

4. Kommunikationsaufkommen des Kreditinstitutes

4.1 Art des Verkehrsaufkommens

Das „Corporate Network“ des Institutes realisiert eine Sprach-Daten-Integration. Für die Analyse des Kommunikationsaufkommens war es notwendig, die Kommunikationsformen (Sprache und Daten) getrennt voneinander zu betrachten. Dabei wurden die von den Netzkomponenten zur Verfügung gestellten Meßfunktionen genutzt. Diese standen für die einzelnen Kommunikationsformen in Form von Managementsystemen zur Verfügung.

4.1.1 Bereich der Sprachübertragung

4.1.1.1 Verfahren zur Messung des Sprachkommunikationsaufkommens

Die Messungen des Sprachkommunikationsaufkommens wurden mit Hilfe des Managementsystems der Nebenstellenanlagen HICOM 300 (**D**omain **M**anagement **S**ervice) durchgeführt. Das DMS stellt eine speziell für die PBX der Fa. Siemens AG entwickelte Managementlösung dar. Dabei können folgende Managementfunktionen unterschieden werden:

- **Configuration Management (CM)**: erfüllt Aufgaben zur Administration der PBX,
- **Fault Management (FM)**: dient der Erfassung, Protokollierung und Auswertung von Fehlermeldungen der PBX,
- **Performance Management (PM)**: stellt Funktionen zur Messung und Überwachung der Verkehrsstatistik bereit,
- **Elektronisches TelefonBuch (ETB)**: enthält Funktionen für den Aufbau einer zentralen Vermittlung, wobei zeitabhängige Informationen („Mitarbeiter im Urlaub, Vertretung durch Herrn ...) erfaßt und weitergegeben werden,
- **Gebühren Computing Unit (GCU)**: Einheit zur Erfassung der anfallenden Gebühren und Einheiten beim Übergang in das öffentliche Fernsprechnet,
- **Inventory Management (IM)**: enthält Funktionen zur Bestandsverwaltung der PBX-Baugruppen

Neben diesen Managementfunktionen erlaubt das DMS die Einrichtung eines „Proxy“-Agenten, welcher über SNMP mit Managementsystemen von Datennetzen kommuniziert. Im Institut ist eine Nutzung des Proxy-Agenten durch „NetView“ vorgesehen.

Für die Analyse des Sprachkommunikationsaufkommens wurden das PM und das GCU des DMS im Zentralknoten genutzt. Die Auslastung der Bündel wurde mit dem PM und die Verteilung der Kosten der Verbindungen zum öffentlichen Fernsprechnet mit Hilfe des GCU ermittelt. Die Standorte K1, K5, K10 und E30 werden umfassend administriert und überwacht, so daß sich die Meßwerte auf diesen PBX - Verbund beziehen. Der genannte PBX- Verbund wurde in dem Abschnitt 3.4.2 bereits ausführlich dargestellt und erläutert. Die neben dem Verbund bestehenden PBX - Systeme werden lokal administriert, unterstützen jedoch nur geringe oder keine Funktionen für Verkehrsmessungen. Für Vergleichszwecke konnten Gebühren - Informationen vom Standort K3 über eine terminalbediente GCU - Einheit der dort installierten HICOM - Anlage gewonnen werden. Der Zeitraum der Messungen an den Nebenstellenanlagen erstreckte sich über einen Zeitraum von zwei Monaten, wobei die dargestellten Werte der Bündelauslastung lineare Mittelwerte der Meßwerte der jeweiligen Wochentage darstellen. Der Abstand der Meßpunkte wurde durch die PBX mit 15 Minuten vorgegeben und konnte nicht geändert werden. Der jeweils ausgegebene Meßpunkt stellt den Mittelwert der prozentualen Auslastung des eingerichteten Bündels dar. Die Meßwerte wurden von den HICOM - Anlagen über den täglichen Meßabschnitt von 07.00 - 19.00 Uhr gewonnen. Dieser Zeitraum stellt die Hauptverkehrszeit dar und umfaßt die Arbeitszeiten der Mitarbeiter. Die Übermittlung der Tagesmeßreihen zum DMS-Server verursacht keine Netzlast, da diese über den D-Kanal im ISDN erfolgt. Die in den Diagrammen dargestellte Auslastung bezieht sich auf die Sprachkommunikation zwischen den Standorten (einschließlich Fax). Die zeitlich begrenzte Bereitstellung von Datenübertragungskanälen fixer Bandbreite wurde bei den Messungen berücksichtigt und konnte aus den Meßergebnissen in Form einer „Grundlast“ (z.B.: K10 – E30) entfernt werden. Die Auswertung der aufgenommenen Diagramme stellt die wesentlichen Merkmale und Zusammenhänge des Verkehrsaufkommens dar. In den genannten Diagrammen werden Auslastungen der Bündel dargestellt, welche einen Zeitbezug von 15 Minuten besitzen. Bei der Angabe der Meßergebnisse wurde auf eine Darstellung in Erlang verzichtet, weil dieser Wert einen Zeitbezug von 1 Stunde besitzt. Der Wert stellt damit einen Mittelwert über eine Stunde dar, was für den unmittelbaren Vergleich mit den Messungen der Datenkommunikation (Meßpunktabstand in den Diagrammen = 10 Minuten), bedingt durch die Sprach-Daten-Integration, ungeeignet ist.

4.1.1.2 Verkehrsaufkommen auf den Festverbindungen

Bei den Verkehrslastmessungen auf den Festverbindungen zwischen den Standorten wurde für die einzelnen Verbindungen jeweils ein Diagramm erstellt. Das Diagramm stellt für jeden Wochentag eine Kurve dar, welche aus den Meßwerten der jeweiligen Wochentage über lineare Mittelwertbildung berechnet wurde. Die Diagramme sind im Anhang enthalten. Bei der Auswertung der Diagramme sind die Arbeitszeiten der Mitarbeiter zu berücksichtigen.

Wochentag	Arbeitszeit der Mitarbeiter
Montag	08:15 - 16:30 Uhr
Dienstag	08:15 - 18:30 Uhr
Mittwoch	08:15 - 16:30 Uhr
Donnerstag	08:15 - 18:30 Uhr
Freitag	08:15 - 13:30 Uhr

Bündel der Sprachkanäle zwischen K1 und K5 (Diagramm 1)

Die Prozentangaben im Diagramm beziehen sich auf 25 Sprachkanäle mit je 64 kbit/s. Die maximale Belastung des Bündels im Mittel beläuft sich auf 13 % (4 Sprachkanäle). Die Kurven zeigen eine Abhängigkeit von der Arbeitszeit der Mitarbeiter. So liegen die Spitzenbelastungszeiten in den Bereichen 08:15 – 09:30 Uhr, 10:15 – 10:45, 11:15 – 11:45 und 13:45 - 15:30 Uhr. Von Montag bis Donnerstag erfolgt in der Zeit zwischen 12:00 – 13:15 nur eine geringe Nutzung der Sprachkanäle. Des weiteren kann an allen Tagen ein kontinuierliches Abklingen der Kommunikationsaktivitäten zum Arbeitsende (16:30 und 18:30 Uhr) beobachtet werden. Dabei kommt es zu einem Versatz von 15 oder 30 Minuten, der zum einen auf den Meßpunktastand und zum anderen auf abschließende Arbeiten der Mitarbeiter zurückzuführen ist. Die mittlere Auslastung des Bündels beträgt 6 %, wobei die höchste beobachtete Auslastung kurzzeitig 22 % betrug.

Bündel der Sprachkanäle zwischen K1 und K10 (Diagramm 2)

Die Prozentangaben dieses Diagramms beziehen sich auf 23 Sprachkanäle mit je 64 kbit/s. Das Maximum der Mittelwerte betrug dabei 7 %, was zwei Sprachkanäle beinhaltet. Vormittags weisen die Kurven eine sehr ähnliche Struktur auf. An allen Tagen kommt es in der Zeit von 08:00 – 12:00 Uhr im Mittel zu einer Kommunikation über 1 bis 2 Sprachkanäle. Von 12:00 - 13:00 Uhr wird eine Minimierung des Kommunikationsaufkommens beobachtet. Ab 13:00 Uhr bis zum Arbeitende ist ein konstantes Verkehrsaufkommen auf dem Bündel zu erkennen. Zum Arbeitsende erfolgt ein Abklingen der Kommunikationstätigkeiten, wobei auch hier ein zeitlicher Versatz von 15 Minuten durch abschließende Arbeiten der Mitarbeiter

zu verzeichnen ist. Die mittlere Auslastung des Bündels beträgt 3 %, die höchste beobachtete Auslastung 13 % .

Bündel der Sprachkanäle zwischen K10 und E30 (Diagramm 3)

Die Prozentangaben dieses Diagramms beziehen sich auf einen Sprachkanal mit je 64 kbit/s zwischen den Standorten. Die Hauptverkehrszeiten liegen zwischen 08:30 – 09:45 Uhr, 10:30 – 12:30 und 13:30 bis zum Ende der jeweiligen Arbeitszeit. Die mittlere Bündelauslastung liegt bei 20 %, wobei das Maximum am Montag nachmittag bei 70 % liegt. Die höchste kurzzeitige beobachtete Auslastung lag bei 100 %.

Abschließend kann für das Kommunikationsaufkommen an Sprache auf den Festverbindungen folgendes festgestellt werden. Das Sprachkommunikationsverhalten der Mitarbeiter orientiert sich an den elementaren Tagesabschnitten, wie Arbeitsbeginn, Mittagspause und Arbeitsende. Am Freitag hingegen erfolgt noch bis zu zwei Stunden nach Ende der Öffnungszeit der Geschäftsstelle eine weitere Kommunikation, welche auf Konfigurations- und Baumaßnahmen zurückzuführen ist. Das Kommunikationsaufkommen an Sprache benötigt von der bereitgestellten Bandbreite durchschnittlich 10 %, wobei die maximal beobachteten Werte zwischen 16 und 100 % liegen.

4.1.1.3 Verkehrsaufkommen auf den Wählverbindungen

Für die Messung des Kommunikationsaufkommens hinsichtlich der Wählverbindungen über das öffentliche Fernsprechnet wurden Funktionen des PM und der GCU genutzt. Mit dem PM konnte die prozentuale Auslastung eines Bündels zum „Amt“ überwacht und protokolliert werden. Der Abstand der gemessenen Werte wurde wieder mit 15 Minuten durch die PBX vorgegeben. Die Meßwerte von zwei Monaten wurden entsprechend ihres Meßzeitpunktes über eine Mittelwertbildung zu einem Beispielwert für den jeweiligen Meßzeitpunkt zusammengefaßt, der dann zur Erstellung des Diagramms verwendet wurde. Der Zeitraum der Messungen belief sich auf zwei Monate (parallel zu Messungen auf den Festverbindungen). Folgende Meßreihen wurden aufgenommen.

Bündel der Sprachkanäle von K1 zum Amt (Diagramm 4)

Die Prozentangaben dieses Diagramms beziehen sich auf einen Primärmultiplexanschluß mit 30 x ISDN-B-Kanälen mit je 64 kbit/s. Innerhalb dieses Diagramms kann eine kontinuierliche

Auslastung des Bündel mit 2,5 % (entspricht einem B-Kanal) beobachtet werden. In den Zeiten 08:45 – 12:45 Uhr und 13:45 – 16:30 traten Verkehrsspitzen auf, welche im Mittel 6 % betrug. Aufgrund der Existenz verschiedener Organisationsbereiche des Institutes in diesem Standort können die wochentagsabhängigen Arbeitszeiten nicht mehr unterschieden werden, da einige Mitarbeiter noch lange über die eigentliche Arbeitszeit hinaus tätig sind. Die maximal beobachtete kurzzeitige Auslastung betrug 7 %.

Bündel der Sprachkanäle von K5 zum Amt (Diagramm 5)

Die prozentualen Angaben dieses Diagramms beziehen sich auf ein Bündel mit 8 x 64 kbit/s ISDN B-Kanälen (4 x S₀-Anschlüsse). Bei diesem Diagramm liegen die Verkehrsspitzen im Bereich von 08:00 – 12:00 und 14:15 - 15:45 Uhr, wobei eine maximale Auslastung von 30 % (3 Sprachkanäle) am Donnerstag erreicht wurde. Neben den Spitzenverkehrszeiten können der Arbeitsbeginn, die Mittagszeit (12:15 – 13:15 Uhr, ausschließlich Freitag) und das Arbeitsende der Mitarbeiter deutlich erkannt werden. Die maximal beobachtete Auslastung lag bei 44 %, was 4 x ISDN B-Kanäle entspricht. Der Mittelwert der Auslastung des Bündels lag bei 12 %, womit ein ISDN B-Kanal belegt wird.

Bündel der Sprachkanäle von K10 zum Amt (Diagramm 6)

Die Angabe der prozentualen Werte beziehen sich in diesem Diagramm auf 10 x ISDN B-Kanäle mit je 64 kbit/s. Die Verkehrsspitzen lagen dabei in den Zeiten von 08:30 - 11:45 und 13:15 – 17:30 Uhr im Bereich von 20 bis 30 %, wobei der zweite Zeitabschnitt die stärkere Auslastung des Bündels (mit Ausnahme von Mittwoch und Freitag) beinhaltet. Die Kurven zeigen das für die Tage typische Kommunikationsaufkommen mit den Phasen Arbeitsbeginn (Anstieg des Kommunikationsverlangens), Mittagspause (Mittelwert) und Arbeitsende (Abklingen des Verkehrs), wobei der Mittwoch einen zeitlichen Versatz von 30 Minuten aufweist. Lediglich am Montag kann eine Kommunikation nach eigentlichem Arbeitsende beobachtet werden, was auf über die offizielle Arbeitszeit hinaus arbeitende Mitarbeiter hinweist. Die höchste kurzzeitig gemessene Auslastung lag bei 41 %, wodurch 5 x ISDN B-Kanäle gleichzeitig belegt wurden. Die mittlere Auslastung des Bündels liegt für diesen Meßabschnitt bei 12 % (2 x B-Kanäle).

Bündel der Sprachkanäle von E30 zum Amt (Diagramm 7)

Die dargestellten Werte der Auslastung des Bündels beziehen sich auf 2 x ISDN B-Kanäle mit je 64 kbit/s, welche als S₀-Schnittstelle zum öffentlichen Fernsprechnetzt ausgeführt sind.

Die Hauptverkehrszeiten dieses Bündels befinden sich zwischen 11:15 – 12:45 und 14:00 – 15:45 Uhr, wobei das maximale Verkehrsaufkommen am Dienstag einen Wert von 27 % erreicht. Das Diagramm zeigt die für die Arbeitszeiten der Mitarbeiter typischen Verläufe mit einem Arbeitsbeginn um 08:15 Uhr, einer Grundlast in der Zeit von 12:45 – 14:00 und einem Arbeitende um 16:30 (Mo & Mi), 18:30 Uhr (Di & Do) oder 13:30 Uhr (Fr). Die mittlere Auslastung des Bündels beträgt dabei 5 %. Die maximal beobachtete Auslastung (Einzelwert für 15 min) lag bei 53 %, was einer Dauerbelegung eines B-Kanals und der kurzzeitigen Verwendung des anderen entsprach.

Zu den Diagrammen insgesamt kann folgendes festgestellt werden. Das Verkehrsaufkommen auf den Übergängen zum öffentliche Fernsprechnetzt gestaltet sich entsprechend der Sprachkommunikation auf den Festverbindungen (Arbeitsbeginn, Mittagszeit und Ende der Arbeitszeit). Wie bei der internen Kommunikation kann auch nach Arbeitsende ein geringes Verkehrsaufkommen beobachtet werden, welches auf noch anwesende Mitarbeiter oder Anrufe aus dem öffentlichen Fernsprechnetzt zurückzuführen ist. Die mittlere Auslastung der Bündel beträgt 6 – 12 %, so daß eine hohe zusätzliche Bandbreite zur Verfügung steht. Mit dem Einsatz von Basisanschlüssen zur Bildung von Bündeln, können je nach maximal zu erwartender Auslastung diese reduziert werden, womit Kosten für die Bereitstellung gespart werden.

4.1.1.3.1 Analyse der Kosten zum öffentlichen Fernsprechnetzt

Zusätzlich zu den Informationen des PM über die Auslastung der Bündel konnten mit dem GCU Informationen über die Kostenstruktur der Verbindungen in das öffentliche Fernsprechnetzt gewonnen werden.

Bei den dargestellten Kosten handelt es sich um die Gesamtkosten des betrachteten Netzverbundes, welche durch das DMS zentral erfaßt werden. Eine Aufteilung nach den Standorten kann nicht vorgenommen werden, weil diese Möglichkeit nicht bzw. nur unzureichend gegeben war. Für die Prüfung der Allgemeingültigkeit der Kostenstruktur und der Übertragbarkeit auf weitere Standorte wurden als Referenzwerte auch die Kostenstruktur des Knotens K3 und E12 analysiert. Die Referenzstandorte wurden dabei zusammengefaßt, weil die Kommunikation zum öffentlichen Fernsprechnetzt über eine PBX im Standort E12 geführt wird. Für eine Analyse wurden die anfallende Kosten nach verschiedenen Parametern, wie Tageszeit, Gesprächsdauer und Typ, untersucht.

Die Messungen des GCU wurden parallel zu denen im PM durchgeführt. Alle in den Diagrammen dargestellten prozentualen Angaben beziehen sich beim PBX - Verbund (K1, K5, K10 und E30) auf Gesamtkosten von 6.356,67 DM und beim Standort K3 auf 13.806,39 DM, welche den linearen Mittelwert der aktuellen Werte von Januar und Februar 1997 darstellen. Die Anzahl aller kostenverursachenden Verbindungen beträgt 6801. Dieser Wert stellt den linearen Mittelwert der Gesamtverbindungen von Januar und Februar 1997 des PBX - Verbundes dar.

Die Kostenverteilung in Abhängigkeit von der Tageszeit gestaltet sich folgendermaßen.

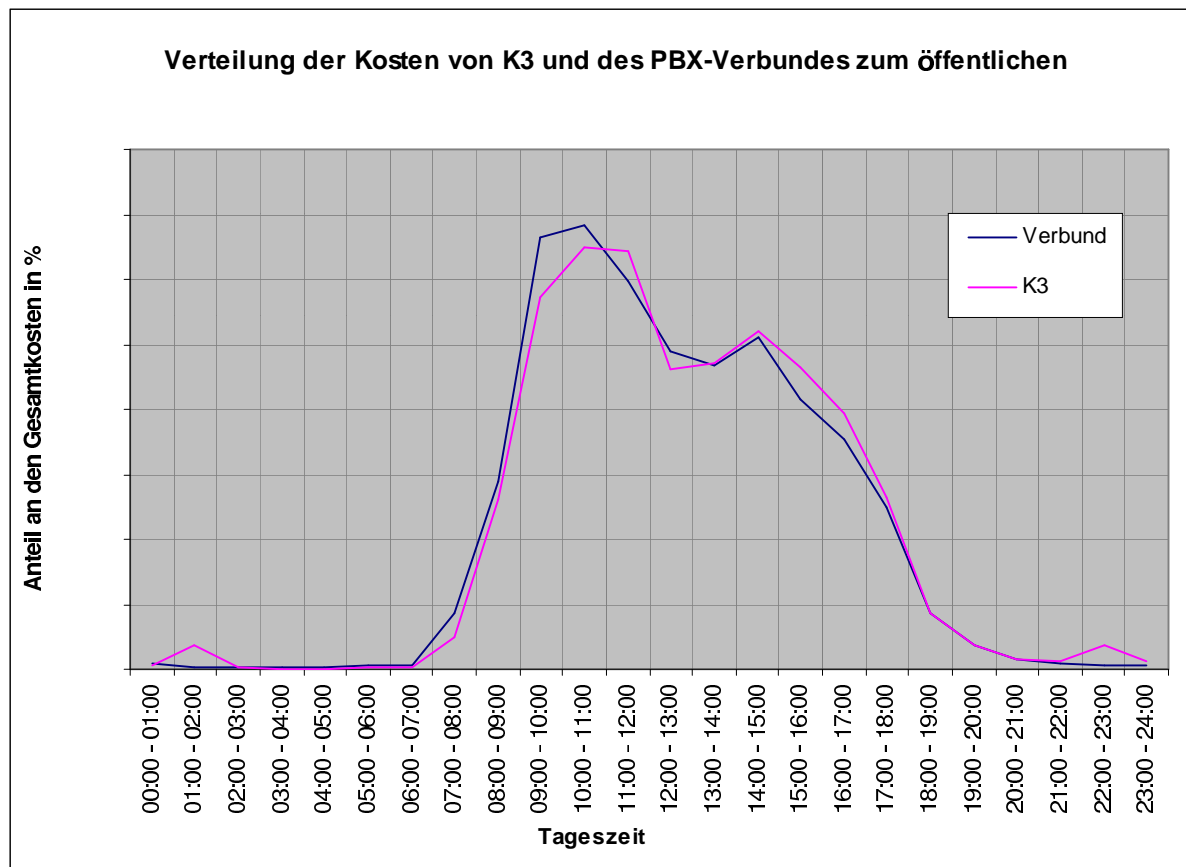
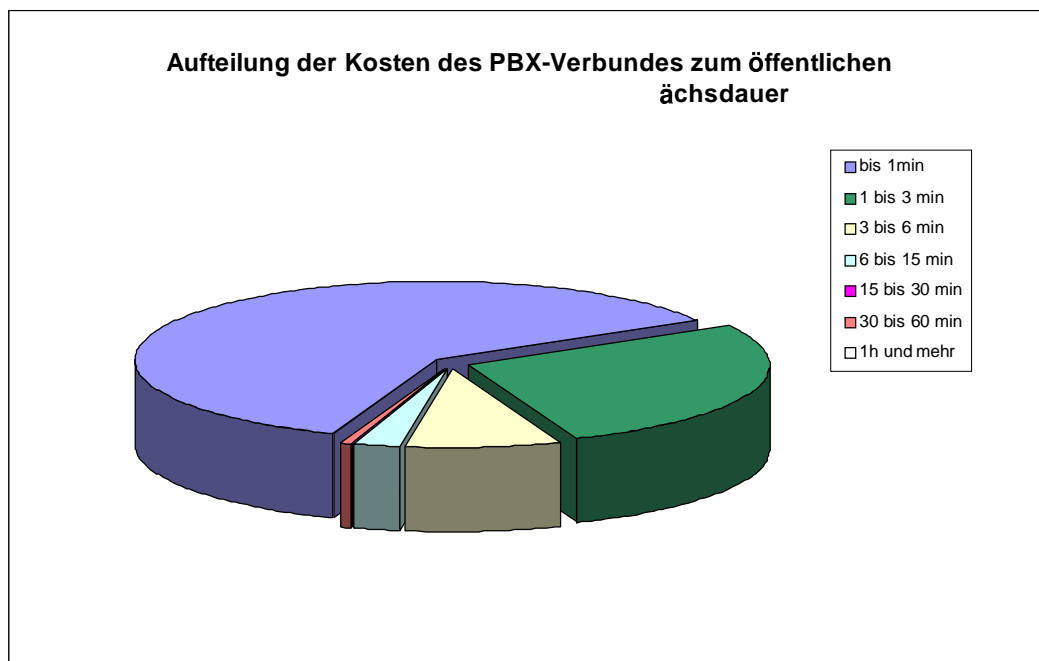


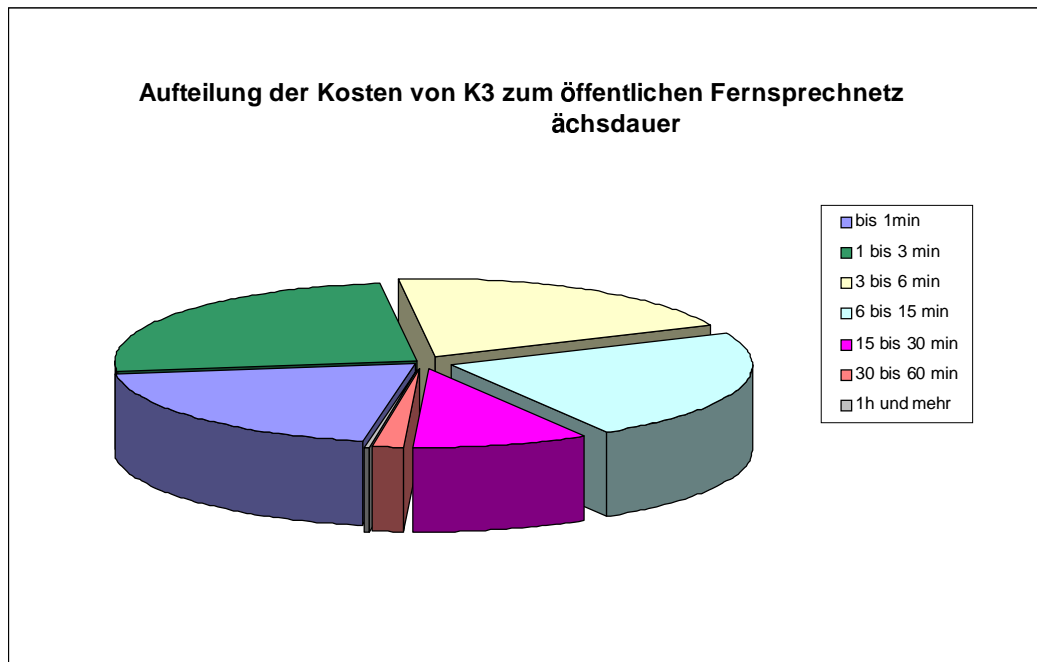
Diagramm 8: Kostenverteilung in Abhängigkeit von der Tageszeit

Da man von einer zeitlich gleichen Verteilung der Gesprächstypen in Bezug auf Länge und Tarifzonen ausgeht, stellen die Kurven das allgemeine Kommunikationsverhalten der Mitarbeiter dar. So kann festgestellt werden, daß beim PBX-Verbund 47 % der Kosten bis

12:00 Uhr und 53 % der Kosten ab 12:00 Uhr anfallen. Beim Standort K3 sind es 45 % der Kosten bis 12:00 Uhr und 55 % der Kosten ab 12:00 Uhr. Die Maxima der Kurven liegen in beiden Fällen bei 10:00 – 11:00 Uhr; folglich fallen in diesem Zeitraum die höchsten Kosten an. Die Kurven weisen nur geringfügige Abweichungen hinsichtlich der Gestaltung der Maxima auf, wobei im Geschäftsstellenverbund ein Kommunikationsverlangen früher entsteht. Das Minimum in der Zeit von 12:00 – 14:00 Uhr war auch in der Auslastung der Bündel zum öffentlichen Fernsprechnetz zu erkennen. Diesem Minimum folgt das Nebenmaximum im Zeitabschnitt von 14:00 – 15:00 Uhr, welches entsprechend der vorangegangenen Diagramme auch zu erwarten war. Die geringe Konvergenz der Kurven ist auf einen kontinuierlichen Abschluß der Arbeiten der Mitarbeiter zurückzuführen. Beim Knoten K3 können noch zusätzliche Kosten in den Bereichen von 22:00 – 23:00 und 01:00 – 02:00 Uhr beobachtet werden, welche auf den Wachtschutz oder Sicherungsmaßnahmen zurückzuführen sind. Die Kosten können auch hinsichtlich der Verbindungsdauer klassifiziert werden. Die Diagramme 9 und 10 veranschaulichen die Zusammenhänge.

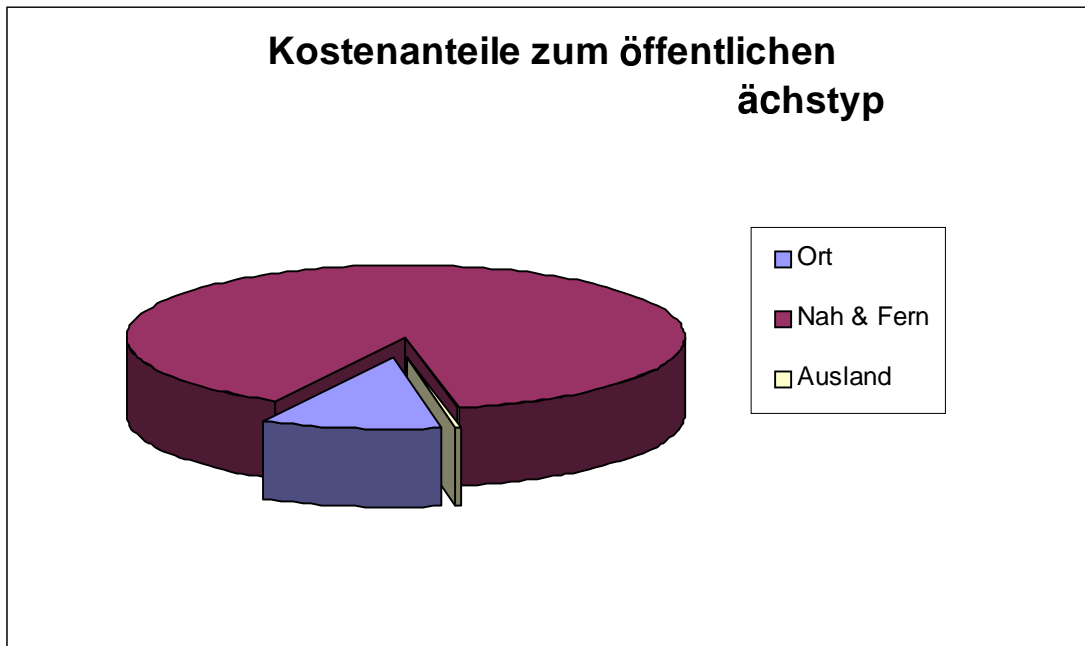


Diagr. 9: Kostenverteilung des PBX-Verbundes in Abhängigkeit von der Gesprächsdauer

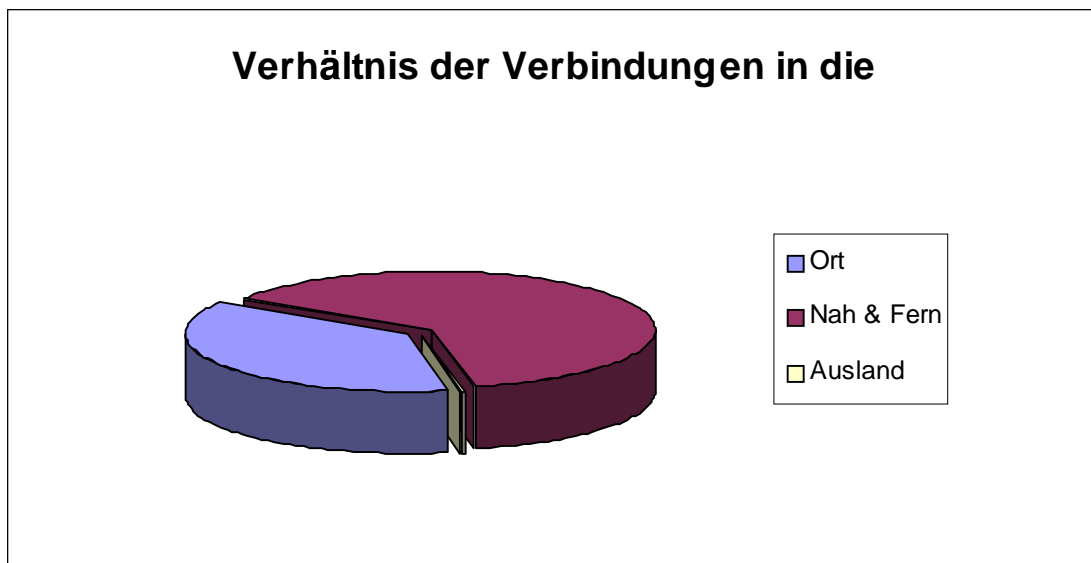


Diagr.10: Kostenverteilung des Knotens K3 in Abhängigkeit von der Gesprächsdauer

Für den PBX-Verbund kann festgestellt werden, daß 88,52 % der von den Mitarbeitern getätigten Anrufe eine Dauer von weniger als 3 Minuten haben. Die übrigen 11,48 % sind Gespräche, die länger als 3 Minuten dauern und lediglich 0,42 % der Kosten entfallen auf Gespräche mit mehr als 30 Minuten Länge. Die Aufteilung der Gespräche der Mitarbeiter in Abhängigkeit von der Gesprächsdauer gestaltet sich dagegen beim Knoten K3 anders, da dieser Standort durch ein anderes Personenprofil gekennzeichnet ist. Bei den von diesem Standort getätigten Anrufen handelt es sich nur zu 45,39 % um Kurzgespräche unter 3 Minuten. Mit einem Anteil von 54,61 % der Gespräche mit einer Dauer von 3 Minuten und mehr werden in diesem Standort oft längere Gespräche geführt, was die höheren monatlichen Kosten erklärt. Darüber hinaus kann beim Knoten K3 von einem hohen überregionalen Kommunikationsaufkommen ausgegangen werden, da in diesem Knoten der Vorstand tätig ist. Zusätzlich zu dieser Analyse können die Kosten auch in Abhängigkeit von den benutzten Tarifzonen betrachtet werden. Die Diagramme 11 und 12 veranschaulichen die benutzten Tarifzonen des PBX - Verbundes. Eine Vergleichsmessung im Knoten K3 war nicht möglich, da in der GCU die Rufnummern für die Tarifzonen nicht hinterlegt waren und so keine Klassifikation stattfinden konnte.



Diagr.11: Kostenanteile nach Gesprächstyp



Diagr.12: Verhältnis der Verbindungen in Abhängigkeit von den Tarifzonen

Die Diagramme sind im Zusammenhang zu betrachten, weil die dargestellten Verbindungen und Kosten im direkten Verhältnis stehen. So wurden durch Ortsgespräche, die 36,63 % aller Verbindungen ausmachen, lediglich 10,64 % der Gesamtkosten verursacht. Die 0,33 % Auslandsgespräche verursachten 0,41 % der Gesamtkosten. Die 63,04 % in die Nah- und

Fernzone verursachten 88,95 % der Gesamtkosten, womit der Kostenschwerpunkt in diesem Bereich liegt.

Die Analyse der Kostenverteilung brachte folgende Ergebnisse. Die tägliche Verteilung der Kosten kann trotz unterschiedlicher Personenprofile als ähnlich angesehen werden, da sie den übergreifenden Charakter der Arbeitsorganisation aller Bereiche darstellt. Hinsichtlich der Gesprächsdauer müssen die Standorte getrennt betrachtet werden. Die Mitarbeiter der Geschäftsstellen führen in der Regel kürzere Telefonate als die Mitarbeiter der Organisationsbereiche des Institutes. Dies resultiert aus den unterschiedlichen zu bewältigenden Aufgaben, die auch mit unterschiedlichen Kommunikationsanforderungen verbunden sind. Bei der Unterscheidung nach den Gesprächstypen und ihrer Kosten kann festgestellt werden, daß der Kostenschwerpunkt mit 89 % auf Gespräche im Nah- und Fernbereich liegt, wobei zum aktuellen Zeitpunkt eine weitergehende Unterscheidung nicht möglich ist. Die Ortsgespräche machen nur 11 % der Gesamtkosten aus, obwohl sie mehr als ein 1/3 aller Gespräche darstellen. Der Anteil der Auslandsgespräche am gesamten Sprachkommunikationsaufkommen ist so gering, daß er kaum Bedeutung hat.

Für eine umfassende Kostenanalyse ist es empfehlenswert, die (wichtigsten) Rufnummern für den Nah- und Fernbereich im DMS zu hinterlegen, um so ein detailliertes Gebührencomputing des PBX - Verbundes zu ermöglichen. Diese Maßnahme muß auch für den Standort K3 durchgesetzt werden, da dieser Standort doppelt soviel Kosten wie der PBX - Verbund verursacht. Ersatzweise kann eine Anbindung an das zentrale DMS - System im Zentralknoten K1 erfolgen, welches den gleichen Effekt hätte. Vorteil einer zentralen Anbindung ist es, daß die Rufnummern nur einmal aufgenommen und hinterlegt werden müssen. Eine spätere Aktualisierung ist möglich und steht sofort allen angeschlossenen Nebenstellenanlagen zur Verfügung.

4.1.2 Bereich der Datenübertragung

4.1.2.1 Meßstrategie im Bereich der Datenkommunikation

Für die Messungen im Bereich der Datenübertragung wurde die Netzwerkmanagement-Software „Optivity“ der Fa. Bay Networks eingesetzt. Das im Abschnitt 3.4.1 beschriebene Optivity für Netview auf AIX, welches letztlich die Netzadministration übernehmen soll, war zum Zeitpunkt der Diplomarbeit noch nicht vollständig installiert. Die benötigte „Internetworking Suite“ für detaillierte Messungen im WAN-Bereich war für die installierte Version des „Optivity“ im Zeitraum der Diplomarbeit noch nicht verfügbar, da noch keine

Freigabe und Auslieferung durch Bay Networks erfolgte. Für die Darstellung und die Messungen im Rahmen der Diplomarbeit wurde deshalb das Netzwerkmanagementsystem Optivity Campus 6.0 / 6.1 auf der Managementplattform HP Openview für Windows (Installation einer zusätzlichen NMS-Station) eingesetzt, welches bis dahin einen umfassenden Funktionsumfang aufwies. Die Funktionen und Tools beider Systeme sind weitestgehend identisch. Die Funktionen des Optivity für Netview wurden bei der Auswertung zu Vergleichszwecken herangezogen. Die genannten NMS kommunizieren mit den Agenten der Netzkomponenten über SNMP, wobei die Nutzung von umfassenden Administrations-, Fehler- und Statistikfunktionen auf der Verwendung von „Private“ MIB's der Agenten beruht. Die Private MIB's sind nicht Bestandteil der Management – Spezifikationen, wie z.B. MIB II oder RMON nach RFC 1513, und können nur von speziellen NMS-Systemen (meist herstellereigene) ausgewertet werden.

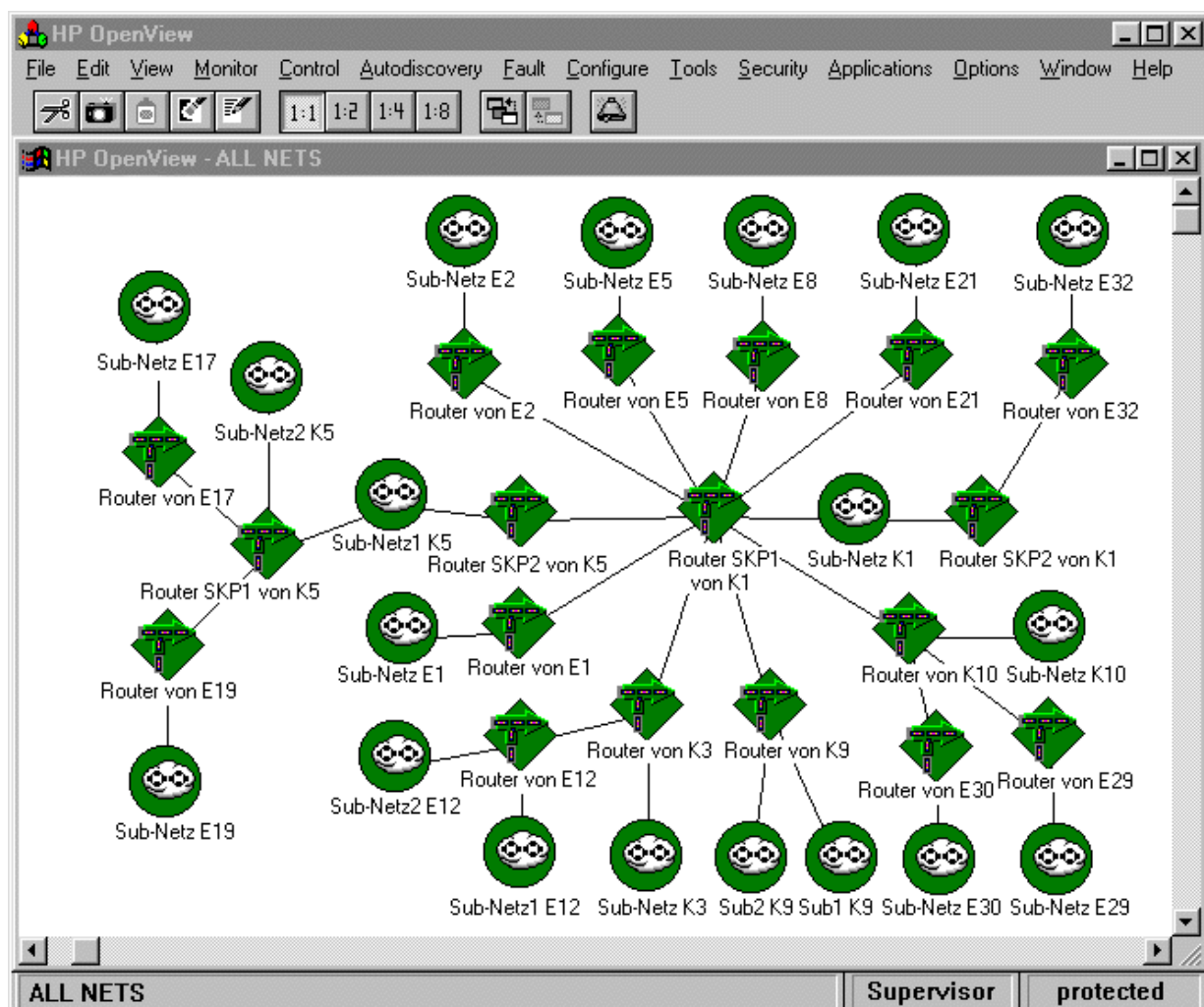


Abb. 4.1: Aktuelle Kopplung der Router und Subnetze

In der Abbildung wird die Konfiguration der Subnetze und Router für den „Normalbetrieb“ dargestellt. Diese Tatsache kann an der grünen Färbung der Symbole erkannt werden. Ein Fehler oder spezielles Ereignis im Netzwerk führt zu einer Verfärbung der betroffenen Symbole. Weiterhin zeigt die Färbung die Administrationsmöglichkeit der Komponenten durch den Supervisor an. Nicht erreichbare bzw. nicht administrierbare Komponenten erhalten eine rote Einfärbung. Die Messungen erfolgten für die WAN - Verbindungen mit dem Tool „RouterMan“, welches die RMON-Funktionalitäten der eingesetzten Router nutzt und dabei eine direkte Abfrage der verschiedenen Interfacetypen vornimmt. Das umfassende Remote Monitoring der Router stellt eine proprietäre Lösung von Bay Networks da, weshalb nur „Optivity“ diese Messungen realisieren kann. Optivity „kennt“ die Strukturen der Private MIB's und kann Sie daher abrufen oder modifizieren. Die Oberfläche der Optivity - Applikation „RouterMan“ gestaltet sich wie folgt.

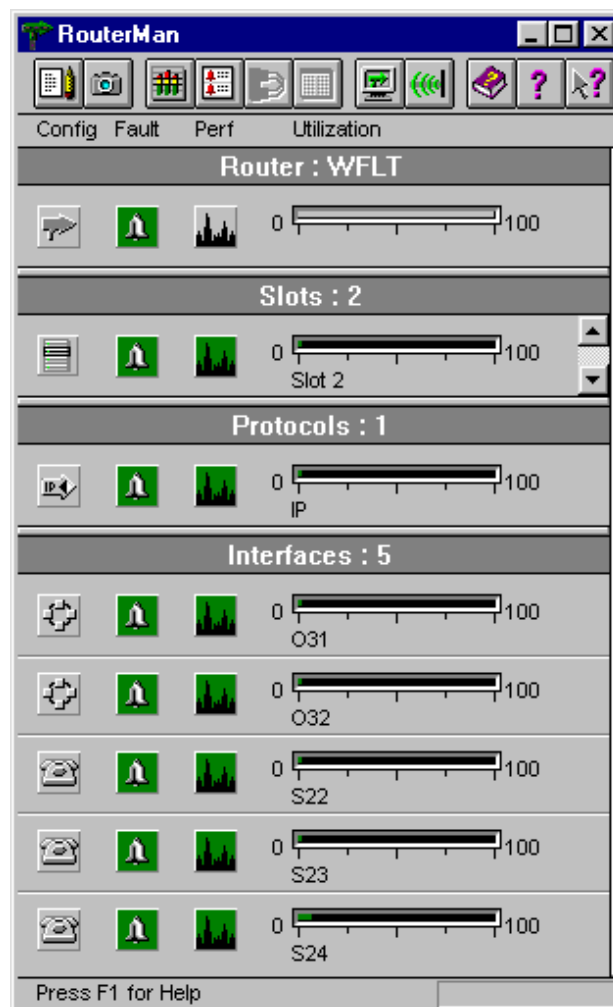


Abb.4.2: RouterMan als Bestandteil des NMS Optivity

Das Tool zeigt die gerouteten Protokolle, die aktuellen Fehler sowie den Typ der vorhandenen Interfaces an. Die WAN-Interfaces werden als Telefonsymbole und Token Ringe als Ringsymbole dargestellt. Über die grünen Schaltflächen können Messungen hinsichtlich der Fehler oder der Auslastung der Interfaces initialisiert werden. Die Anzahl der zusammenhängenden Meßpunkte beschränkt sich dabei auf 600, wobei bei ständig fortlaufender Messung nach 600 Meßpunkten eine Überschreibung der vorherigen Meßreihe beginnt. Die gemessenen Werte der Interface - Last stellen Mittelwerte der empfangenen und gesendeten Datenmengen zwischen zwei Meßpunkten dar. Dabei erfolgt die Angabe in Prozent und bezieht sich auf die durch das RouterMan-Tool erkannte Bandbreite des Interfaces (z.B.: 64 kbit/s). Dieser und weitere Werte, wie z.B. die maximale IP-Datagramm-Länge, können unter den Symbolschaltflächen abgerufen werden. Aufgrund der Bezugnahme auf die Bandbreite des Interfaces kann eine eindeutige Aussage bezüglich der auf die WAN-Verbindung übertragenen Bitrate getroffen werden. Zusätzlich zu den Last-Informationen erfolgt ständig eine Angabe, wieviel Prozent der Pakete fehlerhaft sind und verworfen werden müssen. Eine detaillierte Auswertung dieser Werte erübrigt sich, da die Werte während der Meßperiode immer Null waren. Für die Messung des Verkehrsaufkommens auf den WAN-Verbindungen wurde ein Meßpunktabstand von 2,5 Minuten (dabei Länge der Meßreihe 25 Stunden) gewählt, um die Netzlast nicht zu erhöhen und damit eine Verfälschung der Meßergebnisse zu verhindern. Die Messungen für die WAN-Verbindungen wurde gleichzeitig über einen Zeitraum von 4 Wochen durchgeführt. Außerhalb dieses Zeitraums wurden noch weitere Messungen durchgeführt, die in die Auswertung aber nicht mit einbezogen werden konnten, da sie aufgrund von Umkonfigurationen und Baumaßnahmen verfälscht wurden. Die Messungen der WAN-Verbindungen vom Zentralknoten zu einem direkt angeschlossenen Standort wurden am Routerinterface des Zentralknotens vorgenommen, damit die SNMP-Pakete auf den WAN-Verbindungen nicht mit gemessen werden. Diese Methode wurde auch bei allen weiteren Messungen von den Nebenknoten zu den Geschäftsstellen eingesetzt. Aufgrund der gleichzeitigen Messung an allen Standorten konnte das Problem jedoch nicht vollständig umgangen werden. Bei künftigen Messungen sollte beachtet werden, daß auf beobachteten Netzsegmenten möglichst wenig SNMP-Traffic erzeugt wird. Dies kann durch eine zeitliche Verschiebung von Messungen oder durch einen genügend hohen Zeitraum zwischen den Meßpunkten erreicht werden. Beobachtete SNMP-Pakete wiesen eine Länge von 120 Byte auf, womit sie in Bezug auf eine Sekunde eine Datenübertragungsrate von 960 bit/s für eine kontinuierliche Übertragung benötigen. Bei den Messungen von den Nebenknoten zu den Geschäftsstellen durchliefen innerhalb einer

Meßperiode maximal 4 SNMP-Pakete (2x Anforderung, 2x Übergabe des Meßwertes) die Verbindung vom Zentralknoten zum Nebenknoten, womit der Meßfehler bei einer Verbindung mit 64 kbit/s bei 0,04 % liegt.

$$\left[\frac{P \cdot \text{Paketlänge} [\text{Byte}]}{[\text{s}] \cdot \text{Übertragungsgeschwindigkeit der WAN - Verbindung} [\text{bit/s}]} \right]$$

Im lokalen Bereich wurden für die Messungen der Ringlast und der Verteilung der benutzten Protokolle die RMON-Funktionalitäten der Hubsysteme genutzt. Mit dem Einsatz von DCE's im System 5000 und „intelligenten“ stapelbaren Hubs konnten das sogenannte Super-RMON (proprietäre Lösung von Bay Networks) und RMON 2 für die Messungen in den lokalen Netzen genutzt werden. Zusätzlich zu diesen Funktionen gestatten die Private MIB's die detaillierte Darstellung der Hubsysteme durch „Expanded View“, sowie „Autotopologie“-Funktionen für den automatischen Aufbau der Netzübersichtskarte im „Optivity“. Umfassende, softwaregestützte Konfigurationen können mit Tools wie „Sitemanager“ oder „Speedview“ durchgeführt werden. Der Abruf der RMON-Funktionalitäten kann über „Nodal View“ und „RMON Summary“ erfolgen.

Das Tool „Nodal View“ gestaltet sich folgendermaßen.

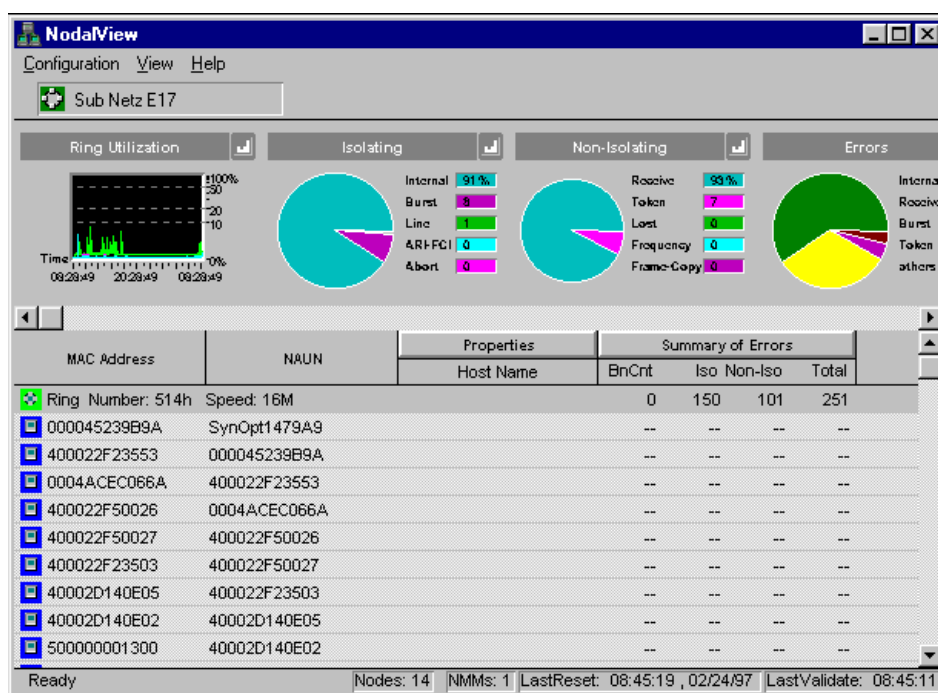


Abb.4.3: Nodal View als Bestandteil des NMS Optivity

Über dieses Tool können umfassende Informationen zum Verhalten des Token Rings gewonnen werden, wie:

- Auslastung des überwachten Ringes (Möglichkeit der Aufnahme einer Meßreihe),
- Fehler und deren Ursachen mit Angabe der verursachenden Station,
- Identifikation der Netzstationen durch Zuordnung von IP- und MAC-Adressen,
- Paketstatistik hinsichtlich Broadcast, Multicast und Unicast,
- Prozentuale Anzeige der Anzahl der durchlaufenen Hops der Pakete,

Neben diesen Funktionen erlaubt „RMON Summary“:

- Fehler auf der MAC-Layer-Ebene, wie z.B.: Verstopfung
- Anteile der im Ring beobachteten Framegrößen (nach definierten Kategorien geteilt),
- „Capture“ von Datenpaketen mit Identifizierung und Analyse der Nutzinformationen

Die Messung der Verteilung der benutzten Protokolle erfolgte durch das Capture Tool in der „RMON Summary“-Applikation. Mit Hilfe dieses Tools konnten für eine maximale Anzahl von 1.500 Paketen alle sich auf dem Token Ring befindlichen Datenpakete kopiert und anschließend dekodiert werden. Die Größe der Datenpakete fand keine Berücksichtigung. Das Tool identifiziert dabei Pakete von der Datensicherungsschicht bis zur Transportschicht, wobei darauf aufsetzende Applikationen, wie der IBM LAN-Manager, auch identifiziert werden. Die Messungen für die Protokollanalyse wurden mit Stichproben über eine Woche durchgeführt, wobei für jedes Netzsegment eine Anzahl von 15.000 Datenpaketen kopiert und dekodiert wurde. Die SNMP/UDP - Pakete zur Abfrage der Hub-Systeme sind darin nicht enthalten. Die prozentualen Anteile der einzelnen Pakettypen wurden aus der gesamten aufgenommenen Datenmenge von 15.000 Datenpaketen und der eingebrachten Datenmengen der jeweiligen Protokolltypen errechnet. Diese Werte berücksichtigen somit die Anzahl und die Länge des jeweiligen Pakettyps. Es konnten folgende mittlere Paketlängen festgestellt werden.

Rahmentyp	Länge
SNA	35 Byte
MAC	36 Byte
LLC	40 Byte
IP	100 Byte
NetBios	80 Byte
SNMP/UDP/IP	120 Byte
IPX	127 Byte
TCP/IP	130 Byte

Der Vergleich zeigt, daß Informationen höherer Schichten (siehe SNMP) große Datenpakete erzeugen, weil die Headerinformation jeder beteiligten Schicht in den Rahmen des MAC - Layers eingepackt (encapsuliert) wird. Die Messungen der Auslastung der lokalen Ringe der verschiedenen Standorte beschränken sich nur auf Meßpunkte über wenige Tage, weshalb keine statistisch gesicherte Aussage erfolgen kann. Das Tool für die Messungen der Ringauslastung liefert wie beim „RouterMan“ den Mittelwert der Ringauslastung zwischen zwei Meßpunkten. Neben diesem Meßwert wurde je ein Wert der isolierten und der nicht isolierten Fehler auf dem Token Ring angegeben. Das Tool zur Messung der Ringauslastung wird auch als „Recorder“ bezeichnet und gestaltet sich wie folgt.

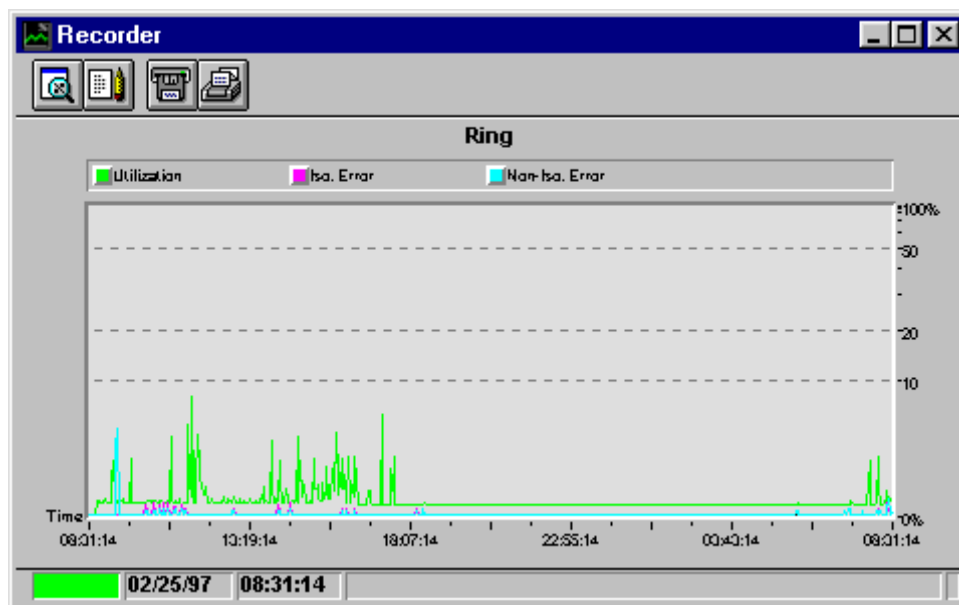


Abb.4.4: Recorder als Bestandteil von Nodal View

Der Recorder erlaubt das Abspeichern der dargestellten Meßwerte. Neben den bereits genannten Tools wie „RouterMan“, „Nodal View“ und „RMON Summary“, existiert der „Report-Manager“. Dieser kann eine Vielzahl von Messungen automatisch initialisieren, wobei auch eine automatische Abspeicherung möglich ist. Auf eine weitergehende Darstellung und Erläuterung des „Report-Managers“ wird in diesem Rahmen verzichtet, da er im vorliegenden Fall nicht zur Anwendung gelangte. Dies beruht in erster Linie auf der Tatsache, daß er lediglich eine umfassende Fehlerüberwachung vornehmen kann, beispielsweise aber nicht in der Lage ist, die Auslastung der Router-Interfaces zu messen.

4.1.2.2 Verkehrsaufkommen im Weitverkehrsbereich

Aufgrund der Struktur der Sprach-Daten-Integration existieren die WAN - Verbindungen parallel zu den ISDN-Sprachkanälen, wobei die Datenverbindungen einmalig aufgebaut werden und ständig aufrechterhalten bleiben. Die auf den Bündeln der Festverbindungen zur Verfügung stehende Bandbreite der WAN – Verbindungen gestaltet sich laut Abbildung 3.22 folgendermaßen.

WAN-Verbindung zwischen den Standorten	Datenübertragungsrate
K1 – K3	384 kbit/s
K1 – K5	128 kbit/s
K1 – K9	128 kbit/s
K1 – K10	192 kbit/s
K1 – E2	256 kbit/s
K1 – E5	64 kbit/s
K5 – E17	128 kbit/s
K5 – E19	64 kbit/s
K1 – E1	128 kbit/s
K1 – E8	64 kbit/s
K1 – E21	64 kbit/s
K1 – E32	64 kbit/s
K10 – E29	64 kbit/s
K10 – E30	64 kbit/s
K3 – E21	2 Mbit/s

Bei den Messungen konnte die Datenübertragungsrate der WAN-Verbindung zwischen den Standorten E12 und K3 aufgrund der hohen Bandbreite nur ungenau bestimmt werden, weshalb auf eine Analyse verzichtet werden mußte. Aufgrund dieser und der Tatsache, daß diese beiden Standorte in Hinblick auf die WAN-Verbindungen nicht absolut zu trennen sind, werden zur Erklärung der Auslastung der WAN-Verbindungen die Standorte K3 und E12 einheitlich betrachtet und zu K3 zusammengefaßt.

WAN-Verbindung zwischen Knoten K1 und K3 (Diagramm 13)

Die Bandbreite dieser Verbindung beträgt 384 kbit/s. Eine Analyse der Meßwerte zeigt für Mittwoch 12:00 Uhr eine maximale Auslastung der bereitgestellten Bandbreite von 17 %. Hierbei handelt es sich um einen linearen Mittelwert, der sich aus Werten für einen Zeitraum von 4 Wochen (Januar bis Februar 1997) berechnet. Aus dem Diagramm läßt sich eine an der Arbeitszeit orientierte Auslastung der WAN-Verbindungen entnehmen. Die Hauptverkehrszeiten liegen zwischen 08:30 – 09:45, 10:30 – 12:00, 13:00 – 15:15 und 16:30 – 19:00 Uhr. Im ersten und letzten Zeitabschnitt können die Maxima der Auslastung beobachtet werden, was auf einen Abgleich von Dateibereichen zurückzuführen ist. Über diese WAN-Verbindung

nutzen die Mitarbeiter des Standorts K3 Server in den Standorten K5, E5 und K10. So kommuniziert die Marketing-Abteilung von K3 mit dem Kundenleitserver im Standort K5 (und K10), wobei Bildmaterial zur Kundenbetreuung (für die Monitore im Kundenbereich) und Software übertragen werden. Der Zugriff auf K10 erfolgt erst seit kurzem und hatte daher noch keinen Einfluß auf die Meßergebnisse, so daß ein solcher Zugriff auch nicht aus dem Diagramm ablesbar ist. Weiterhin erfolgt von K3 aus mit der Software „ABIT Recht“ ein Zugriff auf den Recht-Server in E5. Die „ABIT Recht“ – Software erzeugt mangels optimaler Netzwerkfähigkeit eine hohe Verkehrslast.

Neben den genannten Kommunikationsbeziehungen werden vom Vorstand des weiteren Zugriffe auf die Server von E17 und K1 durchgeführt. Dabei werden Wertpapierinformationen höheren Umfangs abgerufen. Die Mitarbeiter des Bereichs „Datenverarbeitung“ in K1 übertragen oft Software – Updates und Applikationen für Installationszwecke über die WAN – Verbindung zum Standort K3. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, daß am Standort K3 eine Vielzahl von Fachberatern tätig sind, die ihre Beratungsleistungen mit Hilfe von PC's erbringen. Diese Ereignisse erzeugen die im Normalbetrieb anfallende Netzlast. Neben diesen Kommunikationsbeziehungen erfolgen in zyklischen Abständen Übertragungen von Informationen vom Rechenzentrum zu den Servern der Hauptstandorte K1, K3, K5 und K10. Ein solches Ereignis ist aus der Kurve für Mittwoch im Zeitraum von 11:15 – 13:30 Uhr ablesbar. Dabei wurden mit dem sogenannten „Datei Transfer System“ Informationen vom Rechenzentrum zum Vorstand (Controlling Bereich) übertragen. Die Maxima der Kurven für die Tage Montag bis Donnerstag in der Zeit nach 16:00 Uhr können auf den Abruf von Tagesabschlußinformationen durch K3, wie den Abruf von Wertpapierinformationen von K1, und auf weitere Dateiabgleiche zwischen den Standorten zurückgeführt werden. Der zeitliche Versatz des Abklingens der Kommunikationstätigkeiten zu den Mitarbeiterarbeitszeiten ist auf die speziellen Aufgaben der Mitarbeiter von K3 und E21 zurückzuführen. Die mittlere Ausnutzung der WAN - Verbindung beträgt 5%, während auch eine (kurzzeitig auftretende – 2,5 Minuten) maximale Auslastung von 28% beobachtet werden konnte.

WAN - Verbindung zwischen Knoten K1 und K5 (Diagramm 14)

Die Bandbreite der WAN-Verbindung beträgt 128 kbit/s. Die dargestellten Werte stellen lineare Mittelwerte der Auslastung dar, wobei der Mittelwert der maximalen Auslastung 48 % beträgt. Die Kurven der Diagramme zeigen einen der Arbeitszeit angepaßten Verlauf, wobei die Hauptverkehrszeiten zwischen 08:30 – 10:00 und 14:30 – 15:30 Uhr liegen. Im ersten

Hauptverkehrsabschnitt können die höchsten Maxima der Auslastung der Verbindung festgestellt werden. In diesem Zeitraum erfolgt der hauptsächliche Zugriff auf die Datenbestände von K5 durch K1, K3 und das Rechenzentrum. Daneben findet eine Datenübertragung von K1 zu E17 statt. Bei der Montagskurve sind Maxima in der Mittagszeit festzustellen, welche auf eine Softwareinstallation zurückzuführen sind. Die Kurve des Freitags zeigt eine Kommunikation von K1 über K5 zu E17 über die WAN-Verbindung. Dies ist damit zu begründen, daß die Kurven beider Diagramme an diesem Tag einen in der Form ähnlichen Verlauf aufweisen. Der Verlauf ist auf einen Dateitransfer hoher Kapazität (Softwareverteilung und Mailverkehr) zurückzuführen. Die Kurve vom Mittwoch beschreibt eine hohe, lang anhaltende Auslastung der WAN-Verbindung, was auf einen Zugriff vom Rechenzentrum zurückzuführen ist. Dieser Zugriff erfolgt monatlich, wobei zum einen Aktualisierungen des Kundenleitsystems mit Kundendaten und neuen Bildschirmmasken und zum anderen Programm - Updates vorgenommen werden. Die ständig auftretende Grundlast ist auf den SNA - Verkehr und den grundsätzlich vorhandenen Verkehr, der Server-Rechte-Abgleiche, Mailinformationen vom Lotus-Notes-Server in K1 und kurzzeitige Serverzugriffe in K1 und K5 umfaßt, zurückzuführen. Die mittlere Auslastung der WAN-Verbindung beträgt 9 %, wobei eine kurzzeitig auftretende Belastung von 58 % auftrat.

WAN-Verbindung zwischen Knoten K1 und K9 (Diagramm 15)

Die Bandbreite dieser Verbindung beträgt 128 kb it/s. Der Mittelwert der maximal aufgetretenen Auslastung beträgt 12 %. Die Kurven weisen einen kontinuierlichen Verlauf mit geringen Werten und wenigen, gleichmäßig verteilten Maxima auf. Die Maxima wurden durch Softwareverteilungen, welche über die WAN - Verbindung vorgenommen wurden, verursacht. Die geringen Nebenmaxima deuten auf Zugriffe auf die Netzressourcen hin, die sich zufällig häufen. Da sich im Standort K9 das Technische Zentrum mit Lager und Verwaltung befindet und dort nur lokale Anwendungen genutzt werden, war diese geringe Auslastung zu erwarten. Die mittlere Auslastung der WAN-Verbindung betrug 0,5 %.

WAN-Verbindung zwischen Knoten K1 und K10 (Diagramm 16)

Diese Verbindung besitzt eine Bandbreite von 192 kb it/s. Der lineare Mittelwert der maximalen Auslastung beträgt 13 %. Die Kurven zeigen nur eine geringe Auslastung der Verbindung auf, wobei die Hauptverkehrszeit zwischen 08:30 – 10:30 Uhr liegt. Daneben können am Montag und Donnerstag Maxima beobachtet werden. Die Hauptmaxima am Montag und an den weiteren Tagen sind auf Aktualisierungen sowie Wartungen des

Kundenleitsystems im Standort K10 vom Standort K1 aus zurückzuführen. Neben der Maxima kann eine Grundlast von 5 kbit/s beobachtet werden. Diese ist mit Mailverkehr, Abgleich von Server-Rechten, kurzzeitigen Zugriffen auf Netzressourcen des jeweiligen anderen Standorts und mit dem Austausch von Routinginformationen zu begründen. Auf dieser WAN-Verbindung kann eine hohe Auslastung gemessen werden, weil eine Übertragung von Bildinformationen auf den Kundenleitserver erst nach Abschluß der Meßperiode erfolgte und der Standort einen separaten Router zum Rechenzentrum besitzt. Über diesen Router werden die Kundendaten, Bildschirmmasken und Programm-Updates vom Rechenzentrum zum Kundenleitserver übertragen. Auf dieser Verbindung konnte am Mittwoch eine hohe Auslastung festgestellt werden, weil die Übertragungen zum Kundenleitserver über den Router des Rechenzentrums erfolgen. Die mittlere Auslastung der Verbindung beträgt daher lediglich 3 %. Die maximale (kurzzeitig zu beobachtende – 2,5 Minuten) Auslastung der WAN-Verbindung betrug während einer Dateitransferphase 70 %. Dieser Wert resultiert aus einem Kopiervorgang, der das Kopieren des gesamten Kundenleitsystems von K10 zu K1 zum Gegenstand hatte und zu Wartungs- und Sicherungszwecken nach Geschäftsschluß ausgeführt wurde. Das Hauptmaximum der Montagskurve beinhaltet diesen Vorgang.

WAN-Verbindung zwischen Knoten K1 und E2 (Diagramm 17)

Die Verbindung zwischen dem Knoten K1 und E2 weist eine Bandbreite von 256 kbit/s auf. Die maximale lineare Auslastung (Mittelwert) beträgt 3 %. Die dargestellten Kurven charakterisieren den zeitlichen Ablauf der Arbeitszeit der Mitarbeiter, wobei eine Erhöhung der Netzlast ab 08:30 Uhr und ein Abklingen der Kommunikation zum Arbeitsende des jeweiligen Werktages festzustellen ist. So können am Dienstag und Donnerstag nach 17:00 Uhr Erhöhungen der Netzlast beobachtet werden, was mit verstärkt auftretendem SNA-Verkehr durch Kundenverkehr und damit verbundener hoher Terminalnutzung zu erklären ist. Die Maxima der Kurve vom Mittwoch beinhalten verstärkte Zugriffe der Mitarbeiter auf den Host und auf Netzressourcen im Standort K1, wie dem Lotus Notes Server. Die (kurzzeitig beobachtete – 2,5 Minuten) maximale Auslastung der Verbindung betrug 23 %. Dieser Wert spiegelt sich im zweiten Maximum der Kurve vom Mittwoch wieder.

WAN-Verbindung zwischen Knoten K1 und E5 (Diagramm 18)

Die Verbindung zwischen den Standorten besitzt eine Bandbreite von 128 kbit/s. Die Kurven weisen einen von der Arbeitszeit der Mitarbeiter abhängigen Verlauf auf. Die

Hauptverkehrszeit liegt zwischen 08:30 – 11:45 und 14:00 – 18:15 Uhr. Besonders die Kurven der Tage Dienstag und Donnerstag weisen eine sehr hohe Netzlast auf. Die beobachtete maximale Last beträgt 44 % und die mittlere Auslastung 18 %. Der gemessene Verkehr wird hauptsächlich durch den Zugriff von Mitarbeitern der Standorte K1 und K3 auf den Server in E5 mit der Software „ABIT Recht“ erzeugt. Die Hauptlast vom Dienstag und Donnerstag erzeugen die Mitarbeiter vom Standort K1. Dies ergibt sich aus einem direkter Vergleich der Wochenkurven der WAN-Verbindungen K1 - K3 sowie K1 – E5, da lediglich eine geringe Netzlast der Zugriffe von K3 festzustellen ist. Dieser Vergleich der Wochenkurven zeigt deutlich übereinstimmende Maxima am Dienstag um 10:15 Uhr und 11:30 Uhr sowie am Donnerstag um 14:30 Uhr. Neben den genannten Zugriffen gibt es weitere, die eine nicht so hohe Last erzeugen, da der Server eine gleichmäßige Bedienung der Nutzer realisiert und bei hoher Last nur einen geringen Verkehr zu dem Nutzer, der über das WAN zugreift, weiterleitet. Die hohe vom Standort K1 erzeugte Verkehrslast kann mit der vollständigen Übertragung der „ABIT Recht“ - Applikation vom Server zum Mitarbeiter und mit der intensiven Nutzung derselben erklärt werden. Die (kurzzeitig) maximal gemessene Auslastung der Strecke betrug 48 %. Dieser Wert ist in der Meßreihe vom Dienstag enthalten.

WAN-Verbindung zwischen Knoten K5 und E17 (Diagramm 19)

Die Bandbreite der Verbindung beträgt 128 kb it/s. Der Mittelwert der maximalen Auslastungsrate beträgt 20 % und die mittlere Verkehrslast 3 %. Die Hauptverkehrszeit der Verbindung liegt zwischen 08:00 – 10:00 Uhr. Neben diesen Zeiten können weitere Auslastungsspitzen beobachtet werden. Die Maxima werden durch Zugriffe von Mitarbeitern von K3 auf den Server von E17 und durch Mitarbeiter von E17 auf die Server von K1 erzeugt. Bei der Kommunikation von E17 zu K1 werden E-Mails und die aktuellen Informationen der Wertpapierabteilung zwischen den Standorten übertragen. Der Vergleich der Diagramme für die WAN-Verbindungen zwischen K1 – K3, K1 – K5 und K5 – E17 zeigt mehrere Übereinstimmungen hinsichtlich der Lastspitzen. So können beim Vergleich in allen drei Diagrammen Übereinstimmungen in den Zeitpunkten Mittwoch 10:30 Uhr, 13:30 Uhr und Donnerstag 09:30 Uhr festgestellt werden. Des weiteren erfolgen zwischen E17 und K1 Kommunikationsbeziehungen am Montag um 08:45 Uhr und 18:30 Uhr, am Dienstag um 09:10 Uhr und 17:00 Uhr, am Mittwoch um 09:30 Uhr, am Donnerstag um 09:30 Uhr sowie am Freitag zwischen 09:20 – 10:00 Uhr. Bei dieser Kommunikation werden die Wertpapierinformationen, E-Mails sowie Rundschreiben abgerufen oder übertragen. Neben den genannten Lastspitzen können weitere Nebenmaxima erkannt werden, welche auf die

Zugriffe auf die Netzressourcen am Standort K5 zurückgeführt werden können. Die maximal (kurzzeitig beobachtete) Auslastung der Verbindung betrug 35 %, was im Wert des Hauptmaximums vom Freitag enthalten ist.

Verschiedene WAN-Verbindungen Teil 1 (Diagramm 20)

Das Diagramm zeigt die mittlere wöchentliche Auslastung der verschiedenen WAN-Verbindungen, wobei die Auslastung sehr gering ist. Die Verbindung K1 zu E1 besitzt eine Bandbreite von 128 kbit/s. Die mittlere Auslastung liegt bei lediglich 1,5 %. Die Wochenkurve läßt trotz der geringen Auslastung eine Abhängigkeit von der Arbeitszeit der Mitarbeiter erkennen. Die geringe Auslastung in diesem Standort ist darauf zurückzuführen, daß hauptsächlich SNA-Verkehrsbeziehungen zum Host eingegangen werden. Dies führt dazu, daß lediglich ein geringer Bandbreitenbedarf besteht. Die übrigen Verbindungen (K1-E8, K1-E21, K10-E29) besitzen eine geringe Bandbreitenauslastung von nur 3 %. Dabei kann bei den Verbindungen K1 – E8 und K1 – E21 eine „Hauptverkehrszeit“ von 15:30 – 16:45 Uhr erkannt werden. Bei der beobachteten Netzlast handelt es sich laut Protokollverteilung um SNA-Verkehr.

Verschiedene WAN-Verbindungen Teil 2 (Diagramm 21)

Die Bandbreite der gezeigten WAN-Verbindungen beträgt 64 kbit/s. Die mittlere Auslastung der Verbindung K1 – E32 beträgt 2 %. Die restlichen Verbindungen werden zu 1 % ausgenutzt. Der dargestellte Verkehr beinhaltet SNA-Verkehr und Routing-Informationen. Bei der Analyse der Kurven kann nur eine geringe Dynamik festgestellt werden, welche durch einzelne SNA - Informationsübertragungen hervorgerufen wurden. Die Verbindungen werden somit nur gering ausgelastet.

Die Analyse der WAN-Verbindungen zeigt eine unterschiedliche Auslastung, was auf die Unterschiede bei der Mitarbeiterstruktur und den eingesetzten Applikationen der einzelnen Standorte zurückzuführen ist. Dabei kann festgestellt werden, daß die Nutzung der WAN-Verbindungen entsprechend der Arbeitszeit erfolgt. Jeweils am Vormittag und Nachmittag können Verkehrslastspitzen beobachtet werden. Die Zusammenhänge zwischen WAN-Verbindungen und LAN's werden im folgenden Abschnitt erläutert.

4.1.2.3 Verkehrsaufkommen im lokalen Bereich

4.1.2.3.1 Auslastung der Token Ringe

Da der Schwerpunkt der Messungen im WAN-Bereich lag, wurden in den lokalen Ringen nur Messungen über eine kurze Periode durchgeführt. Aus diesem Grunde wurde von einer statistisch gesicherten Auswertung abgesehen und nur die maximalen Werte der Ringauslastung der Standorte laut Abbildung 4.1 angegeben.

Standort	Maximale Ringauslastung in %
K1	4
K3	11,7
K5	2,8
K9	<1
K10	2,2
E1	<1
E2	<1
E5	12,5
E8	<1
E12	11,8
E17	7,8
E19	<1
E21	<1
E32	<1
E29	<1
E30	<1

Die dargestellten Werte orientieren sich hinsichtlich der Lage des Maximums an den WAN-Verbindungen. Der Vergleich zeigt, daß die Standorte mit Fachberatern eine höhere lokale Netzlast besitzen. Die Mitarbeiter der Fachberatungen nutzen im stärkeren Maße als andere Mitarbeiter die zur Verfügung stehenden Netzressourcen. Die maximalen Auslastungen der lokalen Ringe von K1 (Fachberater), K3 (Fachberater), E5 (Rechtsabteilung), E12 (Vorstand) und E17 (Wertpapierabteilung) veranschaulichen diese Tatsache. Bei den Standorten K5 und K10 können ebenfalls hohe lokale Auslastungen festgestellt werden. Dies ist zum einen auf den Einsatz des Kundenleiterservers und zum anderen auf die hohe Mitarbeiteranzahl zurückzuführen. Alle weiteren Geschäftsstellen besitzen nur ein geringes Aufkommen an Daten, was auf eine geringe Nutzung des Netzes oder auf dem ausschließlichen Einsatz von textorientierten Applikationen zur Kommunikation mit dem Host des Rechenzentrums beruht.

4.1.2.3.2 Eingesetzte Protokolle und deren Nutzung

Für die Analyse der Verteilung der eingesetzten Protokolle wurden in den lokalen Ringen Messungen mittels RMON-Packet-Capturing durchgeführt. Die Messungen bezogen sich dabei auf einen Token Ring, der mit einer „Data Collection Engine“ überwacht wurde. Falls eine zweite DCE im Hub eingesetzt war, konnte auch ein zusätzlicher Token Ring überwacht werden. Die Messungen wurden dabei auf den Ringen mit der höchsten aktiven Nutzeranzahl durchgeführt. Aufgrund der Gleichverteilung der Dienste und Nutzer auf die Token Ringe und deren Verbindung über interne Brücken gelten die gemessenen Werte für den gesamten Standort. Das im Anhang befindliche Diagramm 22, kann zur weiteren Analyse herangezogen werden.

Benutzte Protokolle und deren Verteilung in den LAN's (Diagramm 22)

Das Diagramm zeigt die an den Standorten gemessene Protokollverteilung. Im Standort **K1** wird zu 78 % das NetBios Protokoll zur Kommunikation genutzt. Die eingesetzte LAN-Server Software für die Verwaltung der im Netz verfügbaren Server ist für NetBios konfiguriert, so daß alle Server mit Ausnahme des Oracel-Servers über das NetBios-Protokoll zu erreichen sind. Der Oracel-Server wird hingegen über TCP/IP als Netzressource integriert, wobei diese Protokollkombination in diesem Standort einen Anteil von 8 % aufweist. Neben den genannten Protokollen kann etwa 2 % SNA-Verkehr beobachtet werden, welcher durch die Kommunikation mit dem Host verursacht wird. Der sonstige Verkehr beruht auf Systeminformationen zur Steuerung des Token Rings. Die Kommunikation vom Standort K1 erfolgt somit hauptsächlich über NetBios zu den weiteren Standorten.

Im Standort **E1** wird hauptsächlich SNA-Verkehr beobachtet, was auf die zwei dort installierten Clustercontroller zurückzuführen ist. Der geringe IP-Verkehr beruht auf einer Routerkommunikation. Der sonstige Verkehr beinhaltet Steuerinformationen zur Aufrechterhaltung der Funktion des Token Rings, wobei hier auch zu erkennen ist, daß der Token Ring nur eine geringe Auslastung erfährt. Es gilt: Je höher der Anteil der Statusinformationen ist, desto geringer ist die Auslastung. Die vom Standort E1 ausgehenden Kommunikationsbeziehungen bestehen zum Rechenzentrum.

Im Standort **E2** kann ein Anteil von 30 % SNA-, 2 % NetBios-, 2 % IP- und 66 % sonstigem Verkehr beobachtet werden. Der hohe Anteil von SNA-Verkehr ist auf die drei an diesem Standort installierten Clustercontroller zurückzuführen. Der NetBios-Verkehr resultiert aus dem an diesem Standort installierten File-Server, welcher nur eine geringe Nutzung erfährt.

Im Standort **E5** gestaltet sich die Protokollverteilung wie folgt: 85 % NetBios-, 2 % SNA-Verkehr und 13 % Steuerinformationen. Der hohe Anteil an NetBios-Verkehr ist auf den dort installierten Recht-Server und dessen intensive Nutzung zurückzuführen. Der minimale SNA-Verkehr beinhaltet die Kommunikation zum Host des Rechenzentrums. Der auf den WAN-Verbindungen zu erwartende Verkehr wird somit hauptsächlich NetBios-Verkehr sein.

Der Standort **E8** weist eine sehr geringe Auslastung auf, weshalb 87 % der Pakete Steuerinformationen des Token Rings enthalten. Der SNA-Verkehr besitzt einen Anteil von 8 % der übrigen Bandbreite, was auf den Charakter des Standortes (SB-Station) zurückzuführen ist. Der auf der WAN-Verbindung zu erwartende Verkehr wird SNA-Traffic sein.

Im Standort **K3** wird hauptsächlich NetBios mit 27 % und SNA mit 14 % eingesetzt, was auf den dort installierten und mit NetBios genutzten NAVISION-Server zurückzuführen ist. Der SNA-Verkehr wird durch die Existenz eines Clustercontrollers und eine Vielzahl von Terminals begründet, womit eine Kommunikation zum Host durchgeführt wird. Der IP-Verkehr ist auf die mit IP vorkonfigurierten Clients im Standort zurückzuführen. Der IPX-Verkehr wird durch die dafür vorkonfigurierten Netzadapter erzeugt, wobei keine Ressourcen genutzt werden.

Im Standort **E12** gliedert sich die Verteilung in 52 % NetBios und 6 % TCP/IP, wobei der NetBios-Verkehr durch die Kommunikation mit dem NAVISION-Server erzeugt wird. Der TCP/IP-Verkehr entsteht durch den an diesem Standort installierten Oracel-Server. Daneben erfolgt eine Kommunikation mit dem Host zu 1 %. Der IP- und IPX-Verkehr dient nur der Bereitstellung von Diensten und wird im Rahmen des Zugriffs auf die Netzressourcen nicht benötigt.

Im Standort **E17** kann eine geringe mittlere Auslastung des Token Rings festgestellt werden, wobei zu 15 % NetBios- und 5 % SNA-Verkehr beobachtet werden kann. Der NetBios-Verkehr resultiert aus dem Zugriff auf den in E17 installierten BIS-Server. Der SNA-Verkehr entsteht durch eine Kommunikation mit dem Host. Der restliche Verkehr an IP und IPX wird durch vorkonfigurierte Clients verursacht.

Im Standort **E19** kann nur eine geringe Auslastung beobachtet werden, wobei der hohe Anteil an IP-Verkehr auf die Konfiguration des Routers zurückzuführen ist. Der restliche SNA-Verkehr dient zur Kommunikation mit dem Host.

Im Standort **E21** kann auch nur eine geringe Auslastung des Token Rings beobachtet werden, wobei der NetBios-Verkehr zur Verfügung steht, SNA-Verkehr aber zu Kommunikation mit dem Host verwendet wird.

Im Standort **K9** erfolgt eine Nutzung von NetBios zu 16 % und von SNA zu 2 %. Der IPX- und IP-Verkehr erfüllen keine direkten Funktionen hinsichtlich der Nutzung der Netzressourcen.

Im Standort **K10** wird zu 85 % NetBios eingesetzt, wobei auf den Kundenleitserver und die weiteren Netzressourcen zugegriffen wird. Der restliche SNA-Verkehr dient der Kommunikation mit dem Host im Rechenzentrum, wobei der separate Router des Rechenzentrums genutzt wird. Bei einer Kommunikation zum Standort K10 wird hauptsächlich NetBios eingesetzt, wodurch die Auslastungsmaxima entstehen.

Im Standort **E29** wird mittels eines NetBios-Clients auf den installierten Clustercontroller zugegriffen. Dieser realisiert eine Verbindung zum Host (SNA). Diese Technik ist eine IBM-Entwicklung. Der Verkehr auf der WAN-Verbindung wird somit SNA-Verkehr sein.

Im Standort **E30** wurde auch eine Routerkonfiguration durchgeführt, weshalb ein sehr hoher Anteil an IP-Verkehr entsteht. Der beobachtete SNA-Verkehr dient der Kommunikation mit dem Host.

Auch der Standort **E32** beinhaltet dieses Verfahren von IBM, wonach der Client über NetBios auf den Clustercontroller zugreift und dabei eine Kommunikationsbeziehung zum Host anfordert. Der Clustercontroller übernimmt die Umsetzung der Informationen in SNA-Verkehr (LLC2-Information mit entsprechenden SAP) und geht mit dem Host eine Kommunikationsbeziehung ein. Auf der WAN-Verbindung werden damit hauptsächlich SNA-Nutzinformationen anzutreffen sein.

Abschließend wird für den WAN- und LAN-Bereich folgendes festgestellt. Der Hauptanteil der Auslastung der WAN-Verbindungen wird durch die standortübergreifende Nutzung und Wartung der eingesetzten Server erzeugt. Dabei wird auf den WAN-Verbindungen K1 – K3, K1 – K5, K1 – E5 und K5 – E17 ein sehr hohes kontinuierliches Verkehrsaufkommen und ständig wiederkehrende Verkehrslastspitzen beobachtet. Dies kann auf die in diesen Standorten eingesetzten Fachabteilungen zurückgeführt werden. Die Server von K1 und E5 werden dabei intensiv extern genutzt, wohingegen die Server von K3 und K5 oft über die WAN-Verbindung aktualisiert werden. Zusätzlich zu dieser Kommunikation innerhalb des Institutes entstehen breitbandige Kommunikationsbeziehungen zum Rechenzentrum, wobei Kundendaten, Bildschirmmasken und Updates zu den Standorten K3 und K5 übertragen werden. Auf den WAN-Verbindungen K1 – K9, K1 – K10 und K1 – E2 kann eine geringe Kommunikation mit kurzzeitigen Verkehrslastspitzen beobachtet werden. Diese „Peaks“ werden auf selten durchgeführte Softwareverteilungen und Wartungen der Server

zurückgeführt. Die „normale“ Kommunikation benötigt nur eine geringe Bandbreite der WAN-Verbindungen. Zusätzlich muß zum Standort K10 bemerkt werden, daß die WAN-Verbindung dorthin derzeit eine höhere Auslastung aufweist. Diese Tatsache ist auf die vom Standort K3 initialisierte Übertragung von Bildinformationen zurückzuführen. Für die WAN-Verbindungen K1 - E1, K1 - E8, K1 - E21, K10 - E29, K10 - E30, K1 - E32 und K5 - E19 kann eine geringe Auslastung nachgewiesen. Bei den genannten Geschäftsstellen handelt es sich um größere und kleinere Standorte mit einem hohen Anteil an SNA-Verkehr und einer geringen maximalen Auslastung der Token Ringe. Da das Kommunikationsverhalten der größeren Geschäftsstellen, wie z.B.: E1, sehr hoch ist, begründet der hohe Anteil an SNA-Verkehr und die dabei auftretende geringe Auslastung des Token Ringes und der WAN-Verbindung zu K1 die Bandbreiteneffektivität des SNA-Traffic.

4.2 Prognosen für das Kommunikationsaufkommen

Ausgehend von den Messungen des Kommunikationsaufkommens können folgende Prognosen und Vorschläge für die Gestaltung des Sprach- und Datennetzes und dessen Integration unterbreitet werden. Die Standorte K1, K5, K10, K3 (und E12) stellen die zentralen Punkte im betrachteten Netzabschnitt dar. Durch eine übergreifende Kommunikation zwischen den Standorten kann eine kurzzeitige hohe Auslastung der Verbindungen festgestellt werden. Die Netzlast ist auf den Abgleich, die Wartung und die direkte Nutzung der Server zurückzuführen. Ein SNA-Verkehr zum Host kann auch beobachtet werden, wobei dieser Verkehr nur eine geringe Netzlast erzeugt. Da über den SNA-Verkehr der gesamte Finanzdatenverkehr abgewickelt wird, kann bei einer Erweiterung des Netzes um eine Vielzahl von SNA-Terminals oder -emulationen nur eine geringe Änderung der Auslastung der WAN-Verbindungen beobachtet werden. Die Grundlast wird dabei maximal auf das Doppelte des aktuellen Wertes ansteigen, was aus den WAN-Verbindungen zu Standorten mit SNA-Komponenten (z.B.: K1 - E1 im Diagramm 20) ersichtlich ist. Die Terminals bilden somit eine gute Grundlage zur Zusammenfassung von mehreren Datenverbindungen über eine WAN-Verbindung, wobei eine geringe Bandbreitenauslastung zu verzeichnen ist. Nur die Installation weiterer Server und Applikationen auf den vorhandenen Servern wird wesentlich zur Erhöhung der Netzlast im lokalen und im Weitverkehrs-Bereich beitragen. Da der Trend weg von der textorientierten Kommunikation hin zur multimedialen Informationsbereitstellung geht, wird zukünftig eine höhere Auslastung des WAN- und LAN-Bereiches zu beobachten sein. Die im Institut realisierte Bereitstellung

von bildorientierten Informationen zur Kundenbetreuung bestätigt dies. Die zukünftige Auslastung der WAN-Verbindungen orientiert sich damit direkt am Einsatz von Anwendungen mit hohem Bandbreitenbedarf.

4.3 Vorschläge zur Verbesserung der Kommunikationsstruktur

Die folgenden Vorschläge ermöglichen eine Verbesserung der Kommunikationsstruktur und ermöglichen eine Reduzierung der Auslastung der WAN-Verbindungen:

- Minimierung der Nutzung von Applikationen entfernter Standorte über WAN-Verbindungen (siehe K3 und K1-Kommunikation zum Recht-Server von E5),
- Keine zu hohe Zentralisierung von oft genutzten Applikationen und Servern, sondern Verlagerung in die Nebenknoten (teilweise realisiert),
- Beschränkung von breitbandigen Applikationen auf den lokalen Verkehr,
- Einsatz von Applikationen, welche für den Netzeinsatz optimiert wurden,
- Linearisierung der Auslastung der WAN-Verbindung durch Verlagerung von umfassenden Dateitransfers in die Zeiten geringer Netzlast,
- Abstimmung der vorher genannten Maßnahme mit dem Rechenzentrum (siehe Mittwoch),
- Dem Nutzer angepaßte Zuweisung von Ressourcen und Typen von Netzstationen (PC, Terminal),
- Stufenweiser Übergang zu Client-Server-Beziehungen mit ständiger Beobachtung der betreffenden WAN-Verbindungen,
- Nur lokale Nutzung von Bild- und Videodaten mit nächtlichem Abgleich,
- Einsatz von bandbreiteneffektiven Verfahren zur Darstellung von Bild- und Toninformationen
- Erzeugung einer homogenen Protokollandschaft zur Verringerung des Overheads im Netz (z.B.: Unterdrückung von NetBios-Broadcast durch verstärkte TCP/IP-Nutzung),
- Beseitigung nicht genutzter Protokolle aus den Token Ringen durch Umkonfiguration der Clients und Netzadapter (siehe IPX im Abschnitt 4.1.2.3.2),
- Ständige Beobachtung der WAN-Verbindungen zu den Nebenknoten für rechtzeitige Reaktion hinsichtlich Umstrukturierung der Server und Freigabe von Netzressourcen.

Der Token Ring im lokalen Bereich wird derzeit an Standorten mit hoher Servernutzung zu maximal 15 % ausgelastet, wodurch hier eine hohe Reserve an Bandbreite gegeben ist. Zusätzliche textorientierte Applikationen, die für den Einsatz in einem Netzwerk optimiert

wurden, bewirken nur eine geringe Erhöhung der Auslastung im LAN-Bereich. Applikationen, welche Bild- und Toninformationen von den Servern zu den abrufenden Netzstationen übertragen, werden eine wesentliche Erhöhung der grundsätzlichen Last und der Verkehrsspitzen bewirken.

Die Sprachkommunikation im betrachteten Netzabschnitt kann bisher als normal angesehen werden, da die bereitgestellte Bandbreite zu 10 % ausgenutzt wird. Bei der ständigen Erweiterung des Corporate Networks wird der Sprachverkehr sehr stark ansteigen, weil durch das „Least Cost Routing“ eine netzweite Nutzung der Bündel der Festverbindungen sowie der Übergänge zum öffentlichen Fernsprechnet ermöglicht wird. Es ist deshalb wichtig, den Sprachverkehr mit dem PM des DMS ständig zu überprüfen. Parallel dazu sollte eine Überprüfung der GCU-Informationen realisiert werden, wobei die Rufnummern für die Unterscheidung der Tarifzonen (City, Region 50, Region 200 und Fern) im DMS zu hinterlegen sind.

4.4 Empfehlungen für zukünftige Messungen

Das Verkehrsaufkommen im Bereich der Datenkommunikation sollte mit dem Netzwerkmanagementsystem „Optivity“ wie folgt weiter beobachtet werden:

- Zyklische Messungen der Auslastung der einzelnen WAN-Verbindungen zwischen dem Zentral- und Nebenknoten mit dem Tool „RouterMan“ des NMS „Optivity“, wobei die Verbindungen K1 – K3, K1 – K5, K1 – K10, K10 – K11, K1 – K8, K1 – K14, K1 – K15 und K1 – E5 (siehe Abb. 4.1) ständig zu überprüfen sind (Meßpunktabstand 5 Minuten)
- Vergleich der gemessenen Werte mit denen der Diplomarbeit und Analyse hinsichtlich des Wachstums des Kommunikationsverlangens.
- Bei Feststellung von hohen Verkehrslastmaxima im WAN-Bereich Überprüfung der Ursache durch Analyse des Zugriffsverhaltens der Nutzer durch Messungen auf den angrenzenden WAN-Verbindungen, Analyse der Auslastung der einzelnen Ports und Befragungen der Nutzer durch Mitarbeiter der Organisationsabteilung „Datenverarbeitung“.
- Bei Aufstellung eines Servers Messungen im LAN mit dem Tool „Nodal View“ (siehe Abschnitt 4.1.2.3) durchführen, um die Ringauslastung sowie die Fehler im Token Ring festzustellen, zusätzlich Beobachtung der angrenzenden WAN-Verbindungen mit „RouterMan“ (im Abschnitt 4.1.2.2 enthalten).

- Nutzung des Tools „Report Manager“ zur Analyse und zeitlichen Beobachtung der Fehler in den Token Ringen und Konfiguration einer automatischen Sicherung der Meßwerte im zeitlichen Abstand von 48 Stunden
- Einbeziehung der gewonnenen Werte in den Prozeß der Datensicherung des Institutes
- Nutzung des NMS „Mainstreet“ der Multiplexer für Messungen der Auslastung des Frame Relays und Vergleich der gewonnenen Werte mit den Meßwerten der WAN-Verbindungen des NMS „Optivity“

Das Verkehrsaufkommen im Bereich der Sprachkommunikation kann folgendermaßen analysiert werden:

- Initialisierung einer periodischen Meßreihe im Performance Management für alle an das DMS angeschlossenen Nebenstellenanlagen mit Meßintervall 07:00 bis 19:00 Uhr
- zweitägige Auswertung oder Speicherung der Werte für die Verfügbarkeit und Auslastung der Bündel der Festverbindungen und der Übergänge in das öffentliche Fernsprechnet
- bei der Speicherung der Werte ist nur eine Datei zu nutzen, welche mit der Speicherungsoption „Messwert anhängen“ ständig zu erweitern ist
- Sicherung dieser Datei auf alternativen Speichermedien, wie z.B.: Streamer

Für die Analyse der Verbindungen mit Sprach-Daten-Integration werden folgende Empfehlungen gegeben.

- Messungen der Verfügbarkeit und Qualität der Festverbindungen mit dem Statistik-Tool von „Mainstreet“ und Ableitung von Forderungen gegenüber dem benutzten Carrier
- Bei nicht genügenden Informationen zu den Multiplexer-Verbindungen Erweiterung der NMS-Station durch umfangreiches, zusätzlich erhältliches Statistik-Management

Generell wird empfohlen, die Netzwerkmanagementsysteme „Optivity“, „Domain Management Service“ und „Mainstreet“ zur Meß- und Analysezwecken verstärkt einzusetzen, um Probleme in Bezug auf Verfügbarkeit und Auslastung rechtzeitig zu erkennen und über die aktuelle Netzwerksituation informiert zu sein. Die Beobachtung sollte im Normalfall mit den zur Verfügung stehenden Mitteln, wie z.B.: Report Manager oder Scripte, automatisiert werden. Für die Charakterisierung des Wachstums des Kommunikationsaufkommens wird empfohlen, die in der Diplomarbeit durchgeführten Messungen im halbjährlichen Zyklus zu wiederholen und auf die neu hinzukommenen Knoten, z.B.: K15, zu erweitern.