

Vernetzung

1. Hardware-Ebene

Für die Netzwerkhardware gilt heute *Ethernet* als Standard. Die Systeme *Token Ring* und *Archnet* sind technisch überholt. Nur in manchen größeren Firmen findet man noch Token Ring Netze.

Beim Ethernet benötigt man die folgenden Komponenten.

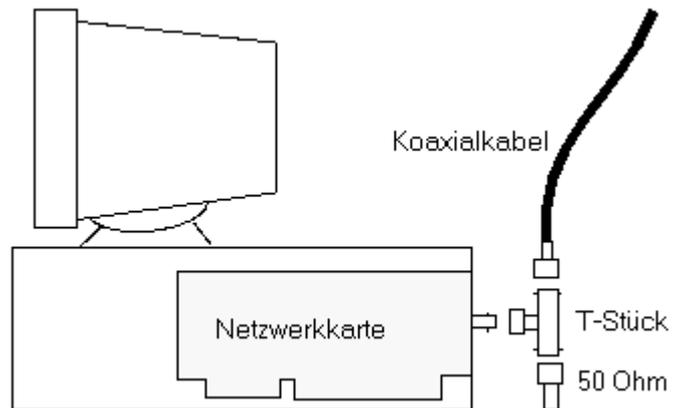
1.1 Verkabelung

Für die Ethernet-Verkabelung gibt es hauptsächlich drei Verkabelungsarten:

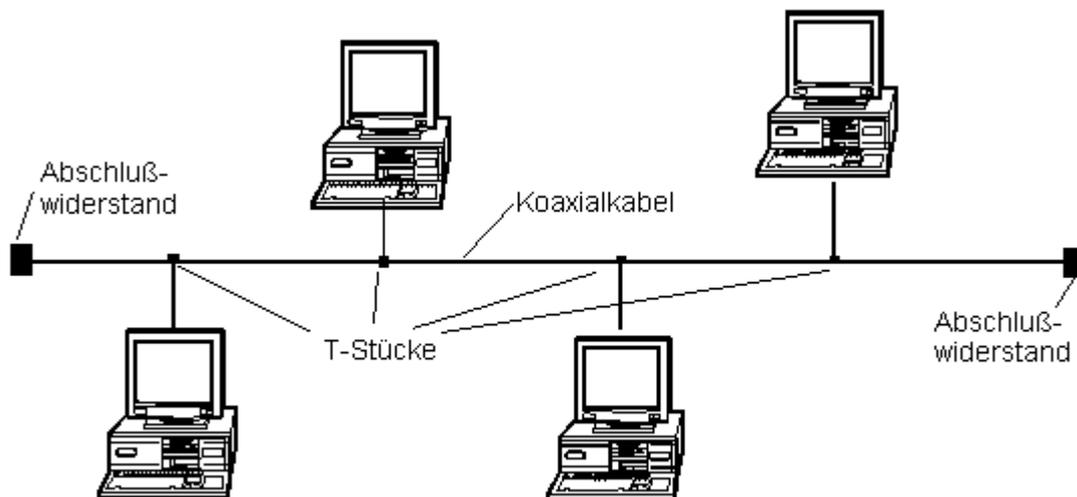
1.1.1 Koaxial

Ursprünglich wurde diese Kabelart benutzt. Hierbei handelt es sich um ein Kabel, welches einem Antennenkabel ähnelt.

Die am weitesten verbreitete Koaxial-Verkabelung wird als *10Base 2* (Cheapernet) bezeichnet. An den Kabelenden ist jeweils ein Stecker mit Bajonettverschluss angebracht, über den die Netzwerkkarte mittel eines T-Stückes angeschlossen wird. An den beiden Enden des Kabelstranges (Segmentes) muss ein Abschlusswiderstand von 50 Ohm angebracht werden.



Da alle Geräte hintereinander bzw. nebeneinander liegen bezeichnet man den Aufbau als Bustopologie. (In dieser Abbildung sieht es so aus, als ob die Rechner über Kabel mit dem Bus verbunden wären. Das ist baer nicht erlaubt, die T-Stücke müssen direkt mit der Netzwerkkarte verbunden sein).

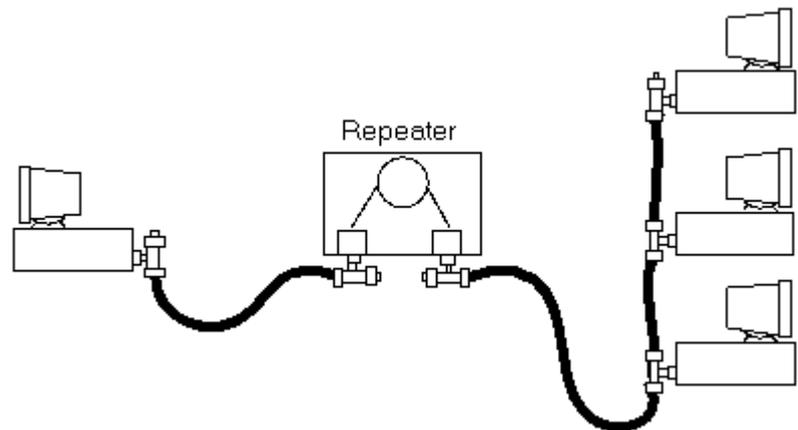


Bus-Topologie

Für diese Art der Verkabelung gelten folgende Beschränkungen:

- Maximale gesamte Kabellänge: 185m pro Segment
- Maximalzahl Rechner: 30 pro Segment
- Mindestabstand der Stationen am Kabel: 1,8m
- Maximale Datenübertragungsrate 10MBit/s

Will man die Beschränkungen hinsichtlich der Kabellänge bzw. der Zahl der Stationen überwinden, so kann man Segmente mit Signalverstärkern (Repeatern) verbinden. In einem Netz sind maximal 4 Repeater erlaubt, so dass höchstens 5 Segmente möglich sind. Diese Beschränkungen hängen mit der Dämpfung der Signale im Kabel und der Signallaufzeit zusammen.

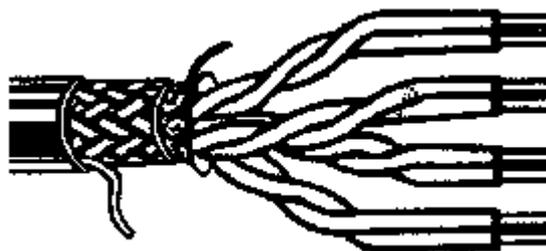


Für größere Netze gibt es das 10Base5, bei dem ein teureres Koaxialkabel verwendet wird. Hier ergeben sich dann folgende Beschränkungen:

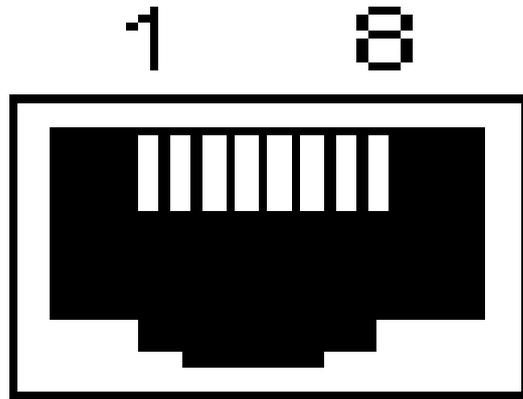
- Maximale gesamte Kabellänge: 500m pro Segment
- Maximalzahl Rechner: 100 pro Segment
- Mindestabstand der Stationen am Kabel: 2,5m
- Maximale Datenübertragungsrate 10MBit/s

1.1.2 Twisted Pair

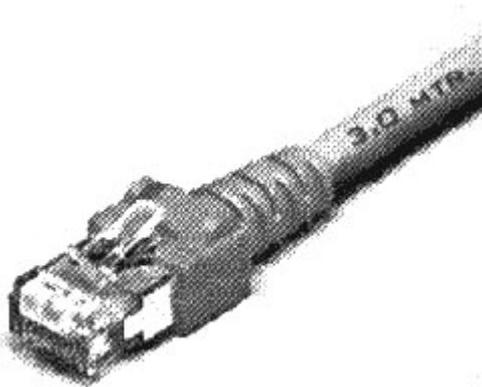
Als Standardverkabelung wird heute Twisted Pair (10BaseT bzw. 100 BaseTx) benutzt. Dabei handelt es sich ursprünglich um 8 adriges Telefonkabel. Jeweils zwei Adern sind untereinander verdreht, was die Abschirmung verbessert. Zusätzlich wird das gesamte Kabel nach außen hin durch eine Metallfolie abgeschirmt.



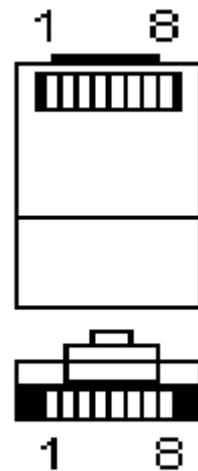
Angeschlossen werden diese Kabel an eine spezielle Dose, die einer ISDN-Dose sehr stark ähnelt. Hier dargestellt ist eine Doppeldose. Da der Preisunterschied zwischen Einzel- und Doppeldose gering ist, werden meist gleich Doppeldosen verlegt, obwohl man dann auch zwei Zuleitungen benötigt. Oft verkauft werden dafür Duplex-Kabel, bei denen einfach zwei Kabel miteinander verklebt wurden, was die gemeinsame Verlegung erleichtert.



In diese Dosen werden dann Verbindungskabel gesteckt (Patchkabel), die an ihren Enden würfelförmige RJ45-Stecker tragen. Auch diese gleichen ISDN-Steckern. Zu dem ISDN-System gibt es aber einen wichtigen Unterschied. Dort werden andere vier Adern im Stecker benutzt. ISDN-Kabel bestehen normalerweise nur aus den wirklich benötigten Adern, Twisted Pair Kabel wird meistens 8 adrig verlegt, auch wenn auch hier ebenfalls nur 4 Adern benötigt werden.



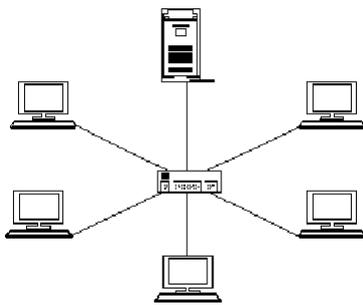
Pinbezeichnung
RJ45 Stecker



Für die Farbzueordnung gibt es leider mehrere Normen. Die beiden üblichsten sind hier aufgeführt, wobei die Norm EIA/TIA 568 B die aktuellst ist. Das Kürzel EIA/TIA steht für die Organisationen Electronics Industry Association (EIA) und Telecommunications Industry Association (TIA).

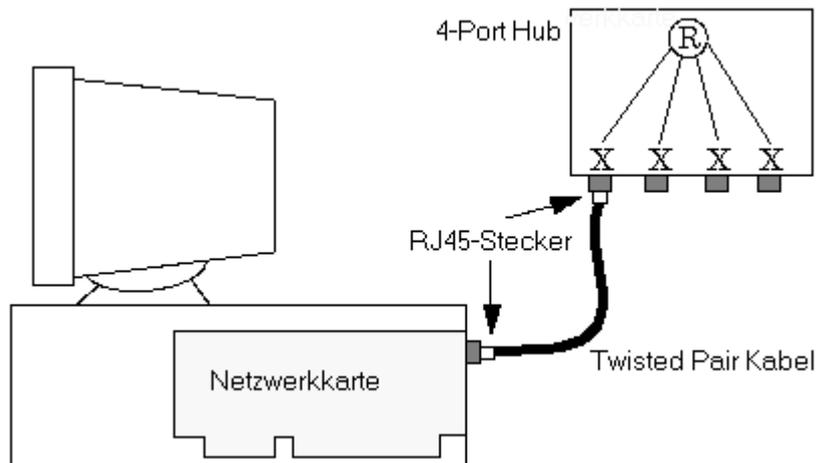
Belegung und Farbcodes für RJ-45 Stecker					
Adernpaar	Pin	EIA/TIA 568A	EIA/TIA 568 B	10(0)Base-T	ISDN
1	4	weiss-blau	weiss-blau		1b
	5	blau	blau		1a
2	3	weiss-orange	weiss-grün	1a	
	6	orange	grün	1b	
3	1	weiss-grün	weiss-orange	2a	2a
	2	grün	orange	2b	2b
4	7	weiss-braun	weiss-braun		
	8	braun	braun		

Für Europa bzw. Deutschland gibt es die abweichenden Normen IEC/ISO 11801, EN 50173 und DIN 50173. Kabel und Dosen mit den zugehörigen Farben habe ich aber noch nie gesehen.



Twisted Pair Verkabelung bedingt auch mit eine andere Verlegungstopologie. Das Kabel wird nicht durchgeschleift, sondern die Anschlüsse enden immer in einer aktiven Komponente, meist einem Hub. Von diesem Hub ausgehend ergibt sich dann eine *sternförmige Verkabelung*.

Der Unterschied zwischen Bus- und Sterntopologie bezieht sich nur auf die Verlegung der Kabel, elektrisch handelt es sich auch hier um einen Bus. Man kann sich hierfür vorstellen, dass die Anschlüsse im Hub einfach nur zusammengefasst sind und jeder Rechner sein eigenes Segment bekommt.

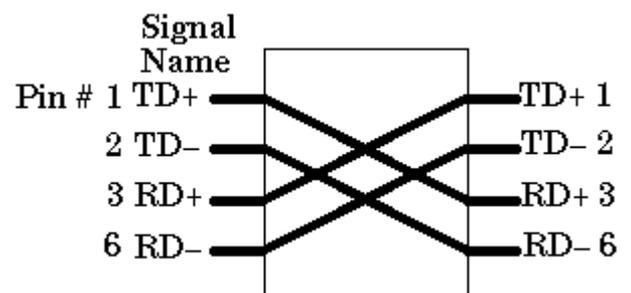


Will man nur zwei Computer miteinander verbinden, so kann man ein *Crossover-Kabel* benutzen, bei dem einige Leitungen untereinander vertauscht sind.

Pin-Belegung
Crossover-Kabel

Stecker	Pin							
Stecker 1	1	2	3	4	5	6	7	8
Stecker 2	3	6	1	5	4	2	8	7
Signal	TD+	TD-	RD+	frei	frei	RD-	frei	frei

Ein derartiges Kabel kann auch benutzt werden, um Hubs miteinander zu verbinden. Generell müssen gleichartige Geräte immer mit einem gekreuzten Kabel verbunden werden. Das kann man sich so vorstellen, dass eines der Adernpaare (TD+/TD-) einen Sendekanal (Transmit Data) darstellt, das andere (RD+/RD-) einen Empfangskanal (Receive Data). Verbindet man zwei Computer miteinander, so muss der Sendekanal des einen Computers mit dem Empfangskanal des anderen verbunden werden und umgekehrt. Bei der Verbindung Hub-Computer ist diese Umsetzung schon im Hub realisiert.



Für Twisted Pair ergeben sich dann folgende Beschränkungen:

- -Maximale gesamte Kabellänge: 100m pro Segment
- -Maximalzahl Rechner: 1 pro Segment
- -Maximale Übertragungsrate: 100 Mbit/s

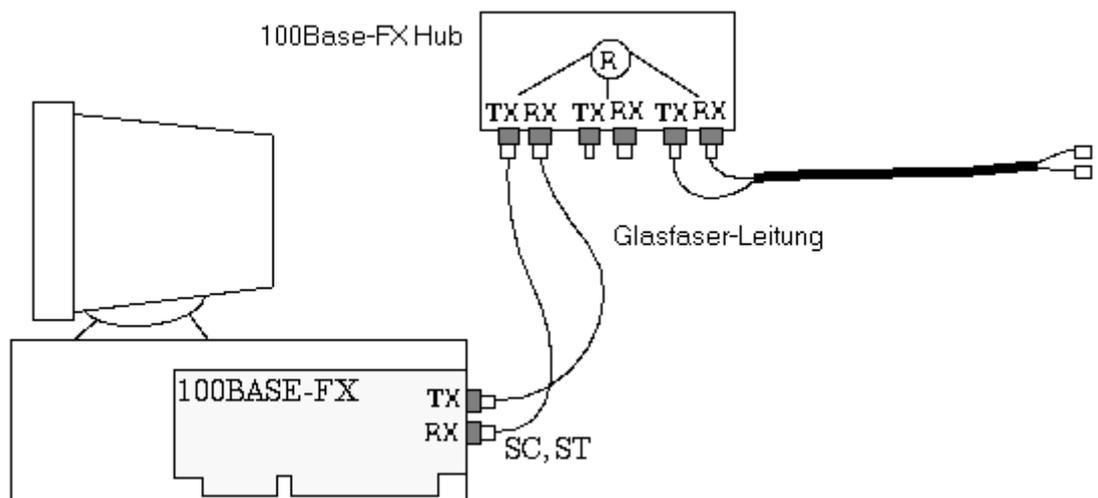
Bei der Qualität des Kabels und der Anschlussdosen sollte man nicht geizen. Der größte Aufwand besteht im Verlegen der Kabel und nicht in der Anschaffung. Es ist daher ärgerlich, wenn man nach kurzer Zeit feststellt, dass man z.B. mit Kabel ohne Abschirmung Störungen ins Netz bekommt. Netzwerkkomponenten sollten heute die Bezeichnung *Cat 5* tragen, was anzeigt dass sie für Übertragungsraten von 100 Mbit/s geeignet sind.

1.1.3 Glasfaser

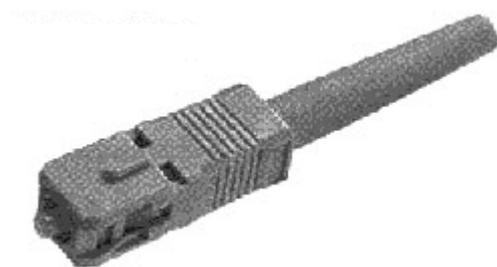
In der letzten Zeit sind auch Glasfaserkabel (100Base-Fx) bezahlbar geworden. Glasfaserkabel haben den großen Vorteil, dass Sie gegen Störungen durch elektrische Felder vollkommen unempfindlich sind. Kupferkabel dürfen wegen dieser Störungen nicht parallel zu elektrischen Leitungen verlegt werden.

Ein weiterer Vorteil der Glasfaser besteht in der geringeren Dämpfung der Signale, dadurch können die Strecken wesentlich länger werden.

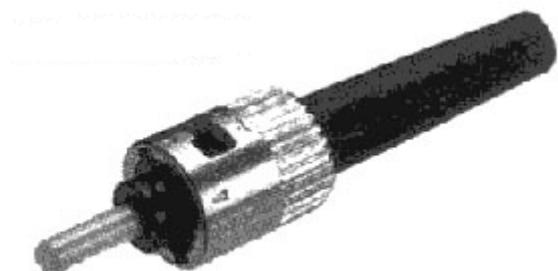
Verwendet werden Kabel mit zwei getrennten Adern (Send- und Empfangskanal), die an den Enden mit speziellen Steckern versehen werden.



Es gibt bei den Steckern zwei Systeme:



SC-Simplex



ST-Keramik

Das SC-System basiert auf Kunststoff-Steckern und ist preiswerter als das ST-System, bei dem Keramik-Stecker benutzt werden. Es gibt Adapter, mit denen man die Systeme untereinander kombinieren kann.

Für Glasfaser ergeben sich dann folgende Beschränkungen:

- Maximale gesamte Kabellänge: 400m pro Segment
- Maximalzahl Rechner: 1 pro Segment
- Maximale Übertragungsrate: 1000 Mbit/s

1.1.4 Sonstige

Es gibt Experimente die Datenübertragung auch über das Stromnetz vorzunehmen, ähnlich wie beim Babyphone. Das würde den Verkabelungsaufwand nahezu vollständig entfallen lassen. Es gibt aber Probleme mit der Entkoppelung der Signale und der Trennung von Störsignalen.

Mit sehr niedrigen Datenübertragungsraten klappt das sehr gut, Straßenlaternen z.B. werden auf diese Art geschaltet. Höhere Datenübertragungsraten, wie im Netzwerkbereich benötigt, sind momentan immer noch nicht absehbar.

Eine weitere Möglichkeit stellen Funknetze dar. Hier gibt es inzwischen einen genormten Standard, der aber in der Größenordnung von 2MBit/s liegt. Derartige Lösungen sind zur Zeit auch noch recht teuer.

1.2. Netzwerkadapter

Die Netzwerkkarten stellen die Verbindung zwischen der Verkabelung und dem Computer her. Sie benötigen in der Regel einen Steckplatz im Computer.

Dabei ist zu unterscheiden zwischen den ISA-Steckplätzen und PCI-Steckplätzen. Man sollte den PCI-Karten auf alle Fälle den Vorzug geben, da nur hier das Plug&Play überhaupt richtig funktionieren kann.

Eine Netzwerkkarte benötigt einen Interrupt und eine Basisadresse, um mit dem Computer kommunizieren zu können. Diese Ressourcen sind in PC-kompatiblen Rechnern notorisch knapp. Deshalb werden bei aktuellen Rechnern und PCI-Karten diese Werte beim erstmaligen Start untereinander ausgehandelt und damit automatisch vergeben. Windows kann diese Werte automatisch abfragen, bei derartigen Systemen muß also nur der Treiber für die Karte installiert werden, danach sollte das System funktionsfähig sein.

Bei ISA-Karten (ab ca. 25DM bei 10MBit/s) müssen Interrupt und Basisadresse über Jumper (Steckbrücken) oder ein Konfigurationsprogramm eingestellt werden.



Anschließend müssen die gleichen Werte dann unter Windows für die Netzwerkkarte eingetragen werden. Einige ISA-Karten und Treiber können auch mit dem Plug&Play System zusammenarbeiten, aber da gibt es recht viele Fallstricke. Fast jeder Netzwerkadministrator hat schon Stunden seines Lebens mit diesen Problemen gekämpft.

ISA-Karten sind auch maximal für 10MBit/s geeignet. PCI-Karten können meist sowohl 10MBit/s, als auch 100MBit/s.

Also, wer einigermaßen vernünftig ist, der kauft nur noch PCI-Karten (ab ca. 25 DM bei 10MBit/s und ab ca. 35DM bei 100MBit/s).



Generell muss man noch ein Problem beachten. Alle 100MBit/s Karten können auch mit 10MBit/s umgehen (Kombo-Karte hinsichtlich der Übertragungsrate), aber nicht umgekehrt.

Karten mit Koaxial-Anschluss haben meistens auch zusätzlich einen RJ45-Anschluss (Kombo-Karte hinsichtlich des Anschlusses). Da bei TBase2 nur 10MBit/s möglich sind, haben diese Karten normalerweise nur eine Übertragungsrate von 10MBit/s.

Es gibt aber auch Karten die alles können (ab ca. 70DM).



Neuerdings gibt es auch USB-to-Ethernet-Adapter (ab ca. 80DM), die nicht über einen Steckplatz, sondern über die USB-Schnittstelle mit dem Rechner verbunden werden.

Für Notebooks gibt es Netzwerkadapter, die in die PCMCIA-Schnittstelle passen (ab ca. 70DM für 10MBit/s und ab ca. 140DM für 100MBit/s).

Einen Sonderfall der Vernetzung stellt das Telefonnetz dar. Auch hier können Computer über Kupferleitungen miteinander verbunden werden. Den Netzwerkkarten entspricht dann das Modem oder die ISDN-Karte. Die Übertragungsraten sind sehr niedrig, maximal 0,064 MBit/s.

1.3. CSMA/CD

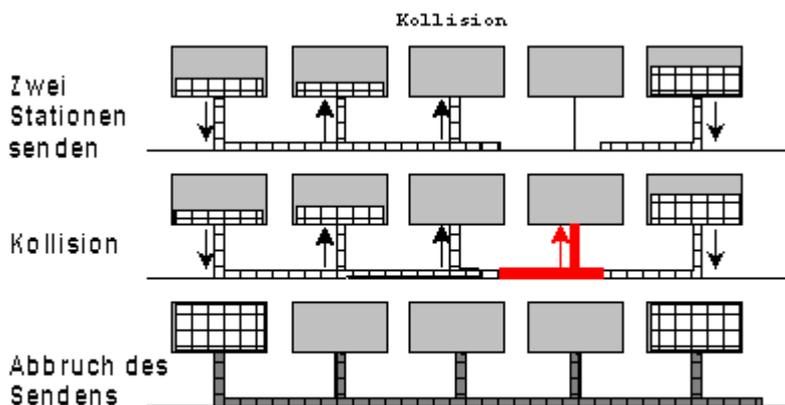
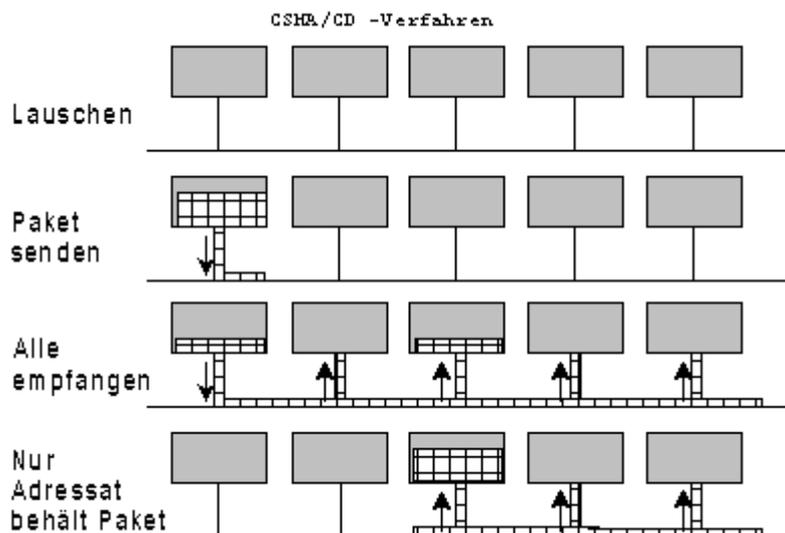
Bevor ich auf weitere Hardware eingehe erste einmal ein paar grundlegende Informationen darüber, wie im Ethernet festgelegt wird, welcher Rechner senden darf. Grundlage hierfür ist das Verfahren CSMA/CD.

Zuerst zum CSMA (Carrier Sense Multiple Access). Der Rechner, der Daten versenden möchte, „lauscht“ in das Netz. Wenn er keinen Datenverkehr bemerkt, dann fängt er an seine Informationen zu verschicken. Alle Rechner im Netz empfangen die Daten und werten die Adressinformationen aus. Aber nur der Empfänger behält die Daten.

Selbst wenn alles korrekt abläuft kann es passieren, dass zwei Rechner gleichzeitig oder nahezu gleichzeitig mit dem Senden beginnen. Das führt dann zu einer Kollision. Daher lauschen die Sender auch immer noch auf den Bus, um derartige Probleme zu bemerken.

Wenn sie eine Kollision bemerken, wenn es zu eine Collision Detection (CD) kommt, dann stoppen alle Sender sofort. Einen erneuten Sendeversuch beginnen die Rechner dann erst nach einer zufälligen Wartezeit, um nicht wieder gleichzeitig zu senden.

Dieses Verfahren ist recht effektiv, hat aber den grossen Nachteil, das die Zahl der Kollisionen mit wachsender Netzlast ebenfalls steigt. Deshalb sinkt die Netzkapazität mit steigender Netzlast.



Dieses Problem der sinkenden Kapazität taucht z.B. beim Token Ring Verfahren nicht auf. Dort gibt es eine Art Staffelholz (das Token), das von Rechner zu Rechner weitergegeben wird. Damit das vernünftig funktioniert muss das Netz ringförmig strukturiert sein. Wenn ein Rechner Daten verschicken möchte, dann muss er warten, bis das Token leer bei ihm vorbeikommt.

Bei diesem Verfahren ist die Netzkapazität von der Netzlast unabhängig. Insgesamt ist dieses Verfahren aber weniger effektiv, die Datenübertragungsrate ist geringer als beim Ethernet.

1.4. Hubs, Switches und Co.

In einem Netz, das nicht auf Koaxialkabel aufgebaut ist, werden aktive Komponenten, wie Hubs und Switches benötigt.

Die Begriffe gehen in den Medien oft durcheinander. Für ein funktionsfähiges Netz ist die saubere Unterscheidung aber wichtig.

1.4.1 Repeater

Ein Repeater ist Signalverstärker, der die Reichweite eines Signales erhöht. In jedem Kabel werden die Signale mit der Laufweite immer schwächer und unschärfer. Deswegen sind in jedem Netz auch die erlaubten Kabellängen beschränkt. Da die Signalverstärkung aber zu einer Verzögerung der Signale führt, ist die Zahl der Repeater auf 4 beschränkt

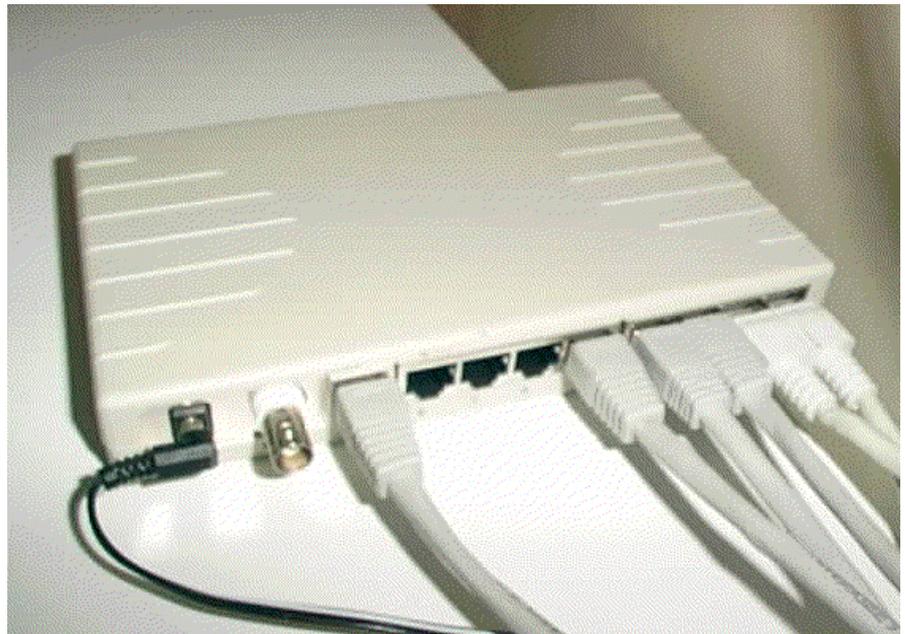
Die Geräte modifizieren die übertragenen Daten nicht, vor allem verhindern sie keine Kollisionen.



1.4.2 Hub

Ein Hub ist die zentrale Vermittlungsstelle bei einer sternförmigen Verkabelung. Hier sind die Anschlüsse konzentriert.

Von den Netzwerkeigenschaften her ist ein Hub auch ein Repeater, damit ist auch die Zahl der Hubs auf 4 beschränkt-



In dem Bild dargestellt ist ein 10 Mbit-Hub mit 8 Ports. Der Hub verfügt zusätzlich über einen Koaxialanschluß.

Die linken beiden RJ45 Anschlüsse tragen die gleiche Nummer und unterscheiden sich darin, dass der linke Anschluss gekreuzt ist, der andere nicht. Damit kann man sich die Verwendung gekreuzter Kabel sparen, wenn man mehrere Hubs kaskadieren möchte.



Beim Kaskadieren von Repeatern ist die *5-4-3-Regel* einzuhalten:

5 Zwischen zwei beliebigen Knoten dürfen nicht mehr als fünf Segmente liegen.

4 Zwischen zwei beliebigen Knoten dürfen nicht mehr als vier Repeater liegen.

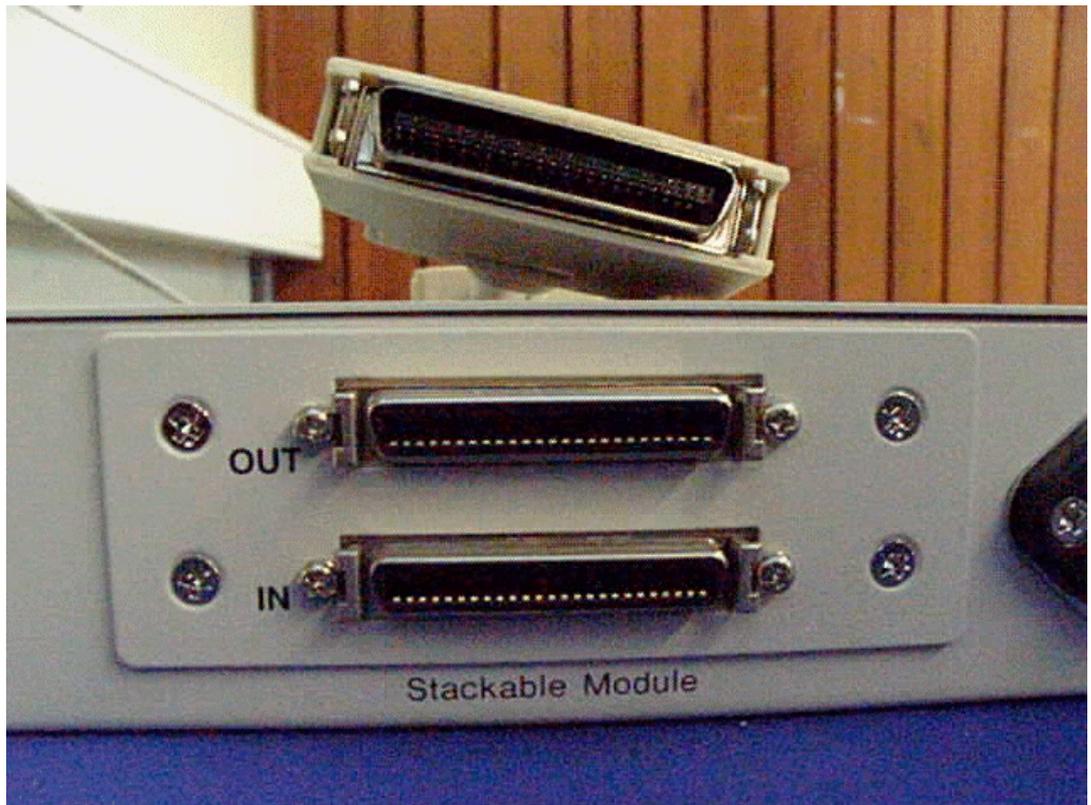
3 Zwischen zwei beliebigen Knoten dürfen nicht mehr als drei Koaxial-Segmente liegen, der Rest muß UTP oder Lichtwellenleiter sein.

In einem Netz mit 100 MBit/s ist zusätzlich zu beachten, dass der Abstand zwischen kaskadierten Hubs nicht mehr als 5 m betragen darf.

Bessere Hubs kann man nicht nur über eine gekreuzte Leitung verbinden, sondern auch über ein spezielles Kabel stapeln, das den internen Bus beider Geräte koppelt, so dass die beiden Hubs nach außen wie ein einziger Hub wirken.

Ein derartiger Hub verfügt immer über zwei Anschlüsse, einen Eingang und einen Ausgang.

Das Verbindungskabel (sehr kurz) muss mitgeliefert werden, da die Anschlüsse nicht genormt sind. Dadurch kann man auch nur gleiche Geräte miteinander verbinden.



1.4.3 Das OSI-Modell

Bevor wir zu weiteren aktiven Komponenten kommen ist es sinnvoll auf das Schichtenmodell für Netzwerke einzugehen.

Bei einem derartigen Schichtenmodell versucht man zu erreichen, dass die Software ab einer bestimmten Ebene von der zugrundeliegenden Hardware unabhängig wird. Für die Programmierer von Netscape spielt es keine Rolle, ob der Communicator in einem Rechner mit Token-Ring, Ethernet oder Telefon-Anschluss läuft. Der Communicator setzt auf dem HTTP-Protokoll auf und dieses auf TCP/IP. Jede dieser Schichten verfügt über definierte Interfaces nach oben und nach unten. Das erleichtert die Erstellung von Software und die Anpassung an die Hardware.

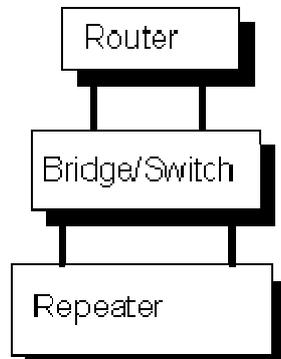
Das Modell Open System Interconnection (OSI) ist ein grundsätzliches Modell, das in sieben Schichten aufgeteilt ist. Eine direkte technische Umsetzung hierzu gibt es nicht, die meisten Protokolle (z.B. TCP/IP) lassen sich aber grob an diesem Modell ausrichten.

OSI-Schichten

Layer 7 Anwendung
Layer 6 Darstellung
Layer 5 Session/Kommunikation
Layer 4 Transport
Layer 3 Netzwerk/Vermittlung
Layer 2 Sicherung/Daten Link
Layer 1 Bitübertragung

TCP/IP-Schichten

Apache	wuftp	Pine	INN
HTTP	FTP	SMTP	NNMTP
TCP / UDP / ICMP			
IP			
MAC			
Ethernet			



Die Verkabelung eines Netzes liegt unterhalb der Schichten. Das beginnt bei den Komponenten der Netzwerkkarte, die für die Übertragung der einzelnen Bits zuständig sind.

In die Abbildung sind die folgenden aktiven Komponenten bereits integriert.

1.4.4 Bridge

Eine Bridge ist eine Art Brücke zwischen Netzwerksegmenten, die sogar unterschiedliche technische Grundlagen haben können (Coax, TP). Die Bridge wertet jedes einzelne Datenpaket aus, untersucht die MAC-Adresse des Empfängers und sendet das Datenpaket im richtigen Teilstrang neu.

Broadcast Pakete (Rundrufe im Netz), die sich an alle Netzteilnehmer richten, müssen immer weitergeleitet werden.

Bei der MAC-Adresse (Media Access Control) einer Netzwerkkarte handelt es sich um eine fest eingetragene 6-Byte lange Zahl, die meistens Hexadezimal mit Trennzeichen angegeben wird:

00:00:B4:39:05:66

Die ersten drei Bytes geben den Hersteller an, in diesem Fall die Firma Edimax (00:00:B4), die letzten drei Bytes werden vom jeweiligen Hersteller fortlaufend vergeben.

Mit diesem System ist gewährleistet, dass die MAC-Adresse jeweils weltweit eindeutig bleibt.

Eine Bridge arbeitet auf dem Level 2 des OSI Modelles, kennt also noch keine IP-Adressen. Sie trennt das Netz in unterschiedliche Collisions-Domänen, was die Performance erhöht. Auch die Beschränkungen hinsichtlich Kabellänge, Stationenzahl und Anzahl der Repeater enden an der Bridge.

1.4.5 Switch

Ein Switch ist eigentlich nichts weiter als eine Bridge mit mehreren Ports. Er kann gleichzeitig mehrere Verbindungen zwischen Ports direkt schalten, was das Gesamtnetz entsprechend entlastet.

Heutige Switches haben intern einen eigenen Bus (Backplane), der mit deutlich höheren Übertragungsraten arbeiten kann, als die externen Anschlüsse.

Der Switch muss von jeder MAC-Adresse im Netz wissen, in welchem Netzsegment sie sich befindet. In der Anfangszeit mussten diese Daten vom Administrator per Hand eingetragen werden, heute sind die Switches lernfähig und lernen die MAC-Adressen der angeschlossenen Geräte selbstständig. Wichtiges Qualitätskriterium für derartige Switches ist die Zahl der Adressen, die sich der Switch pro Port bzw. insgesamt merken kann. Üblich sind Werte zwischen 1024 und 4086 pro Port.

Für die Auswertung und Weiterleitung der Pakete gibt es zwei Prinzipien. Beim *Cut-Through* wird mit der Weiterleitung der Daten begonnen, sowie die Zieladresse ausgewertet wurde. Das führt zu nur geringen Verzögerungen bei Transport, hat aber den Nachteil, dass beide Netzsegmente die gleiche Übertragungsrate benutzen müssen. In Netzen mit 100MBit ist dieses Verfahren nicht üblich. Heutzutage wird meist *Store-and-Foreward* eingesetzt. Dabei empfängt der Switch das vollständige Datenpaket, speichert es zwischen und sendet es dann im Zielstrang erneut. Damit sind dann auch Übergänge zwischen unterschiedlichen Übertragungsgeschwindigkeiten möglich.

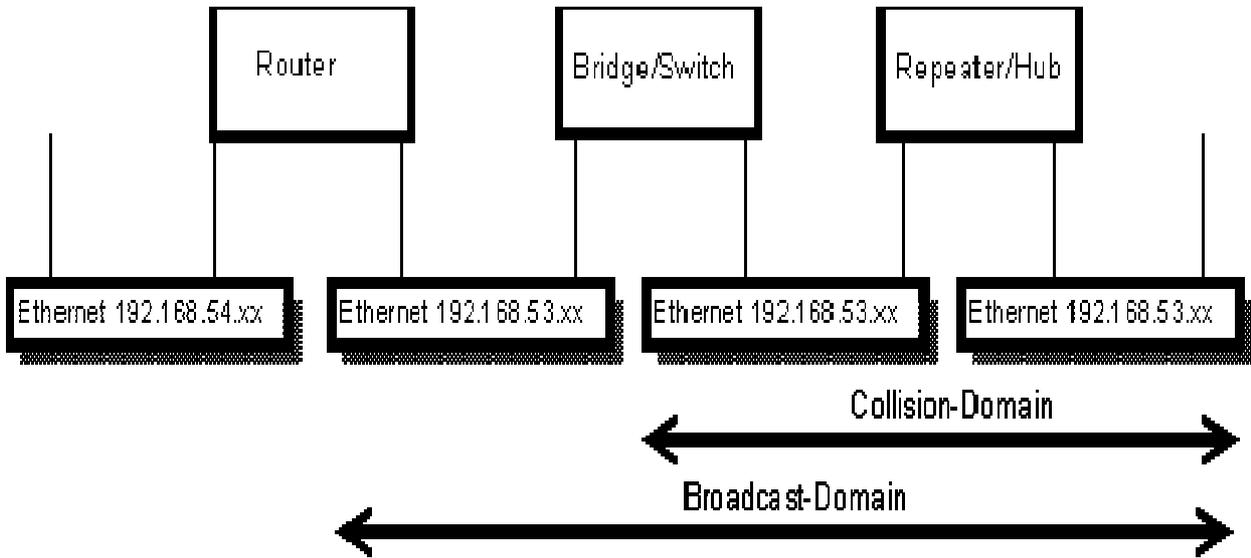
Momentan sind viele Abwandlungen von Switches unter der Bezeichnung Switching-Hub, Dual-Speed Hub oder ähnlich auf dem Markt. Hier muss man sehr auf Details achten. Bei vielen dieser Geräte kann man wahlweise 10 MBit- oder 100 MBit-Komponenten anschließen, die Ports erkennen die Übertragungsrate mittels Autosensing selbst. Viele dieser Geräte sind aber nicht in der Lage 10MBit-Ports mit 100MBit-Ports zu verbinden, sie bauen einfach zwei Segmente auf. Erst wenn intern mindestens eine Bridge vorliegt, dann kann auch eine Übertragung zwischen diesen Segmenten stattfinden.

1.4.6 Router

Ein Router arbeitet auf Layer 3, d.h. er arbeitet schon auf Protokoll-Ebene. Ein TCP/IP-Router kann sehr unterschiedliche Netze miteinander verbinden, die über unterschiedliche IP-Adressbereiche verfügen. Er bearbeitet aber nur Pakete auf IP-Ebene, Broadcasts werden von einem Router nicht weitergegeben.

Der momentan einzige Router im GyLoh-Netz ist der Linux-Server. Er verbindet drei Netze miteinander:

- 100 Mbit-Netz (192.168.54.xx)
- 10 Mbit-Netz (192.168.53.xx)
- Internet (IP dynamisch von WiNShuttle)



Er vermittelt zwischen den Teilnetzen so, dass alle Rechner im Netz sich gegenseitig sehen und fast alle Rechner im Internet aus dem lokalen Netz heraus erreicht werden können. Eine Route aus dem Internet zu den lokalen Rechnern wird nicht gesetzt.