswunsch vom ATM-Netz abgelehnt, ansonsten kommt eine Verbindung zustande. Die gewünschten Ressourcen werden den Kommunikationspartnern für die gesamte Dauer der Übertragung bereitgestellt. Die verbindungsorientierte Funktionsweise garantiert somit, daß eine Verbindung exklusiv von zwei Partnern genutzt werden kann, ohne daß mit Störungen oder Beeinflussungen durch andere Verbindungen zu rechnen ist.

Prinzipiell sind in einem ATM-Netz 2 Arten von Verbindungen möglich: Virtuelle Pfadverbindungen (VPC) und Virtuelle Kanalverbindungen (VCC). Mehrere VCCs können dabei über eine VPC übertragen werden. Die dafür zuständigen Identifikatoren sind der VCI und der VPI. Der VCI hat nur lokale Bedeutung zwischen zwei ATM-Knoten. Diese Knoten⁸ verfügen intern über eine Umsetzungstabelle, in der ein lokaler VCI-Wert durch einen anderen Wert ersetzt wird, der dann wiederum nur auf dem nächsten ATM-Link von Bedeutung ist. Nach Beendigung der Verbindung werden diese Links für andere Verbindungen freigegeben. Dieses Verbindungsprinzip gestattet somit die Übertragung unterschiedlicher Daten einer Leitung, wie z.B. Video- und Tondaten, über getrennte Kanäle, aber über einen Pfad. In Abbildung 2-2 ist noch einmal das auf VPI und VCI basierende Vermittlungsprinzip dargestellt. Eine von A ankommende Verbindung mit dem VPI 7 und den VCIs 1,2 und 3 wird nach der im ATM Node 1 bestehenden Umsetzungstabelle über den neuen VPI 5 zum

⁵User Network Interface: Schnittstelle zwischen dem Endbenutzer und dem ATM-Netz, siehe auch [Marks94]

⁶Mega-Bit pro Sekunde. Ein Mega-Bit entspricht 1 Million Bits.

⁷Giga-Bit pro Sekunde. Ein Giga-Bit entspricht 1000 Mega-Bits

⁸Bezeichnet werden diese Knoten als Switches.

ATM Node 2 weitervermittelt. An dieser Vermittlungsstelle wird der Verbindung in der internen Umsetzungstabelle der neue VPI 7 und wiederum die VCIs 1, 2 und 3 zugewiesen. Damit ist die von A kommende Verbindung zum Ziel B über ein ATM-Netz mit drei Knoten vermittelt worden.

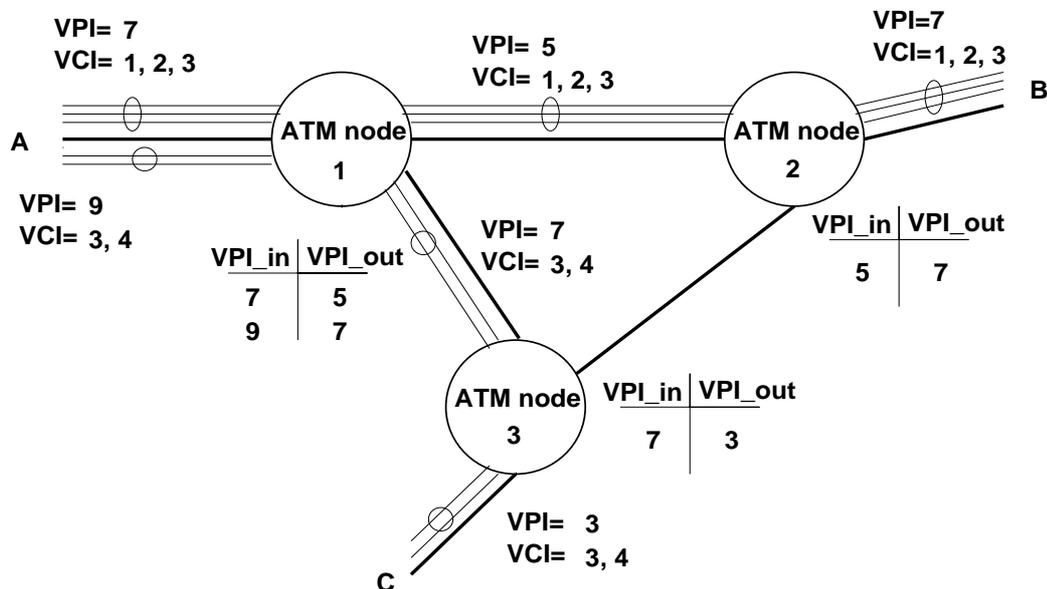


Abbildung 2-2: Das Vermittlungsprinzip in einem ATM-Netz

Der Traffic Contract

Wie bereits erwähnt, findet vor der Übertragung von Daten ein Verbindungsaufbau statt, die während des Datenaustausches den beiden Kommunikationspartnern alleine zur Verfügung steht. Vor dem Verbindungsaufbau stellt der potentielle Netzbenutzer bestimmte Forderungen an die Qualität der von ihm gewünschten Verbindung. Diese Forderungen umfassen sowohl Verkehrsparameter wie Spitzenzellrate, mittlere Zellrate und maximale Länge eines Bursts⁹ als auch den sogenannten Quality of Service (QoS). Dieser QoS definiert einen Satz von Leistungsparametern für eine virtuelle Verbindung. Zu diesen Parametern zählen beispielsweise die Zellübertragungsverzögerung und die Zellverlustrate.

Das Netz überprüft daraufhin durch einen vorgegebenen Algorithmus, ob diese Forderungen eingehalten und für die gesamte Dauer der Verbindung garantiert werden können oder ob andere bereits bestehende Verbindungen möglicherweise beeinträchtigt werden könnten. Bei erfolgreicher Überprüfung wird zwischen dem ATM-Netz und dem Netzbenutzer ein Traffic Contract abgeschlossen, in dem die verein-

⁹Senden mit der Spitzenzellrate

barten Parameter festgelegt sind, und die gewünschte Verbindung aufgebaut. Der Algorithmus, der die Entscheidung über das Zustandekommen der gewünschten Verbindung trifft, heißt Connection Admission Control (CAC). Er besitzt Zugriff auf alle Informationen des Traffic Contracts.

Von Bedeutung sind für diesen Algorithmus folgende Werte:

- **Source Traffic Descriptors**
Zum Source Traffic Descriptor zählen nach Definition des ATM-Forums Spitzenzellrate (PCR), die mittlere Zellrate (SCR) und die Burst Tolerance.
- **Quality of Service**
Parameter des QoS sind: Zellverlustrate, Zellfehlerrate, durchschnittliche Zellverzögerung, Zellverzögerungsschwankung
- **Cell Delay Variation Tolerance (CDV)**
Darunter ist ein oberer Grenzwert für die Zeitschwankungen zu verstehen, die bei der Verzögerung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zellen auftreten.
- **Conformance Definition**
Zwei Aspekte sind hier zu betrachten: Zum einen wird festgelegt, ob unterschiedliche Parameter für CLP=0 und CLP=1 definiert sind. Zum anderen wird geprüft, ob nur die Spitzenzellrate oder ob auch die mittlere Zellrate und die Burst Tolerance angefordert wurden.

Dem Netz obliegt jetzt die Aufgabe, zum einen die im Traffic Contract ausgehandelte Güte der Verbindung für die gesamte Dauer zu garantieren und zum anderen durch ständige Kontrolle der Zellrate des Senders auf mögliche Verstöße gegen diese Vereinbarung entsprechend zu reagieren. Es muß sichergestellt werden, daß durch eine Vertragsverletzung eines Netzbenutzers keine anderen Verbindungen in Mitleidenschaft gezogen werden. Zu diesem Zweck wird jede Verbindung durch einen Kontrollmechanismus, einen sogenannten Usage Parameter Control (UPC) überwacht, der bei Vertragsverletzungen Zellen verwirft. Ein Beispiel für einen solchen UPC stellt der Leaky Bucket dar, den man sich bildlich als einen Eimer mit Loch vorstellen kann. Dieser Eimer erniedrigt seinen Wasserstand durch das Loch soweit, daß er nie überlaufen kann, wenn die vereinbarte Menge Wasser in ihn hineinfließt. Fließt allerdings mehr Wasser hinein, kann der Eimer nicht mehr alles aufnehmen und das Wasser läuft oben aus dem Eimer heraus. Für tiefergehende Ausführungen zum Thema Verkehrsvertrag und Verkehrsüberwachung verweist der Autor auf [Eichinger95].

2.2 Das B-ISDN-Referenzmodell

Das ATM B-ISDN-Referenzmodell verwendet auf Schichtenebene die gleiche logische Hierarchiestruktur wie das OSI¹⁰-Modell, allerdings werden nur die unteren drei Schichten erklärt.

Grundsätzlich sind, wie auch in [Peschi93] ausgeführt ist und anders als im OSI-Modell, drei Ebenen definiert worden: Die Management-Ebene umfaßt die

¹⁰Open Systems Interconnection

Funktionsgruppen Ebenen-Management und Schichten-Management. Alle Management-Funktionen, die das gesamte System betreffen, sind im Bereich des Ebenen-Managements anzusiedeln. Zum Schichten-Management gehören dabei die OAM-Funktionen.

Die Benutzer-Ebene beinhaltet anwendungsbezogene Funktionen wie beispielsweise die Flußkontrolle. Die Kontroll-Ebene schließlich ist für den Verbindungsaufbau, Verbindungsabbau und die Überwachung einer Verbindung zuständig. Wie in der Abbildung 2-3 zu erkennen ist, werden neben den Ebenen vier Schichten spezifiziert: Die Physikalische Schicht, die ATM Schicht, die ATM Anpassungsschicht und höhere Schichten.

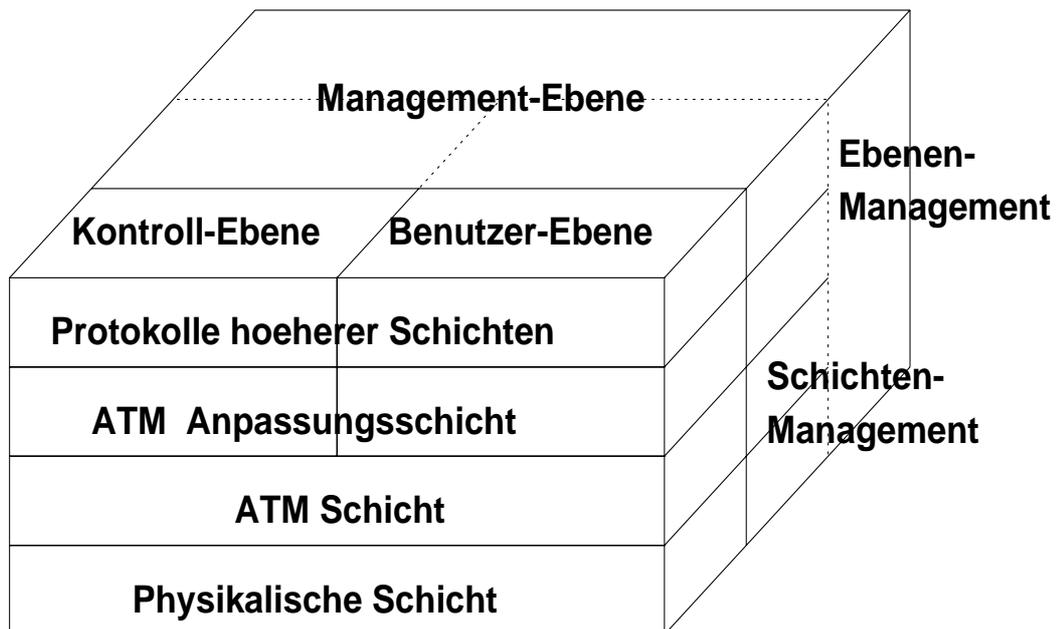


Abbildung 2-3: Das B-ISDN-Schichtenmodell

Die Aufgaben der drei unteren Schichten sollen im folgendem näher beschrieben werden. Der Autor verwendet hierzu die englische Bezeichnung für jede dieser 3 Schichten: Physical Layer bezeichnet die Physikalische Schicht oder Bitübertragungsschicht, ATM Layer die ATM-Schicht und ATM Adaptation Layer die ATM-Anpassungsschicht.

Der Physical Layer

Der Physical Layer entspricht ungefähr der Schicht 1 des OSI-Modells, wobei diese Beziehungen von der ITU nicht entgültig festgelegt wurden. Dennoch kommt dieser

Layer der Funktionalität der Bitübertragungsschicht sehr nahe. Der Physical Layer läßt sich in zwei Unterschichten dividieren: Zum einen in den Physical Medium Dependent Sublayer (PMD) und zum anderen in den Transmission Convergence Sublayer (TC). Der PMD ist, wie bereits aus der Bezeichnung ersichtlich, abhängig vom jeweiligen Übertragungsmedium. Als Aufgaben müssen von ihm sowohl die korrekte Übertragung und der Empfang der Bits als auch die Wiederherstellung des Bit-Timings auf der Empfängerseite bewältigt werden. Der Aufgabenbereich des TCs ist breiter gefächert. Er erhält von der PMD bereits einen korrekten Bitstrom und paßt diesen wieder an das verwendete Übertragungssystem an. Mögliche Übertragungsrahmen basieren hier z.B. auf SDH (Synchronous Digital Hierarchy), PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) oder direkter Zellübertragung. Außerdem bewerkstelligt diese Unterschicht die Generierung des HEC einer Zelle auf Senderseite und die Überprüfung dieser Fehlersicherung beim Empfänger. Eine Zellraten-Entkopplung, d.h. eine Anpassung der Nutzrate an die Nutzleistung des Übertragungssystems durch Einfügen oder Entfernen von leeren Zellen, sowie ein Austausch von OAM-Daten mit der Verwaltungsschicht runden die Funktionalität der TC ab. Diese Dienste werden der nächsthöheren Schicht, nämlich dem ATM Layer, bereitgestellt.

Der ATM Layer

Dieser Layer besitzt die Eigenschaft, vom physischen Medium und damit auch vom Physical Layer unabhängig zu sein. Die Aufgaben des ATM Layer sind wie folgt spezifiziert: Zellen verschiedener Verbindungen müssen anhand ihrer VC/VP-Identifikatoren in einen Strom gemultiplext und aus diesem Strom wieder gedemultiplext werden. Wird eine Zelle von einer physischen Verbindung zu einer anderen vermittelt, muß vom ATM Layer die Umsetzung der Verbindungsidentifikatoren geleistet werden. Außerdem ist der ATM Layer noch dafür verantwortlich, daß der Header einer Zelle vor der Übergabe an die nächsthöhere Instanz, dem ATM Adaptation Layer, entfernt bzw. bei der Übernahme von diesem Layer hinzugefügt wird.

Der ATM Adaptation Layer

Der ATM Adaptation Layer übernimmt die Dienste des ATM Layers und fügt seine Dienste an; und zwar so, wie es von der darüberliegenden Schicht gefordert ist. Dazu wurde eine Unterteilung dieses Layers vorgenommen. Die beiden Unterschichten heißen Convergence Sublayer (CS) und Segmentation And Reassembly Sublayer (SAR).

Der CS kann noch einmal in Service Specific (SS) und Common Part (CP) Konvergenz aufgeteilt werden, wobei SS eine dienstspezifische Komponente darstellt, die nur für bestimmte Anwendungen eingesetzt wird. Ansonsten besitzt dieser CS die Aufgabe, bestimmte Meldungen zu identifizieren oder den Takt aufzufrischen. Der SAR hingegen wandelt Daten von höheren Schichten in einen Strom von ATM-Zellen um (= Segmentierungsfähigkeit) oder baut im umgekehrten Fall aus dem ATM-Zellstrom wieder einen für die höhere Schicht verwertbaren Datenstrom zusammen (= Reassemblierungsfähigkeit).

Bis jetzt sind für die Anwender dieser ATM Adaptation Layer vier Dienste festgelegt worden, die durch insgesamt drei Hauptparameter klassifiziert werden. Dabei handelt es sich um die zeitliche Beziehung zwischen Ursprung und Ziel, um die Art der Bitrate und um den Verbindungsmodus des Dienstes. In der nachfolgenden Abbildung sind die vier Dienstklassen aufgeführt. Eine tiefergehende Betrachtung findet sich z.B. in [Ruiu93].

Service-Klasse Parameter	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Zielrelation zwischen Quelle und Senke	erforderlich		nicht erforderlich	
Bitrate	konstant	variabel		
Verbindungsart	verbindungsorientiert			verbindungslos
AAL-Typ	AAL 1	AAL 2	AAL 3	AAL 4
			AAL 5	
Beispiel	unreduziertes Audio/ Video	reduziertes Audio/ Video	X.25	IP
			X.25, IP	

Abbildung 2-4: Die AAL-Dienstklassen

2.3 Vergleich mit anderen Netztechnologien

Nachdem nun einige Grundprinzipien des Asynchronous Transfer Modes erläutert wurden, soll in diesem Abschnitt ein Vergleich zu anderen Netztechnologien gezogen werden. Ziel dieses Vergleichs ist es, die Vorteile von ATM, die es zweifelsohne z.B. gegenüber dem klassischen 10 Mbps-Ethernet, X.25 oder FDDI (siehe auch [Arnold94]) besitzt, aufzuzeigen und damit die zukunftsweisende Bedeutung dieser Technologie im Kommunikationssektor zu motivieren.

ATM beruht auf der Vermittlung von sehr kleinen Einheiten fester Länge. Durch die Übertragung dieser als ATM-Zellen bezeichneten Einheiten ergeben sich sowohl im Hinblick auf ihre reduzierte Headerfunktionalität als auch auf ihre feste, unveränderbare Größe einige Vorteile. Bei dem ebenfalls paketorientierten X.25, einem Schicht-3-Protokoll, variiert die Paketlänge, was die Anforderungen an die Pufferverwaltung im Netz erheblich erhöht und zu langsameren Verarbeitungsgeschwindigkeiten (nor-

malerweise 64 kbps¹¹⁾) durch sehr komplexe Protokolle führt. Bei ATM hingegen kann mit sehr viel höheren Geschwindigkeiten gearbeitet werden, da die Größe der Puffer im Netz reduziert und damit die Verzögerungszeiten niedriger gehalten werden können. Dieser Aspekt führt zusammen mit der intern sehr schnellen Verarbeitung der in ihrer Funktionalität eingeschränkten Header zu den bisher nur von ATM erzielten Übertragungsraten von 155 Mbit/s über 622 Mbit/s bis hin in den Gbps-Bereich.

Allerdings muß angemerkt werden, daß mit einem größeren Nutzinformativfeld als mit den gewählten 48 Bytes natürlich Daten noch schneller übertragen werden könnten. Diese 48 Bytes stellen einen Kompromiß zwischen der Übertragung von Daten und der Übertragung von Sprache, für die sehr kleine Einheiten von Vorteil sind, dar.

Diese hohen Datenraten werden auch noch von der Tatsache unterstützt, daß im ATM-Netz keine Flußsteuerung oder Fehlerkontrolle durchgeführt wird und damit der Overhead in einem vernachlässigbaren Rahmen anzusiedeln ist. Diese beiden Funktionen sind in den End-to-End-Bereich ausgelagert. In X.25 dagegen ergeben sich durch Fehlererkennungsmechanismen wie z.B. Sequenznummernalgorithmen und Frame Checking Sequences bis zu einem Drittel an Overhead, was aber bei den teilweise schlechten Verbindungen notwendig war, um noch verwertbare Übertragungen zu erhalten. Durch bessere Übertragungsmedien wie Lichtwellenleitern wurden auch bestehende Nachteile einer anfälligen Kupferverkabelung behoben, wobei hier natürlich der Kostenfaktor nicht unberücksichtigt gelassen werden darf.

Einer der größten Vorteile von ATM-Netzen gegenüber den traditionellen Technologien besteht in der Fähigkeit, Bandbreiten skalieren zu können. Den Applikationen werden genau die Bandbreiten zugewiesen, die auch gerade benötigt werden. Durch die Festsetzung der Leistungsparameter im Verkehrskontrakt ist gesichert, daß nicht unnötig Ressourcen vergeudet werden. Nur wenn für eine Verbindung die Spitzenzellrate allokiert ist, wird unnötig Bandbreite verschwendet. Einem nachträglichen Wunsch nach mehr Bandbreite kann, falls die erforderlichen Netzressourcen vorrätig sind, problemlos entsprochen werden. Nichtskalierbare Netze verschwenden durch die starre Einrichtung von Übertragungswegen Ressourcen, die oft nur zu einem geringen Anteil von den Kommunikationspartnern ausgenutzt werden.

Außerdem läßt die Netztechnologie ATM das Problem des Shared Mediums der Vergangenheit angehören. Während sich die Nutzer in einem herkömmlichen Netz wie im klassischen Ethernet die Bandbreite von 10 Mbps teilen müssen, kann in ATM jeder Endbenutzer die volle Datenrate ohne Einschränkung nutzen. Auch so kritische Applikationen wie die Übertragung von Videosequenzen oder anderer isochroner Verkehr, die die Bandbreite geradezu verschlingen, lassen sich somit über das Universalnetz ATM übertragen. Damit z.B eine Videokonferenz oder Sprache effektiv über das Netz laufen kann, dürfen keine spürbaren Verzögerungen erkennbar sein. Schon eine kleine Verzögerung erzeugt ein Rucken im Bildablauf oder ein Knacken im Audio-Datenstrom. Ein ATM-Netz besitzt in seinen Komponenten, seien es

¹¹Kilo-Bit pro Sekunde. Ein Kilo-Bit entspricht 1000 Bits.

Kommunikationsprotokolle oder Vermittlungseinrichtungen, die Fähigkeit, Daten zeittransparent mit einem tolerierbaren Delay zu übertragen.

Kapitel 3

Planung des neuen R&S-Netzes mit integriertem ATM-Backbone

In diesem weiteren Grundlagenkapitel soll das R&S-Netz im Mittelpunkt stehen. Es wird ein Abriß über die Entwicklung im R&S-LAN-Bereich gegeben und auf die ungelösten Probleme eingegangen, die sich im Laufe der Zeit durch dieses Netz ergeben haben und eine Migration notwendig machen. Nach einer kurzen Motivation, warum ATM als Technologie für den neuen Backbone ausgewählt wurde, wird die Zielvorstellung von R&S, sprich das geplante neue LAN mit integriertem ATM-Backbone, besprochen. Dabei wurde nach reinem ATM-Bereich und Anschlußbereich Ethernet unterteilt.

Die von R&S in einem sogenannten Migrationskonzept zusammengefaßten Schritte, die nötig sind, um den gewünschten neuen Netzstatus erhalten und dabei zu jedem Zeitpunkt die Produktivität des laufenden Netzes gewährleisten zu können, sind an das Ende dieses Kapitels gestellt, da ein Teil dieses Konzeptes gleich im nachfolgenden Kapitel 4, das den Entwurf eines Testkonzeptes für einen Teil der Migration zum Inhalt hat, aufgegriffen wird.

3.1 Das R&S-LAN in seiner Entwicklung

An dieser Stelle soll kurz der Begriff Corporate Network im R&S¹-Kontext angesprochen werden. Das im Entstehen begriffene Corporate Network soll nach [Ludwig95] folgende Eckpfeiler aufweisen: Jeweils 2-MB-Datenleitungen zwischen München und Memmingen und zwischen München und Teisnach und zwei 64-kB-Strecken zwischen München und dem Werk in Köln. Der Backbone dieses Corporate Networks soll eben auf die Technologie ATM umgerüstet werden. Diese Diplomarbeit wird allerdings nicht auf den WAN²-Bereich ausgeweitet, sie befaßt sich ausschließlich mit dem LAN³-Bereich.

Das LAN von R&S basiert auf der Netztechnologie Ethernet bzw. CSMA/CD nach IEEE 802.3. Es sind momentan ca. 2500 Endgeräte an dieses LAN angeschlossen.

¹Ab hier verwendete Abkürzung für Rohde & Schwarz

²Wide Area Network

³Lokal Area Network

Geographisch erstreckt sich das R&S-Netz auf ein Gebiet von knapp 10 ha. Das Firmengelände, das durch eine Straße getrennt ist, beinhaltet insgesamt 40 Gebäude, die alle in das LAN integriert sind.

Die Entwicklung dieses Netzes soll nun dargestellt werden, wobei nur die wichtigsten Schritte Beachtung finden. Eine grobe Vorstellung über die LAN-Komponenten und ihre Verkabelung, die in [ComCon92] ausführlich aufgeführt ist, reicht in diesem Fall aus, um die Notwendigkeit einer Migration zu erkennen. Möchte der Leser tiefergehende Informationen zum R&S-LAN-Ethernet erhalten, so kann er in [Forster95] eine ausführliche Darstellung der einzelnen Entwicklungsschritte und der verwendeten Komponenten finden.

Ursprünglich bestand das LAN von R&S aus einem Stammsegment mit der bereits maximalen Länge von 500 Metern. Die Endgeräte waren direkt an dieses Ethernet-Segment angebunden. Durch die stetig steigende Zahl an Endgeräten und dem damit stärkeren Netzverkehr war man bald gezwungen, neue Segmente zu verlegen. So wurden an eine bereits im Gebäude 6 verlegte Schleife des Stammsegments gebäudeübergreifende Etagensegmente über Repeater angebunden. Zur Separierung des Verkehrs und damit zur Entlastung der einzelnen Etagensegmente wurden Bridges eingesetzt. Die nachfolgende Skizze zeigt diese Situation:

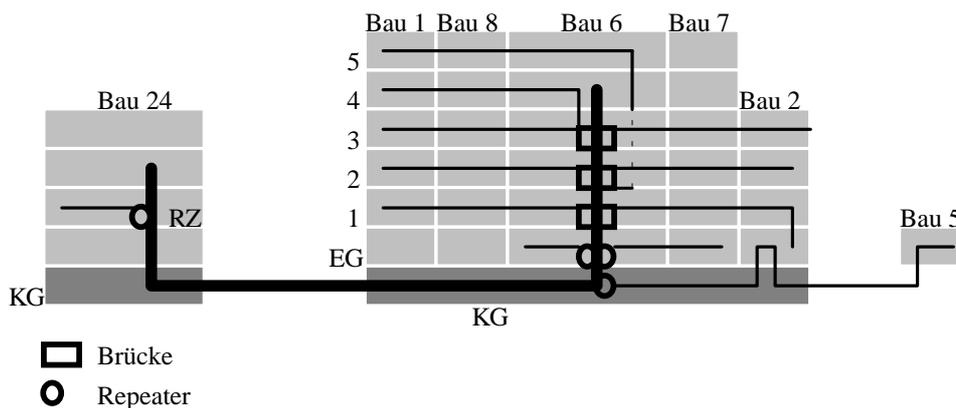


Abbildung 3-1: Das damalige Stammsegment von R&S

Das Konzept mit den Bridges wurde aber bald wieder verworfen, da durch eine zunehmende Zentralisierung der Server im Rechenzentrum⁴ (Gebäude 24) der Anwender über das Stammsegment auf die EDV im RZ zugreifen mußte, was den Verkehr auf diesem Segment stark ansteigen und die Bridges ihrer eigentlichen Aufgabe, nämlich die Last auf den Etagensegmente zu verringern, enthob. Man entschloß sich bei R&S, strukturiert zu verkabeln, d.h. die Verkabelung sollte untergliedert werden in eine Gelände-, Gebäude- und Etagenverkabelung (siehe auch [Ullmann95]). Für die Geländeverkabelung sollte als Übertragungsmedium Lichtwellenleiter (LWL)

⁴wird ab hier mit RZ abgekürzt

eingesetzt werden, für die Gebäudeverkabelung STP⁵. Die Umsetzung von LWL auf STP sollte in neu geschaffenen Technikräumen realisiert werden.

Für den geplanten LWL-Geländebackbone wurden Sternkoppler der Firma Hirschmann angeschafft, die in den einzelnen Gebäuden installiert wurden, womit das gesamte Firmengelände an diesen LWL-Backbone angebunden werden konnte. Zusätzlich wurden drei Kalpana EtherSwitches, sehr schnelle und leistungsfähige Switches (siehe [Hein95]), in den Gebäuden 6, 11 und im RZ installiert und über einen LWL, auf dem Full Duplex Ethernet gefahren wird, miteinander verbunden. Der alte Koax-Backbone konnte damit abgelöst werden. Die folgende Skizze zeigt die neue Geländeverkabelung:

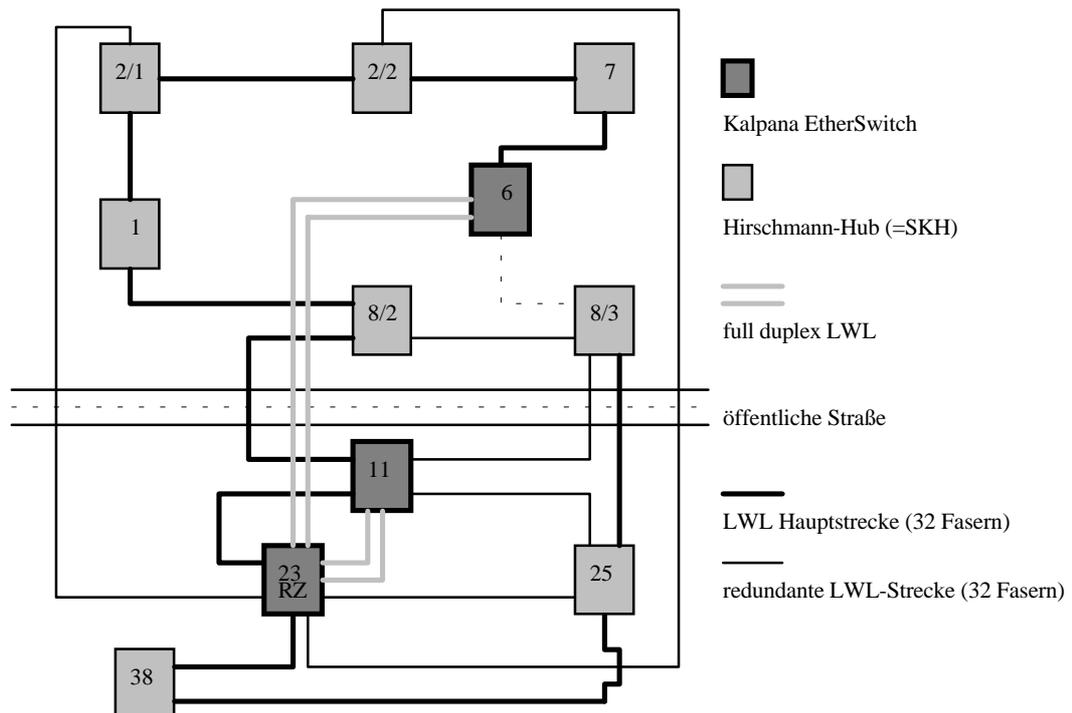


Abbildung 3-2: Die Geländeverkabelung auf Basis von LWL

Im Inhouse-Bereich wurden und werden immer noch die Gebäude- und teilweise auch die Etagenverkabelung auf STP umgestellt. Die Anbindung an den Gelände-LWL-Backbone geschieht in den Technikräumen über sogenannte Patchfelder. Auf die Kalpana EtherSwitches laufen Transceiverkabel auf, die die Verbindung zu den Etagensegmenten herstellen. In der nachfolgenden Skizze erkennt man die LWL-Verbindung, auf der Full Duplex Ethernet gefahren werden kann, die Anbindung der Etagensegmente über Transceiverkabel sowie den alten Koax-Backbone.

⁵Shield Twisted Pair: eine abgeschirmte Vier-Draht-Verkabelung

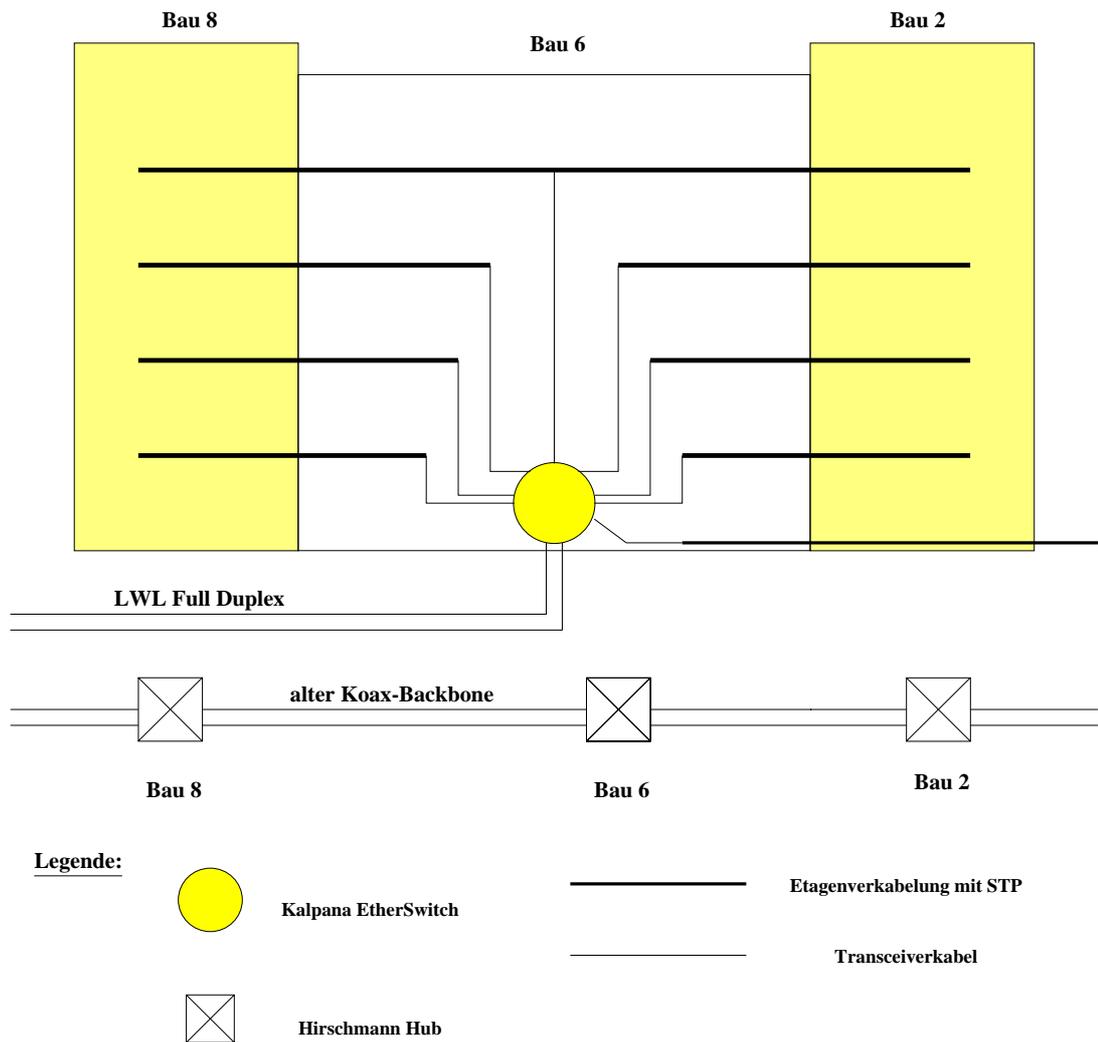


Abbildung 3-3: Anbindung der Etage-segmente

3.2 Notwendigkeit der Migration auf eine neue Technologie

Nachdem die Struktur des derzeitigen LAN-Ethernet aufgezeigt wurde, sollen hier Probleme angesprochen werden, die auch durch die bisherigen Entwicklungsfortschritte nicht gelöst werden konnten. Im Gegenteil, das LAN-Ethernet hat bereits in vielerlei Hinsicht seine Grenzen erreicht. Anschließend werden die Gründe beleuchtet, die bei R&S den Ausschlag für die Netztechnologie ATM gaben.

Ungelöste Probleme des R&S-Netzes

Trotz der stetigen Weiterentwicklung und des ständigen Ausbaus hat das R&S-Netz seine Grenzen erreicht. Besonders die in diesem Abschnitt angeführten Punkte lassen den Schluß zu, daß das R&S-LAN zumindest im Backbone-Bereich auf eine neue Technologie umgestellt werden muß. Im einzelnen handelt es sich um die gestiegene Zahl an Endgeräten, die Heterogenität im Bereich Rechner und Protokolle, das Fehlen eines Netzmanagements und als Hauptursache um den 'Flaschenhals' durch die Shared Media-Technologie Ethernet. Diese vier Punkte werden näher erläutert.

- **Steigende Zahl der Endgeräte**

Die Anzahl der an das LAN angeschlossenen Endgeräte ist in den letzten Monaten und Jahren stark angestiegen. Dies hängt natürlich mit der Entwicklung der Mitarbeiterzahlen bei R&S zusammen. Im Werk München Mühldorfstraße stieg die Mitarbeiterzahl von 1100 Ende 1991 auf über 2000 Mitarbeiter an. Diese Mitarbeiterzahl und die Forderung, jetzt pro Mitarbeiter mindestens zwei Datenanschlüsse bereitzustellen, erhöht die Anzahl der LAN-Anschlüsse noch einmal.

Das LAN-Ethernet von R&S mit derzeit über 2500 Anschlüssen ist somit hoffnungslos überladen. Segmente mit 40 Anschlüssen sind keine Seltenheit. Vernünftiges Arbeiten mit 10 Mbps ist oft nicht mehr möglich.

- **Heterogenität der Rechner- und Protokollwelt**

Ein weiterer Knackpunkt ist die Heterogenität im LAN von R&S. War das gesamte LAN zu Beginn noch ein reines DECnet und bestand überwiegend aus VAX-Rechnern, so haben mittlerweile die verschiedensten Protokolle und Rechner in das R&S-Produktivnetz Einzug gehalten. An Protokollen kommen TCP/IP, OpenNet, DECnet, XNS, ISO/OSI und IPX/SPX zum Einsatz. An Rechnern sind zu nennen: Siemens-Bürosysteme APS 5800, UNIX-Workstations, DECnet-Rechner, Intel Entwicklungssysteme, Terminals, BS-2000-Rechner und PCs.

- **Fehlendes zentrales Netzmanagementsystem**

Bei LANs von einer Größenordnung, wie sie bei R&S vorzufinden ist, ist es unerlässlich, bestimmte Hilfsmittel für das Management dieses Netzes zur Verfügung zu haben. Ein zentrales Netzmanagementsystem sollte Funktionen wie beispielsweise automatische Fehlererkennung oder die Konfiguration einzelner Komponenten durchführen können und damit den Netzadministrator beim Betrieb und der Pflege seines Netzes unterstützen. Desweiteren sollte ein solches System teilweise die Aufgabe eines Netzdokumentationssystems übernehmen und alle aktuellen Informationen über die Komponenten des LANs, deren Verkabelung und Standort gespeichert haben.

Ein solches Netzmanagementsystem existiert aber zur Zeit bei R&S noch nicht. Bei einem auftretenden Problem wird in der Regel die EDV-Abteilung früher oder später telefonisch informiert. Die Mitarbeiter dieser EDV-Abteilung ver-

suchen dann, mit Hilfe bestimmter Tools⁶ die Ursache für das Problem zu lokalisieren. Läßt sich aber remote, d.h. von der EDV-Abteilung aus der Fehler nicht lokalisieren, muß ein Mitarbeiter mit einem tragbaren Protokollanalysator zu der gemeldeten Fehlerstelle gehen, dort den Analysator in das LAN einbinden und über die erhaltenen Informationen die Fehlersuche fortsetzen. Dies setzt neben einem gewissen Erfahrungsschatz auch eine Portion Glück voraus, um möglichst schnell die Fehlerquelle beheben zu können. Oft werden aber von Mitarbeitern Probleme gar nicht oder erst sehr spät gemeldet, was natürlich zu Produktivitätsverlusten führt.

- **Flaschenhals Ethernet**

Das größte Problem stellt die verwendete Netztechnologie Ethernet dar. Diese Shared-Media-Technik kann nur 10 Mbps bzw. bei Full Duplex Ethernet 20 Mbps für jedes Segment bereitstellen. Für die Nutzer bedeutet dies, daß sie sich diese Bandbreite teilen müssen. Greifen mehrere Anwender gleichzeitig auf denselben Server zu, steigen die Antwortzeiten stark an und erschweren ein effektives Arbeiten. Ebenso tragen die Client/Server-Architekturen, bei der der Client, also der Anwender, laufend Daten vom Server über das Netz einholen, dazu bei, das Netz gerade in Stoßzeiten völlig zuzumachen. Der Flaschenhals Ethernet wird auch sichtbar, wenn die täglichen Backups für die Server erstellt werden und dabei mittlerweile die Nacht schon zu kurz wird aufgrund der relativ geringen Bandbreite und der immer größer werdenden Datenbestände.

Entscheidung für ATM

Aus den bisher zusammengetragenen Erfahrungen und Gründen wird deutlich, daß zumindest im Backbone-Bereich, also der Geländeverkabelung, eine neue Technologie benötigt wird, die entscheidend mehr Bandbreite zur Verfügung stellen kann und damit zur Entlastung des Netzes beiträgt. Die Entscheidung von R&S für die in der Praxis noch sehr selten eingesetzte Netztechnologie ATM soll an dieser Stelle kurz motiviert werden.

Bei vielen anderen Unternehmen wurde der Schritt zu ATM noch nicht vollzogen. Stattdessen wurde FDDI, das eine Bandbreite von 100 Mbps zur Verfügung stellen kann und schon länger auf dem Markt ist, als Technologie im Backbone-Bereich gewählt. Dies kann allerdings auch nur einen Zwischenschritt darstellen, da auch FDDI bald an seine Grenzen stoßen wird. Einer der Hauptgründe dafür ist darin zu sehen, daß FDDI nicht skalierbar ist, d.h. es können den Verbindungen keine dedizierten Bandbreiten zugeordnet werden.

R&S hat diesen Zwischenschritt ausgelassen und sich gleich für die Hochgeschwindigkeitstechnologie ATM entschieden. Die Gründe für die Entscheidung, die natürlich eng mit den bereits in Kapitel 2 erwähnten Eigenschaften korrespondieren, sollen an dieser Stelle aufgezeigt werden. Dabei spielen ATM-spezi-

⁶Z.B. existiert ein Tool NEMA, mit dem die eingesetzten NESH-Bridges überwacht werden können.

fische Gründe genauso eine Rolle wie Aspekte, die bereits getroffene Vorleistungen betreffen.

Zu den letztgenannten Aspekten gehört die bereits realisierte Ablösung des alten Koax-Backbones und die Geländeverkabelung mit Glasfaser. Ein Backbone auf der Basis von LWL stellt die Voraussetzung für den Einsatz einer Hochgeschwindigkeitstechnologie wie ATM dar. Nur mit dem Medium LWL können Geschwindigkeiten im HIGH-SPEED-Bereich erreicht werden.

Außerdem wurde durch das Konzept der strukturierten Verkabelung mit dem Geländebackbone und den Sternkopplern von Hirschmann sowie den Kalpana EtherSwitches als integrierte Gebäudeverteiler eine sehr flexible Topologie entwickelt. Diese Topologie erweist sich vor allem für den Einsatz von ATM als sehr günstig, da der Geländebackbone durch ATM-Switches gebildet werden kann und die an die ATM-Switches anzuschliessenden LAN-Zugangsgeräte die jetzigen Gebäudeverteiler ersetzen und damit die bereits vorhandene Stern-Topologie optimal ausnutzen könnten.

Das größte zu beseitigende Problem im LAN von R&S ist der Flaschenhals Ethernet mit seinen 10 oder 20 Mbps. Zumindest im Backbone-Bereich müssen Bandbreiten bereitgestellt werden, die weit über die Ethernet-Grenzen hinausgehen. Das kann aber nur eine Technologie bewältigen, die nicht mehr nach dem Shared-Medium-Prinzip arbeitet, sondern Bandbreiten dediziert jedem Server oder Anwender zur Verfügung stellt. ATM stellt eine solche Technologie dar, in der sich die Anwender nicht mehr die Bandbreite teilen müssen.

Ein weiterer zukunftsweisender Vorteil von ATM ist die Fähigkeit, die unterschiedlichsten Anwendungen wie Video, Sprache und Daten auf einem Netz transportieren zu können. Im Hinblick auf die bevorstehende Integration einer digitalen Telefonanlage in das R&S-Netz und der Anbindung bestimmter WAN-Verbindungen setzt R&S mit der Entscheidung für ATM bereits einen technologischen Meilenstein auf dem Weg zum Corporate Network. Außerdem sollen in wenigen Jahren Videokonferenzen auf der Tagesordnung stehen.

3.3 Das Rohde & Schwarz-Netz von morgen

Die Konzeption, die hinter der Migration zu einem Netz mit ATM-Backbone steht, wird in diesem Abschnitt näher beleuchtet. Im wesentlichen bilden zwei Teil-konzepte das Gesamtkonzept. Zum einen wurde ein Konzept speziell für den ATM-Bereich entwickelt, zum anderen mußte die Problematik im Anschlußbereich bewältigt werden. Dabei war die Frage zu beantworten, wie die einzelnen Ethernet-Segmente und Server an den ATM-Backbone angebunden werden. Die nächsten beiden Abschnitte befassen sich mit diesen Teilkonzepten. Daran schließt sich eine Skizze des geplanten LANs mit ATM-Backbone an. Abschließend wird dem Leser das geplante Migrationskonzept vorgestellt.

Die ATM-Backbonestruktur

Das angebotene Konzept sieht eine Kombination aus ATM-Switches und LAN Access Switches vor. Dabei ist die vollständige Integration bereits bestehender Strukturen möglich.

Herzstück des neuen lokalen Netzes sind zwei ATM-Switches, die jeweils über 2,5 Gbps Bandbreite verfügen. Diese Bandbreite bietet schon genügend Reserven für einen möglichen zukünftigen Ausbau. In einer ersten Ausbauphase sollen alle zentralen Server über Ethernet gekoppelt werden. Später können ausgewählte Server und Endgeräte mit einem ATM-Interface ausgerüstet und direkt an einen ATM-Switch angebunden werden.

Der Übergang von Ethernet auf ATM wird von den LAN Access Switches bewerkstelligt, wobei momentan 12 solche Komponenten für R&S geplant sind. Diese Geräte lösen die Hirschmann-Hubs und die Kalpana EtherSwitches ab und bilden quasi die neuen Etagenverteiler. Jeder dieser LAN Access Switches soll über Glas-faser an **beide** ATM-Switches angeschlossen, womit eine redundante Verkabelung im ATM-Bereich gegeben wäre. Die Redundanz stellt dabei für R&S eine wichtige Grundlage dar. Abbildung 3-4 zeigt den geplanten ATM-Backbone.

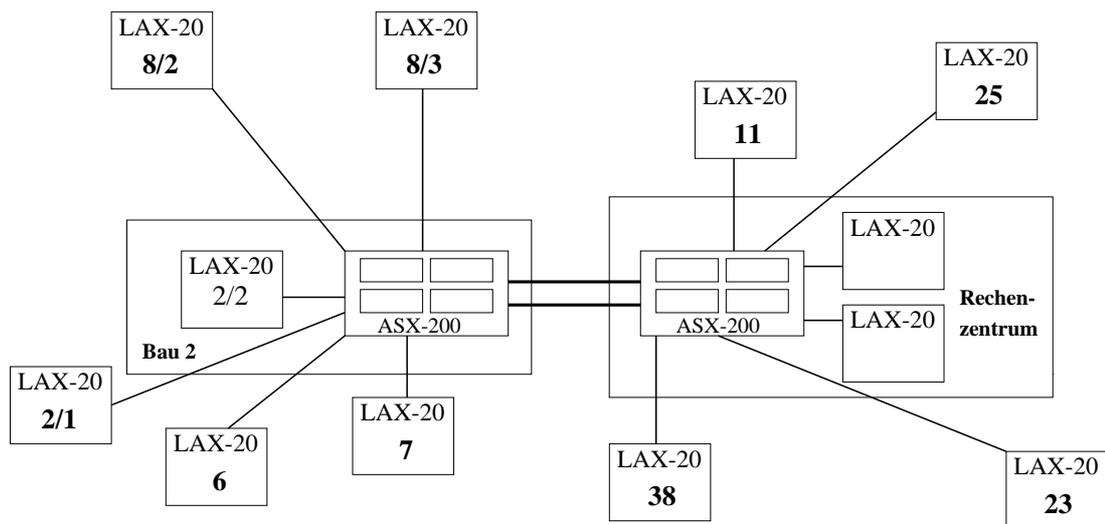


Abbildung 3-4: Die Struktur des geplanten ATM-Backbones

Das Anschlußkonzept im Endgerätebereich

Im Anschlußbereich für die Endgeräte hätte man natürlich alle vorhandenen Server und Endgeräte direkt auf die LAN Access Switches, wo die Umsetzung Ethernet-ATM erfolgt, anklammern können. Aus Kostengründen wurde dieser Gedanke aber nicht weiter verfolgt. Denn um dieses Vorhaben realisieren zu können, müßte eine große Anzahl an Ports an den LAN Access Switches und daraus resultierend auch eine große Anzahl solcher Geräte zur Verfügung stehen.

Da diese aber ziemlich kostspielige Netzkomponenten darstellen, mußte eine andere, preisgünstigere Lösung gefunden werden. Es wurde schließlich beschlossen, sogenannte Stackable Hubs⁷ der Firma Cabletron zu beschaffen. Diese intelligenten Hubs, die serienmäßig über 24 Ports verfügen und auf bis zu 96 Ports erweitert werden können, sollen an die LAN Access Switches angeklemt werden und damit einen wesentlich preisgünstigeren Anschlußpool für alle Endgeräte und Server auf Ethernet-Basis darstellen. Die Pro-Port-Kosten eines Hub-Ports sind im Vergleich mit einem LAN Access Switch-Port wesentlich geringer.

Das geplante Szenario

In der folgenden Abbildung ist das gesamte R&S-Rechnernetz dargestellt, so wie es nach Abschluß der Migration vorgesehen ist. Der Leser kann sich damit einen Gesamteindruck der Zielvorstellung bei R&S verschaffen.

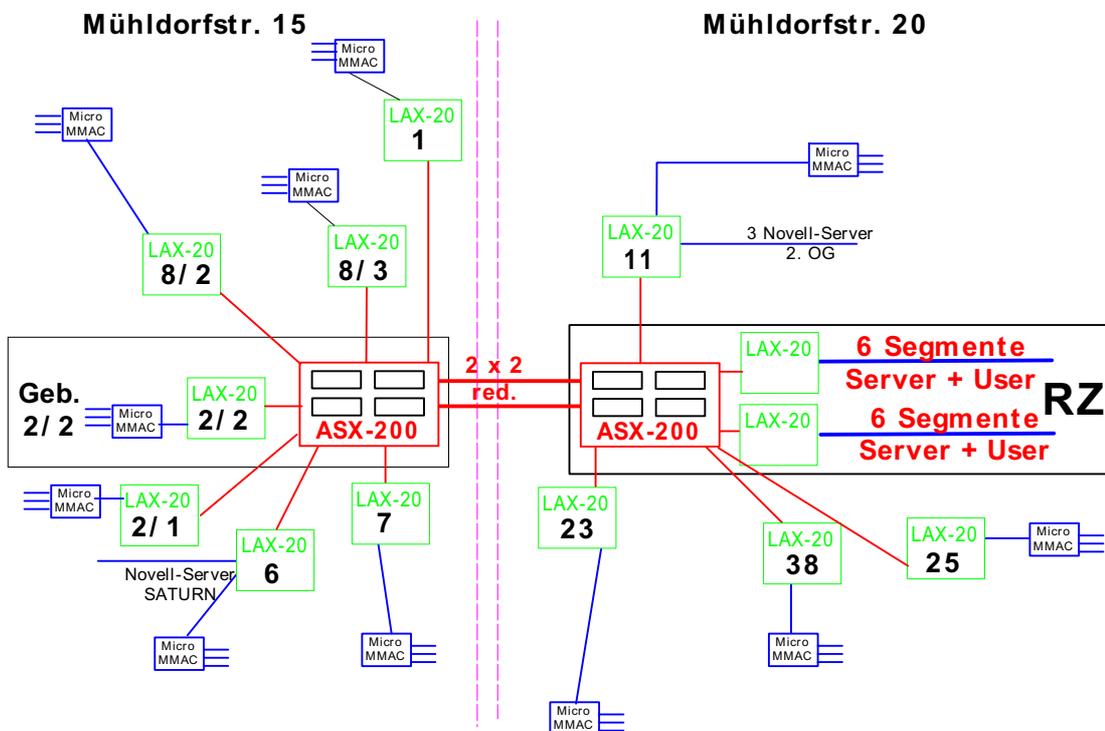


Abbildung 3-5: Das geplante Szenario

⁷Stackable bedeutet in diesem Zusammenhang, daß ein Hub um bis zu 3 weiteren Hubs erweitert werden kann. Damit steigt die Anzahl der Ports von 24 auf 96. Die Bezeichnung für diese Hubs ist MicroMMAC-24E.

3.4 Das Migrationskonzept

Nachdem nun einerseits das derzeit bestehende LAN-Ethernet und die damit verbundenen Probleme aufgezeigt und andererseits bereits detailliert die Zielvorstellungen von R&S skizziert wurden, soll als nächster Schritt das Konzept vorgestellt werden, das die nötigen Migrationsschritte für den Übergang zum ATM-Netz beinhaltet. Die Migrationsschritte sind dabei in verschiedene Phasen aufgeteilt worden. Eine Phase gilt dann als erfolgreich beendet, wenn bestimmte, vom Netzbetreiber festgelegte Anforderungen erfüllt wurden.

Diese Einteilung in Phasen wurde aus dem Grund gewählt, daß bei eventuell auftretenden Problemen Arbeitsschritte aus vorherigen Phasen nicht mehr auf Fehler untersucht werden müssen. Das Problem kann auf die derzeit aktuelle Phase eingeschränkt und damit im Normalfall schneller entdeckt und auch gelöst werden. Einschränkend dazu muß man sagen, daß es durchaus vorkommen kann, daß bestimmte, nicht vorhersehbare Probleme zumindest mittelbar mit Schritten früherer Phasen in Beziehung gebracht werden können. Das kann z.B. daran liegen, daß schon beim grundsätzlichen Aufbau des ATM-Backbones etwas übersehen wurde oder einfach noch nicht bekannt war. Man darf in diesem Zusammenhang nicht vergessen, daß sich R&S mit der Installation dieses ATM-Backbones auf ziemlich unbekanntes Terrain begibt und sozusagen Pionierarbeit leistet. Die zum jetzigen Zeitpunkt dem Autor einzig bekannte Referenzinstallation für ATM im Backbone-Bereich eines Produktivnetzes auf deutschen Boden wurde beim Axel Springer-Verlag in Hamburg durchgeführt. Einen ersten Eindruck, wie eine solche Migration ablaufen kann, erhält man in [Biagio93], wo ein praktisches Beispiel eines ATM-LAN-Aufbaus aus den USA dokumentiert ist.

3.4.1 Das 5-Phasen-Modell

Das 5-Phasen-Modell soll die Voraussetzung darstellen, das angestrebte Ziel, nämlich von einem auf der Ethernet-Technologie basierenden lokalen Netz zu einem Produktivnetz mit ATM-Backbone zu migrieren, geradlinig, effektiv und nachvollziehbar zu erreichen. Das gesamte Projekt ist auf einen Zeitraum von zwei Geschäftsjahren angelegt. Der zeitliche Ablauf ist von den Mitarbeitern von R&S in insgesamt fünf Phasen unterteilt. Dabei ist vorgesehen worden, daß die Kernelemente des Backbones in den Phasen 1 bis 3 implementiert werden und etwa ein Geschäftsjahr in Anspruch nehmen.

Anmerkung:

Das 5-Phasen-Modell wird so vorgestellt, wie es auch vor Projektbeginn, d.h. vor der praktischen Umsetzung, von R&S und Controlware communications ausgearbeitet und in [Control00] aufgeführt worden ist. Dabei handelt es sich um ein **theoretisches** Planungskonzept. Bedenkt man zusätzlich noch, daß keinerlei Erfahrungswerte von anderen ATM-Projekten existieren, muß verständlicherweise damit gerechnet werden, daß sich einige projektierte Arbeitsschritte nicht in der geplanten Weise durchführen lassen.

In der Tat wurden bis zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit einige Arbeitsschritte abgeändert oder ganz gestrichen. An den betreffenden Stellen wird darauf hingewiesen. Für das Ziel dieser Arbeit jedoch, nämlich eine Strategie für die Durchführung dieser ATM-Projekt-Tests zu entwickeln, sind die Abweichungen zwischen Planung und Praxis nicht so entscheidend. Vielmehr stehen die tatsächlich realisierten Tests im Vordergrund der Arbeit.

Die Ausgangssituation

Das heutige Netz mit dem Ethernet-Backbone wurde bereits in Kapitel 3.1 eingehend behandelt. In der Abbildung 3.6 sind noch einmal die für die kommenden Phasen relevanten Bereiche und Komponenten skizziert.

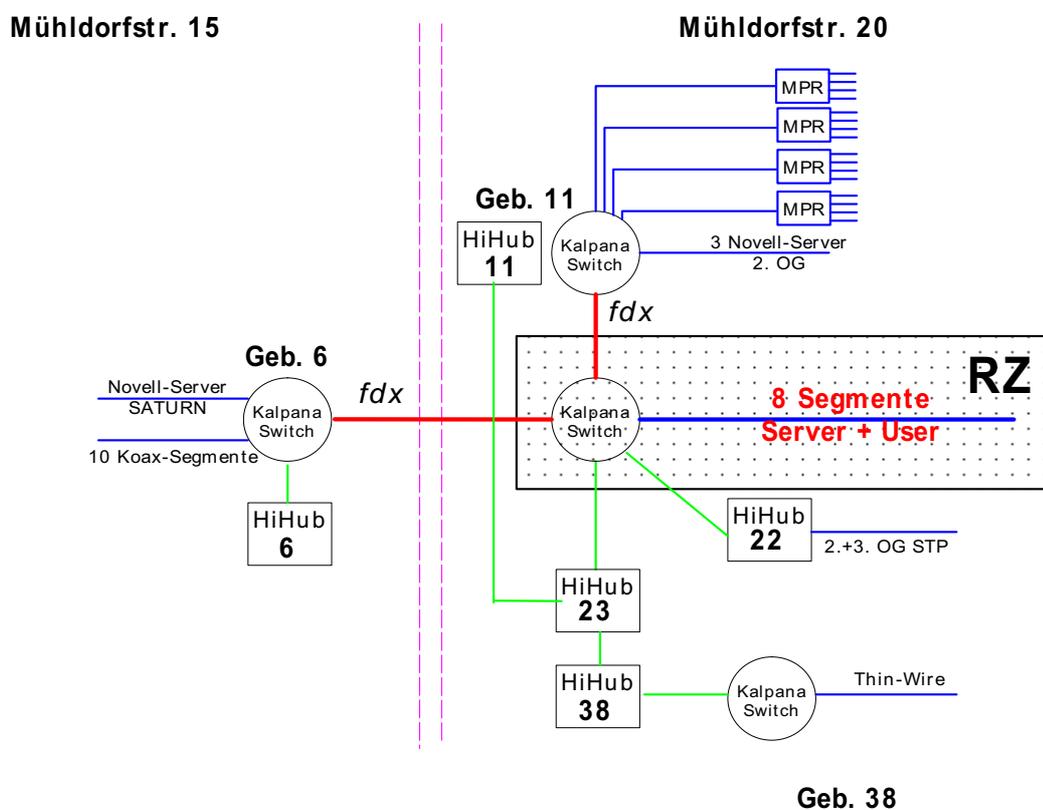


Abbildung 3-6: Das derzeitige R&S-Netz

Phase 1 (= Testphase)

In die Phase 1 fallen die Aufstellung der ersten ATM-Komponenten, deren Verkabelung und das Austesten dieser Konfiguration sowie die stufenweise Integration des ausgetesteten ATM-Backbones in das R&S-Netz durch den Anschluß ausge-

wählter Produktivserver und Ethernet-Segmente und wiederum das Austesten. Diese Phase 1, auf die in den nächsten Kapiteln detailliert eingegangen wird, wird vom Autor ab jetzt als **Testphase** bezeichnet.

Folgende Schritte sind in dieser Testphase von R&S geplant:

- Aufbau von 2 ATM-Switches ASX-200 der Firma FORE Systems
- Aufbau von 3 LAN-Zugangsgeräten LAX-20 von FORE Systems
- Redundanter Anschluß der LAX-Geräte an die ATM-Switches
- Installation von 3 RMON⁸-fähigen Stackable Hubs MicroMMAC-24E der Firma Cabletron und Anschluß an die LAX-Geräte
- ATM-Anschluß einer Workstation mit ATM-Adapterkarte an einen ASX-200
- Inbetriebnahme der Netzmanagementplattform HP OpenView mit der proprietären Managementsoftware ForeView
- Ethernet-Anschluß von Produktivservern im RZ an den ATM-Backbone
- Einbindung von ausgesuchten Powerusern in das ATM-Netz
- Ethernet-Anschluß von Segmenten in den Gebäuden 2 und 8
- Installation der ersten beiden virtuellen Workgroups⁹ als zwei getrennte Netze und Einbindung eines Endgerätes in beide Workgroups

⁸remote network monitoring

⁹Eine allgemeingültige Definition für Virtual Workgroups existiert nicht. Der Autor versteht darunter eine Gruppe von Usern, die aus organisatorischen, räumlichen oder logischen Gründen zusammen-gefaßt wurden und auf meist gleiche Ressourcen (Server, Applikationen) zugreifen. In [Forster95] werden Virtual Workgroups behandelt.

Das nach Abschluß der Phase 1 geplante R&S-Netz mit dem zwischengeschalteten ATM-Backbone soll folgende Struktur haben:

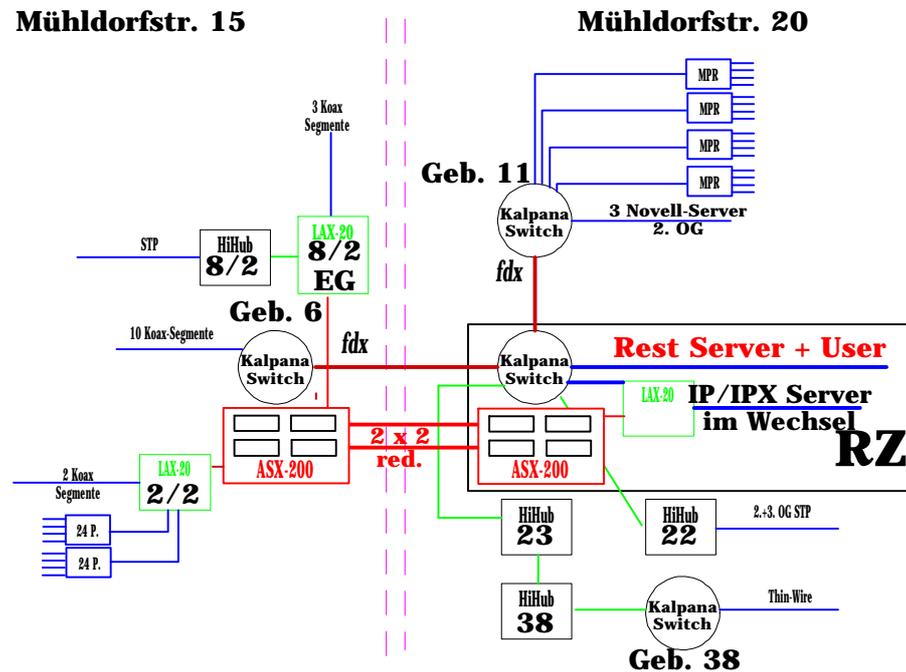


Abbildung 3-7: Das neue R&S-Netz mit ATM-Backbone nach Phase 1

Phasen 2 und 3

Wenn die Abnahme der Testphase erfolgt ist, können die Phasen 2 und 3 in Angriff genommen werden. Die beiden Phasen wurden deshalb zusammengefaßt, da sie beide noch im Rahmen des ersten Geschäftsjahres durchgeführt werden sollen. Folgendes ist dabei von R&S projektiert: Durch Installation von LAX-Geräten als Gebäudeverteiler sollen nacheinander alle Gebäude strukturiert an den ATM-Backbone angebunden werden. Dies führt zu einer Optimierung der bestehenden Datenflüsse und somit zur schrittweisen Entlastung der einzelnen Etagen-Koax-Segmente. Die Segmente können so erheblich verkürzt oder sogar gekappt werden. Die wichtigsten Arbeitsschritte der Phase 2 sind hier aufgelistet:

- Installation eines LAX-20 im RZ
- Umstellung aller Server im RZ auf 10BaseT mit STP und Anschluß an den LAX-20
- Installation von 3 weiteren LAX-20 in den Gebäuden 6, 7 und 11
- Durchführung derselben Tests für den ATM-Backbone wie in der Testphase

Die Phase 3, die ebenfalls noch im ersten Geschäftsjahr durchgeführt und beendet werden soll, beinhaltet folgende Schritte:

- Ablösung des Kalpana EtherSwitches im RZ
- Installation von 8 Stackable Hubs in den Gebäuden 6, 7 und 8
- Einrichtung von weiteren virtuellen Workgroups wie in der Testphase
- Durchführung derselben Tests für den ATM-Backbone wie in der Testphase

In Abbildung 3.8 ist der nach Abschluß der Phase 3 geplante Stand skizziert:

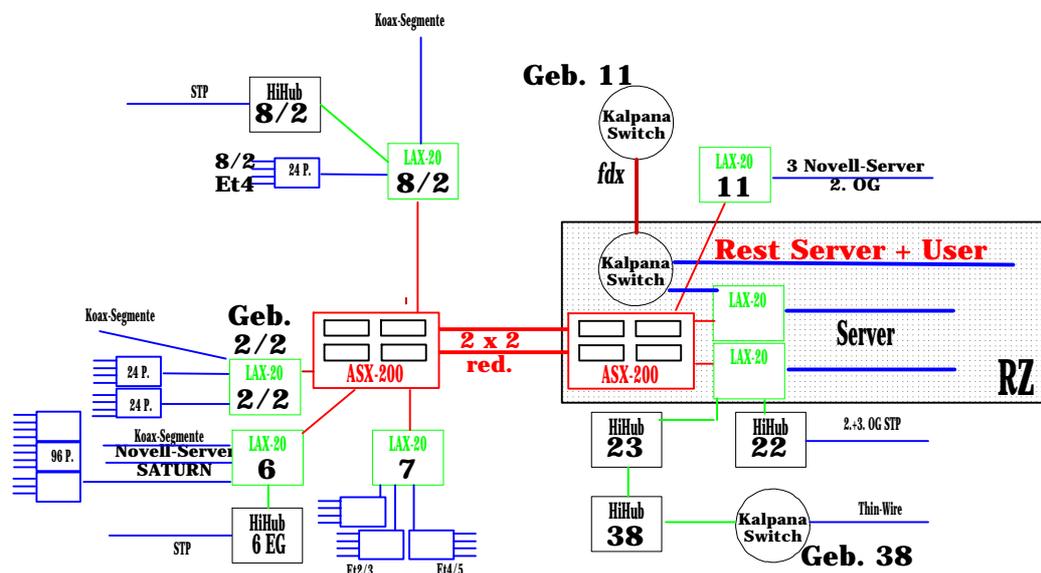


Abbildung 3-8: Das LAN nach Abschluß der Phase 3

Phasen 4 und 5

Das Migrationskonzept sieht die Phasen 4 und 5 für das zweite Geschäftsjahr vor. Diese beiden Phasen werden ebenfalls nur noch kurz gestrichen. Ziel dieser beiden Phasen soll die weitere Installation von LAX-Geräten in den Gebäuden 1, 2, 23, 25 und 38 sowie von ca. 40 Stackable Hubs sein. Auch hier gilt wieder, daß bei jedem Neuanschluß eines Ethernet-Segments oder eines Servers die bekannten Tests durchgeführt werden. In Abbildung 3-5 ist der vollendete Ausbau bereits skizziert worden.

3.4.2 Kriterienkatalog für den Abschluß der Testphase

Der Netzbetreiber R&S hat einige Anforderungen aufgestellt, die unbedingt erfüllt sein müssen, um das Projekt ATM-Backbone in die nächste Phase weiterzuführen. Dieser Kriterienkatalog für die Testphase kann durchaus noch während der Testdurchführungen ergänzt oder verändert werden.

- Die Antwortzeiten bei einem Filetransfer zweier SUN-Workstations über den ATM-Backbone dürfen sich gegenüber den Antwortzeiten auf einem leeren¹⁰ Ethernet um höchstens 10% verschlechtern. Diese Verschlechterung resultiert aus den Verzögerungen der ATM-Komponenten Switch und LAX. Es darf nicht vergessen werden, daß auf der einen Seite des ATM-Netzes im LAX die Konvertierung der Ethernet-Pakete in ATM-Zellen erfolgt und auf der anderen Seite im LAX die Rekonvertierung der ATM-Zellen in Ethernet-Pakete geschieht.
- Beim Ausfall einer Verbindung muß der Datentransport möglichst verzögerungsfrei über die vorgesehene redundante Verbindung fortgesetzt werden.
- Bei physisch voneinander getrennten und als Virtual Workgroups konfigurierten Netzen darf es zu keinen Überschneidungen von Broadcasts und Multicasts kommen.

Abschließend zu jeder Phase hat der Betreiber eine Abnahme durchzuführen, bei der er anhand der Testergebnisse entscheidet, ob diese Phase beendet ist, d.h. seine Anforderungen erfüllt wurden, und damit die nächste Phase eingeleitet werden kann. Es wird hier noch einmal betont, daß wirklich **alle** gestellten Anforderungen erfüllt sein müssen und Kompromisse oder Einschränkungen nicht eingegangen werden sollen. Die weiteren Phasen können nur erfolgreich durchlaufen werden, wenn der Grundstock, sprich die bereits beendeten Phasen, zur vollsten Zufriedenheit des Netzbetreibers abgelaufen sind.

¹⁰leer bedeutet hier, daß nur die den File Transfer ausführenden zwei Rechner an dem Ethernet-Medium hängen.

Kapitel 4

Entwurf eines strukturierten Testkonzeptes

Die Aufgabe dieser Diplomarbeit ist es, für das bereits angesprochene Migrationskonzept mit seinen Arbeitsschritten eine strukturierte Teststrategie zu erstellen, mit der die Anforderungen des Kriterienkatalogs stichhaltig abgesichert werden können und eine effektive Migration möglich ist. Dabei wird der Entwurf einer Teststrategie auf die Phase 1 des Migrationskonzeptes eingeschränkt. Dies begründet sich zum einen aus der zeitlichen Lage der Anfertigung dieser Arbeit, zum anderen und entscheidender aus der Bedeutung der ersten Arbeitsschritte eines Migrationsprojektes im LAN-Bereich. Werden diese ersten Arbeitsschritte gut durchdacht, aufeinander aufbauend durchgeführt und anschließend aussagekräftig ausgetestet, so steigen die Chancen auf eine erfolgreiche Migration stark an.

Die Absicherung durch eine strukturierte Teststrategie setzt natürlich in erster Linie aussagekräftige Tests voraus. Also sollen in diesem Kapitel Tests für die Phase 1 in strukturierter Form angeführt werden. Mit diesen Tests sollen die Anforderungen, die der Netzbetreiber R&S an sein neues Netz stellt, auf ihre Realisierbarkeit hin überprüft werden.

Dieses Kapitel wird eingeleitet mit der Untersuchung bestimmter allgemeiner Rahmenbedingungen, die bei einem Projekt dieser Größe wichtige Bedeutung besitzen. Am konkreten Beispiel R&S wird dargestellt, wie diese Rahmenbedingungen gehandhabt werden sollen. Danach wird die Phase 1 des bereits dargestellten Migrationskonzeptes in mehrere Abschnitte unterteilt. Anschließend werden mögliche Tests für die Arbeitsschritte dieser Abschnitte festgelegt und in eine sinnvolle Struktur gebracht.

4.1 Analyse von Rahmenbedingungen

Auf die Entwicklung von Teststrategien haben mehrere Faktoren Einfluß. Diese Faktoren, die die positive oder negative Abwicklung eines Testkonzeptes bedingen, werden hier näher beleuchtet. Im einzelnen werden die Faktoren Personal, Schulung des Personals, Projektsitzungen und Projektdokumentation untersucht. Am Beispiel des Betreibers R&S wird gezeigt, welche Bedingungen in diesem konkreten Projekt herrschen.

Einsatz von Personal

Um in vernünftiger Art und Weise diese Migration in Angriff nehmen zu können, muß ein klares personelles Konzept bestehen. Einerseits müssen Mitarbeiter von R&S für dieses Projekt abgestellt werden, andererseits darf Unterstützung durch eine Fremdfirma nicht fehlen. Sinnvollerweise sollte hier natürlich die Firma, die auch die ATM-Komponenten anbietet und liefert, bei den ersten Schritten, d.h. dem Testaufbau und den ersten Konfigurationen, zur Seite stehen und vor allem das nötige Know-How aufweisen. Diese Hilfe soll bis zu einem Zeitpunkt, zu dem die weiteren Schritte alleine von den R&S-Mitarbeitern durchgeführt werden können, Bestand haben.

Bei R&S wurde folgendes konzipiert: Zwei Mitarbeiter der EDV-Abteilung werden mit diesem Projekt beauftragt. Diese beiden Mitarbeiter sind verantwortlich für den zeitlichen Ablauf des Projekts. Nach Beendigung einer jeden Phase führen sie eine Abnahme durch, wobei sie den bei der Ausarbeitung des Phasenmodells entwickelten Kriterienkatalog zu Grunde legen. Der Kriterienkatalog, der sich während einer Phase dynamisch ändern kann, muß in allen Punkten erfüllt sein. Ist dies der Fall, wird die nächste Phase eingeleitet.

Die Firma Controlware liefert die Produkte der Firmen FORE Systems und Cabletron und wirkt bereits bei der Planung mit. Außerdem sollte diese Fremdfirma während der Phasen zumindest zeitweise Diagnosetools wie z.B. ATM-Meßgeräte oder LAN-Analysatoren zur Verfügung stellen. Darüberhinaus ist über eine Modemstrecke ein Remote-Zugang in Dietzenbach¹ sowie von FORE Systems geplant, um auftretende Probleme auch vom Firmensitz aus zu bewältigen.

Zusätzlich zu den beiden Mitarbeitern von R&S und den Technikern der Firma Controlware sind noch drei Studenten der TU München integriert, die im Rahmen ihrer Diplomarbeiten ebenfalls bei diesem Projekt für einen Zeitraum von 6 Monaten mitwirken. Dieser eingegrenzte Zeitraum bedeutet gleichzeitig, daß bis zum Abschluß der Arbeit wahrscheinlich nur die Testphase abgeschlossen ist und dementsprechend sich auch die Diplomarbeiten schwerpunktmäßig mit dieser Phase auseinandersetzen.

Projektspezifische Intensivschulung

Unerläßlich für den Erfolg eines Projekts dieser Größenordnung ist ein fundiertes Grundwissen des Netzbetreibers. Dieses Wissen läßt sich besonders gut durch eine Intensivschulung aneignen. Dabei sollen sowohl theoretische Kenntnisse zu den eingesetzten Technologien vermittelt als auch die Konfiguration der ATM-Komponenten praktisch geübt und erlernt werden. In unserem Fall sind also Kenntnisse der Netztechnologie ATM, der Arbeitsweisen der verschiedenen Komponenten sowie das praktische Know-How einer ATM-Konfiguration erwünscht.

¹Geschäftsstelle von Controlware

Der Anbieter der ATM-Komponenten, die Firma Controlware, führte, nachdem der erste Testaufbau realisiert worden war, eine einwöchige Schulung auf dem Firmengelände von R&S durch. Anhand mitgebrachter Netzkomponenten wie einem ATM-Switch, zwei LAX-20 und zwei PCs konnten verschiedene Konfigurationen durchgeführt und getestet werden.

Regelmäßige Projektsitzungen

Während der Realisierung des Projekts sollten in regelmäßigen Abständen Sitzungen abgehalten werden, an denen immer alle Projektpartner teilnehmen. Sie tragen maßgeblich dazu bei, nicht den Überblick über den Verlauf der Migration zu verlieren. Auf diesen Projektsitzungen sollte der jeweils aktuelle Stand der Migration herausgearbeitet, Lösungsmöglichkeiten für aufgetretene Probleme angedacht und diskutiert sowie die weitere Vorgehensweise besprochen werden. Termine für anstehende Lieferungen oder noch zu tätige Bestellungen festzulegen, gehört ebenfalls zu den Inhalten solcher Meetings.

Bei der zeitlichen Festlegung hat sich als sinnvoll erwiesen, die erste Projektsitzung etwa 4 Wochen vor der Lieferung der Komponenten, also dem Beginn der Testphase, anzusetzen. Das zweite Meeting erfolgte im Anschluß an den Testaufbau. Danach wurden im Abstand von 3-4 Wochen Projektsitzungen abgehalten.

Lückenlose Dokumentation

Ein großes Problem bei vielen Projekten im EDV-Bereich stellt die oft ungenügende Dokumentation dar. Viele Arbeitsschritte werden nie schriftlich fixiert und können so später nicht mehr rekonstruiert werden. Gerade im Bereich der Kommunikationsnetze, wo bei einem aufgetretenen Problem schnelles, zielorientiertes Handeln notwendig ist, um den beeinträchtigten Netzbereich wieder voll funktionsfähig zu machen, hat eine sorgfältige und vor allem vollständige Dokumentation große Vorteile. Besonders bei den teilweise unüberschaubaren Verkabelungen in Corporate Networks kann bei der Fehlersuche unheimlich Zeit gespart werden, wenn eine Dokumentation vorhanden ist und diese auch gepflegt wurde.

Bei der Migration zu einem Netz mit ATM-Backbone besitzt der Netzbetreiber die Möglichkeit, von Anfang an alle Arbeitsschritte schriftlich festzuhalten. Nutzt er dies auch, treten mit Sicherheit einige Probleme gar nicht erst auf oder lassen sich leichter lokalisieren. Natürlich müssen alle Änderungen, die während der Migration anfallen, dynamisch in die Dokumentation miteingearbeitet werden. Zu dieser Dokumentation wird auch hinzugerechnet, daß Geräte und Kabel beschriftet und alle aufgetretenen Probleme, und erscheinen sie noch so klein, in schriftlicher Form in einem Log-File abgelegt werden. Die Erfahrung zeigt, daß bestimmte Probleme immer wieder auftauchen. Durch das Mitprotokollieren nehmen diese Probleme aber kaum Zeit in Anspruch, da der Lösungsweg noch vom letzten Auftreten dieses Problems bekannt ist und sofort angewendet werden kann.

4.2 Strukturierung der Testphase

4.2.1 Analyse von Randbedingungen der Testphase

Vor der Festlegung der durchzuführenden Arbeitsschritte müssen einige Punkte beachtet werden, nach denen Ethernet-Segmente und Produktionsserver ausgewählt werden sollten. Die Wahl sollte dabei gut überlegt sein, da hier zum ersten Mal in den laufenden Betrieb eingegriffen werden muß. Außerdem werden Randbedingungen für den Aufbau der Testumgebung angesprochen.

Bei der Planung und Entscheidung, wie und wo der Testaufbau realisiert wird und welche Ethernet-Segmente sowie Produktionsserver zuerst an den ATM-Backbone gehängt werden, spielen folgende Faktoren eine wesentliche Rolle:

- **Räumliche Anordnung der Testkomponenten**

Der gesamte Testaufbau oder zumindest ein Großteil davon sollte möglichst lokal geschehen. Änderungen an der Konfiguration oder der Verkabelung können so leichter vorgenommen werden. Besonders empfiehlt es sich natürlich, den Aufbau in der Nähe des Arbeitsplatzes zu realisieren, etwa im nächstgelegenen Technikraum, oder den Arbeitsplatz in die Nähe eines solchen Raumes zu verlegen. Auch bei Anschlüssen von Segmenten oder Servern kann bei Problemen, die von geringfügig längeren Zugriffszeiten bis hin zum völligen Stillstand in dem betroffenen Netzbereich reichen, schneller auf den alten Zustand umgeschaltet werden, wenn die räumliche Nähe bei der Auswahl von Ethernet-Segmenten und Produktivservern beachtet wurde

- **Auswirkungen auf den laufenden Betrieb**

Die oberste Priorität bei der Migration zu einem Netz mit ATM-Backbone liegt natürlich in der uneingeschränkten Funktionalität des Produktivnetzes. Der laufende Betrieb sollte überhaupt nicht von den Umstellungen im Netz tangiert werden. Aufgabe des Netzbetreibers muß es sein, vor Erstellung eines Migrationskonzeptes zu analysieren, bei welchen Abteilungen eine mögliche Beeinträchtigung der Arbeitsfähigkeit unmittelbare Auswirkungen auf den betrieblichen Ablauf hat. Diese Abteilungen sollten dann nicht in einer der ersten Phasen hinzugeschaltet werden. Außerdem gilt es festzustellen, welche Nutzer auf welche Server Zugriff haben und in welcher Häufigkeit zugegriffen wird. Damit können sehr unangenehme Effekte vermieden werden, wenn z.B. auf einen an den ATM-Backbone angeschlossenen Abteilungsserver nicht nur eben diese Abteilung zugreift, sondern auch noch vereinzelt Nutzer aus anderen Bereichen Daten holen können und dies dann nicht mehr möglich ist. Wie eine solche Analyse der Datenströme und Abhängigkeiten aussieht, wird in [Forster95] behandelt.

- **Feedback der Nutzer**

Vorteilhaft kann sich auswirken, wenn solche Abteilungen an das ATM-Netz angeklemt werden, die sowieso in engerem Kontakt mit den verantwortlichen Personen für das zukünftige Netz stehen. Die Mitarbeiter dieser Abteilungen besitzen meist schon Know-How auf den Gebieten EDV/Rechnernetze und können oft präzisere und damit hilfreichere Aussagen über Veränderungen im Umgang mit dem Rechner treffen.

- **Bedürfnisse der Abteilungen**

Ein weiterer zu berücksichtigender Gesichtspunkt bei der Wahl der ersten an das ATM-Netz anzuschliessenden Segmente und Server ist die Dringlichkeit, mit der Abteilungen den Zugang zum ATM-Netz und damit zu größeren Bandbreiten benötigen. Bei einigen Abteilungen, die bandbreitenintensive Applikationen fahren und schon länger an die Grenzen der Ethernet-Technologie gestoßen sind, kann ein schneller ATM-Anschluß die Arbeitsbedingungen und damit auch die Arbeitseffektivität erheblich steigern. Bei R&S sind besonders die Abteilungen, die CAD-Anwendungen laufen lassen, ziemlich eingeschränkt durch die Nachteile der Shared Media-Technologie Ethernet.

Die Schwierigkeit für den Netzbetreiber besteht darin, diese vier Faktoren so in Einklang zu bringen, daß auf der einen Seite die Testphase effektiv und ohne zu große Beeinträchtigungen ablaufen kann, auf der anderen Seite aber der tägliche Netzbetrieb so wenig wie möglich gestört wird.

4.2.2 Aufteilung der Testphase in 4 Abschnitte

Betrachtet man die Arbeitsschritte dieser Testphase (siehe 3.4.1), läßt sich eine Zweiteilung erkennen. Der Aufbau des ATM-Backbones einschließlich der Inbetriebnahme der Netzmanagementplattform HP OpenView hat keinen Einfluß auf den laufenden Betrieb. Es wird ein absolut autarker ATM-Backbone aufgebaut, über den kein R&S-Traffic läuft. Erst ab dem Arbeitsschritt *Ethernet-Anschluß von Produktivservern im Rechenzentrum an den ATM-Backbone* beginnt die Überführung des bisher als Testaufbau zu bezeichnenden ATM-Backbones in das laufende Produktivnetz von R&S. Durch den Anschluß von Servern müssen die darauf zugreifenden Nutzer über den neuen Backbone arbeiten. Damit läuft erstmals Traffic des R&S-Netzes über den dazwischengeschalteten ATM-Backbone, der Begriff *Testaufbau* wird aufgelöst.

Aus der Zweiteilung der Testphase ergibt sich unmittelbar eine Zweiteilung der Tests. Zum einen können Tests für den noch unabhängigen Aufbau erstellt werden, zum anderen stellen die Tests, die nach der Überführung des ATM-Backbones in das R&S-Netz durchzuführen sind, einen eigenen Abschnitt dar. Denn diese Tests werden direkt vom R&S-Netz beeinflusst, da durch den Anschluß des ersten Produktivservers an den ATM-Backbone alle Nutzer ebenfalls an den neuen Backbone angebunden werden müssen.

Faßt man die bisherigen Aufteilungen zusammen, läßt sich die Testphase grob in zwei Teile untergliedern. Teil A beinhaltet den Aufbau des autarken ATM-Backbones sowie die Durchführung dafür vorgesehener Tests. Teil B dagegen wird von der Integration des ATM-Backbones in das laufende Betriebsnetz und den dafür spezifizierten Tests bestimmt. Diese beiden Teile wiederum sollen noch einmal aufgespaltet werden in je zwei Abschnitte, womit sich insgesamt vier Abschnitte ergeben. Jeweils einem Abschnitt, in dessen Mittelpunkt der Aufbau und die Verkabelung bestimmter Komponenten steht, folgt ein Abschnitt, in dem der jeweilige Aufbau getestet wird und keine Erweiterungen erfolgen. Konkret werden die 4 Abschnitte folgendermaßen benannt:

Teil A

- Abschnitt 1: Aufbau einer autarken Testkonfiguration einschließlich Inbetriebnahme des Netzmanagements
- Abschnitt 2: Durchführung von Tests anhand dieses Testaufbaus

Teil B

- Abschnitt 3: Überführung des bisherigen Testaufbaus in das R&S-Netz: Anschluß ausgewählter Produktivserver des laufenden Netzes an den ATM-Backbone
- Abschnitt 4: Durchführung von Tests im laufenden Produktivnetz

Abschnitt 1: Aufbau einer autarken Testumgebung

Im Mittelpunkt von Abschnitt 1 steht der Aufbau des ATM-Backbones sowie die Inbetriebnahme des Netzmanagements. Unter Aufbau versteht der Autor die Aufstellung der beteiligten Komponenten, deren Verkabelung und Konfiguration. Die dafür nötigen Arbeitsschritte wurden zwar bereits in 3.4.1 aufgezählt, sollen aber an dieser Stelle noch einmal explizit erwähnt werden:

- Aufbau von 2 ATM-Switches ASX-200 der Firma FORE Systems
- Aufbau von 3 LAN-Zugangsgeräten LAX-20 von FORE Systems
- Verkabelung der ATM-Switches mit 4 Leitungen zu je 155 Mbps
- Verkabelung der LAX Geräte mit den ATM-Switches; Realisierung eines Redundanzkonzeptes, das die Anbindung eines LAX-20 an beide ATM-Switches vorsieht
- Installation von 3 RMON-fähigen Stackable Hubs MicroMMAC-24E der Firma Cabletron und Anschluß an die LAX-Geräte
- ATM-Anschluß einer Workstation mit ATM-Interface an einen ASX-200

- Inbetriebnahme der Netzmanagement-Plattform HP OpenView mit der Netzmanagement-Software ForeView auf dieser Workstation

Nach der Durchführung dieser Schritte sollte ein vom R&S-Netz unabhängiger Testaufbau entstanden sein, der im Abschnitt 2 auf seine Funktionalität hin ausgetestet werden kann.

Abschnitt 2: Austestung des aufgebauten ATM-Backbones

Wie bereits oben angesprochen, soll im Rahmen von Abschnitt 2 der aufgebaute ATM-Backbone eingehend getestet werden. Besonders wichtig ist, daß der von R&S erstellte und in 3.4.2 angesprochene Kriterienkatalog erfüllt wird. Es müssen u. a. speziell Tests für die Verifizierung dieser Kriterien durchgeführt werden. Die Tests müssen aussagekräftige und vor allem richtige Ergebnisse über die Funktionalität des ATM-Backbones hervorbringen, damit im Abschnitt 3 die Überführung in das R&S-Netz realisiert werden kann. Ein stabiler Betrieb des ATM-Backbones ist somit das Ziel dieses Abschnittes.

Die Tests sind dabei eindeutig durch ein Kürzel gekennzeichnet, das an erster Stelle den gerade aktuellen Teil der Testphase und an zweiter Stelle die meist einstellige Nummer des Tests enthält. Hinzukommen kann noch ein kleiner Buchstabe (a bis e), der die verschiedenen Testkonfigurationen durchnummeriert. Beispielsweise bezeichnet A3.c einen File Transfer mit künstlich erzeugter Last in der Konstellation c, die vor Durchführung des Transfers abgebildet und spezifiziert wurde. Mit folgenden Tests soll der ATM-Backbone getestet und der Kriterienkatalog verifiziert werden:

- **A1: Ermittlung der Maximalübertragungsgeschwindigkeit zwischen zwei ATM-Geräten**
Zwischen zwei Workstations mit ATM-Interface, die direkt an jeweils einen ATM Switch angebunden sind, sollen File Transfers durchgeführt werden, um Anhaltspunkte über die zu erreichenden Durchsätze auf einem reinen ATM-Netz zu erhalten.
- **A2: Performance-Vergleich zwischen einem „leeres“ Ethernet und einem zwischengeschalteten ATM-Backbone**
Dieser Performance-Vergleich wird mit einem File Transfer zweier SUN-Workstations durchgeführt. Dabei wird einerseits auf einem leeren Ethernet und andererseits über den zwischengeschalteten ATM-Backbone übertragen.
Ziel: Untersuchung des Kriteriums *Die Antwortzeiten bei einem Filetransfer zweier SUN-Workstation über den ATM-Backbone dürfen sich gegenüber den Antwortzeiten auf einem leeren Ethernet um höchstens 10% verschlechtern.*

- **A3: File Transfers mit künstlicher Grundlast auf dem ATM-Backbone**
Durch einen Lastgenerator oder Protokollanalysator wird auf dem ATM-Backbone künstlich Grundlast in bestimmten prozentualen Schritten, z.B. 20%, erzeugt. Für jede Laststufe wird ein File Transfer ausgeführt. Die dabei erhaltenen Ergebnisse sollen hinsichtlich möglicher Verschlechterungen im Durchsatz analysiert werden.
- **A4: Überprüfung des Redundanzkonzeptes**
Ein LAN Access Switch ist an beide ATM-Switches angebunden. Die Verbindung, über die ein Transfer default abläuft, soll während dieses File Transfers abgezogen werden. Es wird überprüft, ob der Transfer über die zweite redundante Verbindung weitergeführt wird.
Ziel: *Untersuchung des Kriteriums **Beim Ausfall einer Verbindung muß der Datentransport möglichst verzögerungsfrei über die vorgesehene redundante Verbindung fortgesetzt werden.***

Abschnitt 3: Überführung des Testaufbaus in das R&S-Netz

Nachdem der Aufbau bisher unabhängig vom R&S-Netz stattgefunden hat, soll in diesem Abschnitt 3 der Beginn der Integration des stabil laufenden ATM-Backbones im Mittelpunkt stehen. Außerdem steht ein Testserver zur Verfügung, der sich ausgezeichnet zu Testzwecken eignet und ebenfalls in diesem Abschnitt an den ATM-Backbone sowohl über sein Ethernet-Interface als auch über eine installierte ATM-Karte angebunden wird.

Ein stabil laufender ATM-Backbone stellt überhaupt erst die Voraussetzung dar, um den Abschnitt 3 anzugehen. Natürlich muß die Funktionalität des ATM-Backbones erst gesichert sein, bevor das aufgebaute Szenario durch den Anschluß von Produktivservern in den laufenden Betrieb übergeführt werden kann. Ist das Funktionieren aber durch die Tests aus Abschnitt 2 verifiziert und sind auch alle Kriterien des Netzbetreibers erfüllt worden, kann der Schritt vom bisher unabhängigen Testaufbau zu einem wichtigen Teil des Produktivnetzes erfolgen. Die ersten Arbeitsschritte bei der stufenweisen Integration des ATM-Backbones sind Inhalt von Abschnitt 3 und sollen hier aufgeführt werden.

- Anbindung eines Novell-Testservers an den ATM-Backbone:
Zusätzliche Installation einer ATM-Karte für die direkte Anbindung an einen ATM-Switch
- Ethernet-Anschluß zweier Novell-Produktivserver an den ATM-Backbone
- Einbindung ausgesuchter Poweruser in das ATM-Netz
- Installation der ersten beiden virtuellen Workgroups als zwei getrennte Netze und Einbindung eines Endgerätes in beide Workgroups

Abschnitt 4: Durchführung von Tests im laufenden Betrieb

Nachdem der Testserver und die beiden Produktivserver angebunden sind, können im laufenden Betrieb Tests realisiert werden, die teilweise schon im Abschnitt 2 durchzuführen waren. Denn die geforderten Kriterien des Netzbetreibers müssen wiederum erfüllt sein, um die Testphase als abgeschlossen zu betrachten und um in die Phase 2 eintreten zu können. Folgende Tests sollen deshalb im Rahmen des letzten Abschnittes durchgeführt werden:

- **B1: File Transfers von SUN auf PC**
Zwischen einem PC mit Ethernet-Interface und einer SUN-Workstation sollen mit ftp Files transferiert werden, wobei beide Komponenten in unterschiedlicher Weise angebunden werden, und die erhaltenen Werte verglichen werden.
- **B2: Leistungsmessungen für Novell IPX²**
Ermittelt werden sollen die möglichen Zugriffszeiten auf die beiden Novell-Produktivserver und den Novell-Testserver, alle mit Ethernet-Karte ausgerüstet. Dabei werden der zugreifende PC sowie der Novell-Testserver an verschiedenen Stellen des ATM-Backbones angebunden. Außerdem werden Messungen durchgeführt, die die Ermittlung der Zugriffszeiten auf den Testserver mit installiertem ATM-Interface zum Ziel haben.
- **B3: Simulation eines Umzuges**
Ein PC, der Zugriff auf den Testserver mit ATM-Interface hat, soll auf der einen Seite des ATM-Backbones abgehängt und auf der anderen Seite wieder angebunden werden, also einen Umzug durchführen. Getestet werden soll, ob dieser Umzug ohne Verzögerungen und ohne zusätzlichen Aufwand für den Netzadministrator möglich ist, indem der PC versucht, wieder eine Verbindung zu seinem ATM-Server aufzubauen.
- **B4: Untersuchung der zwei konfigurierten Workgroups**
Es soll mit diesem Test festgestellt werden, ob es zu Überschneidungen von Broadcasts und Multicasts in den beiden Workgroups kommt.

Nach Abschluß dieser Tests kann, bei erfolgreicher Durchführung aller Tests, die Testphase abgenommen werden und in die Phase 2 eingetreten werden. Sie wird allerdings in dieser Diplomarbeit nicht mehr behandelt.

²Netware Internetwork Packet Exchange Protocol

Kapitel 5

Realisierung der Abschnitte 1 und 2

In diesem Kapitel wird zuerst der Testaufbau besprochen. Dabei werden die eingesetzten Komponenten beleuchtet und das Verkabelungskonzept dargestellt. Die bei dieser Testkonfiguration aufgetretenen Probleme und ihre Lösung durch eine veränderte Verkabelung stellen ebenfalls einen Schwerpunkt dieses Kapitels dar.

Anschließend werden für diesen Testaufbau einige Tests durchgeführt. Mit diesen Tests soll festgestellt werden, inwieweit die Forderungen des Netzbetreibers R&S erfüllt sind und welche Verbesserungen oder Änderungen zu treffen sind. Auf die Abweichungen, die zwischen der Planung und der Praxis aufgetreten sind, und deren Gründe wird nach der Dokumentation der Testdurchführung eingegangen.

5.1 Installation und Konfiguration des Testaufbaus

5.1.1 Die Komponenten des Testaufbaus

Angesprochen werden die ATM-Komponenten ASX-200 und LAX-20 sowie der Stackable Hub MicroMMAC und die beteiligten Endgeräte.

Da die ATM-Produkte unterschiedlicher Hersteller untereinander noch nicht kompatibel waren, d.h es zum Zeitpunkt der Ausschreibung nicht möglich war, ein heterogenes ATM-Netz zu installieren, mußte sich R&S für die Produkte eines Herstellers entscheiden. Ein weiterer Gesichtspunkt, der bei der Entscheidung ins Gewicht fiel, war die Tatsache, daß die bisher verabschiedeten Standards des ATM-Forums noch nicht so ausgereift waren, um zum Zeitpunkt des Projektbeginns schon zum Einsatz kommen zu können. Dabei ist in erster Linie die sogenannte LAN Emulation gemeint, eine Software, die das Zusammenspiel der verbindungslosen Netztechnologie Ethernet mit dem verbindungsorientierten ATM erst ermöglicht. In [Forster95] wird die Funktionsweise der LAN Emulation eingehend behandelt. Den Zuschlag erhielt schließlich die Firma FORE Systems. Dieses in den USA ansässige Unternehmen war das einzige, das die Konzepte der LAN Emulation bereits in einer eigenen Version in ihren ATM-Geräten implementiert hatte und damit über einen Vorsprung im Bereich ATM gegenüber der Konkurrenz verfügte.

Im einzelnen waren der Kauf von zwei ATM-Switches mit der Bezeichnung ForeRunner ASX-200 und von 12 LAN Access Switches mit der Bezeichnung LAX-

20 geplant. ATM-Einschübe für Endgeräte wie Workstations oder für Server waren ebenfalls bei FORE Systems vorhanden. Bezogen wurden diese ATM-Produkte allerdings nicht direkt von FORE Systems, sondern über die Firma Controlware communicationssystem. Dieses Unternehmen war zum damaligen Zeitpunkt als einziges Unternehmen autorisiert, die Produkte der Firma FORE Systems in Deutschland zu vertreiben. Sowohl der ATM-Switch als auch der LAN Access Switch sollen etwas näher beleuchtet werden. Grundlage dafür ist [Fore00].

Der ATM-Switch ASX-200

Das Herzstück der ATM-Backbonevernetzung ist der ATM-Switch ASX-200. Er stellt einen ATM-Switch mit einer 2,5 Gbps non blocking Switching-Kapazität dar. Eine nach dem Time Division Multiplexing-Verfahren arbeitende blockierungsfreie Switching Fabrik, die eine interne Verzögerung von weniger als 10 μ s garantieren kann, sorgt für diese Bandbreite von 2,5 Gbps pro Switch.

Es lassen sich bis zu 16 Workstations, Hubs oder Routers, die mit einem ATM-Interface ausgerüstet sind, mit einer maximalen Portgeschwindigkeit bis zu 155 Mbps anschließen. An Interfaces unterstützt der ASX-200 zur Zeit TAXI, OC-3c, E-3 und DS-3. Bei R&S allerdings werden momentan nur OC-3c-Interfaces verwendet.

Intern steuert eine SUN SPARC2 RISC Prozessor den Switch. Dieser Prozessor ermöglicht das Verbindungs- und Routing-Management sowie das Ausführen von SNMP¹-Funktionen. Angesprochen werden kann dieser Prozessor sowohl über ein ATM-Interface als auch über seine Ethernet-Schnittstelle. Nähere Informationen über die interne Arbeitsweise sind aus [Tolly94] zu entnehmen.

Im Rahmen eines Vergleichstests wurde der ASX-200 zusammen mit Produkten anderer Hersteller getestet. Dabei wurden unter verschiedensten Bedingungen Performance-Werte ermittelt und das Traffic-Management der einzelnen Switches geprüft. Der ATM-Switch von FORE schnitt im Gesamtergebnis sehr gut ab, z.B wies er bei der internen Verzögerung mit 10,57 μ s den absoluten Spitzenwert auf. In [Mande95] ist der gesamte Test nachzulesen.

Der LAN Access Switch LAX-20

Der LAN Access Switch LAX-20, eine Shared Memory-Komponente, besitzt eine interne Switching-Kapazität von 1,6 Gbps. Er bietet herkömmlichen lokalen Netzen wie Ethernet, Token Ring und FDDI den Zugriff auf einen ATM-Backbone und realisiert damit Verbindungen zwischen traditionellen und neuen Netzen.

Die interne Architektur des LAX-20 wird von drei i960 RISC Prozessoren bestimmt. Diese drei Prozessoren teilen sich die verschiedenen anfallenden Aufgaben. So führt das sogenannte „Right Brain“ alle zeitunkritischen Operationen wie Routing Protokolle, SNMP Management, Security Tasks und Port Konfiguration, usw. durch. Das „Left Brain“ realisiert demgegenüber zeitkritische Aufgaben wie das Packet Moving. Der dritte Prozessor, der sogenannte ATM Engine, wird für die LAN-Emulation oder die MAC-ATM-Adressenverwaltung eingesetzt.

¹Simple Network Management Protocol

Ein Bussystem mit 800 Mbps für das Packet Moving und zwei Bussysteme mit 400 Mbps für Broadcasts, Multicasts und die Kommunikation der Prozessoren untereinander sorgen für einen reibungslosen Datentransfer. Um die interne Verzögerung so gering wie möglich zu halten, wurde die bisher in Switches eingesetzte Backplane durch ein Shared Memory Konzept ersetzt. Ein an der Schnittstelle ankommendes Paket muß nur einmal in den Shared Memory eingelesen werden und wird danach direkt zum Destination Port geleitet und wieder ausgelesen.

Interfaces existieren für Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM und für serielle WAN-Ports. Im Grundgerät sind bereits vier Ethernet Ports enthalten. Das ATM-Interface ermöglicht dem LAX-20, als Konzentrador hin zu einem ATM-Switch zu arbeiten. Bei R&S ist diese ATM-Schnittstelle ein OC-3c-Interface. An diesen Schnittstellen wird die Umwandlung von Paketen in Zellen und umgekehrt realisiert.

An Features besitzt der LAX-20

- ATM PVCs²
- ATM SVCs³
- LAN Emulation
- Bridging
- Routing.

Konfiguriert werden kann der LAX-20 für Remote Bridging, Secure Bridging und IP-Routing. Der Unterschied zwischen Remote und Secure Bridging besteht darin, daß beim Secure Bridging nur zwischen Ports mit gleicher Customer ID gebridgt wird. Die Arbeitsweise der einzelnen Betriebsarten kann in [Eichinger95] nachgelesen werden und wird daher hier nicht angesprochen.

Außer den ATM-Komponenten von FORE Systems wurden Hubs für die Anbindung von Segmenten und Endgeräten benötigt. Diese werden genau wie alle am Testaufbau beteiligten Endgeräte (2 SUN-Workstations) an dieser Stelle dokumentiert.

Der Cabletron Stackable Hub MicroMMAC-24E

Im Migrationskonzept spielen neben den ATM-Komponenten die sogenannten Stackable Hubs der Firma Cabletron die wichtigste Rolle. Ein solcher Stackable Hub mit der Bezeichnung MicroMMAC-24E, der in [Man95] vorgestellt wird, verfügt über 24 RJ45-Ports zum Anschluß von Endgeräten und zwei EPIMs⁴. Über seine Ethernet-Schnittstelle kann der MicroMMAC-24E an einen LAX-20 angeschlossen werden. Mit Hilfe dieser Hubs können die bestehenden Ethernet-Segmente aufgetrennt werden.

²Permanent Virtual Circuits: Virtuelle Verbindungen, die statisch eingerichtet werden müssen.

³Switched Virtual Circuits: Virtuelle Verbindungen, die vom LAX-20 dynamisch auf- und abgebaut werden. In [Shelef95] wird die Problematik der SVCs durchleuchtet.

⁴Ethernet Port Interface Module: für zusätzliche Verbindungen über Koaxialkabel, Glasfaser oder Twisted Pair

Der MicroMMAC-24E verfügt über folgende Features:

- Komplettes SNMP Management
- BRIM⁵ Technologie
- RMON⁶ Funktionalität
- Einfaches Software-Upgrading durch Flash EPROM

Das erwähnte BRIM wird allerdings bei R&S nicht eingesetzt. Es ist aber auch möglich, ein ATM-BRIM im MicroMMAC-24E einzusetzen. Damit bestünde die Möglichkeit, einen direkten Übergang zum ATM-Netz bereitzustellen.

Die SUN Workstations

Als Endgeräte werden zwei SUN SPARC bereitgestellt. Zwei SUNs sind nötig, um die entsprechenden Tests durchführen zu können. Damit auch reine ATM-Tests gefahren werden können, wurden die SUNs mit jeweils einer ATM-Karte von FORE Systems versehen und direkt an die ATM-Switches angeschlossen. Daneben verfügen die beiden Workstations natürlich über jeweils eine Ethernet-Karte und können damit auch über die IP-Adresse des Ethernet-Interfaces angesprochen werden.

Eine SUN SPARC20, ausgerüstet mit 64 MB RAM und getaktet mit 60 MHz, wird als Managementstation genutzt. Auf ihr ist die Netzmanagementplattform HP Open View installiert worden. Integriert in HP Open View ist die proprietäre Netzmanagementsoftware ForeView, die das Managen der FORE-Komponenten erst ermöglicht. Der Aspekt Management spielt in dieser Arbeit allerdings keine Rolle. Die zweite SUN ist auch eine SPARC20, ebenfalls mit 64 MB RAM, aber nur mit 50 MHz getaktet.

5.1.2 Aufbau der Testkomponenten - Probleme und Lösungen

Nachdem alle Komponenten zur Verfügung stehen, kann mit dem Testaufbau begonnen werden. Als Zentrum des Testaufbaus wurde das Rechenzentrum von R&S ausgewählt. Im Technikerraum des Rechenzentrums ist, wie bereits im Kapitel 3.1 erwähnt, ein zentraler Kalpana EtherSwitch aufgebaut, an den wichtige Server angeschlossen sind. Bei der stufenweisen Umstellung können somit innerhalb weniger Sekunden Ethernet-Segmente und Server entweder direkt an die im RZ befindlichen ATM-Komponenten oder über die Patchfelder an die LAXe und MicroMMACs anderer Gebäude angeschlossen werden. Dies ist umso wichtiger, da hier in den laufenden Betrieb eingegriffen wird. Bestimmte Anwendungen können schon nach wenigen Sekunden abstürzen, wenn kein Kontakt zum Server mehr besteht.

Ein ASX-200, ein LAX-20 und ein MicroMMAC-24E werden im Rechenzentrum aufgebaut. Der zweite ASX-200 wird im Bau 2 zusammen mit einem zweiten LAX-20 und einem weiteren MicroMMAC-24E installiert. Diese Positionen sollen auch den endgültigen Standort der sechs Komponenten darstellen. Daneben wird ein weiterer

⁵Bridge/Router Interface Module: erlaubt modulares Bridging/Routing intern im Hub

⁶[Tol94] befaßt sich ausführlich mit den Möglichkeiten und Grenzen von RMON

LAX-20 und ein MicroMMAC-24E im Rechenzentrum platziert. Der geplante Standort im auf der anderen Straßenseite gelegenen Bau 8 wird noch nicht in Anspruch genommen, um bei Veränderungen in der Konfiguration oder in der Verkabelung lokal und damit schneller arbeiten zu können.

Nächster Schritt ist die Vergabe von IP-Adressen und eindeutigen Namen. Auf folgendes sollte geachtet werden bei der Vergabe der IP-Adressen: Verschiedene Interfaces sollten auch unterschiedliche IP-Adressen bekommen, sonst kann es unter Umständen zu Problemen beim Netzmanagement kommen. Darum ist dem ATM-Interface und dem Ethernet-Interface des ASX-200 eine eigene IP-Adresse zuzuordnen. Die Kenntnis aller Ethernet-Adressen ist natürlich ebenfalls wichtig, wird aber ab dieser Stelle vernachlässigt. In der folgenden Auflistung sind alle Komponenten mit Bezeichnung und IP-Adresse aufgeführt. Die IP-Adressen sind dabei willkürlich gewählt.

Komponente	Standort	Bezeichnung	IP-Adr. Ethernet	IP-Adr. ATM
ASX-200	RZ	ASX1	89.0.17.1	79.1.1.3
ASX-200	Bau 2	ASX2	89.0.17.2	79.1.1.4
LAX-20	RZ	LAX1	89.0.17.3	
LAX-20	Bau 2	LAX2	89.0.17.4	
LAX-20	RZ (Bau 8)	LAX3	89.0.17.5	
MMAC-24E	RZ	MMAC1	89.0.16.1	
MMAC-24E	Bau 2	MMAC2	89.0.16.2	
MMAC-24E	RZ (Bau 8)	MMAC3	89.0.16.3	
SUN 20/60	RZ	NMS	89.89.2.20	79.1.1.1
SUN 10/50	RZ	TESTSUN	89.0.2.22	79.1.1.2

In der Spalte Standort bedeuten die beiden Klammern, daß diese Komponenten, also der LAX3 und der MMAC3, nach Beendigung der Testphase im Bau 8 installiert werden. Die Adresse 89.89.2.20 mußte vergeben werden, da sich HP OpenView nicht auf einem Gerät mit einer IP-Adresse, die an einer Stelle eine Null aufweist, installieren läßt. Die erste Zahl der IP-Adresse gibt das Netz, die letzten drei Zahlen die Adresse des Gerätes an. Ist eine dieser Zahlen eine Null, erkennt HP OpenView diese Adresse nicht als eine Device-Adresse, sondern interpretiert die Null noch als Netzadresse und somit läßt sich die Netzmanagement-Plattform nicht auf dieser Komponente installieren. Dies wurde von den Entwicklern von HP OpenView so implementiert. Also wurde an der 2. Stelle der IP-Adresse die Null durch eine 89 ersetzt. Daraufhin konnte HP Open View problemlos installiert werden. Die anderen mit einer Null in der IP-Adresse ausgestatteten Geräte dagegen stellen für HP OpenView kein Problem dar, sie werden als Netz-Devices erkannt und angezeigt.

1. Broadcast-Problematik bei der Verkabelung der beiden ATM-Switches

Die beiden ATM-Switches sollten ursprünglich durch 4 zwei-adrige Lichtwellenleiter miteinander verbunden werden. Dabei sollten die vier Verbindungen auf zwei verschiedenen Strecken installiert werden, um beim Ausfall einer Verbindung über die redundante zweite Strecke problemlos weiterarbeiten zu können.

Dies führte allerdings zu einem ersten Problem. Die Standard LAN Emulation Version 1.0 wurde erst Ende März 95 verabschiedet. FORE entschloß sich zur Implementierung einer Vorabversion, der FORE LAN Emulation Version 0.4. Mit dieser Version konnten aber nicht mehr als ca. 50 Broadcasts pro Sekunde behandelt werden. Treffen im ATM-Switch mehr als 50 Broadcasts in der Sekunde an, ist der interne SUN-Controller nicht mehr in der Lage, SPANS⁷, die von FORE implementierte Signalisierungssoftware, abzuarbeiten, worauf die betroffenen Ports inaktiv werden können. Es wurde befürchtet, daß durch vier konfigurierte Verbindungen zusätzlich Broadcast-Traffic in der internen Switch-Kommunikation über den FORE-eigenen Signalisierungskanal SVC 14 erzeugt wird. Tatsächlich wurden in Peak-Zeiten mit dem Analysator Werte von 90 - 100 Broadcasts pro Sekunde gemessen. Umgerechnet auf Endgeräte bedeuten 50 Broadcasts pro Sekunde etwa 500 Endgeräte, eine Zahl, die bei R&S mit über 2000 Anschlüssen bei weitem übertroffen wird.

Vorläufige Lösung des Broadcast-Problems

Eine mögliche Umgehung des Broadcast-Problems, so die Aussage von FORE Systems, würde dadurch erreicht, nur eine Verbindung zwischen den ATM-Switches zu konfigurieren, bis eine neue Lösung vorläge oder bis die Version 1.0 der LAN Emulation, die dieses Problem in den Griff bekommen würde, einsatzbereit wäre.

So wurde also für die Testphase nur eine Verbindung zwischen den ASX-200 konfiguriert. Dies stellt allerdings für R&S höchstens eine Übergangslösung dar. Das Herzstück der Migration, der ATM-Backbone zwischen den ATM-Switches, muß unbedingt durch zwei auf verschiedenen Strecken verlegten Verbindungen ausfallsicher verkabelt werden. FORE Systems arbeitet gerade an einer Verbesserung seiner FORE LAN Emulation, um eine höhere Anzahl von Broadcasts pro Sekunde zu gewährleisten. Ende April konnten auch bereits ca. 200 Broadcasts pro Sekunde von den ATM-Switches verarbeitet werden. Ansonsten bleibt R&S zum derzeitigen Zeitpunkt nichts anderes übrig, als auf die Implementierung der LAN Emulation Version 1.0 bei FORE Systems, zu warten.

Anmerkung:

Kurzzeitig wurden mit dem Protokollanalysator bereits 400 Broadcasts in der Sekunde gemessen, ohne daß es zu Problemen in den ATM-Switches gekommen wäre.

⁷Simple Protocol for ATM Network Signaling, siehe auch [Leslie93]

2. Redundanz-Problematik bei der Verkabelung von ATM-Switch und LAN Access Switch

Beim Anschluß der LAX-20 an die ATM-Switches war vorgesehen, daß jeder LAX-20 sowohl an den ASX1 als auch an den ASX2 über Lichtwellenleiter angebunden wird. Dieses Redundanzkonzept sollte R&S ein großes Maß an Ausfallsicherheit bieten, da die LAX-20 im Fehlerfall über die redundante Strecke die bestehenden Verbindungen aufrecht erhalten können.

Allerdings konnte dieses Redundanzkonzept zwischen ASX-200 und LAX-20 nicht durchgeführt werden. Probleme ergaben sich durch das Fehlen des sogenannten Spanning Tree-Algorithmus für das ATM-Interface. Dieser Algorithmus soll im Fehlerfall einen neuen Weg über die Redundanzstrecke festlegen. Dazu wird der redundante Port freigeschaltet und der bisherige Port geblockt. Diese neue Konfiguration müßte aber allen LAX-20 mitgeteilt werden. Die LAX-20 müßten daraufhin einen Update in ihrer internen Adreßtabelle durchführen. Dieser Algorithmus war allerdings zum diesem Zeitpunkt überhaupt noch nicht vorgesehen und damit auch noch nicht implementiert, obwohl er im Planungskonzept gefordert und spezifiziert worden war.

Vorläufige Lösung: Neues Redundanzkonzept

Um einen stabilen Testbetrieb zu erhalten, mußte ein neues funktionierendes Redundanzkonzept entworfen werden. Die Firmen Controlware und FORE Systems entwickelten daraufhin ein Konzept, das die redundante Anbindung der MicroMMAC-24E an die LAX-20 vorsah. Dieses Konzept wurde dann auch für den Testaufbau verwendet, obwohl klar ist, daß aus Kostengründen nicht alle MicroMMAC-24E an zwei LAX-20 angebunden werden können. Dafür sind zu viele Hubs und zu wenige LAX-20 geplant. Die Redundanz wurde damit aus dem ATM-Bereich in den Anschlußbereich Ethernet verlagert, was bei R&S als eine unbefriedigende Lösung angesehen wird.

3. Problematik Neues Redundanz-Konzeptes bei der Verkabelung von LAN Access Switches und Cabletron Hubs

Wie bereits angesprochen, soll die Anbindung einzelner Ethernet-Segmente direkt über den LAX-20 geschehen. Einzelne Endgeräte dagegen werden über die Stackable Hubs der Firma Cabletron angebunden. Damit konnte zumindest für den Testaufbau das neue Redundanzkonzept greifen, das die Anbindung eines MicroMMAC-24E an zwei LAX-20 vorsah. Allerdings müßte für die endgültige Ausbaustufe ein neues Konzept von FORE Systems entwickelt werden, da nicht alle MicroMMAC-24E an zwei LAX-20 angeschlossen werden können. Die verantwortlichen Personen bei R&S müssen dazu erst überprüfen, welche Server und Nutzer unbedingt redundant angeschlossen werden müssen. Der Testaufbau wird mit drei MicroMMAC-24E realisiert, wobei der MMAC1 an den LAX1 und redundant über Glasfaser und einem für den RJ45-Anschluß nötigen Fiber Optic Transceiver an den LAX2 angebunden wird.

Anmerkung:

Später wird sich herausstellen, daß auch dieses Redundanzkonzept in der Praxis nicht durchführbar ist. Da aber dieser Test eine sehr interessante und vor allem wichtige Erkenntnis zu Tage fördert, wird auf diesen neuerlichen Miß-erfolg in Bezug auf die geforderte Redundanz, der für die Entwicklung einer Teststrategie keine große Rolle spielt, erst in Kapitel 7 eingegangen.

Weitere Bemerkung:

Zu der Problematik mit der Redundanz fügt der Autor zusätzlich an, daß das eigentlich geplante Redundanzkonzept im ATM-Bereich von FORE Systems und Controlware vertraglich zugesichert worden war. Denn für R&S war die Ausfallsicherheit und damit die Gewährleistung der Netz-Funktionsfähigkeit die wichtigste Forderung. Nach Aussage von Controlware wurde bisher von keinem anderen Netzbetreiber, der sich zu einer Migration im Backbone-Bereich hin zu ATM entschlossen hat, ein redundantes Konzept gefordert. Aus diesem Grund hätte man auch das Problem unterschätzt.

4. Verkabelung der beiden SUN SPARC's

Die Verkabelung der beiden SUN-Workstations verlief problemlos. Folgende Schritte wurden für die Anbindung geleistet: Die SUNNMS, auf der die Netzmanagementplattform HP OpenView läuft, wird über einen Lichtwellenleiter direkt auf einen ATM-Port des ASX1 geklemmt. Dies ist möglich, da die SUN über ein ATM-Interface verfügt. Genauso wird mit der zweiten SUN verfahren. Die TESTSUN wird allerdings mit dem ASX2 verbunden, um bei den reinen ATM-Tests über beide Switches gehen zu können.

Daneben verfügen beide SUNs über eine Ethernet-Karte. So können sie auf einen RJ45-Port des Stackable Hubs geklemmt werden. Beachtet werden muß dabei, daß so verkabelt wird, daß beide SUNs beispielsweise bei einem File-Transfer über das gesamte ATM-Netz eine Verbindung aufbauen müssen. Konkret wurde in diesem Testaufbau die SUNNMS an den MMAC3, der über den LAX3 an den ASX2 angebunden ist, angeschlossen. Die TESTSUN dagegen wird an den MMAC1 angeklemmt und hängt damit über LAX1 und ASX1 auf der anderen Seite des ATM-Backbones. Diese Verkabelung bot sich deswegen an, da alle genannten Komponenten lokal im Rechenzentrum aufgestellt waren und somit lange Wege bei den oft nötigen Umsteckungen vermieden werden konnten.

5.1.3 Skizze des Testaufbaus

In der Abbildung 5-1 ist der entgeltliche Testaufbau dargestellt. Mit dieser Konfiguration wurde ein Zustand geschaffen, mit dem es möglich ist, die geforderten Tests durchführen zu können. Die redundante Anbindung nur eines MicroMMAC-24E reicht ebenfalls völlig aus, um einen aussagekräftigen Redundanztest durchführen zu können. Dieser Test gilt stellvertretend für alle Stackable Hubs. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, daß es sich bei diesem Aufbau um einen vom R&S-Pro-

duktivnetz völlig unabhängigen Testaufbau handelt. Dieses Produktivnetz wird nicht in diese ersten Tests miteinbezogen. Erst wenn alle Tests erfolgreich beendet worden sind, wird der dann stabil laufende ATM-Backbone ins Produktivnetz integriert. Dies soll so bewerkstelligt werden, daß schrittweise einzelne Ethernet-Segmente, ausgewählte Poweruser und Server an die entsprechenden LAN Access Switches angeklemmt werden. Wie dabei die ersten Schritte im einzelnen aussehen, wird im Kapitel 6 dokumentiert.

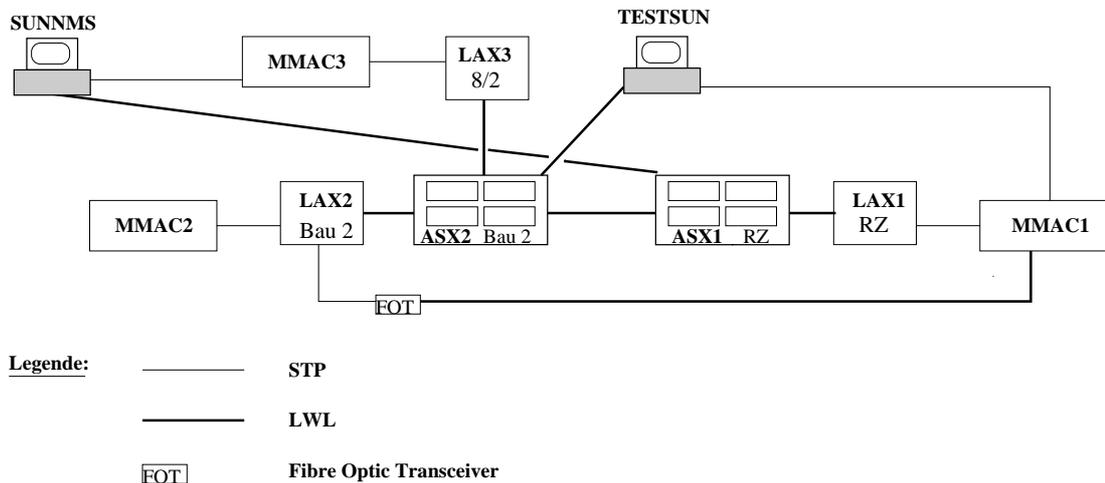


Abbildung 5-1: Der Testaufbau

5.2 Durchführung von Tests für den Testaufbau

Nachdem der ATM-Backbone aufgebaut ist, kann der Abschnitt 2 der Testphase eingeleitet werden. In diesem Abschnitt stehen die bereits angesprochenen Tests im Mittelpunkt. Deren Durchführung und Analyse wird auf den folgenden Seiten dokumentiert. Bei dieser Dokumentation soll jeweils das gleiche Schema angewandt werden, um anderen Netzbetreibern die Möglichkeit zu geben, diese Tests auch auf ihre Netzsituation abzubilden und damit auch nachvollziehen zu können. Das Schema sieht vor, erst kurz das Testszenario und das verwendete Testwerkzeug vorzustellen. Anschließend wird die Durchführung des Tests dokumentiert und die Auswertung vorgenommen. Dabei werden auch eventuelle Einschränkungen in der Aussagekraft eines Tests angesprochen. Folgende Tests sind im Rahmen des autarken Testaufbaus durchgeführt worden:

A1: Ermittlung der Maximalübertragungsgeschwindigkeit zwischen zwei SUN-Workstations mit ATM-Interface mittels FTP⁸-Tests

⁸File Transfer Protocol

A2: Vergleich der Performance zwischen zwei SUN-Workstations auf einem reinen Ethernet und über einen ATM-Backbone mittels FTP-Tests

A3: File Transfers bei wechselnder Grundlast auf dem ATM-Backbone

A4: Redundanztest für den redundant angebotenen Hub MicroMMAC-24E durch Abziehen der Leitung LAX-Hub

5.2.1 A1: Ermittlung der Maximalübertragungsgeschwindigkeit zwischen zwei ATM-Geräten

Beim ersten Test geht es darum, zu eruieren, mit welchen Geschwindigkeiten im Vergleich zu Ethernet-Interfaces ein File Transfer zwischen zwei mit ATM-Interfaces ausgerüsteten SUN Workstations abläuft. Die ermittelten Werte dienen dem Netzbetreiber als Anhaltspunkt, mit welchen gesteigerten Transferraten zu rechnen ist.

Ausgangssituation für Test A1:

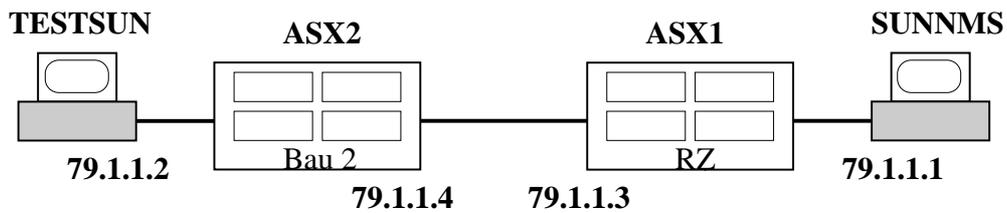
Konfigurationsdaten

Name	TESTSUN	SUNNMS
CPU Clock	50 MHz	60 MHz
Arbeitsspeicher	64 MB	64 MB
Interne Harddisk		2 x 1,05 GB
Betriebssystem	SunOS 4.1.3	SunOS Version 5.3
ATM-Interface	Fore Runner SBA-200	ForeRunner SBA-200
	ATM SBus Adapter	ATM SBus Adapter
TCP/IP ⁹	Standard-Version	

Konkreter Testaufbau

Die folgende Abbildung skizziert den genauen Aufbau. Die SUNNMS ist dabei an den ASX1 angebunden, die TESTSUN am ASX2.

⁹Transmission Control Protocol/Internet Protocol



79.1.1.x: IP-Adresse des ATM-Interfaces

Abbildung 5-2: Testaufbau für Test A1

Durchführung

Es wird auf der SUNNMS, auf der parallel auch HP Open View läuft, das Programm FTP gestartet. Mit dem Kommando get werden folgende Dateien im binary-Modus von der TESTSUN geholt:

Name	Größe
Datei A:	1,85 MB
Datei B:	3,70 MB
Datei C:	12,90 MB
Datei D:	37,70 MB
Datei E:	75,40 MB

Die Dateien werden nach /dev/null „geschrieben“, damit nach dem Lesen von der Festplatte der TESTSUN nicht auch noch auf die Festplatte der SUNNMS geschrieben werden muß. Es wurde jeweils 5-mal dieselbe Datei transferiert. Als Ergebnis wird nach jedem Transfer die Übertragungsrate in Megabytes pro Sekunde auf dem Bildschirm angezeigt. Die 5 Werte für eine Dateigröße werden danach gemittelt und durch Multiplikation mit 8 in die Einheit Mbps umgerechnet.

Folgende Werte wurden ermittelt:

<i>Datei</i>	<i>Transferrate</i>
Datei A:	32,0 Mbps
Datei B:	33,9 Mbps
Datei C:	29,8 Mbps
Datei D:	30,6 Mbps
Datei E:	28,0 Mbps

Auswertung

Bei den reinen ATM-Tests werden Transferraten von 28 - 34 Mbps erzielt. Das sind umgerechnet zwischen 3,5 MB und 4,25 MB, die in der Sekunde auf dieser ATM-Strecke transportiert werden können. Ein anderer Netzbetreiber, der ebenfalls solche ATM-Tests durchgeführt hatte, konnte in etwa die gleichen Durchsatzraten für ftp messen.

Einschränkung

Die ermittelten Werte sind mit Vorsicht zu genießen: FTP-Transferratenmessungen stellen kein sehr verlässliches Mittel dar, um die Performance von ATM-Netzen zu messen. Das hängt damit zusammen, daß im Mittel die Grenzen der Plattentransferraten etwa bei 3 MByte/sec und theoretisch etwa bei 4-5 MByte/sec liegen dürften. Wie die gemessenen Werte gezeigt haben, liegen sie über den üblichen mittleren Transferraten. Es kann daraus geschlossen werden, daß die ermittelten Werte die Grenzen des Festplattensystems darstellen.

Gesamteinschätzung

Der Test hat zwar erste Anhaltspunkte gegeben, welche Durchsätze auf einem reinen ATM-Netz möglich sind. Trotzdem sollte ftp nicht für diesen Test verwendet werden. Andere Tools müssen daher für diesen Test herangezogen werden. Ein solches Tool wird im Kapitel 7 bei der Einschätzung der Tests näher beleuchtet.

5.2.2 A2: Performance-Vergleich reines Ethernet und zwischengeschaltener ATM-Backbone

Der im Kapitel 3.4.2 erörterte Kriterienkatalog des Betreibers R&S sieht als erste Forderung vor, daß sich die Antwortzeiten während der Testphase um höchstens 10% verschlechtern dürfen im Vergleich zu einem reinen Ethernet. Dafür sind zum einen mittels FTP die Transferraten zwischen zwei SUNs auf einem leeren Ethernet, andererseits Werte für einen File Transfer über den ATM-Backbone zu ermitteln. Danach müssen die Werte verglichen und bewertet werden.

Ausgangssituation für Test A2.a

Beide schon bekannten SUN-Workstations werden an den gleichen MicroMMAC-24E angebunden. Dadurch wird der Datenaustausch nicht über den ATM-Backbone ausgeführt. Das in diesem Testaufbau freie Medium Ethernet garantiert aussagekräftige Werte. Die Tests werden wieder mit den 5 verschiedenen Dateien gestartet, ebenso wird jede Datei wieder 5-mal transferiert. Ansonsten liegen die gleichen Bedingungen wie beim Test in 5.2.1 vor.

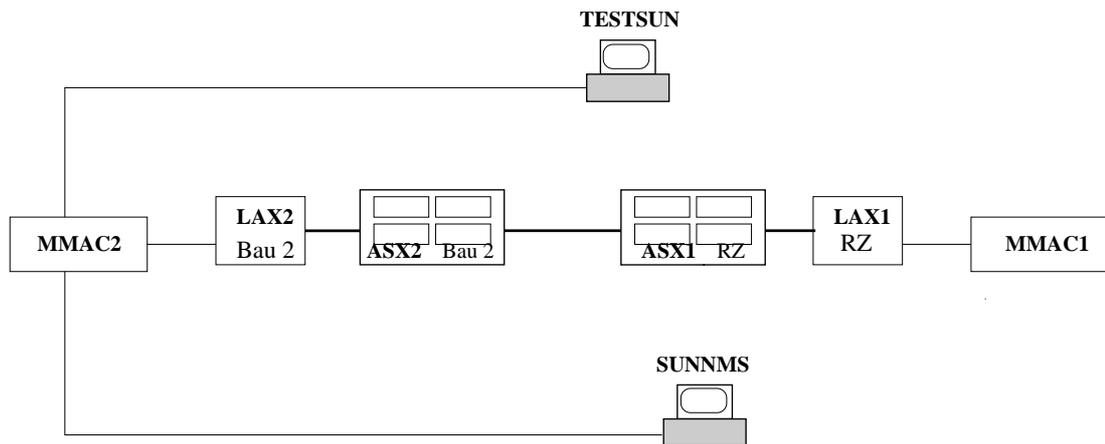


Abbildung 5-3: Testaufbau für Test A2.a

Durchführung

Folgende Werte wurden ermittelt und wieder in Mbps umgerechnet:

Datei A: 8,9 Mbps
 Datei B: 8,9 Mbps
 Datei C: 8,9 Mbps
 Datei D: 8,9 Mbps
 Datei E: 8,9 Mbps

Ausgangssituation für Test A2.b

Um Werte über den gesamten ATM-Backbone zu erhalten, wird die TESTSUN auf einen Port des MMAC1 gehängt. Als Teststrecke für die FTP-Tests ist jetzt folgende Konfiguration aufgebaut:

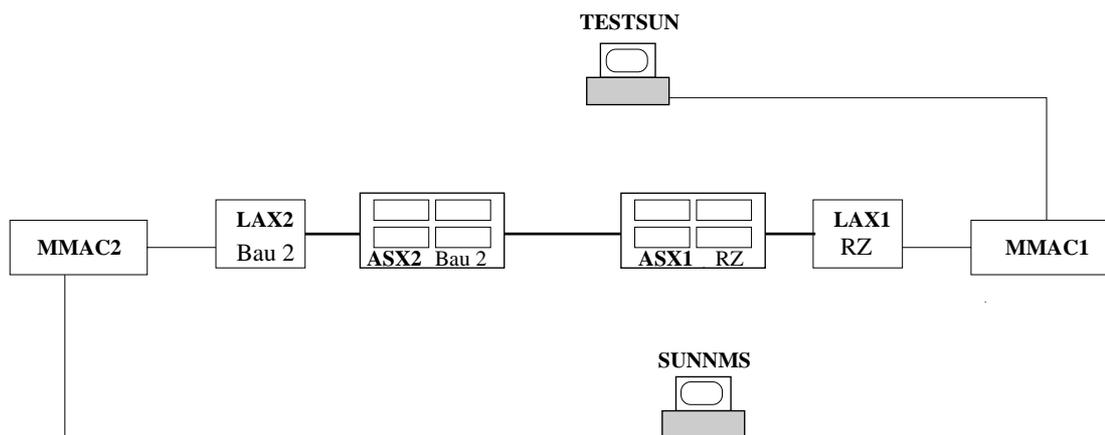


Abbildung 5-4: Testaufbau für Test A2.b

Durchführung

Wieder werden mit dem Kommando `get` die bereits bekannten Dateien von der TESTSUN im binary-Modus nach `/dev/null` auf der SUNNMS transferiert. Als Werte haben sich ergeben:

Datei A: 8,9 Mbps
Datei B: 8,6 Mbps
Datei C: 8,6 Mbps
Datei D: 8,5 Mbps
Datei E: 8,6 Mbps

Auswertung

Vergleicht man die erhaltenen Werte, so ergeben sich nur unwesentliche Verzögerungen über dem ATM-Backbone. Diese liegen etwa im Bereich von 3,5 bis 4% und damit deutlich unter den geforderten 10%.

Die Werte selber sind sehr gut, wenn man bedenkt, daß man sich den auf Ethernet nur theoretisch erreichbaren 10 Mbps schon sehr stark annähert und dabei die Daten zweimal konvertiert werden müssen, nämlich erst von Ethernet auf ATM und anschließend wieder zurück.

Einschränkung

Einschränkend muß gesagt werden, daß die errechneten Ergebnisse gerundete Werte darstellen. Man muß also davon ausgehen, daß durch Rundungsfehler der eine oder andere Wert das Gesamtergebnis etwas verzerrt.

Gesamteinschätzung

Da der Test in einer autarken Umgebung durchgeführt werden konnte, lassen sich die gesammelten Werte auch zu einer Aussage heranziehen. Eventuelle Rundungsfehler verfälschen das Testergebnis nur unwesentlich. Als relevante Aussage kann festgestellt werden: Der Forderung nach einer maximal zulässigen Verschlechterung der Antwortzeiten um 10 % kann entsprochen werden.

5.2.3 A3: File Transfers auf Ethernet-Basis bei wechselnder Grundlast

Mit diesem Test soll festgestellt werden, inwieweit sich die Durchsatzraten bei einem File Transfer zwischen zwei SUN-Workstations verändern, wenn künstlich Grundlast auf dem ATM-Backbone erzeugt wird. Für die Erzeugung der Grundlast wird ein Protokollanalysator herangezogen. Durch ihn können schrittweise unterschiedliche Grundlasten auf den ATM-Backbone gebracht werden.

Ausgangssituation für Test A3

Die Testkonfiguration ist die gleiche, wie sie in Abbildung 5-4 für Test A2.b skizziert ist. Es wird also über den gesamten ATM-Backbone die Datei von der TESTSUN auf die SUNNMS im binary-Modus nach /dev/null transferiert. Der Protokollanalysator ist an den LAX1 angebunden.

Durchführung

Es werden vier File Transfer mit unterschiedlichen Laststufen durchgeführt. Zuerst wird ohne Last, dann mit 10%, mit 30% und schließlich mit 50% künstlich erzeugter Grundlast auf dem ATM-Backbone eine Datei der Größe 37,7 MB von einer SUN zur anderen transferiert. Pro Last werden 5 Transfers angewandt und aus den erhaltenen Durchsatzraten ein Mittelwert errechnet. Die Ergebnisse der vier Tests sind auf der nächsten Seite aufgelistet:

Erzeugte Grundlast in %	Durchsatzrate in Mbps	Einbuße in %
0	7,87	-
10	7,18	8,77
30	5,91	24,90
50	3,91	50,31

Auswertung

Bei einem File Transfer über den gesamten ATM-Backbone werden in diesem Test 7,87 Mbps als Durchsatzrate erreicht. Zum Vergleich wurden im vorherigen Test noch 8,5 Mbps für die Datei mit 37,7 MB Größe erreicht. Betrachtet man die prozentualen Einbußen, die durch die Lasterzeugung entstanden sind, läßt sich sagen, daß sie genau in dem Bereich der erzeugten Grundlast liegen, teilweise sogar etwas darunter. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß die ermittelten Werte pro Datei fast nicht differierten. Das bedeutet, daß der ATM-Backbone konstant arbeitet. Er scheint keine Probleme mit der Bewältigung der erhöhten Last zu haben.

Gesamteinschätzung

Der ATM-Backbone arbeitet auch unter Belastung sehr zufriedenstellend. Die Durchsätze verschlechtern sich höchstens in dem Maße, wie die künstliche Grundlast steigt. Allerdings kann damit nicht festgestellt werden, wie der Backbone auf unterschiedliche Lastprofile reagiert. Mit dem Protokollanalysator kann nur gleichmäßig Last erzeugt werden, jedoch nicht variiert werden zwischen konstanter oder variabler Datenübertragung.

5.2.4 A4: Redundanztest für die Stackable Hubs

Ein weitere Forderung des Kriterienkatalogs betraf ursprünglich die funktionierende redundante Anbindung der LAX-20 an die ATM-Switches. Da dieses Redundanzkonzept nicht realisiert werden konnte, wie in 5.1.2 bereits ausführlich dargelegt, wurde die Redundanz in den Außenbereich verlegt. Jeder MicroMMAC-24E soll nun an zwei LAX-20 angebunden werden. Im Fall des Ausfalls einer Hub-LAX-Verbindung soll die zweite Strecke als Backup-Strecke genutzt werden. Überprüft werden kann dieser Fall, indem ein FTP zwischen den SUNs gestartet wird und nach kurzer Zeit die Verbindung zwischen dem LAX-20 und dem daran angebotenen MicroMMAC-24E unterbrochen wird. Zu diesem Zweck muß eine große Datei erzeugt werden, damit der Verbindungsausfall auch sicher während des File Transfers zum Tragen kommt.

Ausgangssituation für Test A4

Die Situation vor Ausführung des File Transfers ist in der Abbildung skizziert. Die Verbindung zwischen MMAC1 und LAX1 wird, wie eingezeichnet, nach 10 Sekunden abgezogen und nicht wieder aufgesteckt. Über die Verbindung MMAC1-LAX2 sollte der Filetransfer weitergeführt werden.

Die benutzte Datei hat eine Größe von 100 MB und bräuchte in Bezug auf die gemessenen Werte etwa 90 Sekunden, um von einer SUN auf die andere transferiert zu werden.

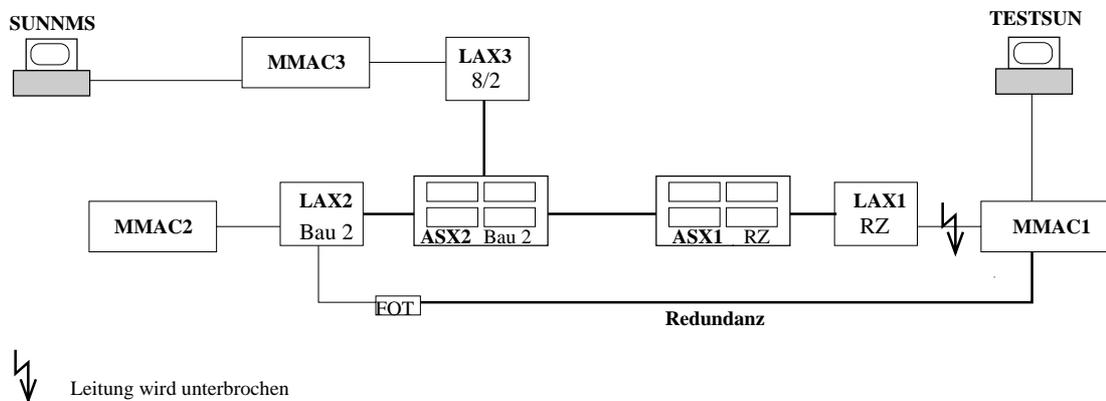


Abbildung 5-5: Konfiguration für den Test A4

Durchführung

Die Datei der Größe 100 MB, die auf der TESTSUN liegt, wird mittels FTP im binary-Modus mit dem FTP-Kommando get zur SUNNMS transferiert. Nach genau 10 Sekunden wird die Verbindung zwischen LAX1 und MMAC1 unterbrochen, indem das Kabel am MMAC1 abgezogen wird.

Nach einiger Zeit wird der Filetransfer als abgeschlossen gemeldet mit einer Transferrate von 5,28 Mbps und einer verbrauchten Zeit von 155 Sekunden. Tatsächlich ist die gesamte Datei korrekt übertragen worden.

Auswertung

Der Redundanztest für diesen MMAC ist erfolgreich abgelaufen. Der Spanning Tree-Algorithmus hat hier gegriffen.

Erklärung dieses Verfahrens: Der LAX-20 sendet in kurzen Abständen¹⁰ sogenannte *Hello Messages*. Diese Hello Message enthält eine Liste über die unmittelbaren Nachbarn. Der LAX-20 bekommt auf diese Art und Weise die für ihn nötigen Informationen wie die Schnittstellen und Verbindungen der anderen Netz-Devices und teilt gleichzeitig seine Anwesenheit den anderen Komponenten mit. Dadurch erfährt er sehr schnell, wenn eine andere Netzkomponente nicht mehr erreicht werden kann und seine Pakete dadurch verloren gehen würden. Die Folge daraus ist, daß der im LAX-20 implementierte Spanning Tree Algorithmus aktiv wird und versucht, einen neuen Weg zu finden. Dieser Weg existiert in unserem Fall über die Redundanzverbindung zwischen MMAC1 und LAX2. Der Spanning Tree Algorithmus schaltet daraufhin den bisher blockierten Port am MMAC1 frei und setzt den Filetransfer über LAX2, ASX2, LAX3 und MMAC3 fort. Dieser Vorgang und die Wiederholung des Sendens der Pakete, die während der Unterbrechung verloren gegangen sind, da der LAX-20 in diesem Zeitraum erst einen neuen Weg bestimmen mußte, führte zu den gemessenen 155 Sekunden. Die Transferrate (0,66 Mbps) ist in diesem Zusammenhang gänzlich auszuklammern, da sie einen durchschnittlichen Wert darstellt, der hier keine Aussagekraft besitzt. Denn eine gewisse Zeit wurde der Transfer unterbrochen, ansonsten wurde mit der Transferrate von knapp 9 Mbps übertragen.

Gesamteinschätzung

Das Konzept, das den redundanten Anschluß eines MicroMMAC-23E an zwei LAX-20 vorsieht, hat in dieser autarken Testumgebung funktioniert.

Aber: Wie sich erst später im laufenden Betrieb herausgestellt hat, gibt es große Schwierigkeiten mit dem korrekten Abbau der virtuellen Kanäle im LAX. Dieses Problem, das mittlerweile in die offizielle Bug-Liste von FORE Systems aufgenommen worden ist, ist bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht gelöst. Sicher ist damit aber, daß auch das geänderte Redundanzkonzept nicht realisierbar ist und damit nicht im R&S-Netz eingesetzt werden kann. In Kapitel 7 wird darauf noch einmal eingegangen.

¹⁰etwa 2 Sekunden

Kapitel 6

Realisierung der Abschnitte 3 und 4

In diesem Kapitel werden die Abschnitte 3 und 4 der Testphase behandelt. Gegenstand von Abschnitt 3 ist die Überführung des bisher vom R&S-Netz völlig unabhängigen Testaufbaus in dieses Netz. Unter Überführung ist hier der stufenweise Anschluß einiger Ethernet-Segmente und Novell-Server sowie eines zur Verfügung stehenden Novell-Testservers an den ausgetesteten ATM-Backbone zu verstehen. Dabei wird so angeschlossen, daß die Nutzer über den gesamten ATM-Backbone auf die Datenbestände der einzelnen Server zugreifen müssen. Die beiden Produktivserver werden über ihre Ethernet-Interfaces angebunden. Der Testserver hingegen wird zusätzlich mit einem ATM-Interface ausgerüstet und direkt auf einen freien Port eines ATM-Switches geschaltet.

Anschließend stehen die für diese neue Konfiguration durchgeführten Tests und deren Ergebnisse im Mittelpunkt dieses Kapitels. Der Abschnitt 4 der Testphase setzt sich insbesondere mit der Analyse der Performance der bei R&S am häufigsten eingesetzten Protokolle TCP/IP und IPX auseinander. Aufgetretene Probleme oder Änderungen gegenüber der Planung werden ebenfalls wieder angesprochen.

6.1 Überführung des Testaufbaus in das R&S-Netz

Aktuelle Situation

Bevor auf den Ausbau der Testkonfiguration eingegangen wird, soll noch einmal die aktuelle Situation in Erinnerung gerufen werden. Der in Kapitel 5.1.3 skizzierte Testaufbau hatte bis zum jetzigen Zeitpunkt noch keinen Einfluß auf Abläufe des R&S-Produktivnetzes. Der ATM-Backbone wurde Stand-alone auf seine Funktionalität hin getestet und bewertet. Nachdem diese Tests gezeigt haben, daß der ATM-Backbone den geforderten Ansprüchen genügt und einwandfrei läuft, steht als nächster Schritt der Anschluß ausgewählter Ethernet-Segmente und Server.

Anschluß ausgewählter Server an den ATM-Backbone

Die zwei Novell-Server JUPITER und LEDA werden im Rahmen der Erweiterung des Testaufbaus über ihre Ethernet-Interfaces an den getesteten ATM-Backbone angebunden. Ausgewählt wurden diese beiden Server, da auf sie hauptsächlich von

Mitarbeitern des Rechenzentrums zugegriffen wird und man sich damit bei auftretenden Problemen eine schnellere und objektivere Rückkopplung versprach. Dieser Aspekt wurde bereits im Kapitel 4.2.1 unter Feedback der Nutzer angesprochen. Konkret ist der JUPITER aus seinem Segment herausgenommen und direkt an den MMAC1 angebunden worden. Der Server LEDA dagegen hängt weiterhin über einen Hirschmann-Hub mit Namen MIKE an einem Kalpana EtherSwitch¹. Dieser EtherSwitch ist an den MMAC1 angeschlossen. Über den Kalpana Ether Switch greift auch das übrige R&S-Produktivnetz auf diese Server zu.

Außerdem erklärte sich ein CAE/CAD²-Anwender bereit, über den ATM-Backbone zu arbeiten und damit weitere - natürlich nur subjektive - Aufschlüsse über die Performance zu geben. Zu diesem Zweck wurde dieser Mitarbeiter aus seinem bisherigen Segment herausgenommen und auf den MMAC auf der anderen Seite des ATM-Netzes angebunden. Der Zugriff auf seinen Server CAXMUC2 erfolgt jetzt über zwei LAX-20 und zwei ATM-Switches. Wichtig ist, daß die Mitarbeiter des ATM-Projekts in ständigem Kontakt zu diesem CAE/CAD-Anwender stehen, um einerseits soviel verwertbare Informationen wie nur möglich zu erhalten, andererseits bei Problemen wie z.B. dem Ausfall einer ATM-Komponente den ausgesuchten Anwender schnellstmöglich in sein altes Segment zurückzuhängen.

Im Gegensatz zu den Servern JUPITER und LEDA dient der Server RS-MUC-NS04 ausschließlich Testzwecken. Er ist momentan nicht ins R&S-Netz integriert. Die Ergebnisse der Tests mit dem RS-MUC-NS04 sind im Vergleich untereinander besonders aussagekräftig, da keine anderen Nutzer auf diesen Novell-Server Zugriff haben. Die Werte jedoch, die erreicht werden, sind eher als Anhaltspunkte zu verstehen und nicht als definitive Durchsätze. Dieser Server, der standardmäßig über eine Ethernet-Karte verfügt, wurde zusätzlich mit einem ATM-Interface von FORE Systems ausgerüstet und an den ASX2 über ein Lichtwellenleiterkabel angebunden.

¹in 3.1 bereits angesprochen

²Computer Aided Engineering/Computer Aided Design

Das neue R&S-Produktivnetz

In der folgenden Abbildung ist der komplette, neue Aufbau skizziert.

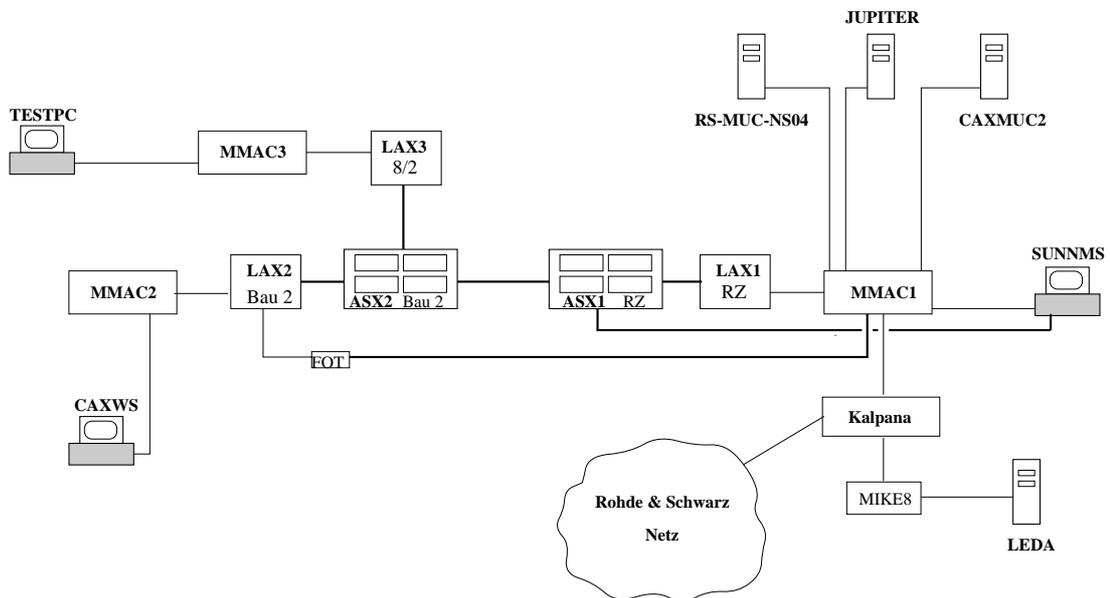


Abbildung 6-1: Das R&S-Netz mit integriertem ATM-Backbone

6.2 Durchführung von Tests im R&S-Produktivnetz

Nach dem gleichen Schema wie im letzten Kapitel sollen diese Tests dokumentiert werden. Folgende konkrete Tests waren für den Abschnitt 3 der Testphase vorgesehen:

B1: File Transfers PC und SUN in verschiedenen Konfigurationen mittels ftp

B2: Performance-Tests für Novell IPX:

B2-1. Messung der Zugriffszeiten auf einen Testserver mit Ethernet-Interface in verschiedenen Konfigurationen mit dem Tool Perform

B2-2. Messungen der Zugriffszeiten des PCs auf Novell-Server in verschiedenen Konfigurationen mit dem Norton-Utility System Information (SI)

B3: Simulation eines Umzuges: Anbindung des PCs hinter einen anderen LAX-20 und Versuch des Aufbaus einer Verbindung zum Testserver mit ATM-Interface

6.2.1 B1: File Transfers von SUN auf PC

Bisher wurde der File Transfer mit dem TCP/IP-Protokoll zwischen den zwei SUNs getestet. Dabei waren diese beiden Stationen die einzigen Endgeräte auf dem Medium Ethernet. Hier soll ein File Transfer mit ftp (siehe [Feit93]) zwischen einem PC und der SUNNMS durchgeführt werden.

Ausgangssituation für Test B1.a:

Konfigurationsdaten des TESTPCs und der SUNNMS:

Die SUNNMS ist mittlerweile auf 128 MB Arbeitsspeicher aufgerüstet worden. Grund dafür ist die Installation des Netzmanagementsystems SPECTRUM der Firma Cabletron.

Name	TESTPC	SUNNMS
CPU Clock	33 MHz	60 MHz
Arbeitsspeicher	8 MB	128 MB
Ethernet-Interface	3COM Etherlink III 3COM509'	in Board integriert
Betriebssystem	MS-DOS 5.0, Windows 3.1	SunOS 5.3
	LAN Work Place Version 4.1	TCP/IP (Standardversion)

Konkreter Aufbau

Die folgende Abbildung zeigt die Ausgangskonfiguration. Der TESTPC ist dabei zuerst an den MMAC3 angehängt, die SUNNMS an den MMAC1. Im weiteren Verlauf dieses Tests werden beide Endgeräte auch anders angebunden, um verschiedene Konfigurationen zu testen und mögliche relevante Beobachtungen zu machen. Zur Verdeutlichung wird jedesmal die neue Situation in einer kleinen Skizze dargestellt. Dabei sind die direkt beteiligten Komponenten grau unterlegt. Die SUNNMS wird über das Ethernet-Interface angesprochen, auf dem TESTPC wird FTP aus dem Windows-Programm LAN Work Place gestartet.

Beachtet werden muß, daß über den MMAC1 relativ viel Verkehr abläuft, da viele Anwender des R&S-Netzes auf den Novell-Server JUPITER zugreifen und damit ein hohes „Grundrauschen“ vorhanden ist, das nicht beeinflussbar ist.

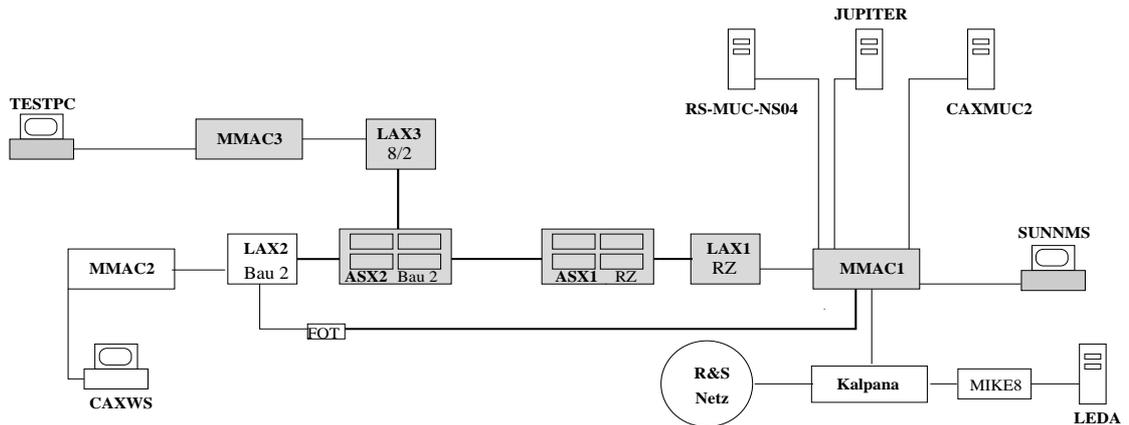


Abbildung 6-2: Ausgangssituation für Test B1.a

Durchführung

Es wird auf dem TESTPC das Programm FTP gestartet. Mit dem Kommando get wird die bereits benutzte Datei A mit einer Größe von 1,89 MB von der SUNNMS im binary-Modus transferiert. Der Test wird für jede Konfiguration 8-mal durchgeführt. Der größte und kleinste ermittelte Wert wird verworfen. Aus den restlichen 6 Werten wird ein Mittelwert gebildet und durch Multiplikation mit 8 in Mbps angegeben. Die erste Konfiguration ist das bereits besprochene Szenario aus Abbildung 6-2. Bei diesem File Transfer über den gesamten ATM-Backbone wird als Ergebnis ein Wert von **1,120 Mbps** erzielt.

Konfiguration Test B1.b

Verglichen werden soll diese Transferrate mit einem lokalen File Transfer. Der TESTPC wird zu diesem Zweck ebenfalls an den MMAC1 angebunden. Damit läuft der File Transfer nur über einen Stackable Hub ab.

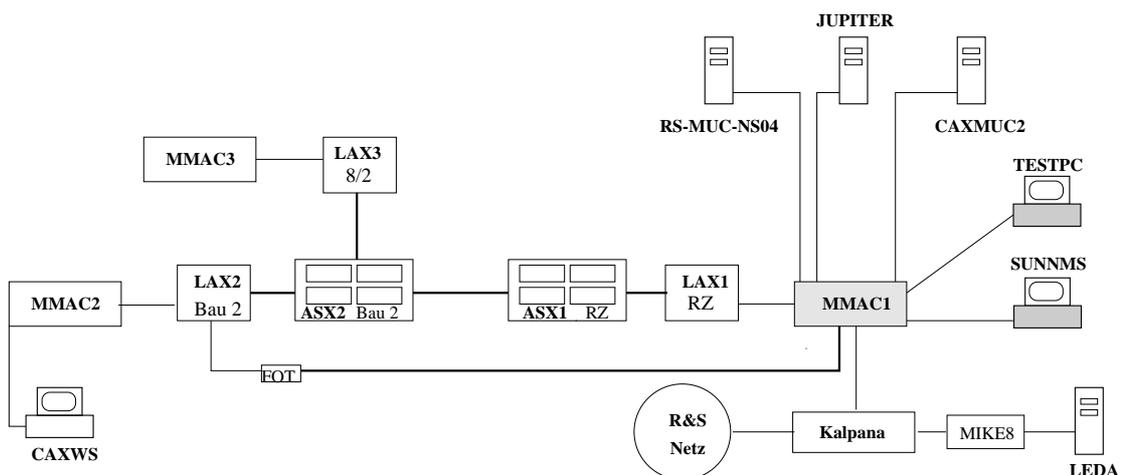


Abbildung 6-3: Konfiguration für Test B1.b

In dieser Testkonfiguration konnte die Testdatei mit einer durchschnittlichen Transferrate von **1,500 Mbps** übertragen werden.

Konfiguration Test B1.c

Beide Testkomponenten werden jetzt auf einen LAN Access Switch gehängt. Jeweils drei Ports eines LAX-20 sind dabei lokal zu einem Modul zusammengefaßt. Zwischen den Modulen muß der LAX-20 intern bridgen. Es soll festgestellt werden, ob die Pakete eine Verzögerung erfahren, wenn der LAX-20 intern bridgen muß. Zu diesem Zweck wurden TESTPC und SUNNMS an zwei Ports desselben Moduls, hier das Modul mit der Nummer 9, angebunden. Abbildung 6-4 zeigt diesen Aufbau.

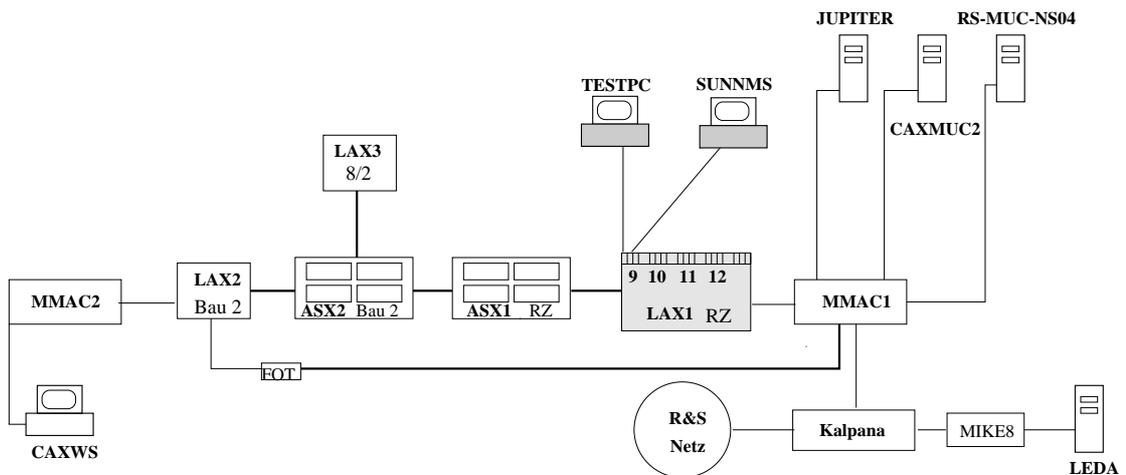


Abbildung 6-4: Konfiguration für Test B1.c

Als Ergebnis wurde hier eine Transferrate von **1,352 Mbps** festgestellt.

Konfiguration Test B1.d

Die SUNNMS wird aus dem Modul 9 herausgenommen und auf einen Port des Moduls 10 gehängt. Damit muß bei einem File Transfer im LAX-20 intern gebridget werden, wie Abbildung 6-5 zeigt.

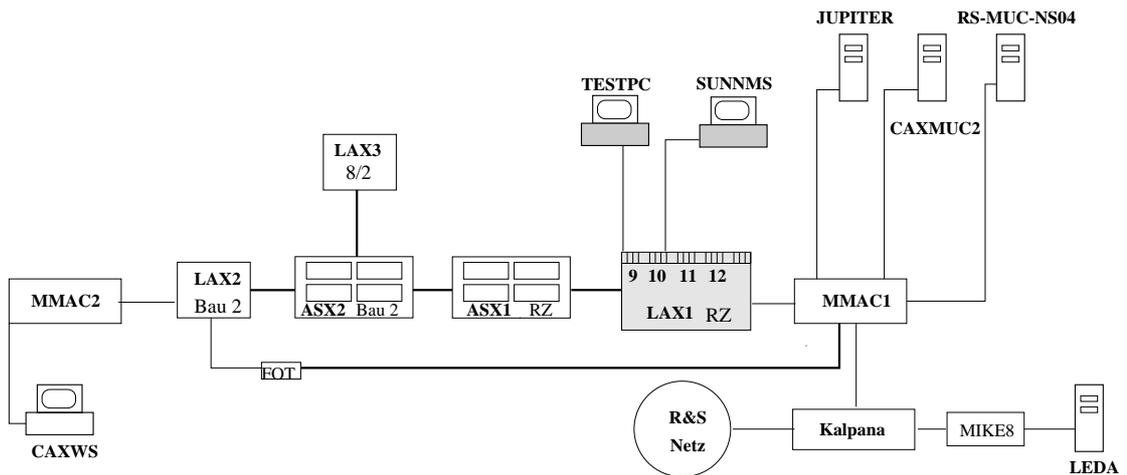


Abbildung 6-5: Konfiguration für Test B1.d

Bei dieser Konstellation ergab sich als Mittelwert ebenfalls eine Transferrate von **1,352 Mbps**.

Konfiguration Test B1.e

Abschließend wurde noch ein Test mit einer älteren und relativ „langsamen“ 4-Port-Bridge NESH196 der Firma Conware durchgeführt, um einen Vergleichswert zum LAX-20 zu erhalten. Die SUNNMS wurde dafür über einen Hub an diese NESH angebunden. Der TESTPC war über den MMAC1 an die Conware-Bridge angeschlossen. Über den MMAC1 war wieder das R&S-Netz angebunden. Abbildung 6-6 auf der nächsten Seite verdeutlicht die Konfiguration.

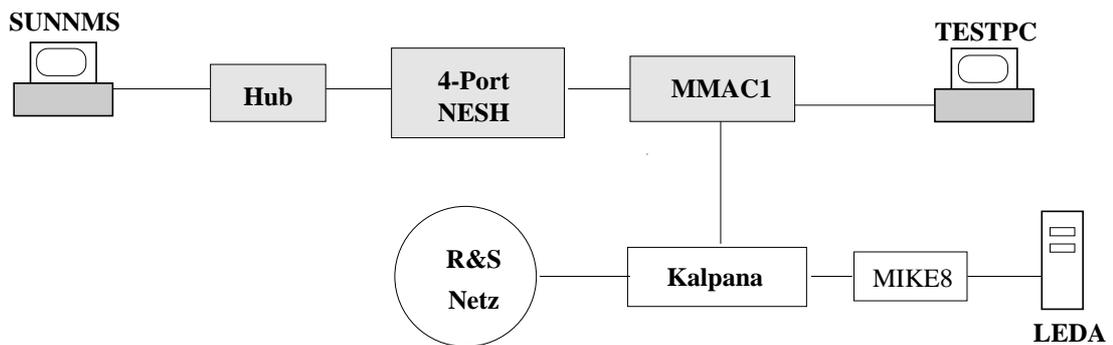


Abbildung 6-6: Konfiguration für Test B1.e

In diesem letzten File Transfer wurden nur **0,35 Mbps** als Transferrate festgestellt.

Auswertung

In der folgenden Tabelle sind noch einmal alle Werte aufgeführt.

über gesamten Backbone (Test 4.1)	1,120 Mbps
beide lokal am MMAC1 (4.2)	1,500 Mbps
beide am LAX auf einem Modul (4.3)	1,352 Mbps
beide am LAX auf verschiedenen Modulen (4.4)	1,352 Mbps
über langsame 4-Port-NESH	0,350 Mbps

Bei einem Transfer über den gesamten ATM-Backbone (Abb. 6-2) werden Durchsatzraten von 1,12 Mbps, ohne ATM-Backbone (Abb. 6-3) bis zu 1,5 Mbps erreicht. Sowohl 1,35 Mbps werden erreicht, wenn PC und SUN lokal am LAX-20 und an verschiedenen Modulen des LAX-20 angebunden sind. Dies läßt darauf schließen, daß der LAX-20, bedingt durch seine Architektur, beim internen Bridging nicht verzögert und die Daten ohne meßbare Verzögerung auf den anderen Port weiterleitet. Dies wird auch noch unterstrichen durch den Test mit der NESH-Bridge, bei dem der Durchsatz sehr absinkt.

Gesamteinschätzung

Die Performance des Protokolls TCP/IP über das ATM-Netz, ist für R&S zu akzeptieren. Die Transferwerte, die in einem Bereich von 1,1 bis 1,2 Mbps über den ATM-Backbone liegen, bedeuten für PC-Anwender im TCP/IP-Bereich gute Arbeitsbedingungen. Dies ist natürlich auch auf die relativ leistungsstarke 3Com-Ethernet-Karte zurückzuführen. Interessant wäre hier auch der Vergleich mit anderen PC-Karten gewesen, doch wurden die Tests bei R&S ausschließlich mit der 3Com-Karte durchgeführt.

6.2.2 B2: Performance-Tests für IPX

In diesem Abschnitt werden alle Tests dokumentiert, die mit Novell Netware Version 3.12 und damit dem Protokoll IPX zusammenhängen. IPX ist bei R&S das Protokoll mit dem größten Anteil. Deswegen ist es auch für R&S von großer Bedeutung, daß IPX problemlos läuft und die Performance dieses Protokolls sehr gute Arbeitsbedingungen ermöglicht. Die Tests sind folgendermaßen unterteilt:

Im ersten Tests werden die Zugriffszeiten auf einen Novell-Testserver mit Ethernet-Interface gemessen, wobei der TESTPC wieder an verschiedenen Punkten angebunden wird. Auf diesen Testserver mit der Bezeichnung RS-MUC-NS04 wird ausschließlich von dem TESTPC zugegriffen. Die hier gemessenen Werte geben also Aufschluß über die möglichen Zugriffszeiten auf Novell-Server.

Zur Ermittlung der Werte wurde das Tool PERFORM auf dem Testserver installiert. Mit diesem Tool lassen sich Transferraten für verschiedene Paketgrößen bestimmen.

In den jeweiligen Versuchen wird auf die unterschiedlichen Einstellungen eingegangen.

Anschließend werden Tests mit den Novell-Servern JUPITER und LEDA, die ebenfalls über ein Ethernet-Interface angesprochen werden können, durchgeführt. Hier sollen die zu erwartenden Zugriffszeiten auf sehr stark frequentierte Novell-Server ermittelt werden. Als Tool für diesen Test stand das Norton Utility System Information (SI) in der Version 7.0 zur Verfügung. Dieses Tool berechnet Benchmarks für die Netzleistungsgeschwindigkeit beim Zugriff auf Server. Einschränkend soll hier bemerkt werden, daß die von SI ausgegebenen Durchsatzraten nicht sehr genau sind und damit auch mit einer gewissen Zurückhaltung zu bewerten sind. Aber als Anhaltspunkte für die zu erwartenden Transferraten sind diese Werte auf jeden Fall zu verstehen.

Nach diesen beiden Tests wird das Ethernet-Interface des Novell-Testservers abgeklemmt und der Server mit einer ATM-Karte ausgerüstet. Damit kann die dritte Testreihe durchgeführt werden, welche die Ermittlung der Wartezeiten, bis ein umgezogener Anwender wieder auf einen Server mit ATM-Interface zugreifen kann, zum Ziel hat.

6.2.2.1 B2-1: Ermittlung der Zugriffszeiten auf einen Novell-Testserver

Ausgangssituation für B2-1.a:

Konfigurationsdaten

Novell-Server RS-MUC-NS04

Hersteller/Typ:	Compaq Proliant ProLiant 1000
Prozessor:	486
Takt:	66 MHz
Bus:	EISA
RAM:	16 MB RAM
Ethernet-Karte:	Compaq NetFlex-2 ENET-TR
ATM-Karte:	ForeRunner SBA-200 ATM SBus Adapter
Betriebssystem:	Novell Netware 3.12 100-User Version

TESTPC

in 6.2.1 beschrieben

Die Testreihe mit dem Testserver RS-MUC-NS04 kann sehr genaue Ergebnisse liefern, da auf diesen Testserver **nur** der TESTPC über die Ethernet-Schnittstelle des Servers zugreift. Andere Rechner haben dagegen kein Zugriffsrecht auf diesen Testserver. Der PC wird wieder an verschiedenen Stellen angebunden. Das zur Messung verwendete Tool PERFORM ist auf dem Testserver installiert. Als maximale Nachrichtengröße wurde 4096 Bytes eingestellt.

Der TESTPC ist an den MMAC3 angebunden, der RS-MUC-NS04 an den MMAC1. Über diesen Hub kommen auch die Störeinflüsse des R&S-LANs. Der Zugriff erfolgt über den gesamten ATM-Backbone, wie Abbildung 6-7 noch einmal verdeutlicht.

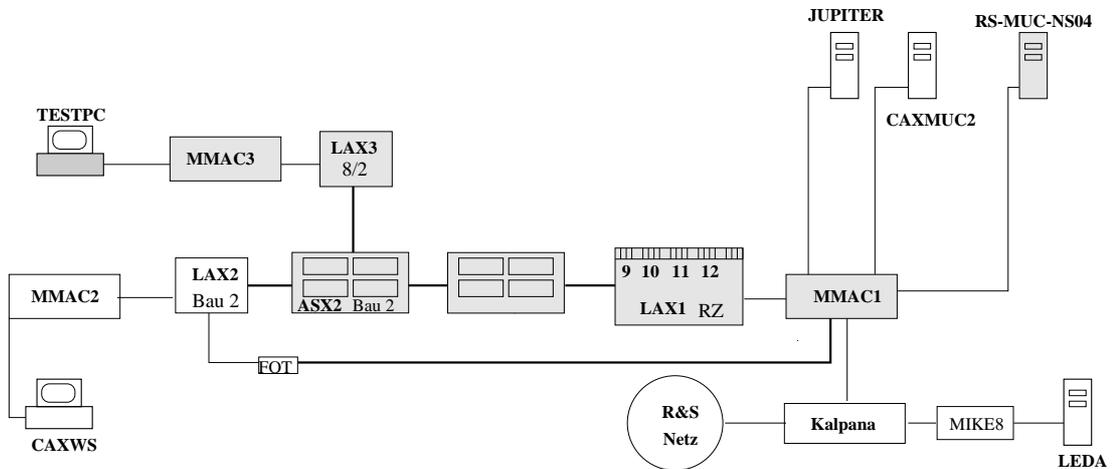


Abbildung 6-7: Ausgangssituation für Test B2-1.a

Als Ergebnis wurde von PERFORM für die Nachrichtengröße 4096 Bytes eine Transferrate von **2,26 Mbps** gemessen.

Konfiguration Test B2-1.b

Der Testserver wird ebenfalls an den MMAC3 angebunden. Über diesen MMAC3 läuft momentan kein Verkehr. In Abbildung 6-8 sind die beteiligten Komponenten grau unterlegt.

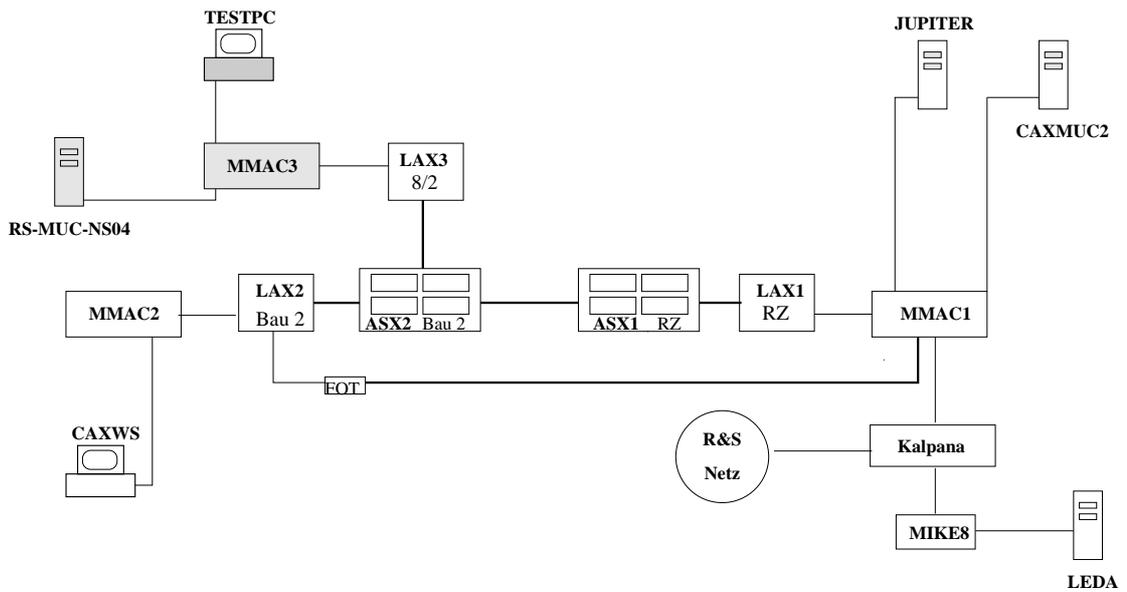


Abbildung 6-8: Konfiguration für den Test B2-1.b

Hier wurde ein Wert von **6,42 Mbps** gemessen.

Konfiguration Test B2-1.c

Zum Vergleich werden beide Komponenten an den MMAC1 angebunden. Damit geschieht der Zugriff wieder lokal, allerdings läuft über diesen Stackable Hub eine Menge Verkehr. Verglichen werden soll, wie sich die Zugriffszeiten ändern, wenn einmal kein und dann sehr viel Verkehr über den jeweiligen MMAC läuft.

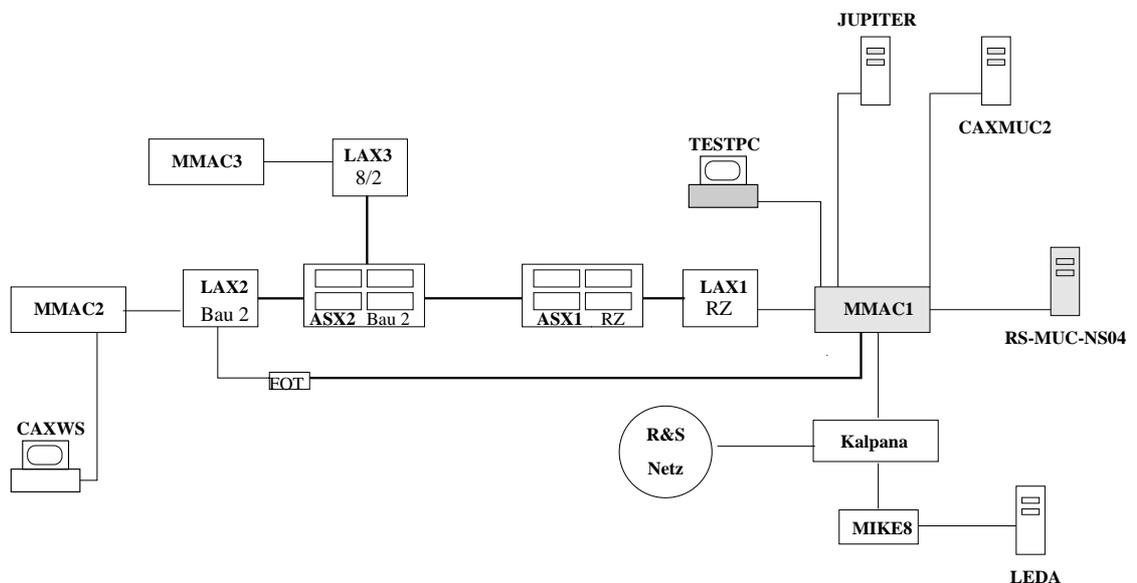


Abbildung 6-9: Konfiguration für Test B2-1.c

Die gemessene Transferrate ist hier **5,43 Mbps**. Im Vergleich zu den 6,42 Mbps sind dies etwa 15% weniger.

Konfiguration Test B2-1.d

Für diesen Test sind TESTPC und RS-MUC-NS04 zuerst, wie aus Abbildung 6-10 ersichtlich, an zwei Ports des Moduls 9 am LAX1 angeschlossen.

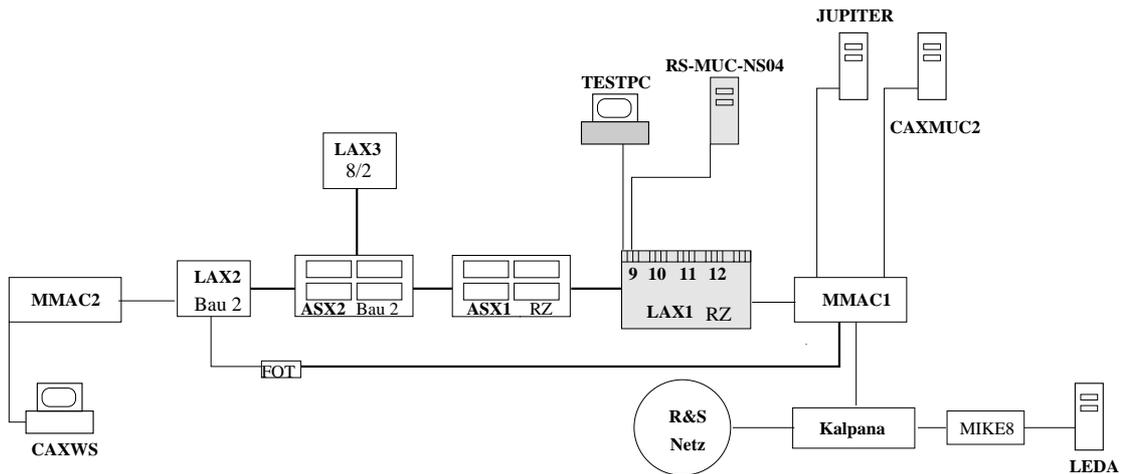


Abbildung 6-10: Konfiguration für Test B2-1.d

Als Ergebnis wurden hier **5,63 Mbps** gemessen. Nach dem nächsten Test, bei dem der LAX wieder intern bridgen muß, kann dieser Wert analysiert werden.

Konfiguration Test B2-1.e

Der Testserver wird auf einen Port des Moduls 10 angebunden. Der LAX-20 muß damit die Pakete wieder intern bridgen.

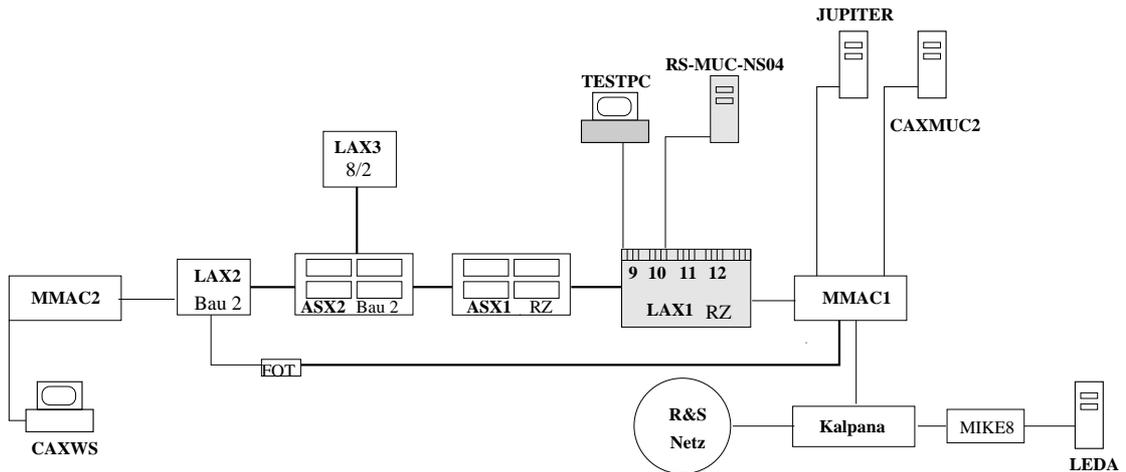


Abbildung 6-11: Konfiguration für den Test B2-1.e

Diese Konfiguration führte zu einem gemessenen Wert von **3,09 Mbps**.

Auswertung

Auch hier sollen alle Werte noch einmal übersichtlich gegenübergestellt werden:

über gesamten ATM-Backbone (Test 5.1)	2,26 Mbps
beide lokal am MMAC3, kein Verkehr (5.2)	6,42 Mbps
beide lokal am MMAC1, relativ viel Verkehr (5.3)	5,43 Mbps
beide am LAX auf einem Modul (5.4)	5,63 Mbps
beide am LAX auf verschiedenen Modulen (5.5)	3,09 Mbps

Für die Auswertung besonders interessant sind die letzten beiden Werte. Vergleicht man die 5,63 Mbps mit den 3,09 Mbps, kommt es zu unakzeptablen Verzögerungen im Bereich von über 44%. Bei den folgenden Tests mit den beiden Produktivservern JUPITER und LEDA soll auf dieses Phänomen ein besonderes Augenmerk gelegt werden. Erst dann kann eine aussagekräftige Auswertung dieser Beobachtung vorgenommen werden.

6.2.2.2 B2-2: Ermittlung der Zugriffszeiten auf Novell-Produktivserver

Ausgangssituation für Test B2-2.a:

Konfigurationsdaten der Novell-Server

Die beiden Novell-Server JUPITER und LEDA sind genauso konfiguriert wie der Testserver RS-MUC-NS04 (siehe 6.2.2.1). Der TESTPC hat ebenfalls die bekannte Konfiguration der vorherigen Tests. Der Novellserver JUPITER ist über sein

Ethernet-Interface direkt an den MMAC1 angebunden. Der Server LEDA ist über den Sternkoppler MIKE8 und einen Kalpana EtherSwitch ebenfalls an den MMAC1 angeschlossen. Der TESTPC wird an unterschiedlichen Stellen an den ATM-Backbone angebunden. In der Ausgangskonfiguration hängt der TESTPC am Hub MMAC3. Der Zugriff erfolgt somit jeweils über den gesamten ATM-Backbone. Anders als bei den Tests mit dem RS-MUC-NS04 greifen jetzt auch andere Nutzer auf die Novell-Server zu. Auf dem Server LEDA beispielsweise waren während der Tests knapp 100 Nutzer eingeloggt. In der folgenden Skizze ist der Aufbau für diesen IPX-Test dargestellt.

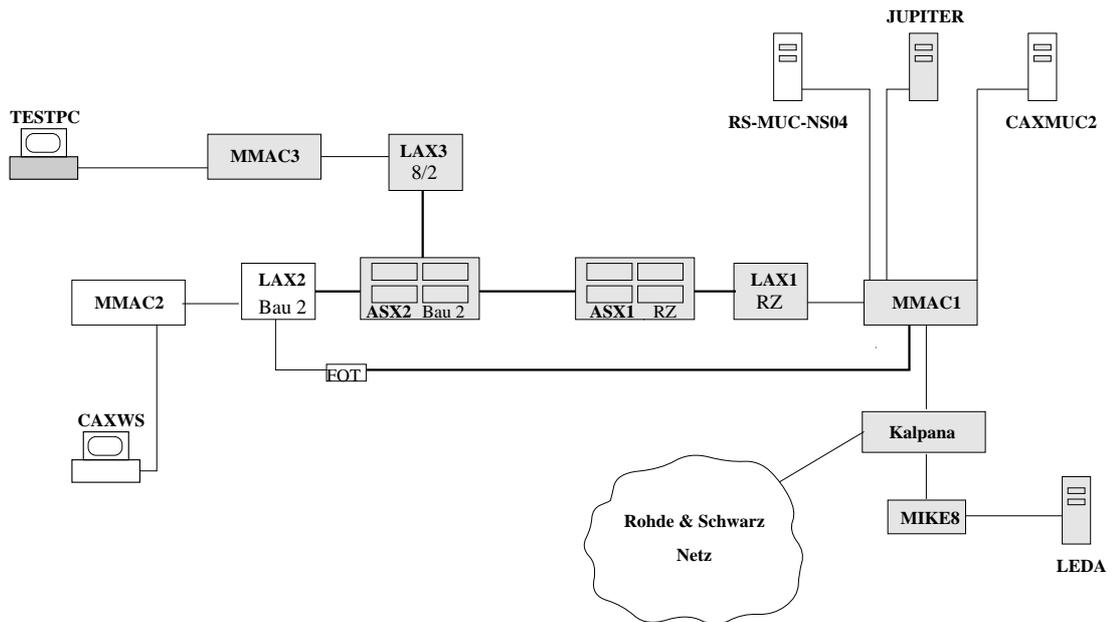


Abbildung 6-12: Ausgangssituation für den Novell-Test B2-2.a

Durchführung

Für diese Tests wurde das bereits weiter oben angesprochene Norton Utility System Information herangezogen. SI berechnet zwei Werte, einen für den lesenden und einen für den schreibenden Zugriff auf einen Server. 10 Werte wurden für jeden Server gemessen. Der höchste und niedrigste Wert wurde gestrichen und aus den verbliebenen 8 Werten ein Mittelwert in Mbps errechnet.

Der in Abbildung 6-12 dargestellte Aufbau stellt die erste Konfiguration dar. Zuerst hängt der TESTPC am MMAC3 und greift über den ATM-Backbone auf die beiden Server zu. Errechnet wurden folgende Werte:

Server	Lesen	Schreiben
LEDA	1,34 Mbps	1,36 Mbps
JUPITER	1,25 Mbps	1,30 Mbps

Konfiguration Test B.2-2.b

Der TESTPC wird an den MMAC1 angebunden. Der Zugriff auf den Server LEDA erfolgt nun über MMAC1, Kalpana und Hirschmann-Hub, auf den Server JUPITER nur über MMAC1 (siehe Abbildung 6-13).

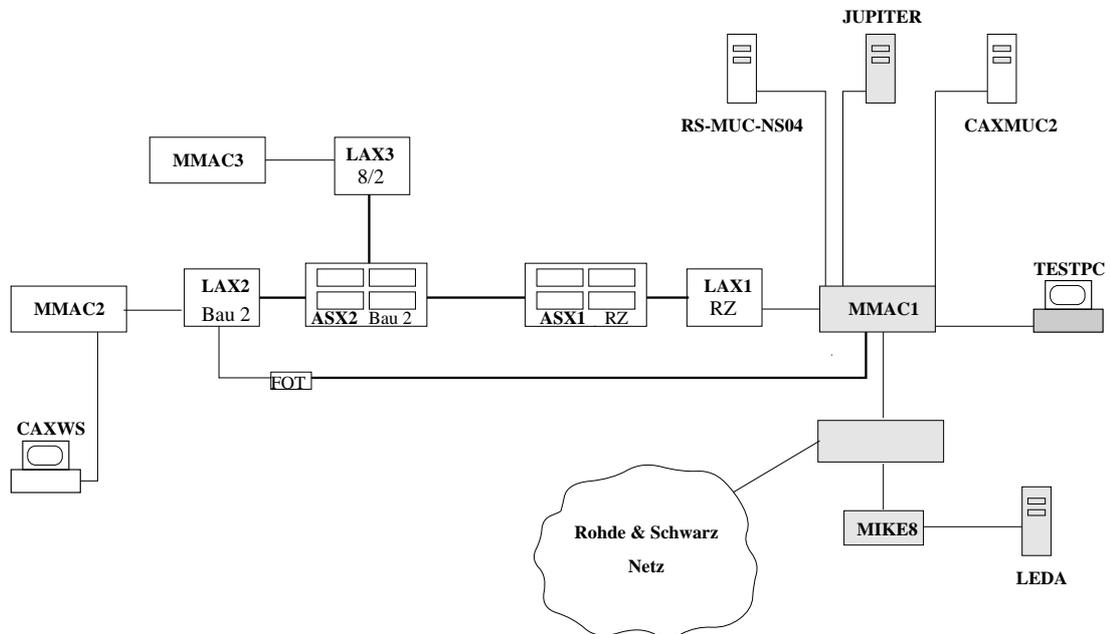


Abbildung 6-13: Konfiguration für den Test B2-2.b

Server	Lesen	Schreiben
LEDA	2,41 Mbps	2,50 Mbps
JUPITER	2,09 Mbps	2,48 Mbps

Konfiguration Test B2-2.c

Eine weitere interessante Konstellation ist der Anschluß des TESTPCs an den LAX1. Dieser LAX muß jetzt wieder intern bridgen, da der MMAC1 nicht am selben Modul wie der TESTPC, sondern über einen AUI-Port angebunden ist. Abbildung 6-14 verdeutlicht diesen Sachverhalt.

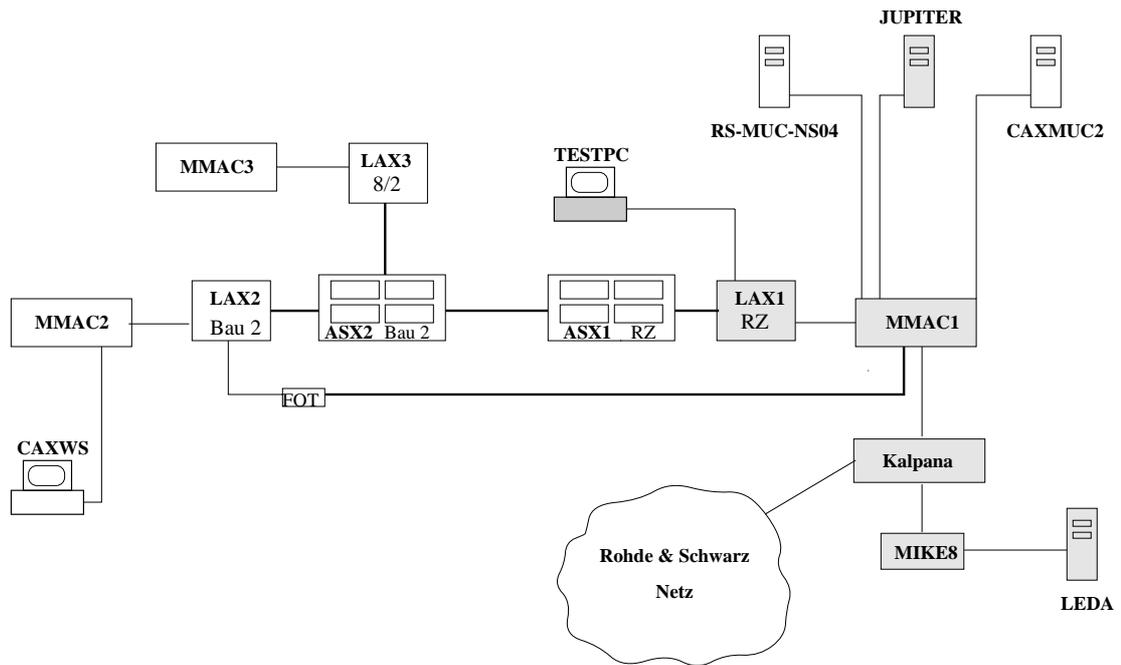


Abbildung 6-14: Konfiguration für Test B2-2.c

Server	Lesen	Schreiben
LEDA	1,70 Mbps	1,72 Mbps
JUPITER	1,17 Mbps	1,28 Mbps

Auswertung

Die erhaltenen Werte werden noch einmal übersichtlich dargestellt:

	LEDA Lesen; Schreiben in Mbps	JUPITER Lesen; Schreiben in Mbps
über gesamten ATM-Backbone (Test 6.1)	1,34; 1,36	1,25; 1,30
PC, JUPITER am MMAC1, LEDA hinter KALPANA und MMAC1 (6.2)	2,41; 2,50	2,09; 2,48
PC am LAX1, JUPITER, LEDA wie vorher (6.3): internes Bridging	1,70; 1,72	1,17; 1,28

Über den ATM-Backbone werden Transferraten von etwa 1,3 Mbps für das Novell-Protokoll IPX erreicht. Dieser Wert fällt im Vergleich zu den 2,4 bis 2,5 Mbps, die bei einer „lokalen“ Konstellation gemessen wurden, doch um die Hälfte ab.

In den Tests B2-2.b und B2-2.c ging es um die Verzögerung im LAX-20. Nimmt man die Werte des direkten Zugriffs auf den Server und stellt sie den Werten gegenüber, die über LAX und MMAC gemessen wurden, so ergeben sich wieder, wie bei den Tests B2-1.d/B2-1.e, starke Verzögerungen, die hier im Bereich von 30% liegen. Natürlich sind die gemessenen Zugriffszeiten stark abhängig von der jeweiligen Netzauslastung. Trotzdem sollte der LAX-20 intern die Pakete nicht so stark verzögern, bis er sie an das andere Modul weiterleitet. Im Anschluß an die Gesamteinschätzung wird diesem Problem auf den Grund gegangen.

Interessant ist noch der Vergleich zwischen den JUPITER-Werten in Test B2-2.a und B2-2.c. Über den gesamten ATM-Backbone wurden 1,25 Mbps bzw. 1,30 Mbps gemessen, über den Weg LAX-MMAC nur 1,17 Mbps bzw. 1,28 Mbps. Dies läßt sich nur so erklären, daß während der Durchführung von Test B2-2.c entweder erheblich mehr Verkehr über den Hub lief oder häufigere Zugriffe anderer Nutzer auf den Novell-Server JUPITER stattfanden.

Gesamteinschätzung

Das Problem mit der hohen Verzögerung im LAX-20 wird an dieser Stelle untersucht und geklärt. Danach können die erhaltenen Zugriffszeiten eingeschätzt und abschließend beurteilt werden.

Analyse und Lösung der Verzögerung im LAX

Problematik:

An dieser Stelle soll das Problem, das bei den IPX-Tests aufgetreten ist, analysiert und gelöst werden. Es handelt sich dabei nicht um ein Problem, das den LAX-20 betrifft. Dieser LAX-20 besitzt nach Aussage des Herstellers FORE System eine interne Verzögerungszeit von ca. 50 µsec, was praktisch vernachlässigbar ist. Vielmehr ist ein protokollspezifisches Problem aufgetreten. IPX arbeitet nach dem klassischen Request/Response-Mechanismus. Das bedeutet, daß für jedes Paket eine Quittung vom Server erwartet wird. Erst nach Erhalt der Quittung kann der Client das nächste Paket schicken. Dadurch verlangsamt sich natürlich die Kommunikation erheblich.

Bei dem IPX-Test über den MMAC3 wurde ein Wert von 6,42 Mbps gemessen. Dies sind umgerechnet etwas über 800 kByte/sec. Dieser Wert errechnet sich wie folgt. Die Geschwindigkeit setzt sich aus Daten d pro Zeit t zusammen. Die maximale Nachrichtengröße war bei den Tests im Tool PERFORM auf 4096 Byte eingestellt. Die Zeit, die ein Paket vom Client zum Server benötigt, ist die Summe aus der Übertragungszeit auf dem Ethernet t_{Eth} und der Verarbeitungszeit t_v im Server.

Es ergibt sich folgende Rechnung:

$$\begin{aligned}
 \text{Durchsatz} &= d/t &= d/t_{\text{Eth}} + t_v \\
 &= 4096 \text{ Bytes} / 3,27 \text{ ms} + 1,8 \text{ ms} \\
 &= 4096 \text{ Bytes} / 5,07 \text{ ms} \\
 &= 807,88 \text{ kByte/sec;}
 \end{aligned}$$

Lösungsansatz:

Werden nun Client und Server über eine Bridge miteinander verbunden, so benötigt ein Paket zweimal die Übertragungszeit, da es erst den Weg zur Bridge und dann den Weg von der Bridge zum Server zurücklegen muß. Somit ergibt sich selbst unter der Annahme, daß die Bridge ohne Verzögerung arbeitet, diese Rechnung:

$$\begin{aligned}
 \text{Durchsatz} = d/t &= d/2 * t_{\text{Eth}} + t_v \\
 &= 4096 \text{ Bytes}/2 * 3,27 \text{ ms} + 1,8 \text{ ms} \\
 &= 4096 \text{ Bytes}/8,34 \text{ ms} \\
 &= 491 \text{ kByte/sec;}
 \end{aligned}$$

Dieses protokollspezifische Problem läßt sich durch die Verwendung des Burst Mode Protocols erheblich verbessern. Der Burst Mode ist dazu geeignet, höhere Transferaten im Novell-Bereich zu erzielen. Wie in [Zenk94] ausführlich beschrieben ist, werden durch das Burst Mode Protocol die Kommunikationsmechanismen beim Lesen und Schreiben von und auf Servern verändert. Bei der ersten Aufforderung des Clients an den Server stimmen sich beide Parteien auf eine maximale Fenstergröße ab, innerhalb der Daten ohne Quittung gesendet werden dürfen. Erst nach Erhalt des letzten Pakets wird eine positive Quittung verschickt. Damit wird der Durchsatz des Datenaustausches bedeutend erhöht. Server und Client können bei erfolgreicher Übertragung einiger Fenster die Fenstergröße erhöhen, um vielleicht so den Durchsatz noch mehr zu optimieren. Dieses Burst Mode Protocol wurde auch bei R&S zu Testzwecken aktiviert. Die maximale Fenstergröße wurde für die Verifizierung dieser Lösung auf 32 eingestellt.

Verifizierung der Lösung:

Nachdem das Burst Mode Protocol installiert war, wurden die Versuche mit dem Testserver RS-MUC-NS04 noch einmal durchgeführt. Die folgende Tabelle stellt die jetzt gemessenen Werte den bisherigen Werten gegenüber.

Konfiguration	Burst Mode in Mbps	ohne Burst Mode in Mbps	Verbesserung in %
über gesamten ATM-Backbone	4,33	2,26	47
beide am MMAC3(kein Verkehr)	6,72	6,42	4,6
beide am MMAC1(viel Verkehr)	5,93	5,50	7,3
beide auf einem LAX-Modul	6,80	5,63	17
auf verschiedenen LAX-Moduls	4,95	3,09	37

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß durch das Burst Mode Protocol teilweise erhebliche Durchsatzerhöhungen erreicht wurden. Durch weitere Tests ist es sicherlich möglich, die bisher auf 32 eingestellte Windowsize so zu optimieren, daß noch bessere Transferraten zustandekommen. Diese Tests werden hier aber nicht angeführt, da sie mit der Thematik ATM-Tests unmittelbar nichts zu tun haben.

Vergleicht man hier wieder die beiden Werte für den Zugriff bei verschiedenen LAX-Modulen, so ist die Verzögerung auf 27% verringert worden. Dies kann wohl noch etwas verbessert werden. Trotzdem stellen die knapp 5 Mbps bereits einen guten Wert dar, der sich schon der Transferrate genähert hat, die ohne Burst Mode Protocol auf einem LAX-Modul erreicht wurde.

Gesamteinschätzung

Durch das aktivierte Burst Mode Protocol haben sich die Transferraten stark verbessert. Über den gesamten ATM-Backbone läßt sich beim Zugriff auf den Testserver fast die 1,5-fache Transferrate erzielen wie ohne Burst Mode Protocol. Es ist damit zu erwarten, daß auch die Transferraten beim Zugriff auf die Produktionsserver, die bei 1,3 Mbps lagen, ansteigen und somit ein schnelleres Arbeiten möglich ist. Eine Aufgabe der Netzadministratoren bei R&S besteht darn, die optimale Konfiguration des Burst Mode Protocols vorzunehmen. Außerdem muß generell geprüft werden, ob das Burst Mode Protocol in der R&S-Umgebung eingesetzt werden kann oder ob Probleme mit den Treibern auftreten.

6.2.3 B3: Simulation eines Umzuges

Eine fast täglich vorkommende Situation in einem Betrieb ab einer gewissen Größe ist der Umzug eines Mitarbeiters. Dabei nimmt er normalerweise seinen Rechner mit und schließt ihn an seinem neuen Arbeitsplatz an. Statistisch gesehen zieht jeder Mitarbeiter dreimal im Jahr um. So ein Umzug soll auch mit dem folgenden Test simuliert werden. Dabei soll überprüft werden, ob ein Anwender ohne Verzögerung und zusätzlichen administrativen Aufwand umziehen kann.

Ausgangssituation für Test B3:

Ein Anwender ist mit seinem PC über den MMAC3 an den ATM-Backbone angebunden. Er besitzt Zugriff auf den mit einer ForeRunner SBA-200 SBus ATM Adapter-Karte ausgerüsteten Testserver RS-MUC-NS04. Die Ausgangssituation ist in 6-14 dargestellt. Als PC dient der schon bekannte TESTPC.

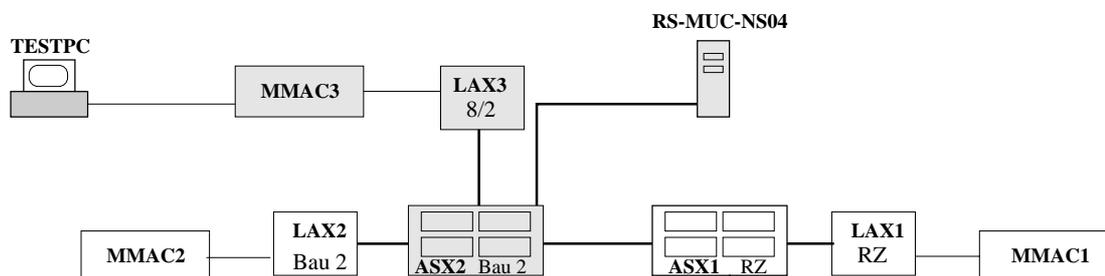


Abbildung 6-15: Konstellation vor dem Umzug

Durchführung

Allgemein läuft der Test folgendermaßen ab: Der TESTPC, der in diesem Fall am MMAC3 angebunden ist, wird abgehängt. Nach einer bestimmten Zeitspanne wird er wieder an das Netz angeschlossen. Dies geschieht jedoch jetzt hinter einem anderen LAX-20, in diesem Fall hinter dem LAX1 des RZs.

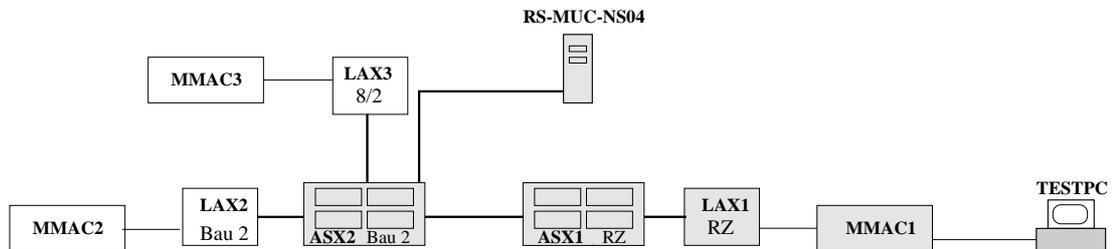


Abbildung 6-16: Konstellation nach dem Umzug

Konkret wird der TESTPC nach genau 20 Minuten wieder ans Netz gehängt (MMAC1). Danach wird versucht, eine Verbindung zum ATM-Testserver aufzubauen. Dieser Versuch scheitert allerdings, der RS-MUC-NS04 ist nicht erreichbar. Auch weitere Versuche ein paar Minuten später bleiben erfolglos. Der TESTPC wird daraufhin wieder vom Netz abgehängt. Der zweite Versuch, eine Verbindung zum Test-Server aufzubauen, wird 30 Minuten, nachdem der TESTPC abgehängt wurde, gestartet. Der TESTPC wird zu diesem Zweck wieder auf der anderen Seite am MMAC3 angebunden. Diesmal ist der Versuch erfolgreich, eine Verbindung zum Testserver kann mühelos aufgebaut werden. Weitere Versuche dieser Art zeigen, daß nach knapp 25 Minuten der ATM-Server wieder erreichbar ist.

Auswertung

Für die Erklärung der knapp 25 Minuten Wartezeit, bis ein umgezogener Nutzer wieder auf seinen Server mit ATM-Interface zugreifen kann, sind zwei Aspekte wichtig: Einerseits wird etwa 45 Sekunden, nachdem keine Daten mehr an den ursprünglichen LAX-20 (in unserem Test war das der LAX3) gesendet werden, in der LAX-Forwarding Table der Eintrag des ATM-Servers für diesen TESTPC herausgelöscht. Andererseits werden bei der PC LAN Emulation die Client-Einträge erst nach 20 Minuten gelöscht. Das bedeutet, daß erst 20 Minuten nach dem Abziehen des TESTPCs der SVC, also der dynamisch aufgebaute virtuelle Kanal, zwischen LAX3 und ASX2 gelöscht wird. Zu den 20 Minuten kommt noch der sogenannte Watchdog von Novell hinzu, der default auf 3 Minuten eingestellt ist. Dieser Watchdog ist eine Timerfunktion des Servers, der PING³s durchführt, um festzustellen, ob eine bestimmte Komponente noch da ist. Versucht ein Anwender, innerhalb der 25 Minuten eine Verbindung zum ATM-Server aufzubauen, wird der Client-Eintrag erneuert und

³Packet Internet Grouping

der 20 Minuten-Timer wird neu gestartet. Darum konnten die weiteren Versuche nach dem ersten Scheitern ebenfalls nicht erfolgreich sein, weil die 20 Minuten von vorne begannen.

Gesamteinschätzung

Zieht ein Anwender um und hängt sich dabei hinter einen LAX-20 auf der anderen Seite des ATM-Backbones, so muß er etwa 25 Minuten warten, bis er wieder eine Verbindung zu seinem Server, hier dem mit einem ATM-Interface ausgestatteten Testserver RS-MUC-NS04, aufnehmen kann. Im Normalfall dauert aber ein Umzug länger als 25 Minuten. Wartet ein Nutzer diese Zeitspanne ab, kann er ohne weitere Verzögerung wieder mit diesem Server arbeiten. Ein größerer administrativer Aufwand ist ebenfalls nicht erforderlich, wenn diese Zeitspanne eingehalten wird.

Kapitel 7

Entwicklung eines Strategiepapiers

In den beiden letzten Kapiteln wurde die praktische Durchführung der in 4 Abschnitte aufgeteilten Testphase abgehandelt. Dabei kam die jeweilige Testumgebung genauso zur Sprache wie die dafür konzipierten Tests. Alle durchgeführten Tests wurden aufgeführt und bereits analysiert. Allerdings wurde diese Analyse bisher nur separat für jeden einzelnen Test vorgenommen. Eine Gesamtanalyse aller Tests wurde noch nicht erstellt.

Die Tests sollen also jetzt als Ganzes betrachtet und bewertet werden. Erst so kann eine sinnvolle Beurteilung der Aussagekraft eines Tests erfolgen. Nach dieser Auswertung kann auch festgestellt werden, wo noch Defizite vorhanden sind, d.h. welche wichtigen Informationen aus den bisherigen Tests nicht gezogen werden konnten. Anschließend werden für diese fehlenden Informationen weitere mögliche Tests ausgearbeitet. Auf der anderen Seite sollen Tests, deren Aussagekraft in Frage gestellt werden kann, aktualisiert oder sogar verworfen werden. Nachdem die Bewertung des bisherigen Tests abgeschlossen ist, sollen die Erfahrungen, die im Laufe der Testphase gemacht wurden und unmittelbaren Einfluß auf eine Teststrategie beim Einsatz von ATM im Backbone-Bereich eines Corporate Networks haben, dargelegt und daraus einige wichtige Hinweise im Umgang mit Tests gegeben werden. Damit können bei R&S aufgetretene Probleme in anderen Unternehmen, bei denen ebenfalls eine Migration zu ATM im Backbone-Bereich angestrebt ist, leichter gelöst oder so-gar ganz vermieden werden. Danach soll ein Personalkonzept erstellt werden, in dem zum einen die Anzahl der an der Migration beteiligten Personen diskutiert werden soll und zum anderen eine klare Aufgabenverteilung für diese Personen entwickelt werden soll. Wie sich während der Durchführung der Testphase gezeigt hat, ist die Frage des richtigen Personaleinsatzes von großer Bedeutung für den zügigen und effizienten Ablauf einer Migration.

Für die Teststrategie wird zuerst ein zeitlicher Grobrahmen erstellt, in dem die bekannte Aufteilung der Testphase in 4 Abschnitte den Eckpfeiler darstellt. Anschließend wird das Strategiepapier vorgestellt, das sich aus allen vorausgegangenen Überlegungen und Analysen ergibt. Es beinhaltet sowohl alle Arbeitsschritte, die in der Anfangsphase einer Migration anfallen, als auch alle dafür ausgewählten Tests.

7.1 Analyse der durchgeführten Tests

Alle bisher durchgeführten Tests sollen noch einmal aufgegriffen werden und als gesamte Einheit bewertet werden. Bisher wurde jeder Test für sich eingeschätzt, was natürlich auch die eine oder andere Erkenntnis bringen kann. Allerdings kann nur durch eine Analyse, die alle Tests beinhaltet und auch gegeneinander abwägt, festgestellt werden, ob alle wichtigen Informationen, die das Funktionieren des ATM-Backbones und die Absicherung der Arbeitsschritte betreffen, erhalten wurden.

7.1.1 Einschätzung der durchgeführten Tests

Die Analyse wird nach den Abschnitten 1 und 2 einerseits und nach den Abschnitten 3 und 4 der Testphase andererseits unterteilt. Diese Unterteilung ist durchgeführt worden, da der erste Teil im Gegensatz zur Integration des ATM-Backbones in das LAN den Aufbau einer vom R&S-Produktivnetz unabhängigen Testumgebung darstellt.

Analyse der Tests von Teil A

Der Teil A, dessen Kernstück der Aufbau des ATM-Backbones war, beinhaltete insgesamt 4 Tests, deren Konfiguration und Durchführung im Kapitel 5.4 dokumentiert wurde. Die Kriterien, die es hier zu überprüfen galt, sind noch einmal aufgeführt:

- **Kriterium 1**
Die Antwortzeiten bei einem Filetransfer zweier SUN-Workstations mit Ethernet-Interface über den dazwischengeschalteten ATM-Backbone dürfen sich gegenüber den Antwortzeiten auf einem leeren Ethernet um höchstens 10% verschlechtern.
- **Kriterium 2**
Beim Ausfall einer Verbindung muß der Datentransport möglichst verzögerungsfrei über die vorgesehene redundante Verbindung fortgesetzt werden.

Prüfung von Kriterium 1 durch Test A2

Dieses Kriterium wurde mit dem Test aus Kapitel 5.2.2 abgeprüft. Dieser Test betraf den Vergleich der Performance eines File Transfers zweier SUN-Workstations auf dem Medium Ethernet, wobei keine anderen Stationen angeschlossen waren, und mit dem dazwischengeschalteten ATM-Backbone. Durchgeführt wurde dieser Test mit der TCP/IP-Applikation ftp.

Abgesehen von den bereits angesprochenen möglichen Rundungsfehlern bei den angezeigten Werten, die sich aber durch die mehrfachen Wiederholungen in etwa ausgleichen dürften, kann mit diesem Test ein aussagekräftiger Vergleich durchgeführt werden. Es herrschen fast exakt die gleichen Bedingungen vor. Ein Unterschied in der Ausgangssituation kann sich nur dadurch ergeben haben, daß während der

Testdurchführung eine unterschiedliche Anzahl von Prozessen auf einer SUN läuft und sich dadurch die Antwortzeiten entsprechend verbessern oder verschlechtern.

Merke:

Sinnvoll wäre gewesen, die gerade laufenden Prozesse exakt mitzuprotokollieren und solche Tests, bei denen im Vergleich neue Prozesse hinzukamen, einfach zu wiederholen. Nur durch das Mitprotokollieren der genauen Testumgebung ist der Tester in der Lage, aussagekräftige Vergleiche zu vorherigen Tests zu ziehen. Zu einem späteren Zeitpunkt ist niemand mehr in der Lage, die genaue Umgebung bei der damaligen Testdurchführung festzustellen, wenn sie nicht peinlich genau mitprotokolliert worden ist. Am günstigsten ist es, die beiden SUNs stand-alone hochzufahren und nur mit der zum Starten nötigen Software zu versorgen. Bei R&S wurde dies so nicht realisiert, es wurde nur darauf geachtet, daß während der Tests keine neuen Prozesse gestartet wurden wie etwa ein PING von der Managementplattform HP OpenView aus. Daß die Applikation ftp nicht optimiert wurde, hat hier keine Bedeutung, da dies für alle Tests galt. Die ermittelten Werte von 8,5 Mbps bis 8,9 Mbps sind sowieso schon als gut zu bezeichnen. Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Applikation ftp auch in seiner Standardversion für diesen Test ausreichend ist.

Prüfung von Kriterium 2 durch Test A4

Für dieses Kriterium war der Test in Kapitel 5.2.4 vorgesehen. Das geänderte Redundanzkonzept, das aus dem ATM-Bereich ausgelagert werden mußte und jetzt die Anbindung eines Stackable Hubs an zwei LAN Access Switches vorsah, sollte in diesem Test auf sein einwandfreies Funktionieren hin überprüft werden. Dazu wurde der Ausfall einer Verbindung durch das Abziehen der einen LAX-MMAC-Leitung simuliert. Als Ergebnis konnte festgehalten werden, daß das Redundanzkonzept greift, also der Transfer über die redundante Leitung weitergeführt wird.

Nun wurde aber bereits angesprochen, daß dieses Redundanzkonzept im laufenden Betrieb „durchgefallen“ ist. Die bisher nicht gelöste Problematik betrifft den Abbau der virtuellen Kanäle im LAX-20. Diese werden vom LAX-20 nicht automatisch gelöscht, was mittlerweile als offizieller Bug bei FORE Systems geführt wird und verursacht deshalb die Probleme beim Transfer der Datenpakete.

Merke:

Eine sehr wichtige Erkenntnis dieses Tests ist die Tatsache, daß eben dieser Test in der vom R&S-Netz unabhängigen Testumgebung erfolgreich verlief, im laufenden Betrieb aber die Probleme auftraten. Man erhielt im laufenden Betrieb ein anderes Ergebnis als beim Test in der unabhängigen Testumgebung. Hier konnte also keine Testsituation simuliert werden, die den Bedingungen im laufenden Betrieb entspricht. Als mögliche Lösung speziell dieses Problems sollte ein Redundanztest sofort nach der Überführung des ATM-Backbones in den laufenden Betrieb wiederholt werden, wobei mehrere Konfigurationen zu prüfen sind. Bei R&S jedoch ist momentan keine Redundanz im Netz vorhanden. Ansonsten ist hier eine bedeutsame Problematik erkannt worden. Die Tatsache, daß ein Netzbetreiber sich nicht vollkommen auf Erfolg oder Mißerfolg eines Tests in einer unabhängigen Testumgebung verlassen kann, muß vom Netzbetreiber ins Kalkül gezogen werden. Er muß wissen und auch darauf vorbereitet sein, daß nicht jede Situation in einem laufenden Betrieb simuliert werden

kann. Aufmerksam müssen alle Vorgänge im Betriebsnetz verfolgt werden und entsprechend schnell reagiert werden, falls das angesprochene Problem auftreten sollte.

Außer diesen beiden Tests, mit denen Kriterien des Netzbetreibers überprüft wurden und die wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung einer Teststrategie brachten, wurden zwei weitere Tests durchgeführt.

A1: File Transfer auf reiner ATM-Basis

Der im Kapitel 5.2.1 dokumentierte Test, der einen File Transfer zweier über ihr ATM-Interface direkt an jeweils einen ATM-Switch angebotenen SUNs zum Inhalt hatte, hatte die Ermittlung der möglichen ATM-Durchsatzraten zum Ziel. Als Tool wurde wieder TCP/IP ftp ohne Optimierungen herangezogen. Die erzielten Transferaten lagen im Bereich von 28 Mbps bis 34 Mbps. Einschränkend wurde erwähnt, daß diese Raten wahrscheinlich schon die Grenzen von Festplattentransfers darstellen. Interessant wäre es, dieselben Tests mit optimierten ftp durchzuführen und zu vergleichen. Allgemein kann jedoch gesagt werden, daß TCP/IP ftp keine gute Applikation für das Ermitteln von reinen ATM-Durchsätzen darstellt. Hier müssen andere Tools verwendet werden, bei denen durch geeignete Parametereinstellungen aussagekräftigere Werte erzielt werden können. Ein solches Tool ist z.B. 'ttcp', mit dem durch entsprechende Optimierung bestimmter Parameter in einer anderen Benutzerumgebung Durchsätze im Bereich von 60 Mbps erreicht werden konnten. Darauf soll im Kapitel 7.1.2 noch etwas näher eingegangen werden.

A3: File Transfer über den ATM-Backbone mit wechselnder Grundlast

Im letzten Test von Teil A der Testphase sollte ein Protokollanalysator künstlich unterschiedliche Grundlasten auf dem ATM-Backbone erzeugen. Gleiche File Transfers sollten unter diesen wechselnden Bedingungen ausgeführt und miteinander verglichen werden. Wiederum wurde TCP/IP ftp eingesetzt. Wie im Test für Kriterium 1 werden hier verschiedene Durchsätze miteinander verglichen. Die absoluten Werte spielen in diesem Versuch keine große Rolle. Dadurch kann dieser Test problemlos mit ftp durchgeführt werden; nur die Differenzen der jeweiligen Durchsätze sind von Interesse.

Das einzige Manko in diesem Test ist, daß mit dem Protokollanalysator nur eine gleichmäßige und nicht variierende Grundlast erzeugt werden kann. Der Test in der netzunabhängigen Testumgebung stellt in dieser Konfiguration eine eher schlechte Simulation der tatsächlich vorzutreffenden Praxis dar. Realitätsgebundener und damit automatisch besser wäre es, wenn sowohl konstante Datenströme (Constant Bit Rate) als auch variable Datenströme (Variable Bit Rate) generiert werden könnten. Ein ATM-Analysator könnte eingesetzt werden, der in der Lage sein sollte, unterschiedliche Lasten zu erzeugen und damit den Test noch aussagekräftiger zu machen. Das Problem, das allerdings erst gelöst werden muß, besteht darin, daß der ATM-Analysator nicht mit der proprietären Signalisierungssoftware SPANS von FORE Systems arbeiten kann. Dadurch konnte kein ATM-Analysator eingesetzt werden.

Analyse der Tests von Teil B

Die Überführung des Testaufbaus in das R&S-Netz durch den Anschluß von Servern und User und die Austestung des ATM-Backbones im laufenden Betrieb waren die Kernpunkte von Teil B der Testphase. Für die Austestung im Betrieb kamen drei Tests zum Einsatz. Neben den Performancemessungen von TCP/IP und IPX wurde der Umzug eines PC-Anwenders simuliert. Im folgenden werden diese drei Tests analysiert.

B1: File Transfers von SUN auf PC

Dieser Test hatte die Ermittlung der Durchsatzraten eines File Transfers von einer SUN auf einen PC zum Ziel. Dabei wurden verschiedene Konstellationen getestet und gegenübergestellt. Dieser Test liefert Anhaltspunkte, mit welchen Geschwindigkeiten ein File Transfer zwischen PC und SUN ablaufen kann. Allerdings wurden nur Files von der SUN auf den PC transferiert. Auch der umgekehrte Fall, also daß vom PC Files zur SUN transferiert werden, sollte ausgeführt werden. Die andere Richtung ist nämlich ebenfalls sehr interessant, um zu prüfen, ob auch höhere Durchsätze möglich sind. Bei R&S wurde dieser Test aus Zeitgründen verschoben und schließlich gar nicht mehr ausgeführt. Ein dickes Fragezeichen muß hinter die Bedeutung der PC-Karte bei diesem Test gesetzt werden. Möglicherweise stellt diese Karte den Engpaß dieses Tests dar. Dies kann aber nicht sicher nachgewiesen werden, vielmehr müßten auch Tests mit anderen Karten durchgeführt und verglichen werden.

Als Fazit dieses Tests kann gesagt werden, daß er alleine nicht besonders aussagekräftig ist, aber in Kombination mit den oben angesprochenen Ergänzungen durchaus ein wichtiger Bestandteil eines Testkonzeptes darstellen kann. Im nächsten Unterkapitel werden diese potentiellen Ergänzungstests noch einmal angesprochen.

B2: Performance-Tests für IPX durch Zugriffe eines PCs auf Novell-Server

Dieser Test war aufgeteilt in Zugriffe auf einen Novell-Testserver und Zugriffe auf zwei Novell-Produktivserver. Der Test mit dem Testserver, auf den nur der TESTPC Zugriff hatte, wurde vorangestellt, um zuerst die möglichen Zugriffszeiten auf Novell-Server zu ermitteln und anschließend diese Werte mit den zu erwartenden realistischeren Zugriffszeiten zu vergleichen. Denn auf die beiden Produktivserver greifen auch bis zu 100 User des R&S-Netzes zu. Der Test, der wieder unterschiedliche Konstellationen überprüfte, wurden mit einem Client-Server-Tool namens PERFORM für den Testserver und dem Norton Utility SYSTEM INFORMATION durchgeführt. Natürlich können diese IPX-Tests auch mit anderen, ähnlichen Tools realisiert werden. Für diesen Test wäre ein zweites Tool sogar sehr gut, um die ermittelten Werte noch einmal verifizieren zu können.

Durch die Austestung verschiedener Situationen wurde hier das „Problem“ des IPX-Protokolls entdeckt. Jedes Datenpaket mußte in der Standardversion quittiert werden, bevor ein neues Paket verschickt werden kann. Da dies durch den Test erkannt wurde, konnte schnell eine Lösung in Form des Burst Mode Protocol gefunden werden. Geprüft werden muß noch, ob dieses Protokoll im gesamten R&S-Netz einsetzbar ist, was aber nicht Gegenstand eines ATM-Testkonzeptes sein soll. Insgesamt

ist dieser Test positiv zu bewerten mit der kleinen Einschränkung, daß der Einsatz eines zweiten Tools noch sicherere Ergebnisse erbracht hätte.

Umzugs-Simulation durch Umhängen eines PCs im Netz

Der Test sollte klären, ob beim Umzug eines Users zusätzlicher Aufwand für den Netzbetreiber und damit auch eine gewisse Wartezeit für diesen Anwender entsteht. Man stellte fest und verifizierte auch, daß knapp 25 Minuten gewartet werden muß, bis wieder Verbindung zum Server aufgenommen werden kann. Zwei Einschränkungen sind zu machen: Erstens gelten die 25 Minuten Wartezeit nur für die Server, die über eine ATM-Karte direkt an einen der ATM-Switches angebunden sind. Zweitens muß unterschieden werden, ob der User immer noch hinter dem gleichen LAX-20 hängt oder ob er nach dem Umzug wirklich über einen anderen LAX-20 auf den ATM-Server zugreift. Ist letzteres der Fall, ist die Wartezeit einzuhalten, ansonsten kann der Zugriff weiter über den bereits aufgebauten SVC erfolgen und somit sofort die Verbindung zum ATM-Server hergestellt werden.

Dieser Test lieferte den ziemlich genauen Zeitwert, der bei Einhaltung von Anwenderseite her keinen zusätzlichen Aufwand für den Netzbetreiber vorsieht. Zusammenfassend ist zu sagen, daß dieser Test in der R&S-Umgebung sehr sinnvoll war und in einem ATM-Testkonzept vertreten sein sollte.

7.1.2 Verbesserung einiger Tests

Nachdem alle Tests auf ihre Stärken und Schwächen untersucht worden sind, sollen hier die noch verbesserungswürdigen Tests in ihrer geänderten Form dargestellt werden.

Teil A:

A1: Transfer auf reiner ATM-Basis

Dieser Test, der mit TCP/IP ftp durchgeführt wurde, ermittelte sehr wahrscheinlich nicht die tatsächlich möglichen ATM-Transferraten, sondern nur die Grenzen des Festplattensystems, die etwa zwischen 4 bis 5 MByte pro Sekunde liegen dürften. Demnach ist ftp nicht die richtige Applikation, um ATM-Durchsätze zu ermitteln.

Ein weitaus besseres Tool ist z.B. ttcp. Durch geschickte Einstellung der Parameter send_space, receive_space und tcp_default_mss sollten weitaus bessere Werte im Bereich von 50/60 Mbps ermittelt werden können. Ansonsten ist der Test genauso durchgeführt, wie in 5.2.1 dokumentiert ist.

A3: File Transfer über den ATM-Backbone mit wechselnder Grundlast

Das Problem dieses Tests lag in der nicht möglichen Generierung verschiedenartiger Lastprofile durch den Protokollanalysator. Dadurch konnte eigentlich keine realistische Simulation der Situation im laufenden Betrieb erreicht werden. Üblicherweise laufen konstante und variable Bitströme über die ATM-Switches.

Abhilfe kann geschaffen werden, indem ein Lastgenerator oder ATM-Analysator verwendet wird, der die unterschiedlichen Lastprofile simulieren kann. Auf der diesjährigen CeBIT wurden bereits einige ATM-Analysatoren vorgestellt, die künstlich ATM-Zellen erzeugen und diese auch als CBR-, ABR¹- oder VBR-Zellenstrom (siehe [Lentz94]) auf die ATM-Switches laufen lassen können. Ansonsten könnten die Stufen der Lastveränderung geändert werden. Bei R&S wurde in 20%-Schritten Last auf dem ATM-Backbone erzeugt. Kürzere Intervalle sind je nach Möglichkeit des Analysators auch möglich. Außerdem kann auch eingestellt werden, daß z.B ein Drittel der Last von einem CBR-Strom und zwei Drittel von einem VBR-Strom gebildet wird. Mit diesen Ergänzungen stellt der Grundlast-Test einen wichtigen Bestandteil einer ATM-Teststrategie dar.

Teil B:

B1: File Transfers von SUN auf PC

Wie bereits angesprochen, wurden die File Transfers nur in eine Richtung durchgeführt, nämlich von der SUN auf den PC. Hier sollte auf jeden Fall auch die entgegengesetzte Richtung getestet werden, d.h. auf der SUN wird ftp gestartet und dasselbe File vom PC transferiert. Desweiteren wurde der Test nur mit einer Ethernet-Karte durchgeführt. Hier sollten unbedingt noch zwei weitere Karten miteinbezogen werden, um feststellen zu können, mit welcher Karte welche Werte zu erreichen sind und ob diese Karte den Engpaß bei diesem Test darstellt. Mit diesen Ergänzungen kann der Test gute Erkenntnisse über die Transferraten zwischen PC und einer SUN bringen.

B2: Performance-Tests für IPX durch Zugriffe eines PCs auf Novell-Server

Zu diesem Test ist nur zu sagen, daß ein weiteres Tool zur Messung der Zugriffszeiten eingesetzt werden soll, um, wie bereits erwähnt, die zuerst erhaltenen Werte noch einmal zu verifizieren. Mit diesem Tool sollten auch verschiedene Paketgrößen einstellbar sein. Für ein Testkonzept ist dieser Test folglich sehr aussagekräftig und damit auch sehr wichtig.

7.1.3 Ergänzung neuer Tests

Neben den bisherigen Tests können folgende Tests eine Teststrategie noch effizienter machen:

IPX-Test: Ermittlung der Zugriffszeiten auf einen Server mit ATM-Karte

Im Test *Simulation eines Umzugs* wurde zwar oft eine Verbindung zum Testserver mit ATM-Interface aufgebaut, die Zugriffszeiten allerdings wurden nicht ermittelt. Dies muß unbedingt nachgeholt werden, indem diese Zugriffszeiten des TESTPCs, der an verschiedene Netzkomponenten angebunden wird, mit dem Tool PERFORM gemessen werden. Ein zweites Tool zur Ermittlung der dabei erzielten Geschwindigkeiten soll auch hier wieder eingesetzt werden. Für jede Konstellation sind 5 Tests auszuführen. Die Ausgangssituation ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

¹Available Bit Rate, wird in [Hughes95] beschrieben

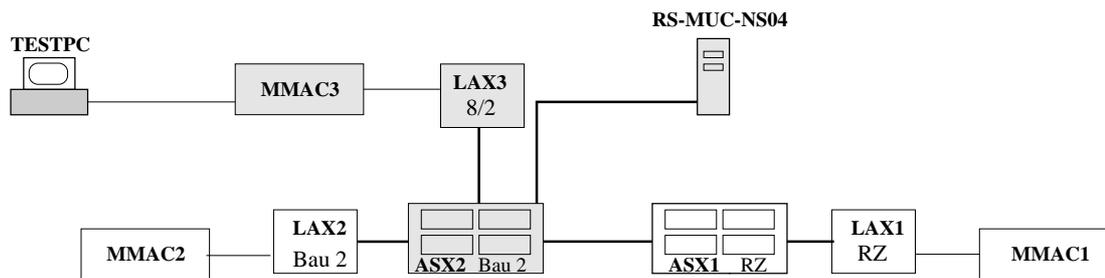


Abbildung 7-1: Ausgangssituation für den Test Zugriff auf einen ATM-Server

Anschließend kann der TESTPC direkt auf den LAX3 gehängt werden. Ohne Verzögerung, da der TESTPC nicht hinter oder an einen anderen LAX gehängt wurde, können die nächsten 5 Tests realisiert werden. Die dritte Konstellation sieht den Anschluß des TESTPCs am MMAC2 vor. Hier muß die bereits besprochenen 25 Minuten gewartet werden. Anschließend erfolgt noch die Anbindung an den LAX2, den MMAC1 und den LAX1. Die ermittelten Werte geben zuverlässig Anhaltspunkte über die Zugriffszeiten auf einen mit ATM-Interface ausgestatteten Novell-Server. Dieser Test sollte sowohl in der vom R&S-Netz unabhängigen Testumgebung als auch im laufenden Betrieb durchgeführt werden, also sowohl im Teil A als auch im Teil B.

Ermittlung der Durchsätze auf reiner ATM-Basis

Dieser Test, der mit dem Testtool ttcp durchgeführt werden soll, berechnet die möglichen Transferraten zwischen zwei SUN-Workstations, die an jeweils einen ATM-Switch angebunden sind. Die Applikation ttcp soll dabei TCP/IP ftp ersetzen. Wie bereits festgestellt wurde, ist ftp kein gutes Tool, um ATM-Transferraten zu ermitteln. Der Test, der bis jetzt nur im Teil A durchgeführt wurde, soll auch im laufenden Betrieb angewendet und die Ergebnisse beider Tests verglichen werden.

Austestung einiger ATM-spezifischer Aspekte mittels eines ATM-Analysator

Folgende Aspekte sollten mit Hilfe eines ATM-Analysators u.a. getestet werden können:

- VCI/VPI
- Bandbreite
- OAM²-Zellen

Außerdem können mit dem ATM-Analysator Fehler generiert werden, indem in den ATM-Strom fehlerhafte Zellen eingefügt werden. Desweiteren kann der Analysator Überlastsituationen generieren. Er besitzt auch die Möglichkeit des Langzeit-Monitorings von virtuellen Verbindungen (PVCs und SVCs) und der tabellarischen und

²OAM : Operation, Administration and Maintenance. Das OAM-Konzept wird für den Betrieb und die Wartung von Verbindungen eingesetzt.

graphischen Aufbereitung der erhaltenen Informationen. Wie solche Tests im einzelnen aussehen könnten, liegt am jeweiligen ATM-Analysator.

7.2 Analyse der Projektdurchführung

In diesem Teilabschnitt soll der bisherige Projektablauf analysiert werden. Dabei stehen nicht mehr die Tests an sich und deren Ergebnisse im Mittelpunkt, sondern die Probleme, die während des bisherigen Projekts aufgetreten sind und oft zu unnötigen Verzögerungen oder neuen Problemen führten. Aus dieser Analyse sollen die richtigen Erkenntnisse gezogen und als wichtige Hinweise angeführt werden. Ziel dieser Projektanalyse ist es, die interessanten und verwertbaren Erkenntnisse in die Teststrategie zu integrieren und anderen Netzbetreibern durch die daraus resultierenden Hinweise die Möglichkeit zu geben, potentielle Fehlerquellen und Probleme bereits im Keim zu ersticken.

7.2.1 Probleme während des Projektablaufs

Im bisherigen Projektverlauf traten einige Probleme auf. Einerseits kam es zu Problemen, die nicht vorhersehbar waren, da sich R&S mit der Migration zu ATM im Backbone-Bereich auf ein bis jetzt noch wenig erforschtes Terrain begab. Andererseits wurde man mit Problemen konfrontiert, die bei besserer Planung vermeidbar gewesen wären. Trotzdem kann man aus fast jedem Problem lehrreiche Erkenntnisse ziehen, die in den weiteren Migrationsphasen bereits Anwendung finden können.

- **Virtual Workgroups**

Ein nicht vorhergesehenes Problem trat im Zusammenhang mit Virtual Workgroups auf. Ursprünglich sollte es möglich sein, mittels der in [Forster95] ausführlich beleuchteten LAN Emulation zwei Virtual Workgroups einzurichten. Dieser Punkt war auch im Migrationskonzept in der Phase 1 vorgesehen. Allerdings konnte dieser Arbeitsschritt nicht durchgeführt werden, da die proprietäre LAN Emulation-Software von FORE Systems dieses Feature nicht anbietet. Dies ist erst mit der Implementierung der vom ATM-Forum gerade entwickelten LAN Emulation 1.0 möglich. Die Freigabe dieses Standards soll Ende des Jahres erfolgen.

Das einzige, was im Zusammenhang mit Virtual Workgroups getestet worden ist, war das sogenannte Secure Bridging. Anwender, die zu einer Arbeitsgruppe zusammengefaßt werden sollen, bekamen jeweils die gleiche Identifikationsnummer zugewiesen und waren so eine eigenständige Workgroup, die völlig losgelöst von den physischen Bedingungen ist. Dieses Konzept funktionierte einwandfrei.

In die entgeltliche Teststrategie ist der Arbeitsschritt *Einrichtung von zwei Virtual Workgroups als zwei getrennte Netze* nicht integriert worden. Hier muß noch abgewartet werden, ab wann dieses Feature einsetzbar ist.

- **Testtools und ATM-Analysator**

Zum Testen standen nur die TCP/IP Applikationen *ftp*, das Norton Utility *System Information* und das Client-Server-Programm *Perform* zur Verfügung. Außerdem konnte ein LAN-Analysator teilweise verwendet werden. Weitere Tools hätten mit Sicherheit den einen oder anderen ermittelten Wert bestätigen oder in Frage stellen können und damit zu klareren Aussagen führen können. Außerdem könnten auch Aussagen über die Qualität eines Tools getroffen werden, wenn z.B. zwei Tools gleiche Werte ermitteln und das dritte Tool davon stark variiert. Ein ATM-Analysator sollte ebenfalls vorhanden sein, um die internen Vorgänge im Bereich ATM-Switch, PVCs und SVCs untersuchen zu können und Fehler und Überlastsituationen zu generieren.

- **Konfiguration der Komponenten mit IP-Adressen**

Dieser Aspekt betrifft die Vergabe von IP-Adressen sowohl für die ATM-Komponenten als auch für die restlichen Komponenten des Testaufbaus. Es sollte vor der Vergabe genau überlegt werden, welche IP-Adressen den einzelnen Komponenten zugewiesen werden. Daraus sollte ein sinnvolles IP-Adressschema entwickelt werden. Denn wenn mitten in der Testphase eine oder mehrere IP-Adressen geändert werden müssen, führt dies nur zur Verwirrung und damit zwangsläufig zu Problemen. Darum sollte diese Vergabe einmal zu Beginn des Testaufbaus erfolgen und nicht mehr abgeändert werden.

Besonders wichtig ist, Komponenten, die über zwei Interfaces verfügen, auch mit zwei unterschiedlichen IP-Adressen zu konfigurieren. Bei R&S führte die Vergabe gleicher IP-Adressen für das Ethernet-Interface und das ATM-Interface es ATM-Switches zu Problemen mit dem Netzmanagementsystem. HP OpenView mit dem oberflächenintegrierten ForeView erkannte dadurch nur ein Interface, ein zweites existierte für das Netzmanagementsystem nicht. Erst nach Umänderung der IP-Adresse des ATM-Interfaces wurde dieses auch von OpenView erkannt.

- **Releasestände in den eingesetzten Komponenten**

Ein kleineres, aber zu beachtendes Problem sind die Releasestände in den eingesetzten Komponenten. ATM-Switches sollten ebenso wie die LAN Access Switches und die Stackable Hubs gleiche Softwarestände vorweisen. Eventuelle Probleme, die sich mit unterschiedlichen Release-Ständen ergeben könnten, werden so vermieden. Außerdem muß ein eingebautes Gerät wieder ausgebaut werden, falls diese Komponente für den Update aufgeschraubt werden muß.

- **Dokumentation der Testdurchführung**

Jeder Test sollte peinlich genau mitdokumentiert werden. Alle Informationen wie Testumgebung, beteiligte Komponenten, verwendete Tools und weitere Begleitumstände müssen in der schriftlichen Fixierung eines Tests enthalten sein. Die gewissenhafte Pflege dieser Dokumentation ist von größter Wichtig-

keit, um später Vergleiche, Analysen oder Einschätzungen anzustellen. Bereits aus der Abbildung 1.1, in dem das Konzept der vorliegenden Arbeit vorgestellt worden ist, geht die Wichtigkeit der Dokumentation für den Erfolg dieses Projekts hervor. Der Aspekt 'Dokumentation' ist der zentrale Punkt auf dem Weg zu einem Strategiepapier für den effektiven Einsatz von Tests.

- **Testplanung**

Unter dem Aspekt 'Testplanung' wird die fast tägliche Absprache der an der Migration beteiligten Personen verstanden. Dies geschieht in sogenannten Projektsitzungen oder auch kleineren Zusammenkünften, wo einerseits die für die nächsten Tage geplanten Schritte und Tests besprochen werden, andererseits jeder Mitarbeiter den aktuellen Stand der Tests erfährt. Dies kann durch die bereits erfolgte Dokumentation der jeweiligen Tests erfolgen, wobei eine saubere Skizze den größten Nutzen mit sich bringt. Bei R&S wurden teilweise Aktionen durchgeführt, ohne vorher in einer Sitzung diese Schritte mitzuteilen. Dadurch wurden natürlich Tests einer anderen Person indirekt beeinflusst, wovon aber diese Person gar nichts wußte. Darum ist ein wichtiger Faktor, daß am besten alle zwei Tage kurz der Stand der Dinge besprochen wird und die nächsten Tests untereinander aufgeteilt werden.

- **Personalfrage**

Ganz kurz soll an dieser Stelle noch erwähnt werden, daß der Erfolg und der zeitliche Rahmen dieses Projekts stark beeinflusst werden vom Personal-einsatz. Je mehr Personen an der Migration beteiligt sind und gemeinsam effektive Projektarbeit leisten, desto größere Aussichten sind gegeben, die Migration zügig und abgesichert zu realisieren. Näher wird an dieser Stelle nicht auf die Personalfrage eingegangen, da sich ein späteres Unterkapitel (7.3.1) eingehend damit auseinandersetzt und darin auch ein Personalkonzept entworfen wird.

7.2.2 Wichtige Hinweise

Die angesprochenen Probleme während der Testphase sollen an dieser Stelle noch einmal aufgegriffen werden und in das Strategiepapier miteinfließen. Diese Hinweise geben an, was in der Testphase auf jeden Fall vermieden werden sollte. Bei Nichtbeachtung dieser Regeln sind Probleme fast vorprogrammiert. Teilweise wurden diese Regeln schon angesprochen, sollen aber hier noch einmal kompakt niedergeschrieben werden.

Dokumentieren Sie jeden Arbeitsschritt, jeden Test, jede sonst auftretende Auffälligkeit exakt und umgehend mit!

Es ist einerseits wichtig, daß das ganze Projekt **lückenlos** dokumentiert wird. Die Dokumentation der Testphase sollte vom Erstellen einer sauberen Skizze des Testaufbaus (= Abschnitt 1) bis zur schriftlichen Fixierung des letzten durchgeführten Tests (= Abschnitt 4) reichen. Bei den Tests ist darauf zu achten, daß sowohl die Ausgangssituation, das verwendete Werkzeug als auch die Durchführung und die Ergebnisse dokumentiert werden. Ausgangssituation bedeutet zum einen eine Skizze des Testaufbaus, zum anderen das Mitprotokollieren aller gerade laufenden Prozesse

und Jobs. Unter Werkzeug sind Analysatoren, verwendete Tools und Applikationen, die am Test beteiligt waren, zusammengefaßt. Bei der Durchführung ist es wichtig, z.B. bei File Transfers Quelle und Ziel des Tests zu dokumentieren wie auch Dateigrößen und Durchsatzwerte.

Andererseits sollte diese Dokumentation **sofort** nach der durchgeführten Aktion angelegt werden, um zu vermeiden, daß irgendein Detail verloren geht. Die Erfahrung mit diesem Projekt hat gezeigt, daß, auch bedingt durch die Vielzahl an Tests, einige Details der Testumgebung nicht mehr ganz genau nachvollzogen werden konnten, wenn die Dokumentation nicht sofort im Anschluß an die gerade durchgeführte Aktion erfolgte.

Führen Sie niemals mehrere Tests gleichzeitig durch!

Ein Fehler ist es, zwei oder noch mehr Tests (abhängig natürlich vom Testpersonal) parallel ablaufen zu lassen. Möglicherweise wird durch die Realisierung eines Tests die Konstellation eines anderen Tests verändert. Folge ist, daß Testergebnisse verfälscht werden können oder unter anderen Voraussetzungen ablaufen. Die zweite testende Person erfährt vielleicht nichts von der Veränderung und dokumentiert Test und Ergebnis nach seinem dann falschen Wissen. Aufgrund dieser verfälschten Ergebnisse müßten die Tests entweder wiederholt werden, falls starke Zweifel an der Richtigkeit herrschen, oder würden falsche Schlußfolgerungen nach sich ziehen.

Führen Sie mindestens jeden zweiten Tag eine kurze Projektsitzung durch, auf der der jeweilige aktuelle Stand und die geplanten Schritte der nächsten beiden Tage besprochen werden!

Der Faktor Projektsitzung wird oft unterschätzt. Eine Besprechung pro Abschnitt ist ausreichend, ist eine oft vorherrschende Meinung. Auch hier hat die Erfahrung gezeigt, daß dies falsch ist. Jeder Projektmitarbeiter sollte mindestens zweimal in der Woche über den aktuellen Stand der Migration informiert werden. Durch die Komplexität dieses Projekts kann es sehr leicht passieren, daß ein solcher Mitarbeiter nach einigen Tagen Probleme bekommt, wenn viele neue Aktionen durchgeführt wurden, er aber darüber nicht in Kenntnis gesetzt wurde. Es kann nämlich sehr leicht der Fall eintreten, daß ein Mitarbeiter seine Tests durchführt, aber nicht erfahren hat, daß in der Zwischenzeit an der Verkabelungsstruktur Änderungen vorgenommen werden mußten, weil bestimmte Probleme auftraten. Darum sollten alle Projektteilnehmer zu jeder Zeit über den Projektstand informiert sein, am besten eben durch offizielle Besprechungen, die nicht länger als 30 Minuten dauern müssen.

7.3 Entwurf eines Gesamtkonzeptes

Dieser Teilabschnitt umfaßt drei Punkte. Das oben angesprochene Personalproblem wird gleich anschließend analysiert und aus den Erkenntnissen dieser Analyse ein Personalkonzept für die Durchführung von Tests bei der Migration zu ATM im Backbone-Bereich entwickelt. Daran schließt sich der Entwurf eines groben Zeitschemas für die Testphase an. Eckpfeiler dieses zeitlichen Rahmens sind jeweils

Beginn und Ende der vier Abschnitte der Testphase. Nachdem das Personalkonzept steht und der zeitliche Rahmen vorgegeben ist, kann in einem letzten Schritt die entwickelte Teststrategie dargestellt werden. Dabei sind alle Arbeitsschritte, alle Kriterien des Netzbetreibers, alle geplanten Tests und die Verteilung des Personals auf diese Tests integriert.

7.3.1 Erstellung eines Personalkonzeptes

Unerlässlich für den möglichst reibungslosen und zügigen Fortgang der Migrationsphasen ist der vernünftige und adäquate Einsatz von Personal. Können nur etwa 2 Personen, egal ob Mitarbeiter von R&S oder Personen beteiligter Firmen, full-time für die Testphase abgestellt werden, ergeben sich zwei entscheidende Nachteile für den Erfolg der Migration.

- **Verzögerungen durch die unbefriedigende, weil langsame Bewältigung der vielen Arbeitsschritte**

Die Fülle der geplanten Arbeitsschritte, die im Teil A den Aufbau aller beteiligten Komponenten, deren Verkabelung und Konfiguration umfaßt und im Teil B hauptsächlich vom Anschluß bestimmter Server und User und damit dem schrittweisen Auftrennen der alten Ethernet-Segmente bestimmt ist, kann von ein oder zwei Personen nicht in angemessener Zeit bewältigt werden. Der Fortgang des Projekts wird dadurch stark verzögert, was bei immerhin 5 geplanten Phasen unakzeptabel für den Netzbetreiber ist. Außerdem ist zu befürchten, daß durch die Vielzahl an Arbeitsschritten bei manchen Schritten nicht genügend Sorgfalt aufgewendet wird und sich folglich der eine oder andere Fehler einschleicht, der wiederum erst gefunden werden muß und damit das Projekt neuerlich verzögert. Kleinere, unvorhersehbare Probleme, denen aber trotzdem auf den Grund gegangen werden muß, werden immer wieder auftreten und den Ablauf des Projekts behindern, da einer der Mitarbeiter von seinem normal vorgesehenen Arbeitsablauf abweichen muß.

- **Ungenügende Überprüfung mancher Arbeitsschritte aufgrund nicht durchgeführter Tests**

Ein zweites Problem beim Einsatz von nur zwei Mitarbeitern ergibt sich aus den vielen geplanten Tests. Zwei Personen sind einfach zu wenig, um jeden Test sorgfältig und präzise ausführen zu können. Manche Tests können aus zeitlichen Gründen gar nicht mehr durchgeführt werden, der eine oder andere Test wird zu schnell abgehandelt und führt dazu, daß wichtige Erkenntnisse auf der Strecke bleiben. Als Folge daraus bleiben potentielle Gefahrenherde unerkannt und führen irgendwann im laufenden Betrieb zu großen Problemen. Der Nutzen dieser Tests, der in der Absicherung jedes Teilschrittes und damit jeder Phase liegt, wird somit völlig untergraben.

Darum ist es von größter Wichtigkeit, daß mehrere Personen an der Durchführung der Tests beteiligt sind und nach Absprache die Tests auf diese Mitarbeiter verteilt werden. Der folgende Vorschlag für die Verteilung der Arbeitsschritte und Tests auf eine feste Anzahl von Projektmitarbeitern stellt einen Ansatz dar, wie ein möglichst

optimales Personalkonzept aussehen könnte. Natürlich kann und wird die Anzahl der Projektmitarbeiter bei anderen Netzbetreibern, die ATM im Backbone-Bereich einzusetzen beabsichtigen, möglicherweise etwas differieren, trotzdem versteht sich dieser Konzeptvorschlag als eine Grundlage für den effektiven Einsatz von Projektpersonal.

Allerdings sollte die Anzahl dieser Mitarbeiter nicht kleiner gewählt werden, als sie in diesem Konzept ausgearbeitet wurde. Im Gegenteil, die Mitarbeiterzahl ist als Minimalanforderung anzusehen. Grund dafür ist, daß es damit anderen Netzbetreibern, die mehr Personen zur Verfügung haben, leichter fällt, einige Arbeitsschritte auf die überzähligen Mitarbeiter zu verteilen als einen Mitarbeiter aus diesem erstellten Konzeptvorschlag zu streichen und anschließend die geplanten Aufgaben dieser Person auf die restlichen Mitarbeiter aufzuteilen.

Nach den Erfahrungen, die der Autor während der Testphase gemacht hat, sollten zumindest immer **4 Mitarbeiter full-time** für dieses Projekt abgestellt werden. Daneben sollte für bestimmte Bereiche wie beispielsweise der Installation und Konfiguration des Netzmanagementsystems eine weitere Person zur Verfügung stehen, die eine solche spezielle Aufgabe ungeachtet der Arbeit der übrigen Crew erledigt. Bei R&S führten die teilweise nur von einem Projektmitarbeiter als Full-time Job und von einer zweiten Person in Teilzeitarbeit betriebene Testphase zu den beiden vorhin angesprochenen Nachteilen und beeinträchtigten damit den zeitlichen Ablauf dieser Phase erheblich. Weiterhin stand eine Person der Firma, die die Komponenten lieferte, auf Abruf bereit.

Die Zusammensetzung der Projektcrew sollte schon Wochen vor Beginn der Testphase feststehen. Damit ist es auch möglich, alle Projektmitglieder an der Schulung teilnehmen zu lassen, um bereits vorab einen gewissen Wissensstand zu vermitteln. Ein relativ optimales Konzept beruht aber auf der Mitarbeit der angesprochenen 4 Mitarbeiter.

Mindestens eine dieser Personen muß schon über Erfahrungen im Bereich Migration zu ATM verfügen. Bei dieser Person könnte es sich z.B. um einen Mitarbeiter der Firma handeln, die die Komponenten geliefert hat und den nötigen Support bieten sollte. Der Mitarbeiter dieser Fremdfirma sollte einige Wochen vor Ort sein und hilfreich zur Seite stehen. Die zweite teilnehmende Person sollte jemand sein, der das entsprechende Netz zumindest im LAN-Bereich bestens kennt und vor Beginn des Projekts bereits mit der Planung des neuen Netzes mit ATM-Backbone beauftragt war. Vorteilhaft ist es, dieser Person auch die Leitung des Projekts anzuvertrauen. Bei den beiden anderen Mitarbeitern kann es sich um Personen aus dem Bereich der EDV-Abteilung handeln. Natürlich müssen diese Personen auch über Erfahrungen im Bereich Kommunikationsnetze verfügen wie z.B. der oder die für den LAN-Bereich zuständigen Mitarbeiter, ein Software-Programmierer z.B. hilft hier sehr wenig. Möglich ist auch, einen oder mehrere externe Mitarbeiter für das Projekt einzusetzen. Bei R&S wurden 3 Studenten in das Projekt eingegliedert, wobei in diesem Fall eine Person, nämlich der Autor dieser Diplomarbeit, für die Austestung mitverantwortlich war.

Für diese 4 Projektmitarbeiter werden folgende Kürzel verwendet:

Projektmitarbeiter	Bezeichnung
Mitarbeiter der Fremdfirma	FRM
Leiter des Projektes (eigenes Unternehmen)	LTR
Mitarbeiter des eigenen Unternehmens	INT
externer Mitarbeiter (z.B. Diplomand)	EXT
Mitarbeiter der Fremdfirma für Spezialaufgaben	SPZ

Aufgeteilt werden sollen die Arbeitsschritte und Tests in der Art und Weise, daß die bekannte Unterteilung der Testphase in 4 Abschnitte zugrundeliegt. Für den Abschnitt 1, also den Aufbau des ATM-Backbones, soll so aufgeteilt werden, daß die Komponenten und Kabel durch FRM und SPZ, also durch Mitarbeiter der Fremdfirma, angeliefert und unter der Regie von LTR durch INT und EXT an den vorgesehenen Stellen eingebaut und verkabelt werden. Vor Beginn dieser Aktion sollte eine erste Besprechung stattfinden, an der alle Projektmitarbeiter teilnehmen und die ersten Schritte besprochen werden. Beim Einbau sollte so vorgegangen werden, daß zuerst ein ATM-Switch und sein zugehöriger LAN Access Switch eingebaut und verkabelt werden, damit FRM sofort mit der Konfiguration der beiden ATM-Komponenten beginnen kann. Beispielsweise müssen PVCs konfiguriert und IP-Adressen vergeben werden. Die drei anderen Mitarbeiter fahren währenddessen mit dem Aufbau der restlichen Komponenten fort. Eine dieser drei Personen, z.B. INT, übernimmt von Anfang an die Projektdokumentation, die exakt sein und nach jedem Arbeitsschritt gepflegt werden sollte. Die Vergabe von sinnvollen Namen und die sofortige Kennzeichnung dieser Geräte ist ebenfalls Aufgabe dieser Dreiergruppe. SPZ kann in dieser Zeit auf der vom Netzbetreiber vorgesehenen Workstation das von diesem favorisierte Netzmanagementsystem installieren und für den Betrieb vor-konfigurieren. Die Workstation sollte bei Beginn der Testphase bereits die nötige Hardware-Konfiguration erhalten haben, dieser Schritt fällt nicht in die Test-, sondern in die Vorbereitungsphase. Sie braucht deswegen nur noch an den ATM-Backbone angebunden werden. In [Eichinger95] werden die verschiedenen Anschlußmöglichkeiten diskutiert. Mit diesem Konzept sollte Abschnitt 1, der noch keine Tests vorsieht, zügig zu bewältigen sein.

Abschnitt 2 umfaßt die Austestung des realisierten Testaufbaus. Diese Tests können nicht parallel durchgeführt werden, da jeweils beide SUNs benötigt werden. Wiederum wird eine Besprechung durchgeführt, in der Inhalt und Reihenfolge der Tests festgelegt werden. Jeweils zwei Mitglieder der Projektcrew sollten diese Tests abhalten, etwa EXT und INT. INT dokumentiert wieder genau den Aufbau und die Durchführung jedes einzelnen Tests und überprüft nebenbei, daß sich EXT bei den Tests keine das Ergebnis verfälschende Fehler leistet. FRM kann in dieser Zeit zusammen mit LTR weitere kleinere Schritte durchführen. Z.B. müssen USVs³ in den

³Unterbrechungsfreie Stromversorgungen

Aufbau integriert oder für jeden ATM-Switch ein Kabel für den direkten Zugriff auf den Controller der Workstation über die serielle Schnittstelle angeschlossen werden. Auch diese kleineren Aktionen benötigen durchaus ihre Zeit. Sollten bei den Tests Probleme auftreten, werden FRM und LTR ebenfalls hinzugezogen und gemeinsam versucht, eine Lösung zu finden. SPZ wird in diesem Abschnitt nicht benötigt, sollte aber zumindest jederzeit abrufbar sein, falls es zu Problemen mit dem Netzmanagementsystem kommen sollte. Alle vier Mitarbeiter müssen mit größter Sorgfalt an diese Aufgaben herangehen, da hier bereits der Grundstock für einen möglichst problemlos laufenden ATM-Backbone gelegt wird.

Ist Abschnitt 2 beendet, kann damit begonnen werden, die ausgewählten Server an den ATM-Backbone anzubinden und damit den Testaufbau in den laufenden Betrieb einzugliedern.

Folgende Aufgabenteilung erscheint nützlich:

INT bekommt die Aufgabe, den Testserver zusätzlich mit einem ATM-Interface auszustatten, aber noch nicht zu aktivieren und diesen Testserver in die Nähe eines ATM-Switches aufzustellen. Angebunden soll er aber zuerst über sein bereits konfiguriertes Ethernet-Interface werden. Außerdem soll das Kabel für die Anbindung an den Switch bereitgelegt werden. Davon unabhängig beginnen LTR und EXT mit der Anbindung der ausgewählten Produktivserver an den ATM-Backbone. Dazu müssen möglichst gleichzeitig Server und Segmente, die auf diesen Server zugreifen, umgesteckt werden. LTR sollte diesen Anwendern ihre neue Situation mitteilen und sie anregen, auffällige Beobachtungen umgehend mitzuteilen. EXT schließt sich nach Beendigung seiner Aufgabe den beiden anderen an und dokumentiert den neuen Zu-stand. Dabei sind übersichtliche Skizzen besonders hilfreich. Übersichtlich bedeutet, daß nicht zu viel auf einem Blatt Papier stehen sollte. FRM sollte während der Überführung des ATM-Backbones, die normalerweise nur wenig Zeit in Anspruch nimmt, falls vor Beginn des Projektes schon Überlegungen angestellt wurden, welche Produktivserver für die Tests herangezogen werden sollen, ebenfalls vor Ort sein und verschiedene Kleinigkeiten und Probleme, die immer wieder auftreten, erledigen und beheben. SPZ wird im Normalfall in der Testphase nicht mehr benötigt.

Nachdem der ATM-Backbone in das R&S-Netz integriert worden ist, stehen wieder einige Tests in Abschnitt 4 der Testphase an. Die Protokolle TCP/IP und IPX sollen eingehend auf ihre Performance untersucht werden, außerdem ist die Simulation eines Umzuges zu realisieren. Zwei Mitarbeiter des Projektteams sind wieder für die Durchführung der Tests zuständig. Wie in Abschnitt 2 können EXT und INT diese Versuche nacheinander durchführen. Nach Abwicklung der TCP/IP Tests werden mittels bereitliegender Tools die IPX-Tests auf Ethernet-Basis durchgeführt. Eine genaue Dokumentation aller Tests durch INT sowie eine Projektsitzung vor Beginn von Abschnitt 4 wird vorausgesetzt. Anschließend wird das ATM-Interface des Testservers aktiviert und der IPX-Test mit Zugriff auf einen ATM-Server von INT und EXT gestartet. Abschließend führen diese beiden Projektmitglieder die Simulation eines Umzuges durch. Aufteilen können sich INT und EXT die Arbeit so, daß EXT am PC die Tests durchführt und EXT immer wieder den PC umhängt und dies entsprechend dokumentiert. Wie schon angesprochen wurde, sollte ein ATM-Analysator für die Dauer der Testphase bereitgestellt werden. LTR und FRM können die

Zeit nützen, um sich mit diesem Analysator vertraut zu machen, um nach Beendigung der Tests von EXT und INT noch weitere Tests zu realisieren. Anregungen dazu wurden in 7.2.1 gegeben. Besser wäre natürlich, wenn der ATM-Analysator vom Arbeitgeber von FRM zur Verfügung gestellt und von FRM bereits bedient werden könnte. Ansonsten sollten LTR und FRM immer verfügbar sein, falls umgehängte Anwender auffällige Beobachtungen mitteilen oder Probleme während der Tests von INT und EXT auftreten sollten. Durch den relativ jungen Einsatz von ATM wird mit Sicherheit immer wieder ein Problem zu lösen sein. Dokumentiert man diese Probleme und deren Lösung kontinuierlich mit, werden sich die Probleme mit der Zeit verringern oder auf bereits gelöste Probleme zurückführen und beheben lassen. Ein Gesamtüberblick über die Aufgabenverteilung ist in das Strategiepapier in Kapitel 7.3.3 eingearbeitet.

7.3.2 Entwicklung eines zeitlichen Rahmens

Ein Faktor, der bisher noch nicht angesprochen wurde, aber für ein Strategiepapier ebenfalls wichtig ist, ist die zeitliche Einteilung der Testphase. Dabei werden wieder die 4 Abschnitte herangezogen. Vor Beginn von Abschnitt 1 ist eine erste Projektsitzung, an der alle beteiligten Personen teilnehmen, durchzuführen. In dieser Besprechung soll der Termin festgelegt werden, an dem der Aufbau des ATM-Backbones begonnen werden soll. Ein idealer Zeitpunkt ist etwa 4 Wochen später. Bis dahin können fehlende Komponenten, z.B. Testtools oder Kabel, beschafft werden. Terminieren wir also den Zeitpunkt der ersten Projektsitzung mit x , so sollte der Beginn von Abschnitt 1 ungefähr auf x plus 4 Wochen terminiert werden. Der Zeitpunkt x plus 4 wird für dieses Zeitkonzept als Zeitpunkt y bezeichnet. Dies wird deshalb so gehandhabt, da die eigentliche Testphase erst mit dem Aufbau der Testumgebung beginnt. Der Beginn der weiteren Abschnitte wird entsprechend als y plus einer bestimmten Zeitspanne bezeichnet.

Voraussetzung für die angegebenen Zeiten ist, daß alle geplanten Arbeitsschritte bereits durchdacht wurden und das benötigte Werkzeug zur Verfügung steht. Abschnitt 1 der Testphase sollte in 3 Arbeitstagen zu realisieren sein. Dabei ist sogar noch etwas Zeit für eventuelle Probleme eingerechnet. Der Einbau und die Verkabelung der Komponenten sowie die Installation des Netzmanagementsystems und die Konfiguration der beteiligten Komponenten dürften in diesem Zeitraum zu realisieren sein.

Für die Austestung des ATM-Backbones, die mit 4 Tests erfolgt, sollten mindestens 8 Arbeitstage bereitgestellt werden. Dies wären fast 2 Wochen, in denen ausführliche Tests realisiert werden könnten. Das eine oder andere Problem, das dabei auftreten kann oder wird, müßte ebenfalls noch in diesem Zeitraum zu lösen sein.

Die kürzeste Zeit kann für den Abschnitt 3 eingeplant werden. Es findet nur ein Umhängen einiger Komponenten (Novell-Produktivserver, Ethernet-Segmente und einzelner User) sowie der Anschluß eines Testservers statt. Dafür werden 2 Arbeitstage geplant, wobei wieder Zeit für die Lösung möglicher Probleme eingerechnet ist.

Der zeitlich größte Block ist Abschnitt 4. Erstens sind viele Tests angesetzt in diesem Migrationsabschnitt, zweitens nehmen diese Tests samt ihrer Dokumentation viel Zeit in Anspruch. Zumindest 10 Arbeitstage sind nötig, um eine vernünftige Aus-testung des R&S-Netzes mit integriertem ATM-Backbone durchführen zu können. Da viele Tests auch mehr Probleme an den Tag bringen könnten, sind die 10 angesetzten Tage auf jeden Fall gerechtfertigt. Bei R&S etwa konnte kein Abschnitt in der geplanten Zeit abgeschlossen werden.

Nachdem Abschnitt 4 und damit die gesamte Testphase beendet worden ist, wird im Rahmen eines weiteren Arbeitstages die Abnahme dieser Testphase erfolgen. Alle Ergebnisse werden vom Netzbetreiber analysiert und im Hinblick auf die Anforderungen des Netzbetreibers bewertet. Ist dieser mit den Erkenntnissen, die die Tests ergaben, zufrieden, erfolgt die Abnahme der Testphase und der Eintritt in Phase 2 des Migrationskonzeptes. In der nachfolgenden Tabelle ist der zeitliche Rahmen übersichtlich dargestellt.

Durchzuführende Aktion	Zeitpunkt des Beginns
1. Projektsitzung	x
Abschnitt 1	x + 4 Wochen = y
Abschnitt 2	y + 4 Arbeitstage
Abschnitt 3	y + 12 Arbeitstage
Abschnitt 4	y + 14 Arbeitstage
Abnahme der Testphase	y + 24 Arbeitstage
Gesamtdauer der Testphase ab Beginn von Abschnitt 1	24 Arbeitstage, also etwa 5 Wochen

7.3.3 Teststrategie

Die Einteilung der Testphase in Abschnitte, deren geplante Arbeitsschritte, die bisher erhaltenen Erkenntnisse in Bezug auf den Nutzen der Tests, das Personalkonzept und der zeitliche Fahrplan sollen an dieser Stelle zu einer Teststrategie beim Einsatz von ATM im Backbone-Bereich eines Corporate Networks zusammengefügt werden. Dabei sollte ein übersichtliches Strategiepapier entstehen, daß anderen Netzbetreibern die Möglichkeit bietet, bei der Migration zu ATM im Backbone-Bereich ähnlich verfahren oder zumindest einige wertvolle Anregungen liefern zu können.

Auf der nächsten Seite ist diese Teststrategie abgebildet. Sie ist eingebettet in den in 7.3.2 erstellten Zeitrahmen. Die inhaltliche Aufteilung ist wieder von den 4 Abschnitten der Testphase bestimmt. Hinzu kommt noch die erste Projektsitzung, die etwa 4 Wochen vor dem eigentlichen Beginn der Testphase durchgeführt werden sollte. Jeder Test wird gekennzeichnet (P Projektsitzung, S Arbeitsschritt, T Test und A Abnahme). Unten sind den einzelnen Kürzeln die Mitarbeiter, die die jeweilige Aktion ausführen sollen, zugeordnet. Auf diese Weise ist das in 7.3.1 entworfene

Personalkonzept integriert. Die Abbildung ist im übrigen von links nach rechts zu lesen.

Kapitel 8

Zusammenfassung

In diesem abschließenden Kapitel sollen die wichtigsten Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit noch einmal kurz aufgegriffen werden.

Wie sich im Laufe der ersten Migrationsmonate gezeigt hat, klafft zwischen Theorie und Praxis beim Einsatz der relativ jungen Technologie ATM noch eine große Lücke. Die Standardisierung in mehreren Bereichen (LAN Emulation 1.0/2.0, UNI 3.1/4.0) erfordert noch etwas Zeit. Trotz der Fortschritte, die zu einem Großteil durch die Arbeit des ATM-Forum ermöglicht wurden, können in einigen Bereichen nur proprietäre Lösungen eingesetzt werden, in anderen muß noch ganz auf Features von ATM verzichtet werden. Beispielsweise kann das Konzept der virtuellen Workgroups noch nicht in der Praxis eingesetzt werden. Die noch existierenden Unterschiede zwischen Theorie und Praxis wirken sich natürlich auch auf die Tests und damit auf die Teststrategie aus, die es zu entwickeln galt. Beispielsweise konnte kein ATM-Analysator eingesetzt werden, da dieser nicht in der Lage ist, das proprietäre Signalisierungsprotokoll SPANS zu verarbeiten. Hier muß zwangsläufig auf die Implementierung der vom ATM-Forum im April 1995 verabschiedeten UNI gewartet werden.

Zwei Aspekte, die sich während der Testdurchführungen ergeben haben, sollen hier noch einmal kurz beleuchtet werden. Sie erscheinen dem Autor sehr wichtig, da sie eine Teststrategie entscheidend beeinflussen können.

- **Nicht jeder Test kann den Ablauf im laufenden Betrieb simulieren.**
Anlaß für diese Erkenntnis war der Redundanztest (A4) aus Kapitel 5.2.4. Dieser Test überprüfte die redundante Anbindung eines Stackable Hubs an zwei LAN Access Switches. Das Konzept funktionierte, der File Transfer wurde über die redundante Verbindung weitergeführt. Jedoch ergab sich im laufenden Betrieb genau das Gegenteil. Die Gründe dafür sind an entsprechender Stelle nachzulesen.

Wichtig war die Erkenntnis, daß hier zwischen Test und laufendem Betrieb ein großer Unterschied auftrat. Der Netzbetreiber erhielt durch den Test ein falsches Ergebnis und führte aufgrund diesem seine Migration fort. Dadurch ergaben sich auch die Probleme im laufenden Betrieb. Es läßt sich feststellen, daß ein Netzbetreiber auch durch die bestens vorbereitete Migrationsstrategie nicht vor Problemen sicher sein kann, wenn manche Testergebnisse im laufenden Betrieb widerlegt werden. Aber alleine diese Erkenntnis hilft bei einer

Migration im ATM-Bereich schon weiter, sie muß nur immer vom Netzbetreiber in Betracht gezogen werden.

- **Alle Prozesse und Abläufe während einer Testdurchführung sind mitzuprotokollieren, um für Vergleiche aussagekräftige Ergebnisse zu besitzen.** Für jeden Test gilt: Es müssen alle Details, die sich um diesen Test herum ergeben, dokumentiert werden. Jeder einzelne Prozeß, der gerade auf einem Endgerät läuft, hat Einfluß auf das Testergebnis. Außerdem kann nur so ein Vergleich verschiedener Tests realisiert werden. Ein File Transfer zweier SUNs beispielsweise hängt von der Auslastung des Netzes genauso ab wie von den Prozessen, die auf den Maschinen laufen. Daneben spielt natürlich die Ausstattung der Workstations (Arbeitsspeicher, Festplatten, Karten) auch noch eine Rolle.

Um nun einen aussagekräftigen Vergleich erzielen zu können, müssen die gerade angesprochenen Informationen lückenlos vorliegen. Ist dies der Fall, kann abgewägt werden, ob zwei Tests verglichen werden können oder ob die unterschiedlichen Voraussetzungen keinen vernünftigen Vergleich zulassen. Dieses lückenlose Mitprotokollieren jeder Testumgebung erfordert eine Menge Zeit. Es lohnt sich aber sicher, etwas länger für die Tests zu benötigen, um alle Details zu dokumentieren.

Abschließen möchte der Autor mit der Bemerkung, daß die halbjährige Arbeit bei R&S unheimlich interessant und lehrreich war. Der Aufbau des ATM-Backbones, die Überführung in das laufende Betriebsnetz sowie alle Testdurchführungen beinhalteten immer wieder kleine oder größere Hürden, die teils überwunden wurden, teils aber noch überquert werden müssen. Diese Überquerung, die in den nächsten Wochen und Monaten ansteht, wird sicher mindestens so interessant und aufschlußreich wie das vergangene halbe Jahr.