

**Bild 1. »Gerätepark«  
in einem typischen  
Physiklabor**



*Pilotprojekt: Gebäudeverkabelung  
gemäß neuem Normentwurf*

# 600-MHZ- VERKABELUNG AN DER UNIVERSITÄT KONSTANZ

**Die Universität Konstanz besitzt eine fast flächendeckende Verkabelungs-Infrastruktur. Im nachfolgenden Beitrag wird ein Pilotprojekt vorgestellt, in welchem ein Uni-Gebäude komplett gemäß des aktuellen Normentwurfs E DIN 44312-5 verkabelt wurde.**

Laut Statistik verdoppelt sich alle fünf bis sieben Jahre das weltweit verfügbare Wissen und werden ca. 20.000 wissenschaftliche Aufsätze täglich veröffentlicht. Unschwer nachzuvollziehen, daß gerade in der Forschung und Lehre eine derartige »Wissensflut« ohne moderne Informationsverarbeitungssysteme nicht mehr zu bewältigen ist.

Wurde früher die DV-Versorgungsqualität einer Hochschule primär an der Existenz leistungsfähiger zentraler Großrechner gemessen, so sind heute die Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnik, welche dem einzelnen Wissenschaftler am Arbeitsplatz online zur Verfügung stehen, das entscheidende Gütekriterium. Elementarer Kern dieser campusweiten »Online-Versorgung« ist eine flexible und leistungsfähige Kommunikationsinfrastruktur, welche ihrerseits auf einer »universellen« Verkabelungsinfrastruktur basiert.

An der Universität Konstanz wurde Ende der 80-er Jahre mit der Planung einer cam-

pusweiten Kommunikationsinfrastruktur begonnen. Die Zuweisung von Landes- und Bundesmitteln für die erste Ausbaustufe zur Realisierung eines campusweiten Daten-netzes erfolgte allerdings erst '92. Mit dem Abschluß des vierten Bauabschnittes (BA) im Februar '98 besitzt die Universität eine (fast) flächendeckende Verkabelungs-Infrastruktur. Lediglich die Anbindung der Außenstellen (Laborhäuser des Sonnenbühl, Limnologiegebäude, Sportanlagen und die Labors in den Gewächshäusern), deren Verkabelung (mit Ausnahme der Laborhäuser des Sonnenbühls) und die Verkabelung des im Bauprogramm SAMOA enthaltenen Chemiegebäudes auf dem Campusgelände harren noch der Realisierung.

Nachfolgend wird ein Pilotprojekt vorgestellt, in welchem ein Gebäude komplett gemäß des neuen Normentwurfs E DIN 44312-5 [3]



**Bild 2. Fast alle Gebäude der Universität Konstanz stehen auf einem zusammenhängenden Areal, dem Gießberg**



**Bild 3. Proprietäre DV-Anwendungen im Laborbereich der Uni Konstanz sind durch Mehrfachnutzung aller Kabelpaare des eingesetzten 600-MHz-Verkabelungssystems möglich**

verkabelt wurde. Das Vorhaben wurde '97 im Rahmen des vierten BA der Baumaßnahme zur Realisierung einer flächendeckenden Verkabelung an der Universität Konstanz durchgeführt.

### *Nutzer-Profil*

#### **Gebäude der Fakultät für Physik**

Fast alle Universitätsgebäude stehen auf einem zusammenhängenden Areal, dem Gießberg. Alle Gebäudekomplexe sind – bis auf die Außenstellen – von einem zentralen Sternpunkt aus trockenen Fußes zu erreichen. Das achtstöckige P-Gebäude (Bild 7) zählt zu den jüngsten Universitätsbauten. Die Raumaufteilungen je Etage sind fast alle identisch. Nur die beiden untersten Etagen P5 (Laborflügel mit Isotopenlabore, Heliumverflüssigungsanlage und Warenannahme) und P6 (Hörsäle) weichen von diesem Schema ab. Eine typi-

sche Raumaufteilung (Beispiel: Etage zehn) ist untergliedert in rund 20 Arbeitszimmer, Seminarraum (zwei Räume), Rechnerpool und Labortrakt (18 Räume).

Die Fakultät für Physik ist – bis auf eine Arbeitsgruppe im Laborhaus III des Sonnenbühl – auf dem Gießberg im P-Gebäude untergebracht. Die beiden obersten Etagen P11 und P12 beherbergen je eine Forschergruppe der Fakultät für Biologie. Die Forschergruppen der beiden Fächerschwerpunkte Theoretische Physik und Experimentalphysik sind im Gegensatz zu den Biologen über alle sechs Etagen verteilt.

Das P-Gebäude wurde – im Gegensatz zu den anderen Campus-Gebäuden – Anfang der 80-er Jahre mit einer für damalige Verhältnisse fast revolutionären Kommunikationsinfrastruktur dichte (ein Rechneranschluß pro Arbeitsraum) geplant und ausgestat-

tet. Als Übertragungsmedium wurde damals schon auf die »Twisted Pair«-Technologie gesetzt (erste Generation der Typ-1-Kabel mit IVS-Anschlußtechnik). Bedingt durch die »blaue« Großrechnerumgebung war der Start mit einem Token-Ring-Netzwerk nahelegend.

Im Laufe der Jahre wurden jedoch die vorhandenen Token-Ring-Netzwerkkarten mehr und mehr durch preisgünstigere und mit jeder Workstation mitgelieferten 10/100 Mbit/s Ethernet-Netzwerkkarten verdrängt, so daß die Anzahl der (über Baluns realisierten) Ethernet-Segmente kontinuierlich wuchs. Die Verwechslungsmöglichkeit, einen Ethernet-Balun auf einen Token-Ring-Port zu stecken, einerseits, und die Experimentierfreudigkeit der Physiker, den Anschlußengpaß 'mal kurz mit selbstgebastelten LAN-Anschlußprovisorien zu beseitigen, andererseits,

bescherten dem Netzbetreiber (Rechenzentrum) sehr oft ungeplante Arbeit....

### Die Physiker und das INTERNET

Das INTERNET hat sich auch für die Physiker in den letzten Jahren zu einem der wichtigsten Kommunikationsmittel entwickelt. Neben der Nutzung von Email, welche zeit- und kostensparend einen Informationsaustausch mit anderen Forschergruppen ermöglicht, werden in steigendem Maße auch ganze Dokumente als Mail-»Attachments« zur Ansicht oder Überarbeitung ausgetauscht. Die Möglichkeiten, in Form von WWW-Seiten auf eigene Forschungsvorhaben hinzuweisen, werden genauso systematisch genutzt, wie umgekehrt gezielt per WWW nach aktueller Information über das eigene Forschungsgebiet zu suchen. Online-

ten der INTERNET- bzw. LAN-Kommunikationstechnologien beeinflusst. Die Integration in den Hochschulalltag steckt bei den meisten Forschergruppen jedoch erst in den Anfängen. Dazu stellvertretend einige Beispiele:

In der Experimentalphysik wird das Datennetz teilweise jetzt schon zur Überwachung und Auswertung von Experimenten genutzt. Die Meßwertfassung erfolgt in den Labors mit vor Ort aufgestellten Rechnern. Ebenso die Auswertung der Versuchsdaten. Die Übertragung dieser Daten zur Analyse und Aufbereitung in die zum Teil in anderen Stockwerken/Gebäudeteilen angesiedelten Büros der Mitarbeiter wird mit der neuen Infrastruktur in größerem Umfang als bisher möglich sein. Des weiteren sollen zukünftig auch die Experimenten-Überwachung (z.B. Warnmeldungen beim Erreichen bestimmter kritischer Werte) und die Bildübertragung des experimentellen Aufbaus weiter ausgebaut werden, was vor allem bei Langzeitexperimenten von großer Bedeutung ist.

Die Aufzeichnung von Experimenten mittels Videokamera und die Auswertung dieser Bilder per Computer sind zwar heute in einigen Bereichen der Experimentalphysik Standard. Ein leistungsfähiges Datennetz wird es zukünftig darüber hinaus erlauben, solche Versuche in Lehrveranstaltungen zu integrieren und es so einem größeren Auditorium als bisher zu ermöglichen, aufwendige physikalische Laborexperimente online mitzuverfolgen.

In der Theoretischen Physik spielen rechnergestützte Simulationen eine immer größere Rolle. Mit der neuen Verkabelungsinfrastruktur wird es künftig möglich sein, zur Durch-

führung komplizierter Berechnungen und zeitintensiver Simulationen unterschiedliche Rechnersysteme miteinander über das Datennetz als vermaschte Clustersysteme zu koppeln. Bei Simulationsprogrammen mit grafischen Oberflächen können dabei die gesamten Eingaben und Bildschirm-Ausgaben über das Netz auf einem anderen Rechner (z.B. mit einem hochqualitativen Farbbildschirm) ausgegeben werden.

### Nutzer(an)forderungen aus Betreibersicht

Aufgrund der hohen Rechnerdichte und der intensiven DV-Nutzung sollte im gesamten P-Gebäude – analog zu den bereits verkabelten Gebäuden – eine flächendeckende und dienstunabhängige Verkabelungsinfrastruktur realisiert werden. Dabei sollte die neue Infrastruktur für alle jetzigen und – soweit vorhersehbar – auch zukünftigen physik-spezifischen DV-Anwendungen (s.o.) ausgelegt sein. Entsprechend der hohen Rechnerdichte pro Arbeitszimmer, sollten in jedem Raum, in welchem gearbeitet werden kann, zwei Anschlußdosen (maximal vier Rechnerports) vorgesehen werden. Der Zugriff auf eine Vielzahl von DV-Applikationen, insbesondere für Multimedia-Dienste (Sprache, Daten und Bilder), sollte über eine gemeinsame Kommunikationsdose möglich sein, d.h. die Übertragung von Mehrfachdiensten sollte über ein Kabel und einen Steckverbinder erfolgen.

Pro Kabel sollten zwei 600-MHz-Datendienste mit entsprechenden Sicherheitsreserven möglich sein. Um beliebige Arbeitsgruppen innerhalb des gesamten Gebäudes schnell und flexibel bilden zu können, sollte die neue Verkabelungsinfrastruktur eine geeignete Topologie aufwei-

**Bild 4. Kabelstrang im Steigleitungsbereich: 4-paariges 100 Ohm S/STP 600-MHz-Kabel**



Recherchen in lokalen und externen Datenbanken vom Arbeitsplatz wie auch von zu Hause oder während eines Gastaufenthaltes an anderen Universitäten erfreuen sich großer Beliebtheit.

Auch die Gestaltung von Forschung und Lehre wird immer stärker von den Möglichkei-

sen und auf einer einheitlichen Technologie (100 Ohm, Twisted Pair) basieren. Bedingt durch die Umgebungsbedingungen (Physiklaboraufbauten) sollten geschirmte Kupferkabel (S/STP) mit sehr guten Kennwerten zum Einsatz gelangen. Die bereits vorhandene große 10Base-T-Installationsbasis sollte auch im neuen Datennetz betrieben werden können.

*Das 600-MHz-Projekt: Leistungsverzeichnis und Projektausschreibung*

Zum Zeitpunkt der Planungsphase und der Erstellung eines detaillierten Lastenheftes in Form eines Leistungsverzeichnisses nach VOB/A gab es bei kupferbasierenden Verkabelungssystemen lediglich verschiedene Entwürfe und Vorschläge zu einer neuen Klasse E / Kategorie 6; eine Kategorie 7 war noch nicht einmal Dis-

sen Fortschritt wurden im Zuge der bereits laufenden Maßnahme im Einvernehmen aller Projektbeteiligten (Staatliches Hochbau- und Universitätsbauamt Konstanz, Universität Konstanz, Rheinelektra Technik GmbH Aalen, Kerpen special GmbH & Co. KG Stolberg und IBW GmbH Sindelfingen) das Gebäude P als Pilotprojekt mit passiven Komponenten der Kategorie 7 ausgestattet. So wurden ca. 470 kommunikationstechnische Anschlußdosen nach derzeit höchstem technischen Stand realisiert.

*Projektrealisierung: zeitlicher Rahmen, Abwicklung und Ausführung*

Der zeitliche Rahmen war äußerst knapp bemessen. Um das Projekt besonders im Hinblick auf Termin, Kosten und Qualität erfolgreich zu gestalten und abzuschließen, war eine intensive und innovative Zusammenarbeit zwischen Hochbauamt als Vertreter des Bauherren, der Universität als Nutzer und Anwender, Rheinelektra Technik GmbH als installierendem Betrieb, Kerpen special als Systemlieferanten und IBW als Bauleiter selbstverständliche Voraussetzung. Der zeitliche Rahmen stellt sich im einzelnen wie folgt dar:

- Ende Februar 1998: Abnahme.

Bei der Montage der Komponenten des passiven Netzes stellten sich den Monteuren vor Ort allerhand Herausforderungen: So war beispielsweise durch die Nutzung des Gebäudes während der Installationsphase sicherzustellen, daß hochsensible und -präzise Versuchsaufbauten der Physiker nicht beeinträchtigt oder gar beschädigt wurden. Daher konnte die Verkabelung von Laborräumen (siehe Bild 1) oft nur an den Wochenenden vorgenommen werden.

Ebenfalls nicht einfach war die Verlegung größerer Leitungsmengen in den vorhandenen Leitungstrassen bei den gegebenen baulichen Randbedingungen. Bedingt durch die Betonbauweise des Gebäudes, mußte z.B. die Mehrheit aller Kabel in abgehängten Metallzwischendecken verlegt werden. Da zwischen Planung und Bereitstellung von Mitteln zur Realisierung der Verkabelung fast sechs Jahre verstrichen, mußten die im Leistungsverzeichnis festgelegten Planungen zusammen mit allen Beteiligten immer wieder vor Ort aktualisiert werden. Ein eben nicht leichtes Unterfangen, wenn man innerhalb des engen zeitlichen und finanziellen Rahmens den unterschiedlichsten Interessen aller Betroffenen gerecht werden will.

Um weder die Installateure, noch die Nutzer in ihrer Arbeit zu behindern, wurde von Anfang an versucht, die Informationswege zwischen beiden so kurz wie möglich zu gestalten. Nach einigen »Experimenten« im Laufe der fünfjährigen Bauphase hat sich ein dreistufiges Modell bewährt. In einem wöchentlichen technischen »Jour Fixe«

**Bild 5. Anschlußdose/-technik als Bestandteil des Verkabelungssystems**



kussionsgegenstand. Komponentenwahl und daraus resultierendes Mengengerüst wurden in der Ausschreibung auf der gültigen Klasse D / Kategorie 5 realisiert. Die Baumaßnahme wurde dann öffentlich ausgeschrieben, Rheinelektra Technik GmbH Aalen gab das preiswerteste Angebot der fünf Anbieter ab und erhielt den Zuschlag. Durch den rasanten techni-

- Juli 1997: Auftragsvergabe an Rheinelektra Technik GmbH,
- Anfang August 1997: Schulung und Zertifizierung der Mitarbeiter des Installateurs durch Kerpen special,
- Ende August 1997: Montagebeginn,
- Januar 1998: Fertigstellung der Installations- und Montage-Arbeiten mit Abnahmemessungen,

setzen sich die Bauleitung, die Installationsfirma, das Universitätsbauamt und die Nutzervertreter der Universität (Bereich Technik für technische Grundversorgung und das Rechenzentrum für Daten-netzkomponenten) zusammen, um technische Belange abzustimmen. Die Einbin-dung bzw. Information der Nutzer vor Ort geschah durch vom Rechenzentrum organisierte Nutzertreffen und eine eigens dafür ein-gerichtete Email-Verteilerliste, durch welche sogenannte Stockwerksverantwortliche über den aktuellen Ausbaustand, kurzfristige Änderun-gen usw. »online« informiert werden konnten. Die Stock-werksverantwortlichen waren für das Rechenzentrum einer-seits und für alle Etagenbe-wohner andererseits – unab-hängig von Lehrstuhlgrenzen – direkter Ansprechpartner vor Ort und dem Bauleiter der Installationsfirma be-kannt. Dadurch konnten kurz-fristige Detailabsprachen, z.B. Terminabstimmungen zur Laborverkabelung oder die Freiräumung von Installations-bereichen, unbürokratisch und schnell erfolgen.

### Die 600-MHz-Hardware

Dem oben skizzierten Ein-satzszenarium ist zu entneh-men, daß in den nächsten zehn Jahren sicher mit DV-Applikationen gerechnet werden muß, welche hochratige Übertragungstechniken wie ATM 622 Mbit/s, Gigabit Ethernet oder gar CATV benötigen. Daher galt es ein Verkabelungssystem auszusuchen, welches den Anfor-derungen des Normentwurfs E DIN 44312-5 nicht nur gerecht wird, sondern auch die dort für Kabel, Steckver-binder und Übertragungs-strecken bis 600 MHz spezi-fizierten Kennwerte mit Sicherheitsreserven erfüllen

kann. Das Kerpen special Verkabelungssystem ELine 600 gewährleistet alle elek-trischen Anforderungen der genannten Normentwürfe mit genügendem Sicherheitsab-stand und dies bei gleichzei-tiger Universalität, bezogen auf Telefon-, Daten- und Bild-übertragung. Darüber hinaus sind Zukunftssicherheit und Investitionsschutz durch Rück-wärtskompatibilität zu den europäischen Normen EN 50173 (Klasse A, B, C, D bis 100 MHz) und EN 50167/168/169 gewährleistet. Proprietäre DV-Anwen-dungen im Laborbereich sind durch Mehrfachnutzung aller Kabelpaare ebenfalls mög-lich, da das ELine 600 System auf jedem der vier Kabelpaare einen 600-MHz-Datendienst ermöglicht; einschließ-lich der Mischung von Datendiensten mit Fernsehkanälen (siehe auch Bild 3).

### Das Kabel

In der Fakultät für Physik wurde als Kabelbasis ein Megaline 722 auf der Etage und im Steigleitungsbereich, sowie ein Megaline 726 flex im Anschluß- und Verteilbereich eingesetzt. Das Produkt Megaline 722 aus dem Kerpen special-Programm ist ein 4-paariges 100 Ohm S/STP 600-MHz-Kabel mit niedriger Dämpfung, hohem NEXT bzw. ACR sowie einem nahezu konstanten Wellenwiderstand auf allen vier Paaren. Eine Doppelabschirmung (PiMF und Kupfergeflecht) und halogenfrei flammwidrige Kunst-stoffmaterialien ergeben elek-tromagnetische und umwelt-bezogene Verträglichkeit. Das Produkt Megaline 726 flex aus dem Kerpen special-Programm ist ein flexibles, 2-paariges 100 Ohm S/STP 600-MHz-Kabel, welches auf das Megaline 722 Kabel als Anschlußkabel im Anwender- und Verteilerbereich abge-stimmt ist (siehe auch Bild 4).

### Die Anschlußtechnik

Entscheidend für die Anwen-dung der ELine 600-Anschlußtechnologie waren die Modularität, Universalität und Rückwärtskompatibilität des Systems vor dem Hinter-grund der Konfiguration von Mehrfachdiensten auf einer Verkabelungsstrecke. Herz-stück der ELine-Anschlußtech-nik ist ein modularer, paar- und gesamtgeschirmter Steck-verbinder mit EC7-Steckinter-face. Durch Materialien und Aufbau wird ein exakter Wel-lenwiderstand von 100 Ohm garantiert. Dank der vier ein-zelgeschirmten Kammern er-laubt der Steckverbinder eine »logische Verlängerung« der

**Bild 6. Netzwerk-Analysator mit Steuersoftware**



einzelgeschirmten Megaline 7er-Kabel und bildet daher eine gute Transportbasis für eine 600-MHz-Anwendung über die gesamte Übertra-gungsstrecke (Link).

Mit einem Montageclip läßt sich der Steckverbinder so-wohl in das 19-Zoll-Verteiler-feld als auch in die entspre-chende Anschlußdose einra-sten. Standardmäßig konfek-

**Bild 7. P-Gebäude der Fakultät für Physik**



fionierte ein- und zweipaarige Anschlußkabel runden das ELine 600-Systemprogramm ab. Im Rahmen der P-Gebäudeverkabelung kamen vorkonfektionierte 2-paarige Patchkabel mit je einem EC7-Steckinterface und einem RJ 45-Interface für Ethernet-

liche Datenanschlußdosen in den Arbeitsräumen werden vom EVT sternförmig mit Kupferkabel angefahren (Tertiärbereich). Benachbarte Etagen mit wenigen Datenanschlußdosen pro Etage werden von einem EVT gemeinsam versorgt. Ansonsten ist für jede Etage ein EVT vorgesehen. Diese prinzipielle Verkabelungsstruktur ist in allen Gebäuden – so auch im P-Gebäude – beibehalten worden.

### *Abnahmemessungen*

Nach der Verkabelung einer Etage mit ca. 60 Tertiärkabeln wurden Testmessungen im 600-MHz-Bereich durchgeführt. Damit sollten zwei Ziele erreicht werden: Zum einen sollte geprüft werden, inwieweit die im Labor gemessenen Übertragungswerte (Dämpfung, NEXT und ACR) des ELine 600 Verkabelungssystems (Kabel und Stecker) auch in der »rauen Installationsumgebung« eingehalten werden. Zum anderen waren die Installateure – und natürlich auch alle Beteiligten – an einer frühen »Rückkopplung« hinsichtlich der bisherigen Installationsarbeiten interessiert. Und dies um so mehr, da für alle »Neuland« betreten wurde und speziell die Installateure bisher noch keine Konfektions- und »Verlege«-Erfahrungen mit dem neuen Verkabelungssystem in der Praxis sammeln konnten. Nachdem die Messungen ohne Beanstandungen ausfielen, bestand kein Anlaß, die bisherige Installationspraxis zu ändern.

### *Bewertungsgrundlage gemäß den aktuellen Normen*

Als Grundlage für die Beurteilung der installierten Kupferverkabelungsstrecken im Sekundär- und Tertiärbereich wurde die Entwurfsnorm DIN 44312-5 als Erweiterung zur

europäischen Norm EN 50173 Klasse D herangezogen. Inzwischen wurde die im Normentwurf DIN 44312-5 definierte Klasse E in die europäische Norm ISO/IEC IS 11801 als Klasse F/Kategorie 7 für einen Frequenzbereich von 600 MHz aufgenommen. Gleichzeitig wurde in dieser neuen europäischen Norm die Definition der Verkabelungsstrecke (Link) im Tertiärbereich geändert. Neben der permanenten (fest verlegten) Übertragungsstrecke von 90 m zwischen Patchpanel im EVT und der Anschlußdose im Arbeitszimmer enthält der Link nur noch die beiden flexiblen Anschlußkabel (Geräteanschluß- und Patchkabel) von max. 10 m. Der bisherige Crossconnect entfällt. Damit ist der neue Link identisch mit der Meßstreckendefinition vor Ort (siehe auch Bild 9).

### *600-MHz-Meßtechnik*

Zum Nachweis der hohen Übertragungsbandbreite der ELine 600-Anschlußtechnologie im Zusammenhang mit der notwendigen exakten Installationsausführung mußten im Bereich der Abnahmemessungen ebenfalls erhöhte Anforderungen gestellt werden. Da es zur Installationszeit keine Handtestgeräte gab (und es vermutlich auf absehbare Zeit auch keine geben wird), welche die geforderte Bandbreite von 600 MHz bei einer gleichzeitig benötigten konstanten Meßdynamik von nahezu 100 dB bewältigen, wurde die auf dem Gebiet der hochwertigen Abnahmemessungen erfahrene Gesellschaft für Hochfrequenz-Meßtechnik mbH GHMT aus Bexbach/Saar beauftragt, mit geeignetem Meßequipment die hohe Übertragungsqualität der ca. 500 Tertiär- und Sekundärverkabelungsstrecken zu ermitteln (Bild 6).

Dienste (10/100 Mbit/s) zum Einsatz. Alternativ dazu wird auch ein aufsteckbares, dienstneutrales EC7-RJ-45-Interface angeboten (siehe auch Bild 5).

### *Die 600-MHz-Datenautobahn*

Die Planungen [1] [2] für das gesamte Campusgelände sahen eine 3-stufige strukturierte »Standard-Verkabelung« vor. Im Primärbereich werden die einzelnen Gebäude per Lichtwellenleiter (LWL) mit dem zentralen Sternpunkt (DFÜ-Raum im V-Gebäude) verbunden. Pro Gebäude ist – in der Regel in der untersten Etage – ein Einstiegspunkt realisiert. Dort steht der Gebäudehauptverteiler (HVT). Mit diesem werden die einzelnen Etagenverteiler (EVT) sternförmig mit LWL- und Kupferkabel verbunden (Sekundärbereich). Eine zusätzliche Verbindung benachbarter Etagen (EVT) mit LWL- und Kupferkabel ermöglicht redundante Schaltungen über getrennte Kabelwege innerhalb eines Gebäudes. Sämt-



**Bild 8. Strang der Sekundärverkabelung im P-Gebäude**

Um eine qualitative Aussage über jede einzelne Datenstrecke zu erhalten, wurden die Messungen in zwei Schritten durchgeführt. In einer ersten Grundmessung (NF-

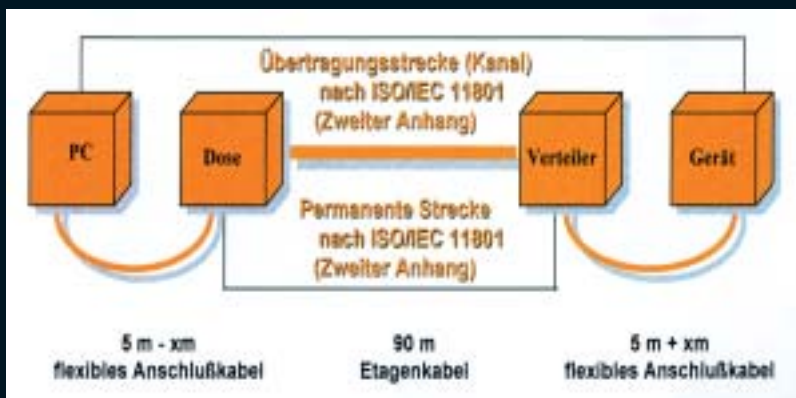
- Nahnebensprechdämpfung NEXT aller Paarkombinationen.

Durch diese Vorgehensweise wird sichergestellt, daß eventuelle PIN-Vertauschungen, welche vom Netzwerk-analysator aufgrund der Vierpoldämpfungs-messung über der Schleife nicht immer festgestellt werden, zuverlässig erkannt werden. Trotz des erhöhten Aufwandes durch den Einsatz von Labor-meßgeräten konnten die 600-MHz-Messungen für das gesamte Gebäude innerhalb von drei Tagen durchgeführt werden.

von der Verteilerseite aus. Stichprobenartige Messungen von der Anschlußdose zum Verteiler bestätigten dieses. Mit Hilfe einer speziellen Darstellungs-Software kann die Meßkurve zu späteren Vergleichen im Abstand von einem Megahertz offline eingesehen werden.

*Ausblick*

Die Abnahme der gesamten Verkabelungsmaßnahmen erfolgt zum Ende des Monats (Februar). Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung (Anfang Februar '98) laufen die Vorbereitungen zur Inbetriebnahme des Datennetzes in der Physik auf Hochtouren. Die letzten Konfigurationstests der aktiven Komponenten werden dazu momentan durchgeführt. Die Inbetriebnahme soll ebenfalls Ende Februar erfolgen. Mit Abschluß des vierten BA besitzt die »kleine« Universität Konstanz eine hochqualitative und leistungsfähige Kommunikationsinfrastruktur, welche einen Vergleich mit anderen Hochschulen in keiner Weise zu scheuen braucht. Sie kann somit gelassen den DV-Anforderungen ihrer heterogenen Nutzerschaft für die nächsten zehn bis fünfzehn Jahre entgegensehen.



**Bild 9. Neue Link-Definition im Überblick**

Bereich) mit einem Fluke DSP-2000 wurden nachfolgende Kennwerte gemessen:

- Verdrahtungstest,
- Schleifenwiderstand,
- Impedanz,
- Laufzeit,
- TDR-Analyse (Längenbestimmung),
- Dämpfung (bis 100 MHz),
- Nahnebensprechen NEXT (beidseitig bis 100 MHz),
- Attenuation-Crosstalk-Ratio ACR (beidseitig bis 100 MHz),
- Rückflußdämpfung (beidseitig bis 100 MHz).

In einer zweiten Messung (HF-Bereich) mit einem Netzwerkanalysator HP-4396A wurden nachfolgende Kennwerte in Verbindung mit einem Referenzmeßkopf und einer speziellen Meßsoftware im Frequenzbereich von 1 bis 600 MHz ermittelt:

- Vierpoldämpfung über der Schleife,

*Meßergebnisse und Dokumentation*

Die mit dem Meßgerät DSP-2000 der Firma Fluke ermittelten NF-Meßwerte wurden in ein vorgegebenes EXCEL- oder CSF-Dateiformat konvertiert und in das an der Universität Konstanz eingesetzte, auf der Datenbank ORACLE basierende Dokumentations-system (Physical Network Management, PNM der Fa. Accugraph) übernommen. Zusammen mit der Dokumentation aller passiven Verkabelungskomponenten (inkl. Kabeltrassen) können so die zu den einzelnen Kabeln gehörigen Meßprotokolle direkt von PNM abgefragt werden.

Pro Kabelstrecke wurden acht HF-Meßdatensätze (sechs für die NEXT-Messung und zwei für die Dämpfungsmessung über der Schleife) abgespeichert. Durch den Einsatz der EC7-Steckinterfaces an beiden Kabelstreckenenden einigte man sich im Vorfeld der Messungen auf die Erfassung der HF-Übertragungsparameter

**Literaturverzeichnis**

[1] DATACOM Special (Verkabelung), 1991, »Aspekte der Planung heterogener Netze«, J.Brüning  
 [2] Leistungsverzeichnis »Universität Konstanz EDV-Verkabelung«, Datentechnik GmbH H.Moll  
 [3] DATACOM 11/'97, »Aufrüstung für strukturierte Verkabelung«, Y.Engels



**Andreas Merkel**, Rechenzentrum der Universität Konstanz, seit '93 mit seinem Team zuständig für den Campus – Planung, Betrieb, Instandhaltung.