

IEEE 802.5 - Token Ring

Die Ring Topologie

Der Ring ist eine Netzwerk-Topologie, bei der das Kabel einen **geschlossenen Ring** oder Kreis bildet. Die Übertragung erfolgt von Station zu Station, die Zwischenspeicherung reicht dabei von einem Bit bis zu mehreren ganzen Paketen. Dadurch kommt die Nachricht an allen Stationen seriell vorbei. Es gibt meist eine ausgezeichnete Station für **Steuerungsaufgaben, den Monitor** (dieser wird bei der Ring-Initialisierung definiert). Ring-Strukturen sind leicht erweiterbar, haben eine geringe Leitungsanzahl, Erweiterungen sind mit geringem Leitungsaufwand möglich, und die Protokollstruktur ist dezentralisierbar. Nachteile entstehen bei Leitungs- oder Stationsausfall sowie bei der Dauer der Nachrichtenübertragung, die proportional zur Anzahl der angeschlossenen Stationen ansteigt. Mit IEEE 802.5 ist ein Ring-Netzwerk mit Token-Zugriff standardisiert.

der Monitor

Das Token Ring System arbeitet im Normalfall völlig dezentral. Es braucht jedoch eine Station, die den **Ring 'startet' (initialisiert) und überwacht**. Diese Rolle übernimmt **der Monitor**. Jede am Ring angeschlossene Station kann prinzipiell Monitor sein (wenn sie die entsprechende Funktionalität implementiert hat).

Manchmal können Probleme auftreten, die von der kooperierenden Gemeinschaft der Knoten nicht behoben werden können. Dafür gibt es eine zentrale 'Anlaufstelle', den Monitor. Der Monitor wacht darüber, dass wenigstens in bestimmten Abständen ein Token an ihm vorbeikommt. Wenn nach einer bestimmten Zeitdauer kein neues Token den Monitor passiert hat, so geht der Monitor in den Senden-Modus über und reinigt den Ring durch Absorption eventueller Nachrichten und gleichzeitiges aussenden einer Leerzeichenfolge, der er ein neues Frei-Token anhängt. Der Ring befindet sich dann wieder im Ausgangszustand.

Das Token Prinzip

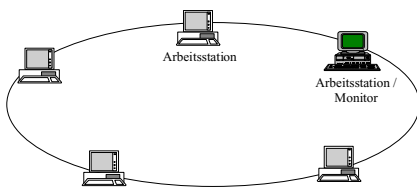
Unter einem Token versteht man ein Bitmuster, das ständig in einer Richtung ein Ring-Netzwerk durchläuft, welches nach dem Token-Ring-Verfahren arbeitet. Die definierte Bitfolge signalisiert die beiden Zustände 'belegt' oder 'frei'. Diejenige Station, an der sich das Frei-Token befindet, ist sendeberechtigt. Eine Zuteilung von Prioritäten ist möglich. In einem Token Bus-System wird das Token als Senderecht von einer Station an die physikalisch festgelegte Nachfolgestation weitergegeben. Liegt kein Sendebedarf vor, wird es wiederum an die festgelegte Nachfolgestation weitergereicht.

Der Token Ring

Das IBM Token-Ring-Netzwerk entspricht den internationalen Standards für Token-Ring-LANs von ECMA (European Computer Manufacturer Association) und IEEE (IEEE 802.2 (LLC) und 802.5 (Token Ring)). Der Token Ring ist ein offenes Netz, das den Anschluß von IBM- und 'Nicht-IBM'-Geräten erlaubt. **IBM entwickelte den Token Ring bis 1972** zu einem proprietären LAN-Konzept. Nachdem **IEEE Token Ring unter 802.5 als Standard aufgenommen** hatte erfolgte eine stetige Anpassung beider Definitionen - seit 1988 bestehen keine relevanten Unterschiede mehr. (Auf diesen Zeitpunkt übernahm IEEE neben der ursprünglichen 4Mbit/s-Variante auch die von IBM lancierte 16Mbit/s-Variante.) Das IBM Token-Ring-Netzwerk ist ein 'star-shaped ring', also ein Ringnetzwerk, das aus Sicherheits-, Fehler-toleranz- und Redundanzgründen aus einer Reihe ringförmig gekoppelter Sterne gebildet wird, sich logisch aber wie ein Ring verhält. Der Zugriff auf den gemeinsam benutzten Ring wird durch das standardisierte Token-Zugriffsverfahren 802.5 gesteuert. Die Übertragung der Daten im Ring erfolgt unidirektional und wird durch das Token-Ring-Steuerungsverfahren geregelt. Bei Verwendung von Lichtwellenleitern mit den entsprechenden Umsetzern besteht physikalisch kaum eine Entfernungsbeschränkung, da die entsprechenden Lichtleiterumsetzer beliebig oft kaskadiert werden können. **Bis zu 260/72 Endgeräte (4-/16 Mbit/s-Version)** (Endgeräte, PCs, Prozessoren, Steuereinheiten, Peripheriegeräte) können pro Ring angeschlossen werden. Die Übertragungsgeschwindigkeit im Ring von 4 Mbit/s oder 16 Mbit/s ist für die Bürokommunikation und ähnliche Zwecke heute meistens noch ausreichend.

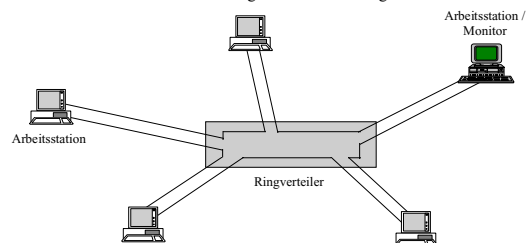
Der Token Ring

- Der Token Ring ist als logischer Ring aufgebaut.
- Die Bitrate beträgt 4MB/s oder 16MB/s.
- Es können maximal 260 (bei 4MB/s) -, respektive 72 (bei 16MB/s) Stationen auf einem Ring angeschlossen werden.
- Jeder Ring hat einen Überwachungsknoten, den Monitor (es kann sich dabei um eine 'normale' Arbeitsstation handeln).



Star Shaped Ring

- Der Token Ring ist ein logischer Ring, in der Regel aber geografisch eher wie ein Stern aufgebaut. Daher der Ausdruck 'star shaped ring'.
- Das Zentrum des star shaped ring ist ein Verteilknoten.
- Es können auch mehrere 'Sternringe' einen Gesamtring bilden.



Das Token Ring - Steuerungsverfahren

Das zweifellos bekannteste Steuerungsverfahren für Ringsysteme, der Token Ring, wurde 1972 (ursprünglich von IBM) entwickelt und dann in IEEE 802.5 standardisiert. Es basiert auf dem Grundprinzip des Token Passing:

Das Token Passing - Prinzip

Das Token-Steuerungsverfahren für die Realisierung des wechselseitigen Ausschlusses auf einem schnellen Kommunikationsmedium basiert darauf, daß derjenige, der gerade mit einer Sendung fertig geworden ist, das Senderecht an einen (physikalisch oder logisch bestimmten) Nachfolger weitergibt. Dieser darf dann, falls er etwas senden möchte, eine gewisse Zeit senden und muß danach das **Senderecht weitergeben**. Hat der Token-Empfänger nichts zu senden, so gibt er das Token direkt an seinen Nachfolger weiter. Unter der Annahme, daß die **Sendezeit beschränkt** ist und daß man keine Station bei der Weitergabe des Tokens übergeht, ist das Verfahren fair, da jeder nach **endlicher Wartezeit**, deren Maximum vorhersehbar ist, an

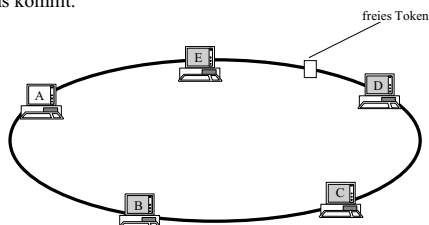
die Reihe kommt. Das Token wird von Knoten zu Knoten geordnet weitergegeben. Nachdem ein Knoten einige LLC-Datenrahmen transportiert und eventuell einige Wartungsfunktionen ausgeführt hat, gibt der Knoten das Token durch Aussendung eines Token-Rahmens an seinen Nachfolger weiter. Danach hört der Knoten das Medium ab, um sich zu versichern, daß der Nachfolger das Token bekommen hat und aktiv ist. Wenn er dann einen korrekten Rahmen empfängt (nachdem das Token den Ring einmal durchlaufen hat), kann er annehmen, daß der Nachfolger das Token hat und sendet. Empfängt er keinen korrekten Rahmen, so nimmt er an (innerhalb einer slot time, Umlaufzeit), daß der Nachfolger den Token-Rahmen nicht gehört hat und sendet ihn erneut. Reagiert der Nachfolger auch nicht auf das zweite Token, so nimmt der Knoten an, daß der Nachfolger fehlerhaft ist. Der Knoten sendet nun einen 'Wer folgt?'-Rahmen aus, in dessen Datenfeld die Adresse des Nachfolgers angegeben ist. Alle Knoten vergleichen das Datenfeld des 'Wer folgt?'-Rahmens mit der Adresse ihres Vorgängers. Der Knoten, dessen Vorgänger der Nachfolger des sendenden Knotens ist, antwortet auf den 'Wer folgt?'-Rahmen durch Angabe seiner Adresse. Der Knoten, der das Token hat, etabliert nun einen neuen Nachfolger unter Verwendung dieser Adresse durch Überbrückung des eigentlichen, fehlerhaften Nachfolgers.

Die Token Ring Ablaufsteuerung

Wenn keine Station senden will, zirkuliert ein spezielles Bitmuster, das Token, auf dem Ring. Das Token hat in diesem Falle die spezielle Form eines **'Frei-Tokens'**. Eine Station, die senden will, muß auf das Frei-Token warten. Bekommt sie es, muß sie es in eine andere Form bringen, das **'Belegt-Token'**. Die beiden Token-Formen unterscheiden sich im einfachsten Fall durch ein Bit. An das Belegt-Token wird sodann die paketierte Nachricht angehängt. Dieses Gespann wird dann in Kommunikationsrichtung von Ring-Interface zu Ring-Interface (Station) weitertransportiert. Der Empfänger kann die Nachricht abhören, die Adressatenidentifikation hat nach dem Belegt-Token zu erfolgen. **Der Empfänger nimmt die Nachricht nicht vom Ring, sondern fertigt sich eine Kopie an.** Die Nachricht wandert um den Ring herum bis zum Sender, der sie wieder vom Ring entfernt. (Dadurch hat der Sender auch einfach Aufschluss darüber, ob seine Nachricht angekommen ist!) An den Schluß der Nachricht hat der Sender ein neues Frei-Token anzuhängen. Das neue Frei-Token verbleibt solange in dieser Form wieder auf dem Ring, bis eine neue Station senden will. Sie wandelt das Token wieder in die Belegt-Form um und hängt ihre Nachricht an.

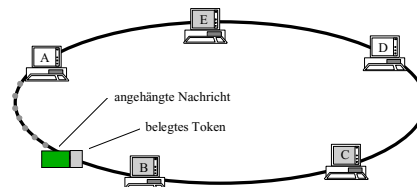
Token Ring Prinzip

- Auf dem Ring kreist ein *freies Token*
- Station 'A' ist *sendewillig*
- Station 'A' darf erst übertragen, wenn sie in den Besitz eines Frei-Tokens kommt.



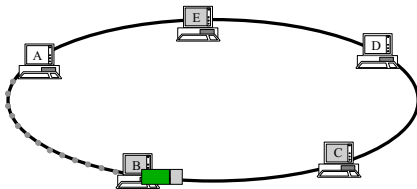
Token Ring Prinzip (2)

- Station 'A' hat freies Token bekommen und wandelt es in ein *Belegt-Token* um. Empfänger der Nachricht soll 'D' sein.
- Am Token wird die zu übertragende *Nachricht* angehängt.
- Das ganze Paket wird wieder auf den Ring gegeben.



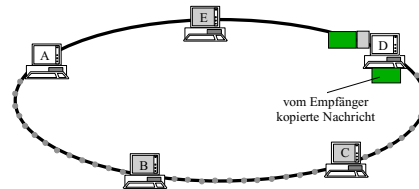
Token Ring Prinzip (3)

- Station 'B' und 'C' sehen, dass das Paket *nicht für sie bestimmt* ist (anhand der Empfängeradresse).
- Sie geben die Nachricht *ohne Veränderung* auf dem Ring weiter.



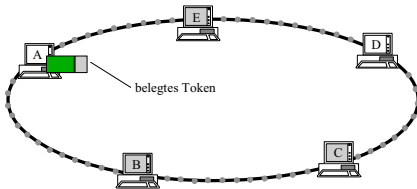
Token Ring Prinzip (4)

- Der richtige Empfänger 'D' *kopiert* sich die Nachricht und gibt das Paket *unverändert* auf dem Ring weiter.
- Das *Token bleibt* immer noch *besetzt*.



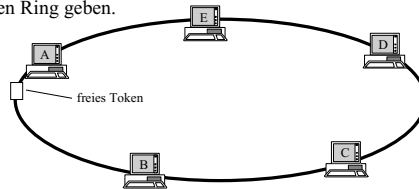
Token Ring Prinzip (5)

- Das Paket kommt wieder beim *ursprünglichen Sender* 'A' an.
- 'A' *entfernt das Paket* vom Ring.
- Durch Prüfung des Paketes hat 'A' eine Kontrolle über die Korrektheit der Übertragung.



Token Ring Prinzip (6)

- Station 'A' hat nach der Prüfung des Paketes seine Übertragung *entgültig beendet*.
- Das *Besetzt-Token* wird in ein *Frei-Token* gewandelt.
- 'A' gibt das freie Token auf den Ring - der Ursprungszustand ist wieder hergestellt und die nächste sendewillige Station kann Daten auf den Ring geben.



Der **physikalische Ring** entspricht auch in der logischen Abfrage einem Ring, auch wenn er von der geografischen Ausbreitung her meistens die Form eines Sterns hat (**'star shaped ring'**). Das Token-Ring-Medienzugangsverfahren gestattet die Bildung von Prioritäten, wodurch gewährleistet wird, daß Stationen mit höherer Priorität einen schnellen Medienzugang erhalten

Das Token-Ring-LAN arbeitet mit einer **Übertragungsrate von 4 Mbit/s und 16Mbit/s**. IEEE definiert den IEEE 802.5-Standard für Token Ring als ein Basisbandübertragungssystem auf STP mit Datenraten von 4 Mbit/s sowie auf Koaxialkabel mit 4, 20 und 40 Mbit/s. IBM unterstützt das standardisierte Verfahren mit 4 Mbit/s und eine eigene Variante mit 16 Mbit/s auf einer Mischung von STP und fiber optic und dem early token release-Verfahren. Erst eine Ergänzung des IEEE-Standards vom November 1988 hat die 4/16-Mbit/s-Operation, LLC Typ 3-Unterstützung (Acknowledged Connectionless Service), early token release und station management erfaßt, womit eine Angleichung von IBM und IEEE stattfand.

Das **bei IEEE 802.5 verwendete 'early token release'** ist nicht absolut identisch mit dem bei FDDI. Beim Token Ring handelt es sich um die **'Single-Token-Ring'-Variante**. Hier wird ein neues Frei-Token generiert, wenn der Sender den Kopf der Nachricht zurückerhalten hat und die gesamte Nachricht übertragen wurde. Es können das Ende der einen und der Beginn der nächsten Nachricht auf dem Ring sein. (Beim FDDI 'Multiple-Token-Ring' können gleichzeitig mehrere Token, jedoch nur ein freies Token, auf dem Ring sein.)

Der Token Ring MAC-Frame

Der MAC-Sublayer überwacht die Übertragung von Informationen zwischen Physical Layer und LLC-Layer. Ob es sich im Einzelfall um die Übertragung eines MAC-Frame oder um die eines LLC-Frame handelt, wird im zu übertragenden Frame in einem dafür vorgesehenen Kontrollfeld festgelegt. So erkennt jede Protokollschicht, ob der Frame durch sie interpretiert werden muß oder nicht.

Innerhalb der MAC-Protokollschicht werden Funktionen wie - Token Management, - timing, - Adreßkennung, - Frame copying, - Frame Status generieren und überprüfen, - Routing und, - Prioritäten-Management durchgeführt.

Die Adressierung

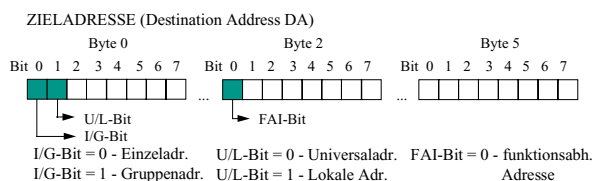
Insgesamt sind **zwei oder sechs Bytes reserviert für die Adressierung**. IBM benutzt in allen Anwendungen die Sechs-Byte-Adressierung. Man unterscheidet im Token Ring zwischen:

- **individuellen Adressen**
- **Gruppenadressen**
- **einheitlich vom Hersteller verwalteten Adressen** (entsprechend IEEE; weltweit einheitlich)
- **lokal verwalteten Adressen** (4000) entsprechend eigener Vorstellung und Anpassung an die Firmenstruktur.

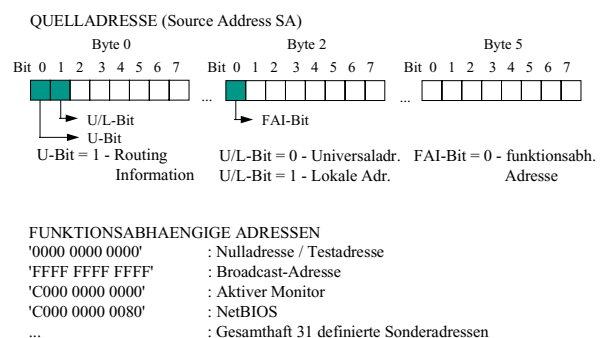
Zusätzlich zu diesen allgemeinen Adressen gibt es Adressen mit speziellen Funktionen. Die Zieladresse, die Absenderadresse und die funktionsabhängigen Adressen unterscheiden sich in ihrem Aufbau. Die **Zieladresse** ist in IBM LANs immer sechs Zeichen (Byte) lang. Alle '**funktionsabhängigen Adressen**' müssen lokal vergebene Gruppenadressen sein (im Byte 0, Bit 0 = '1' und Bit 1 = '1'). Sie richten sich unter Umständen an mehrere Ziele (Gruppe) und entsprechen nicht der durch die Herstellerfirma der Interfacekarte festgelegten Adresse. Die Absenderadresse unterscheidet sich nur geringfügig von der Zieladresse.

Die Adressierung

- Die Adresse kann zwei oder sechs Byte lang sein, wobei meistens (IBM immer) die sechs Byte Adresse gewählt wird.
- Es gibt individuelle Adressen, Gruppenadressen, einheitlich vom Hersteller verwaltete Adressen und lokal verwaltete Adressen.
- Neben Ziel- und Quelladressen gibt es funktionsabhängige Adressen. Sie unterscheiden sich im Aufbau.



Die Adressierung (2)



Die Frame-Formate

Der **Token** besteht aus zwei besonderen Feldern, die den Token bzw. auch den Frame als solchen für eine Station erkennbar machen, dem **Starting-delimiter-Feld** und dem **ending delimiter** sowie dem eigentlichen **Zugriffskontrollfeld**.

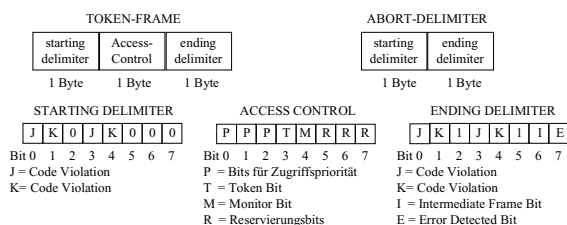
Wie auch der Token besitzt der **Frame** den **Starting und Ending Delimiter**, das **Zugriffskontrollfeld (FC)** und zusätzliche **Kontroll- und Informationsfelder**. Das Starting- und Ending-delimiter-Feld beinhalten die im Differential Manchester Code vorgesehenen Non-coded-**Information-Bits J und K** (code violation), die nur in diesen beiden Feldern vorkommen und

damit eine **eindeutige Identifizierung des Tokens bzw. Frames** ermöglichen. (Bei dieser Codierung wechselt der Zustand, wie bei der Manchester-Codierung, jeweils in der Bitmitte. Die Übergangsrichtung wechselt immer bei einer 'Eins'. Diese Codierung ergibt sich aus einer XOR-Verknüpfung von Taktsignal und einem NRZ-I-codiertem Signal.) Das **Zugriffskontrollfeld (Access Control)** kommt sowohl in einem Token als auch in einem Frame vor. Anhand des **Token-Bit** kann die jeweilige Station erkennen, ob es sich um ein **Token (T-Bit = '0')** oder um einen **Frame (T-Bit = '1')**. Zusätzlich wird dieses Feld auch vom **Monitor** im Ring zu Kontrollzwecken benutzt.

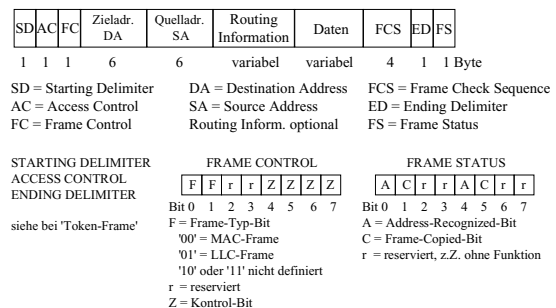
Frame check sequence ist ein 4 Byte langes Feld, in dem mit Hilfe des **CRC-Verfahrens** sichergestellt werden kann, ob die zu übertragende Nachricht nicht während der eigentlichen Übertragung verändert wurde. Das Verfahren entspricht dem CRC-Verfahren bei HDLC bzw. SDLC.

802.5-Frame - das Token

- Es gibt grundsätzlich zwei Token: das eigentliche Token sowie der abort delimiter (Abbruch-, resp. Initialisierungs-Token).
- Der abort delimiter ist im Aufbau bis auf das Zugriffskontrollfeld (Access Control) gleich wie das Token.



802.5-Frame (2)



Die Token Ring Umsetzung

Der Anschluß der Endgeräte an den Token Ring erfolgt über einen **Ringleitungsverteiler**. Ausgehend von einer Grundausstattung mit passiven Ringleitungsverteilern und einer Verkabelung mit **IBM STP (shielded twisted pair) Kabeltyp 1** ('IBM-Kabel Typ 1') wurde das Token-Ring-Netzwerk laufend weiterentwickelt. Zunächst kamen Möglichkeiten zur Verbindung von Ringen über Brücken mittels des Source-routing-Verfahrens (siehe dazu IEEE 802.1, Spanning Tree Algorithm) und PC-Host-Kopplung hinzu. Später wurden aktive Ringleitungsverteiler mit mehr Steuerungsmöglichkeiten angeboten. Des weiteren wurden die Möglichkeiten zur Verkabelung erweitert. Heute hat sich neben IBM-Produkten ein großer Sekundärmarkt geöffnet, und Token Ring ist Element der Standard-LANs im Rahmen moderner Vernetzungskonzepte.

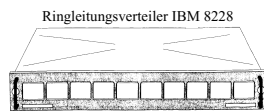
Der Ringleitungsverteiler (RLV)

Der Ringleitungsverteiler (RLV) gehört funktional in die Gruppe der Workgroup-Hubs. Er dient dem Anschluß von Endgeräten in einem Token-Ring-Netzwerk und enthält Anschlußpositionen für maximal 8 anschließbare Endgeräte, für die er einen internen Ring bildet. Die Anschluß-Kabel der Endgeräte an den Ringleitungsverteiler werden **Lobe** (siehe unten) genannt. Der Ringleitungsverteiler benötigt keine eigene Stromversorgung. Die Ansteuerung seiner Funktionen erfolgt durch die angeschlossenen Endgeräte. Die Einfügung eines Endgerätes in den Ring erfolgt durch Schaltung eines Relais im Ringleitungsverteiler, das durch zwei zusätzliche Anschlußleitungen gleichstrommäßig vom Endgerät aus geschaltet wird. Zur

Vergrößerung des Netzes können bis zu 33 Ringleitungsverteiler zu einem Ring zusammengesaltet werden. Dabei wird die Ausgangsbuchse (RO) des einen Verteilers mit der Eingangsbuchse (RI) des folgenden Verteilers verbunden. Diese Anschlüsse unterscheiden sich in der Funktionsweise von den Anschlüssen für die Endgeräte. IBM bietet zwei Ringleitungsverteiler für den Anschluß von Endgeräten, den *passiven Ringleitungsverteiler 8228* für bis zu 8 Endgeräte und den aktiven Verteiler 8230, an den jeweils bis zu vier Leitungsanschlüsseinheiten angeschlossen werden können. An jeder dieser Anschlußeinheiten können bis zu 20 Endgeräte an den Token Ring angeschlossen werden.

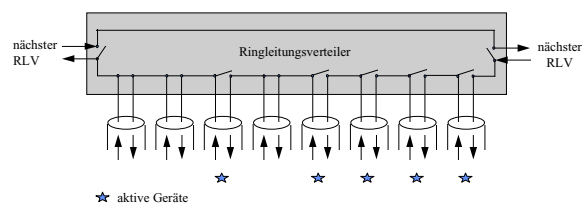
Ringleitungsverteiler (RLV)

- Der Ringleitungsverteiler trägt die (IBM-) Bezeichnung 8228.
- Er ist passiv (keine eigene Stromversorgung).
- Er verknüpft die angeschlossenen Stationen zu einem Ring.
- Stationen werden automatisch angefügt, respektive entfernt.
- Es können bis zu 8 Stationen pro RLV angeschlossen werden.
- Die Anschlüsse links und rechts dienen der Erweiterung des RLV.



Ringleitungsverteiler (RLV) (2)

- Im Ruhezustand (kein Gerät angeschlossen) ist die Brücke im Ringleitungsverteiler geschlossen.
- Die Erweiterung des Rings erfolgt durch das Stecken eines Gerätes.
- Gleiches Prinzip bei der Ringerweiterung durch einen weiteren RLV.



Der Lobe

Die Kabel zum Anschluß der Endgeräte an einen Ringleitungsverteiler in einem Token-Ring-Netzwerk werden allgemein als 'Lobe' bezeichnet. Für die Lobes kann der IBM-Kabeltyp 1 verwendet werden. Alternativ können Datenleitungen vom Typ 3 oder Typ 5 eingesetzt werden (siehe dazu weiter unten 'IBM-Verkabelungssystem'). Die maximale Ausdehnung eines Rings bei Verwendung von Standardkabeln ist begrenzt und hängt von der Anzahl der Ringleitungsverteiler und der Verteilerräume ab. Generell sollte die Lobe-Kabellänge bei 4-Mbit/s-Token Ring-Installationen 100 m nicht überschreiten. Eine spätere Erweiterung des Rings hat dann keine Auswirkungen auf die Lobe-Länge. Bei 16-Mbit/s-Ringen sollte die Lobe-Länge 50 m nicht überschreiten.