

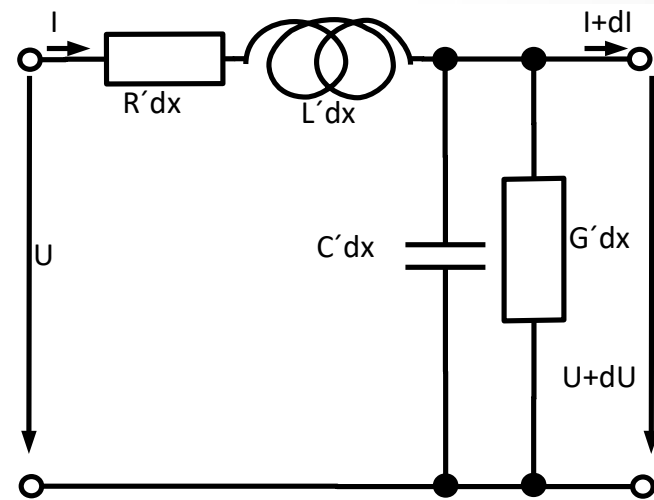
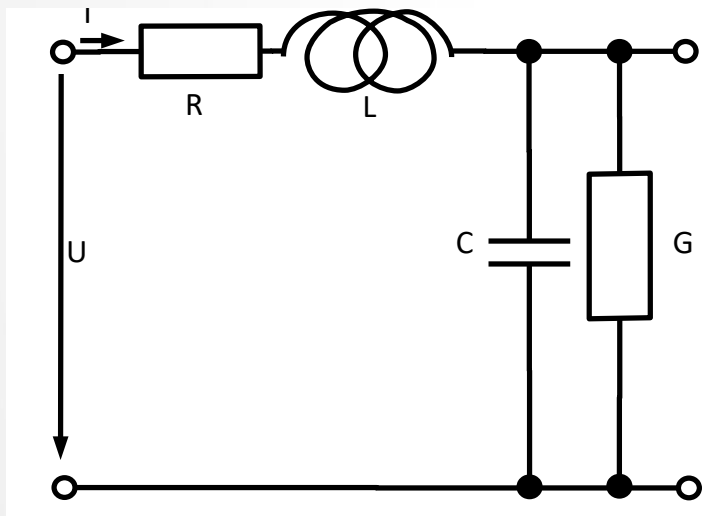
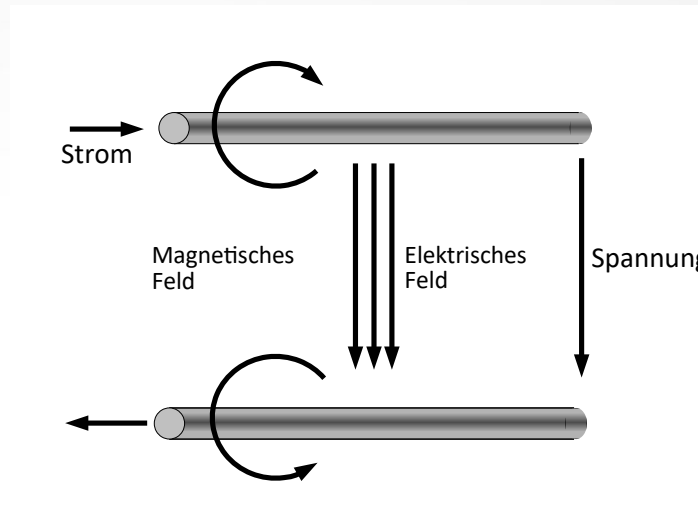
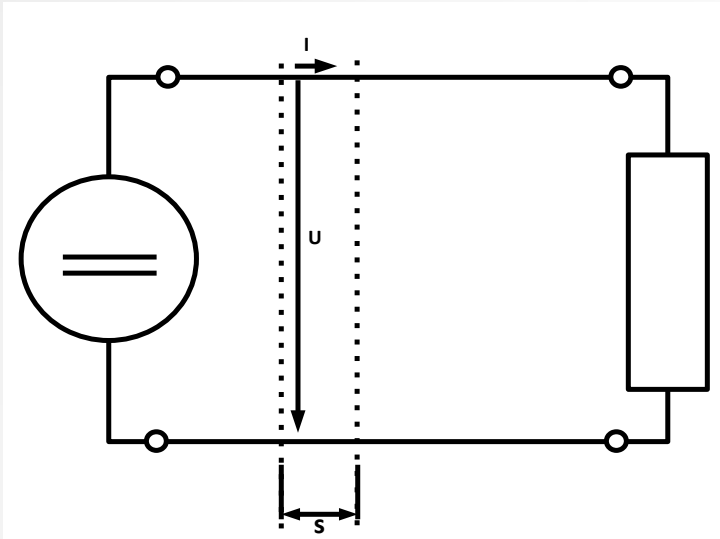
Netztechnik Vorlesung Teil-4

Netztechnik-Vorlesung Teil-4

Inhalt

- Leitungstheorie
- Leitungsmessungen
- Zugriffsverfahren

Leitungstheorie

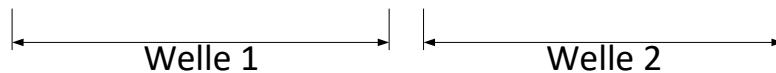


Leitungstheorie

Wellenwiderstand / Wellenausbreitung / Reflexion

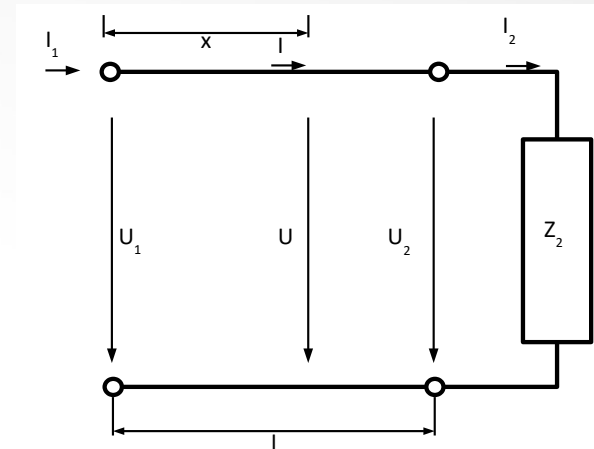
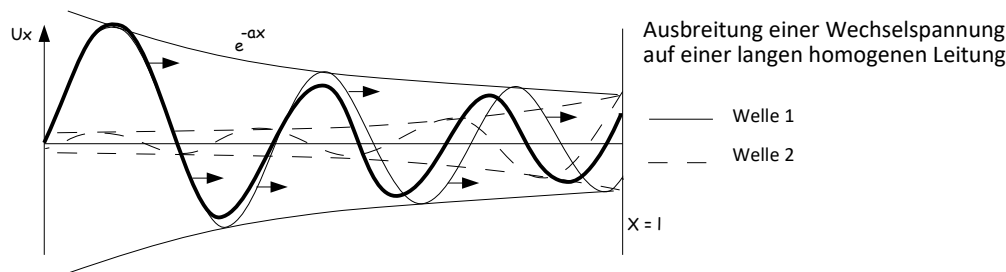
$$Z_W = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$$

$$U \cdot e^{j\omega t} = a_1 \cdot e^{-\alpha x} \cdot e^{j(\omega t - \beta x)} + a_2 \cdot e^{\alpha x} \cdot e^{j(\omega t + \beta x)}$$



Hauptwelle (Welle 1) Ausbreitung in positiver Richtung mit exponentiell abnehmender Amplitude

Reflektierte Welle (Welle 2) Ausbreitung in negativer Richtung mit ebenfalls exponentiell abnehmender Amplitude



$$r = \frac{Z_2 - Z_W}{Z_2 + Z_W}$$

Hier lassen sich drei wichtige Sonderfälle feststellen:

Anpassung bei $Z_2 = Z_W$

Hier verschwindet die Welle

Kurzschluss bei $Z_2 = 0$

Hier wird die Welle mit umgekehrter Polarität reflektiert $U_R = -U_H$

Leerlauf bei $Z_2 = \infty$

Hier wird die Welle mit der selben Polarität reflektiert $U_R = U_H$

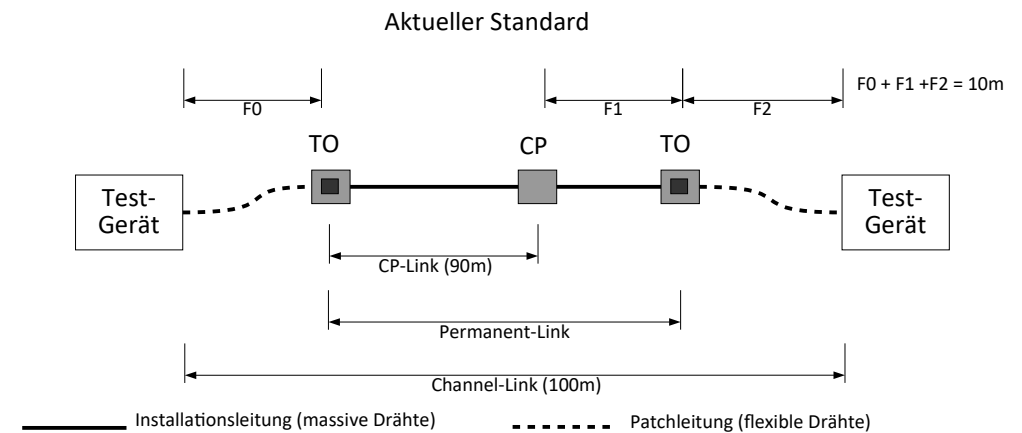
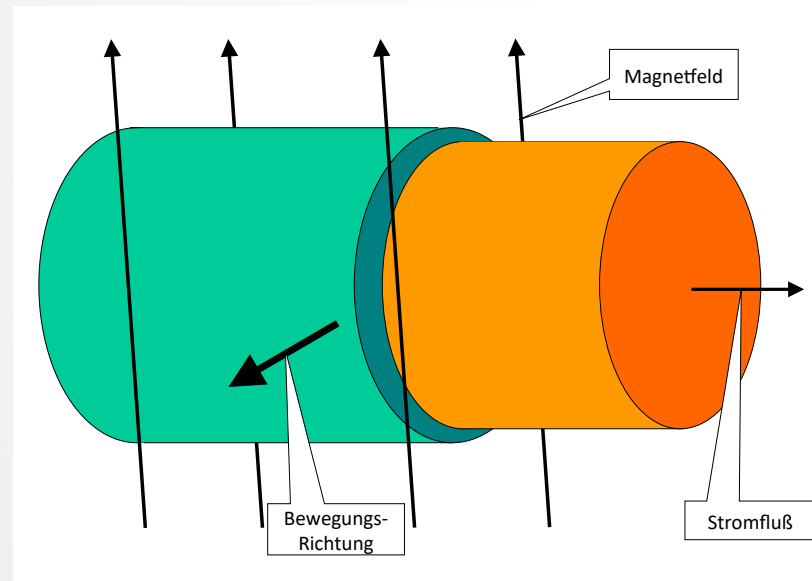
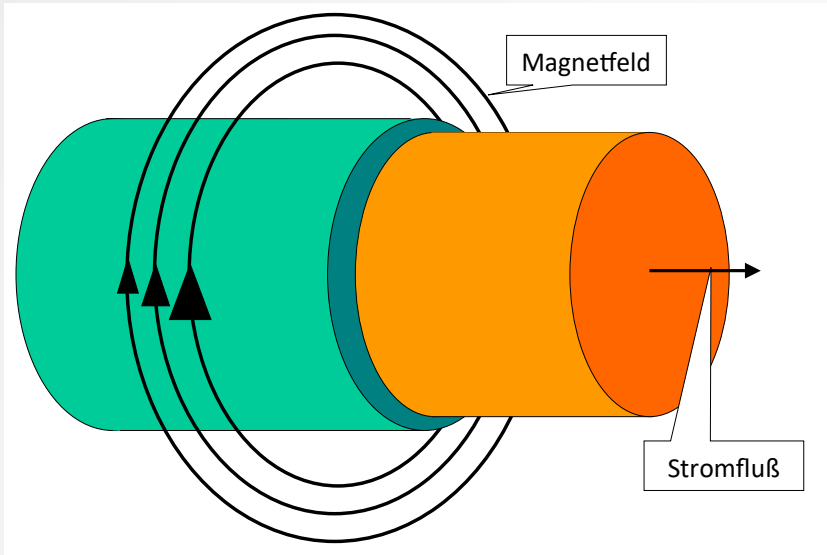
Ausbreitungsgeschwindigkeit

Laufzeit $T = \sqrt{L' C'} \cdot l$
_D

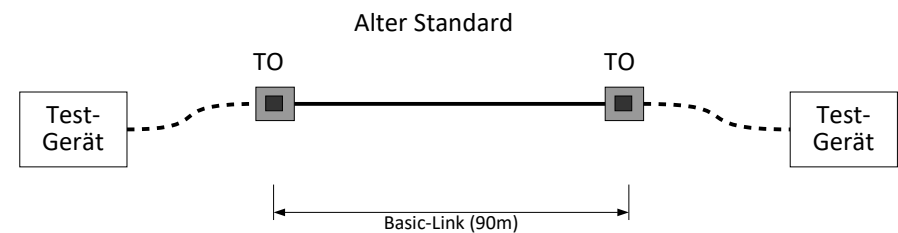
Die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle im Leiter beträgt ca. 2/3 der Lichtgeschwindigkeit c im Vakuum.

$$c = 299792 \text{ km/s}$$

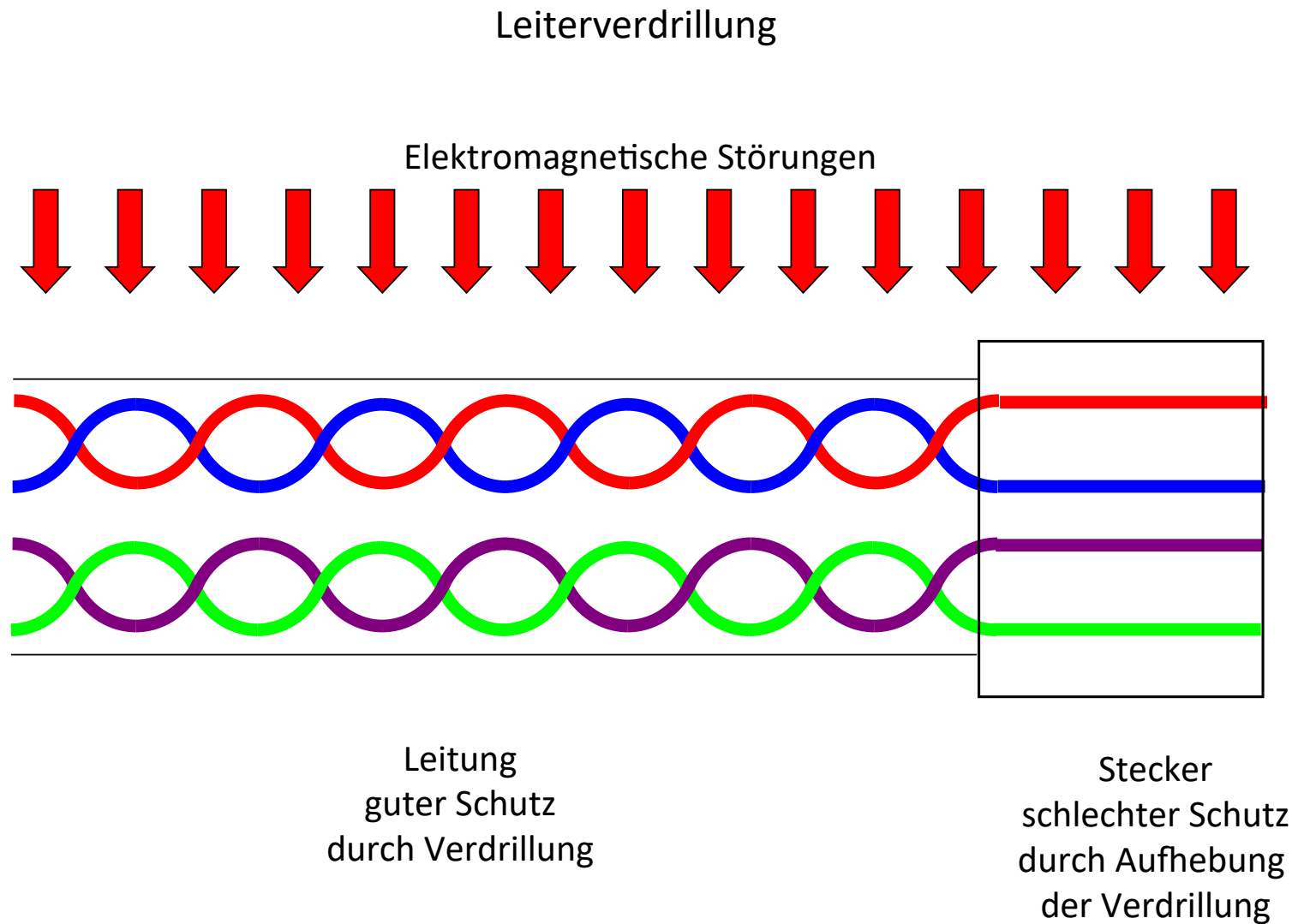
Leitungsmessungen Grundlagen



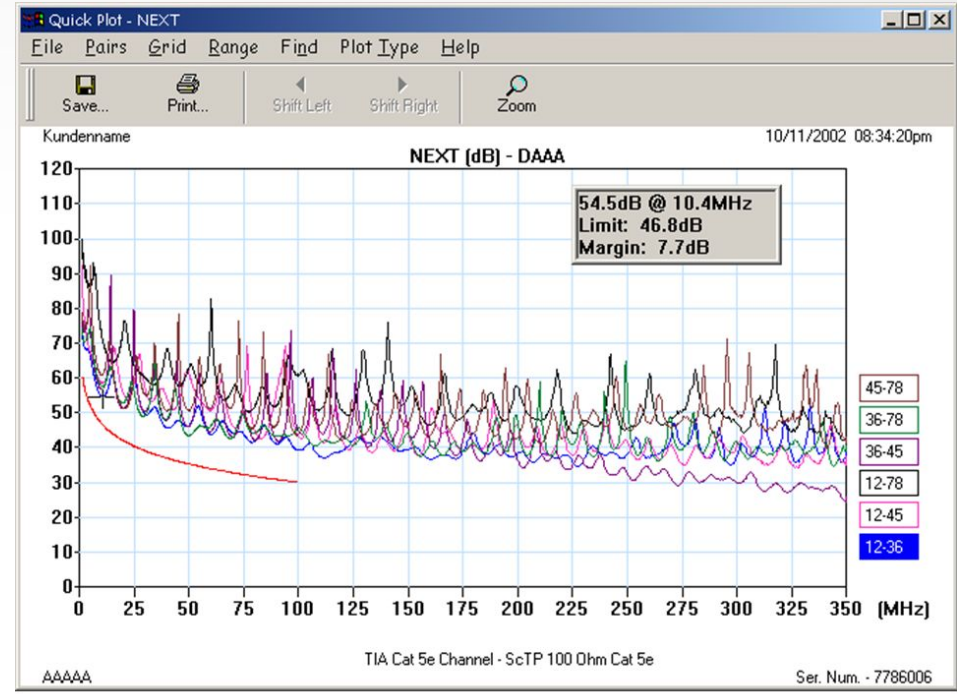
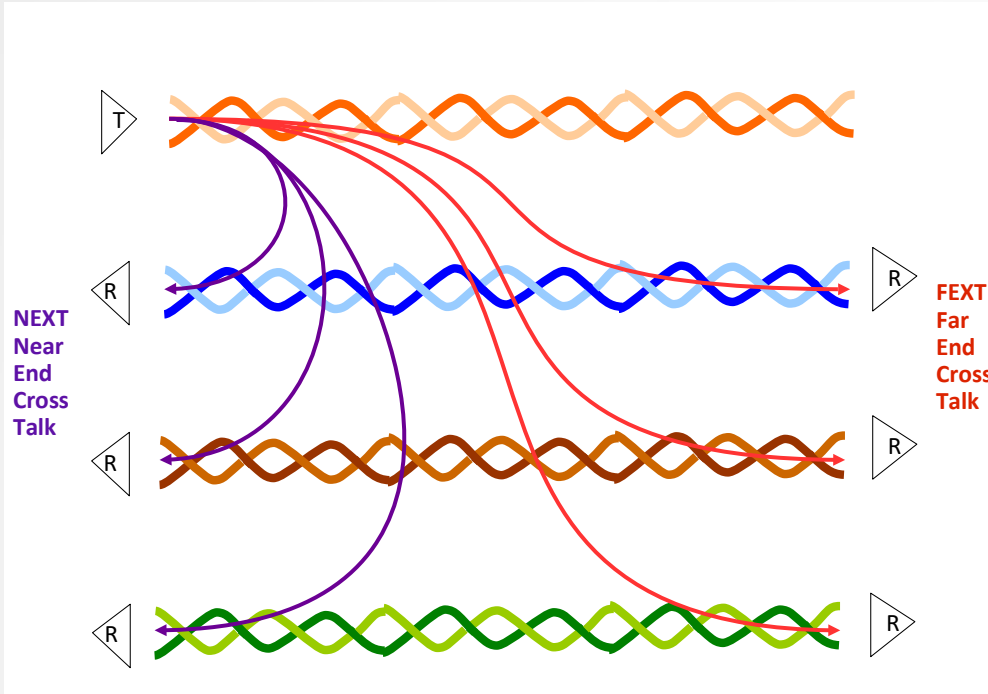
TO = Terminal Outlet (deutsch: Anschlussdose / Patchpanel)
 CP = Consolidation Point



Leitungsmessungen Twisted Pair



Leitungsmessungen NEXT / FEXT



$$\text{NEXT [dB]} = 20 * \log U_T / U_R$$

oder

$$\text{NEXT [dB]} = 10 * \log P_T / P_R$$

Leitungsmessungen

Dämpfung



Bei Verwendung der Spannungen gilt:

$$a \text{ [dB]} = 20 * \log U_T / U_R$$

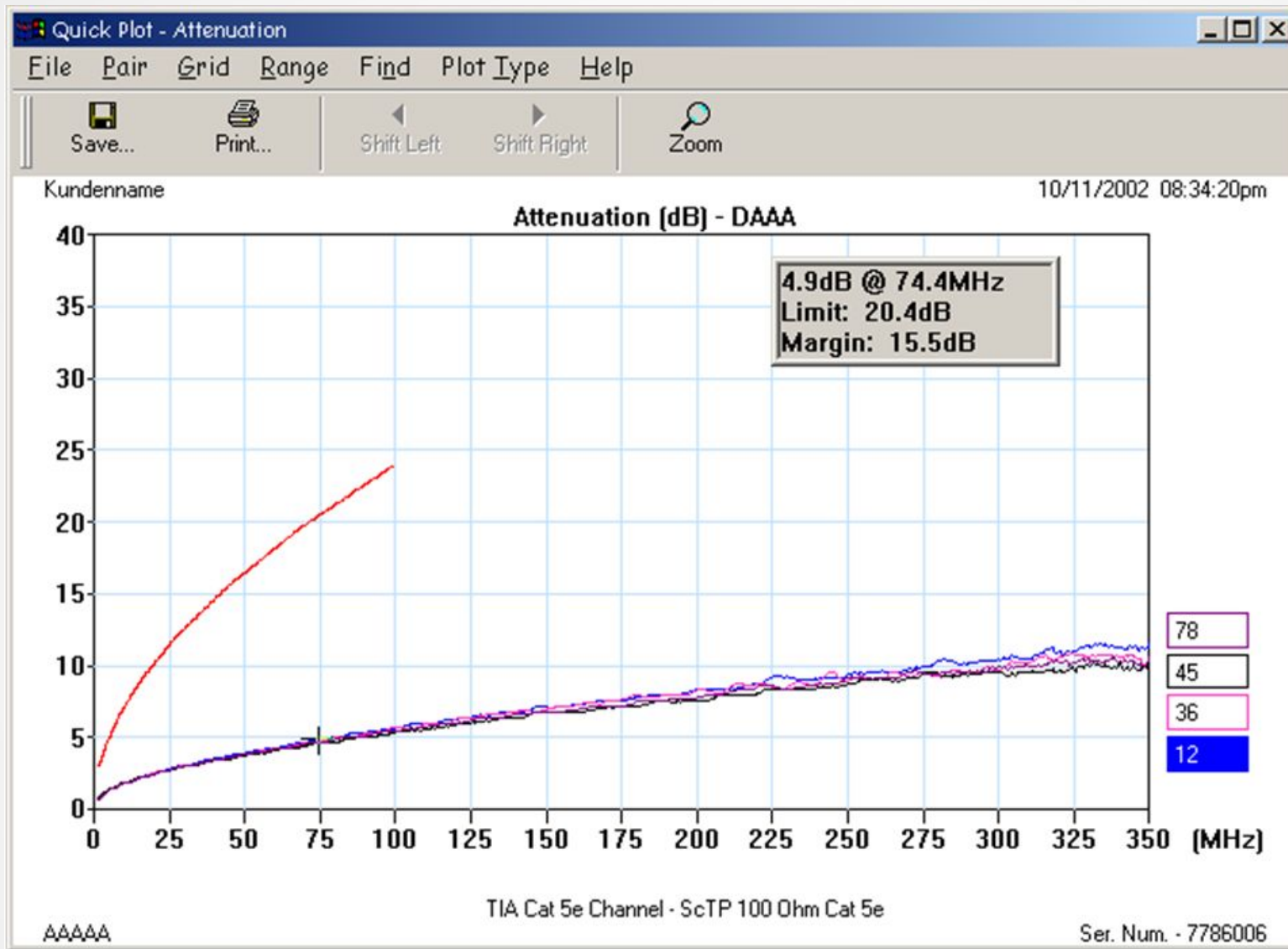
Dämpfung a (Attenuation) in db

| Verhältnis U_R / U_T | Dezibel |
|------------------------|---------|
| 1 | 0 |
| 1 / 2 | -6 |
| 1 / 4 | -12 |
| 1 / 5 | -14 |
| 1 / 10 | -20 |
| 1 / 20 | -26 |
| 2 / 1 | 6 |
| 4 / 1 | 12 |
| 5 / 1 | 14 |
| 10 / 1 | 20 |
| 20 / 1 | 26 |

Bei Verwendung der Leistungen gilt:

$$a \text{ [dB]} = 10 * \log P_T / P_R$$

Leitungsmessungen Dämpfung



Leitungsmessungen

SNR (Signal to Noise Ratio) / Störabstand

BER (Bit Error Rate) / Bitfehlerrate

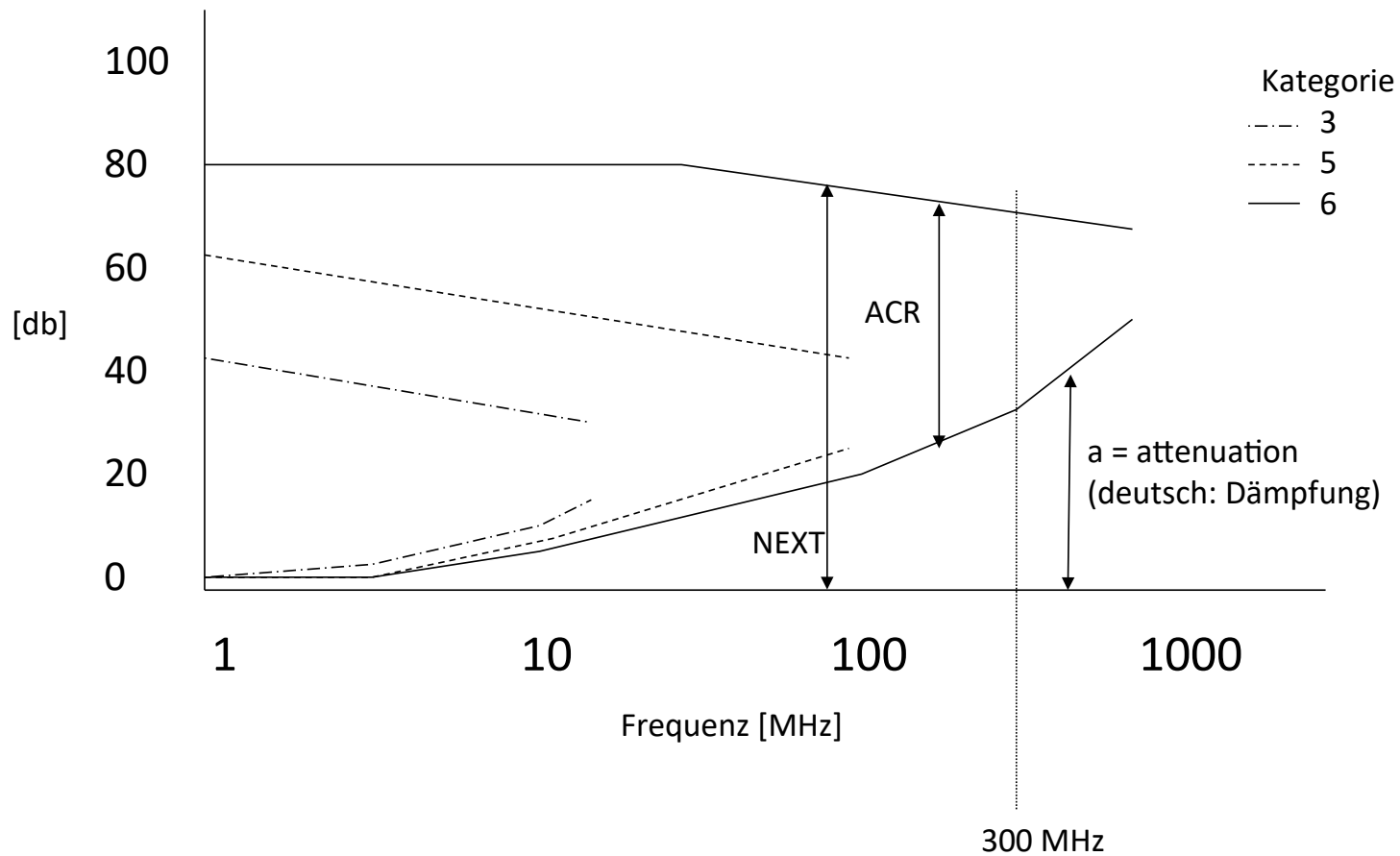
$$\text{SNR [dB]} = 10 \log(P_T / P_{\text{Rausch}})$$

$$\text{SNR [dB]} = 20 \log(U_T / U_{\text{Rausch}})$$

$\text{BER} = \text{Anzahl der Bitfehler} / \text{Anzahl aller übertragenen Bits}$

Leitungsmessungen

ACR (Attenuation – Crosstalk - Ratio)

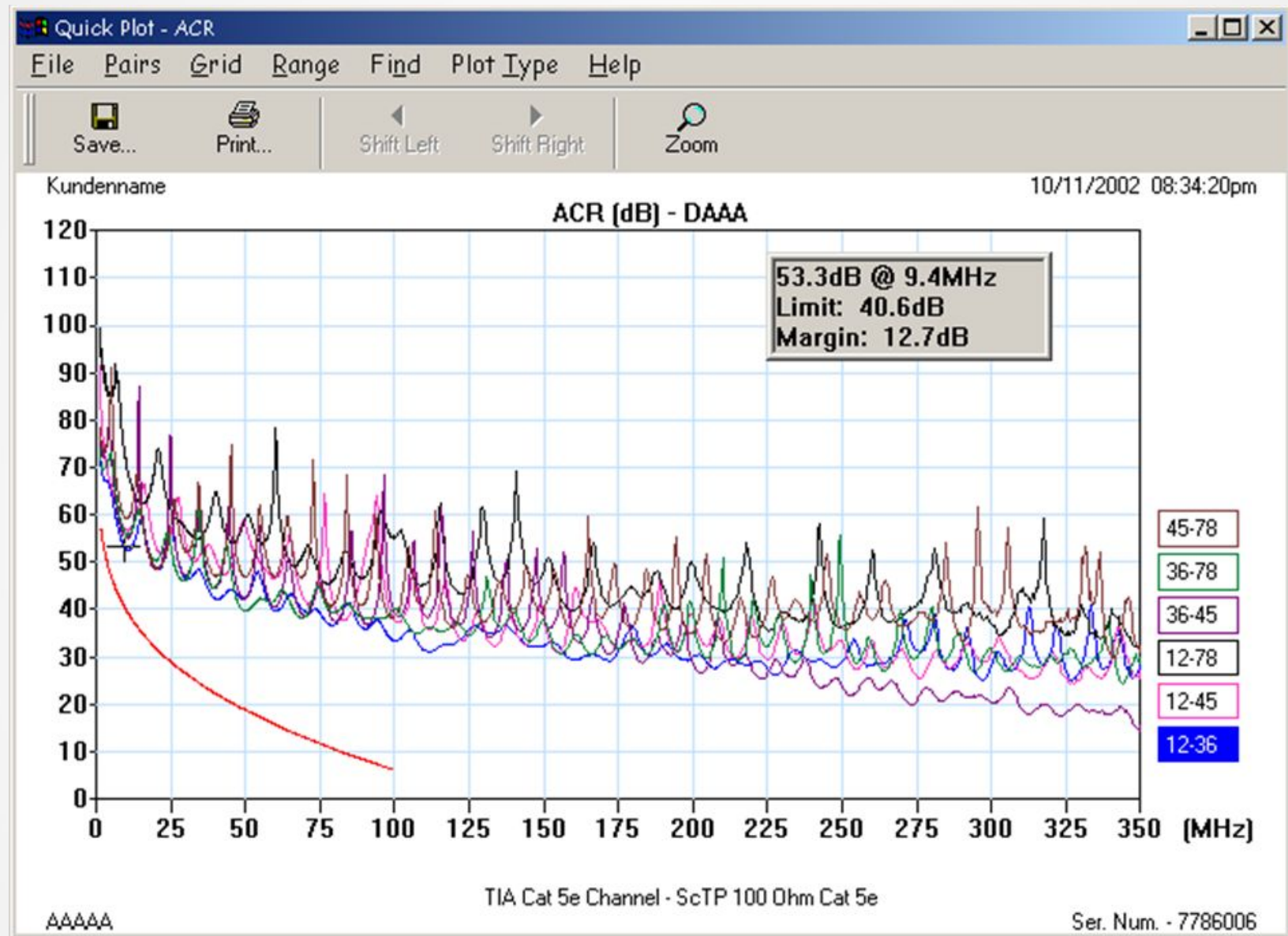


Berechnung von des ACR :

$$\text{ACR [db]} = \text{NEXT [db]} - a \text{ [db]}$$

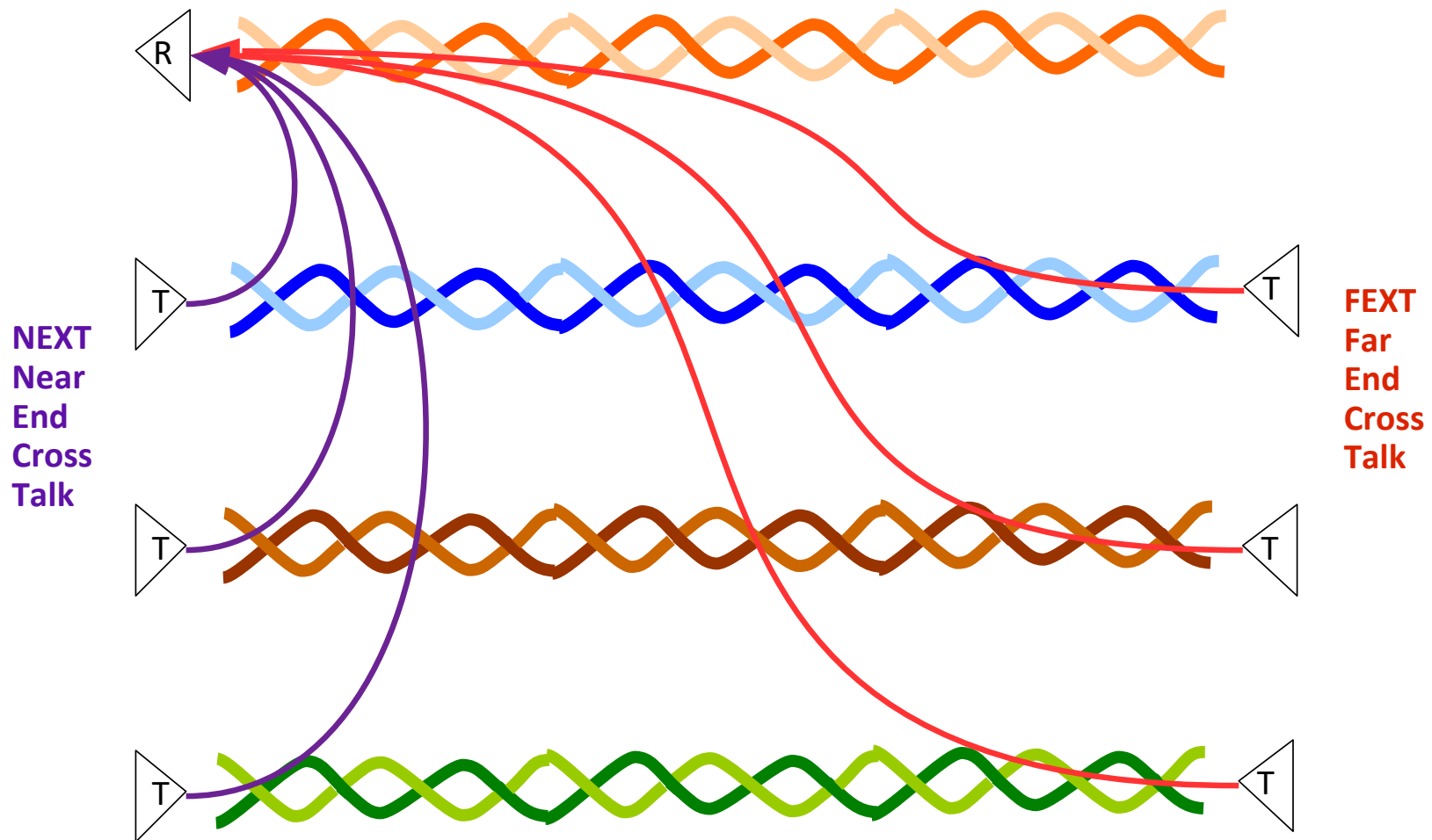
Leitungsmessungen

ACR (Attenuation – Crosstalk – Ratio)

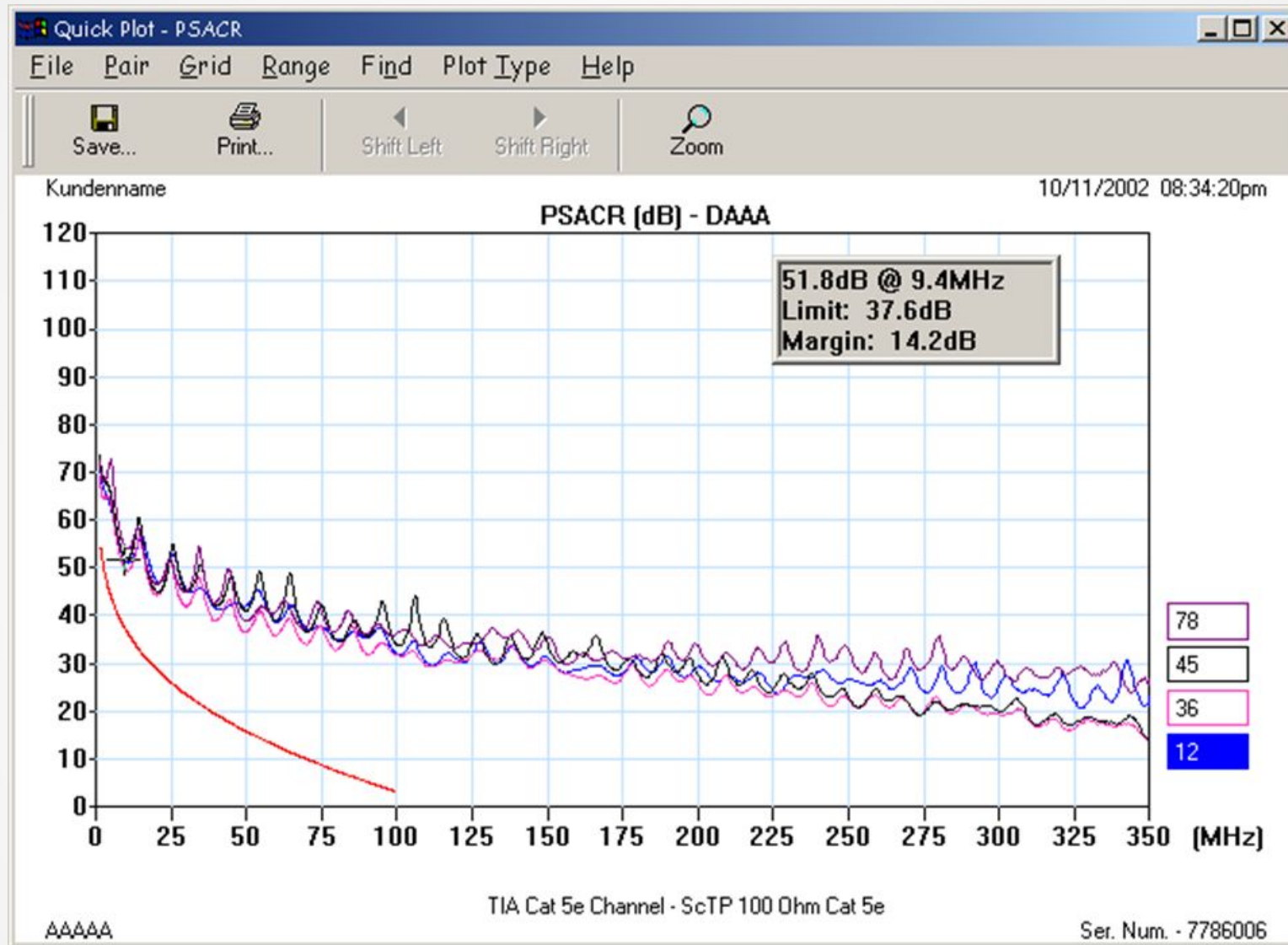


Leitungsmessungen

PSNEXT (Power Sum NEXT), PSFEXT (Power Sum FEXT)

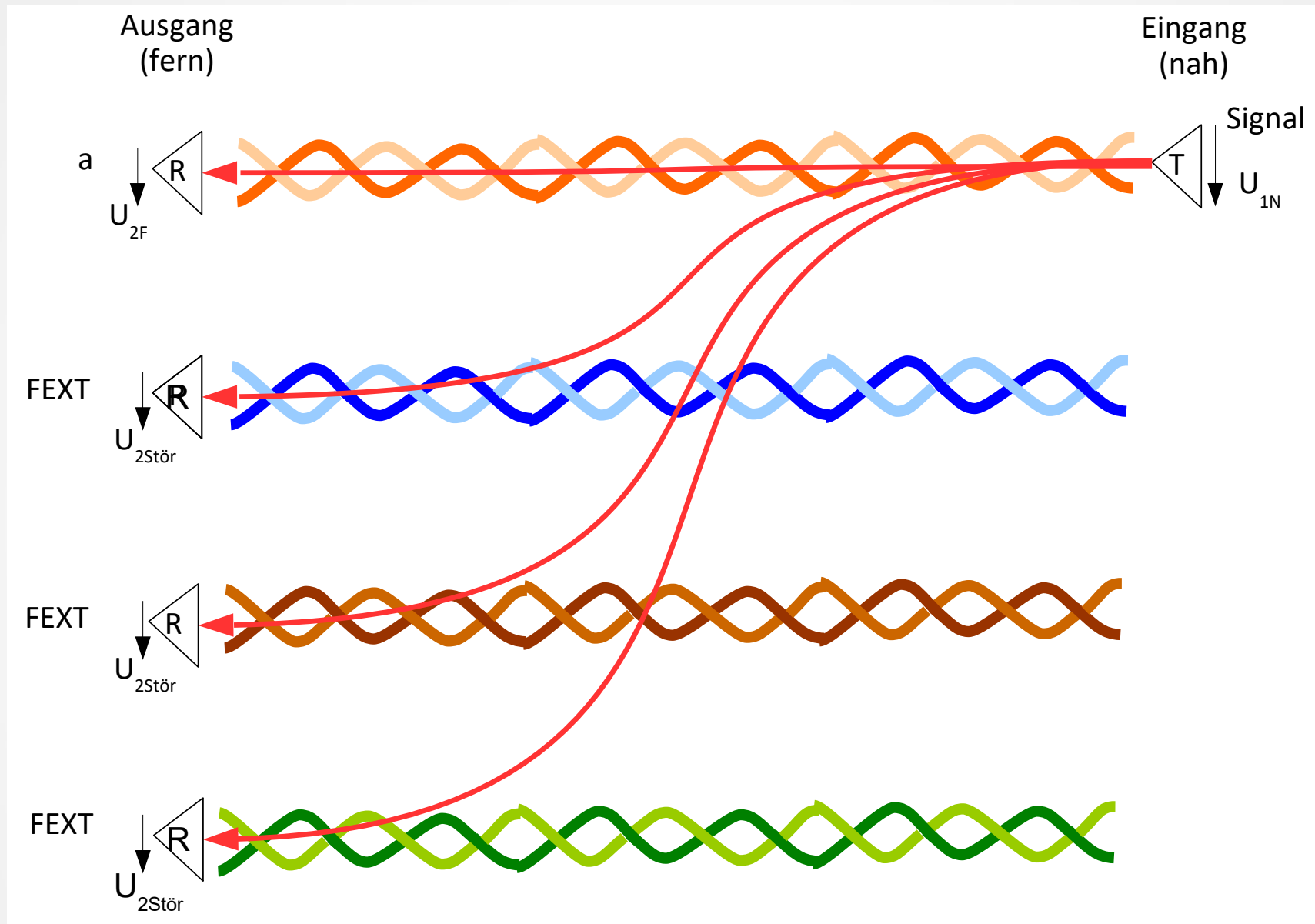


Leitungsmessungen PSACR (Power Sum ACR)



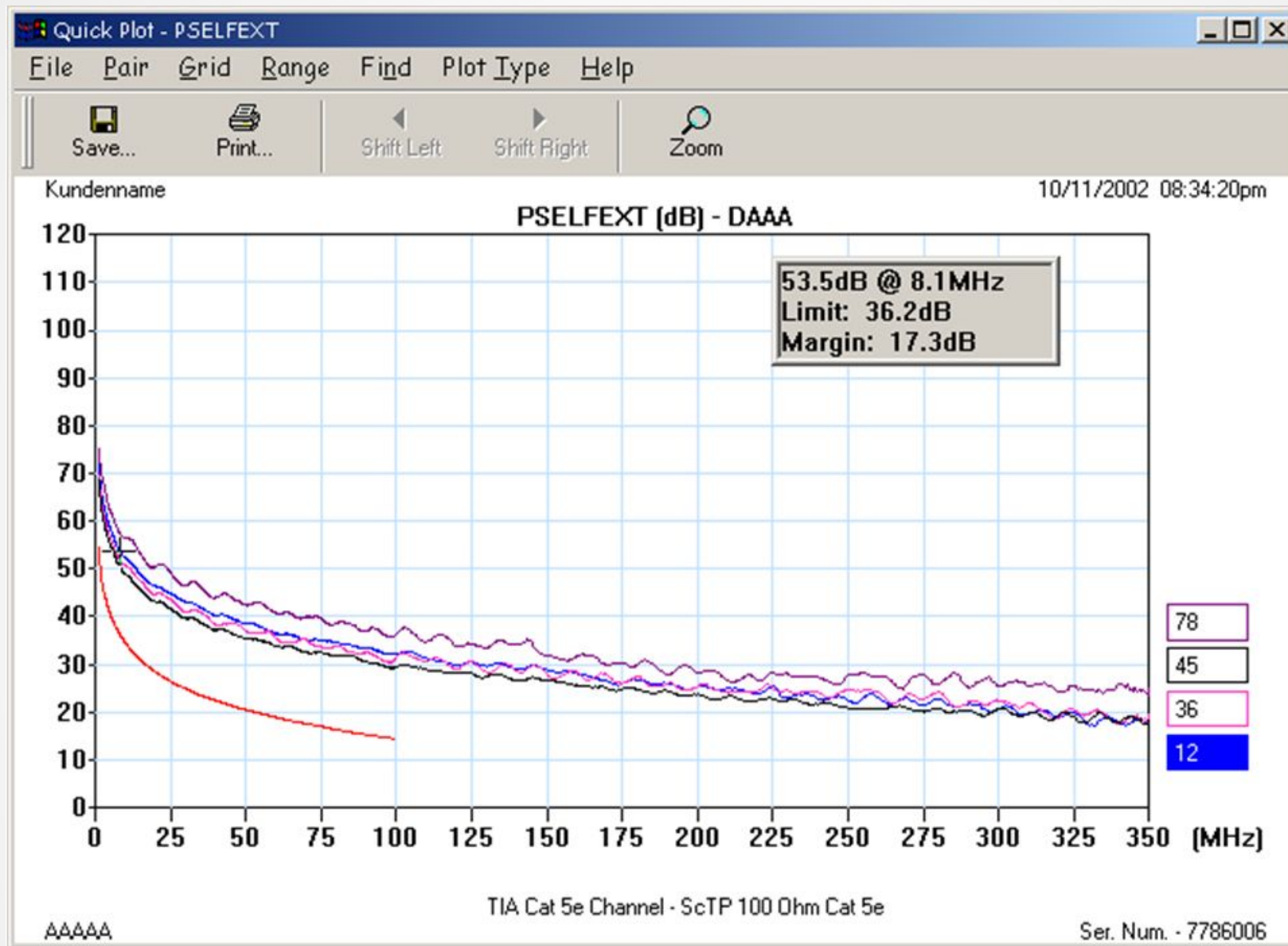
Leitungsmessungen

ELFEXT (Equalized Level FEXT)



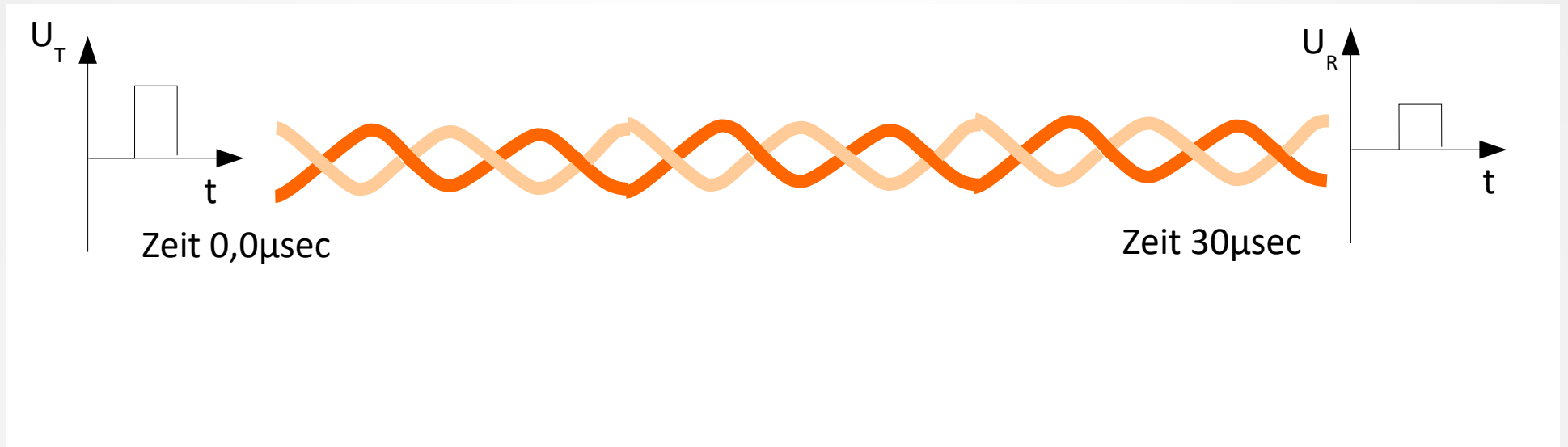
Leitungsmessungen

PSELFEXT (Power Sum Equalized Level FEXT)



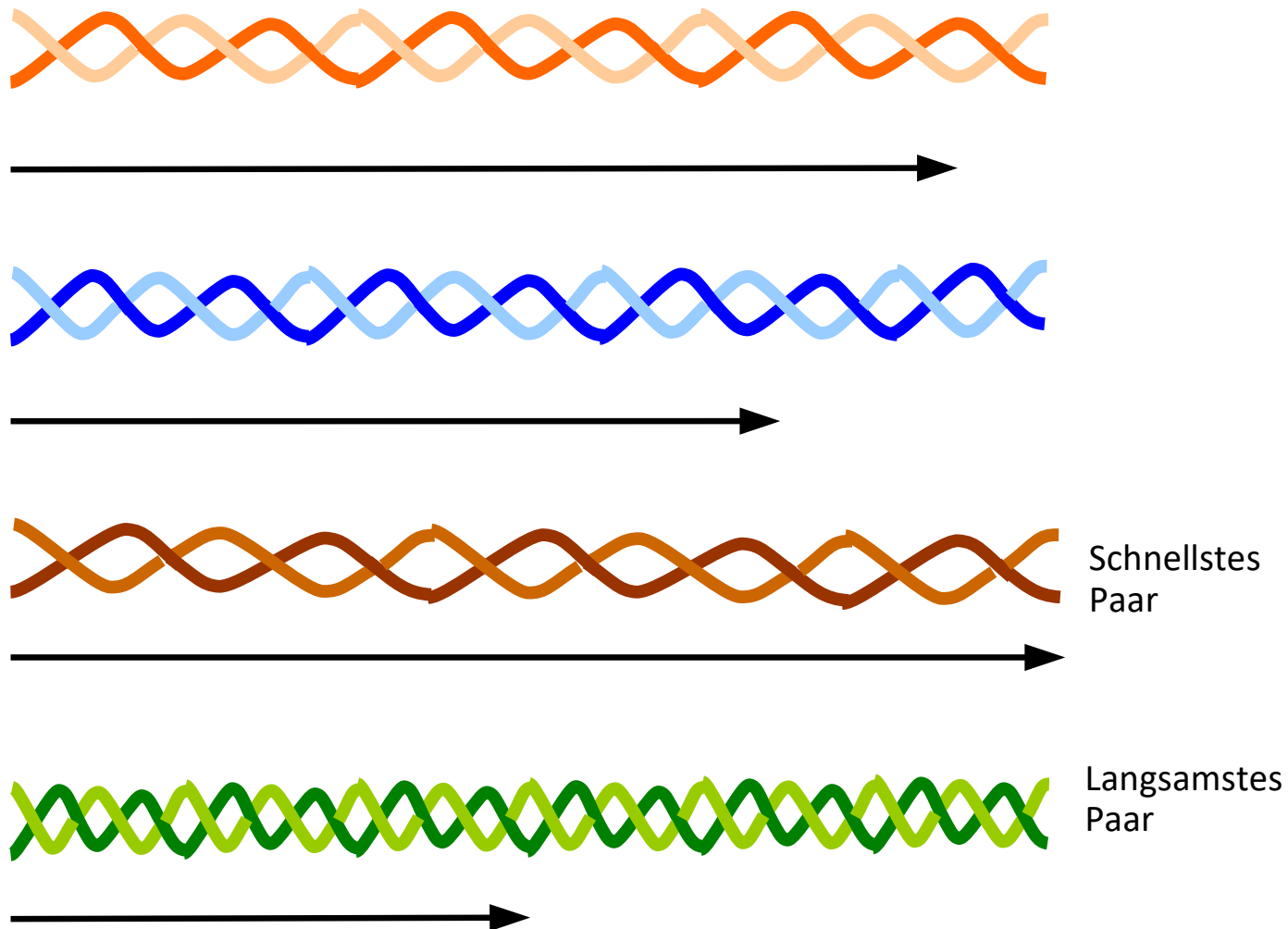
Leitungsmessungen

Propagation Delay



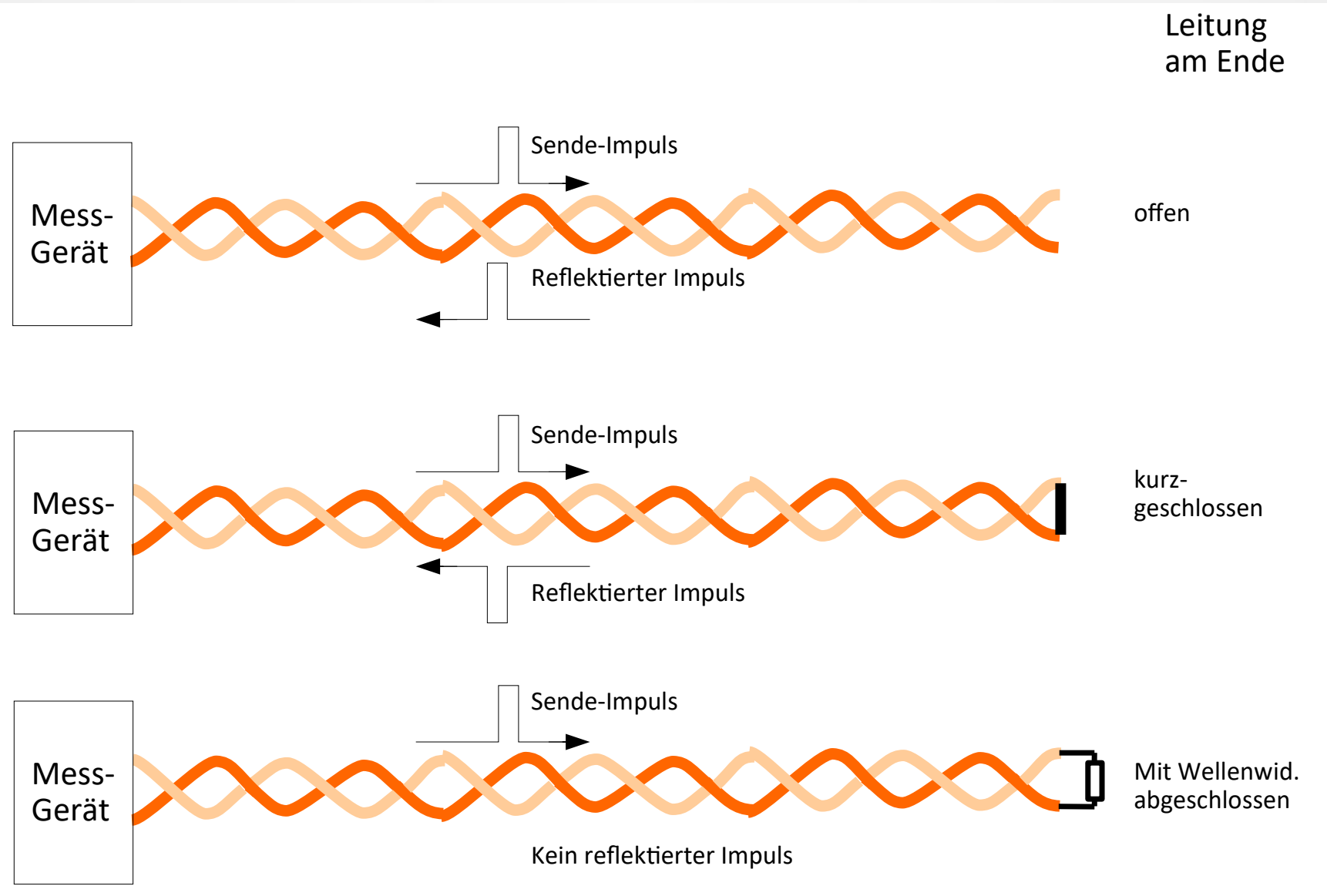
Leitungsmessungen

Propagation Delay Skew



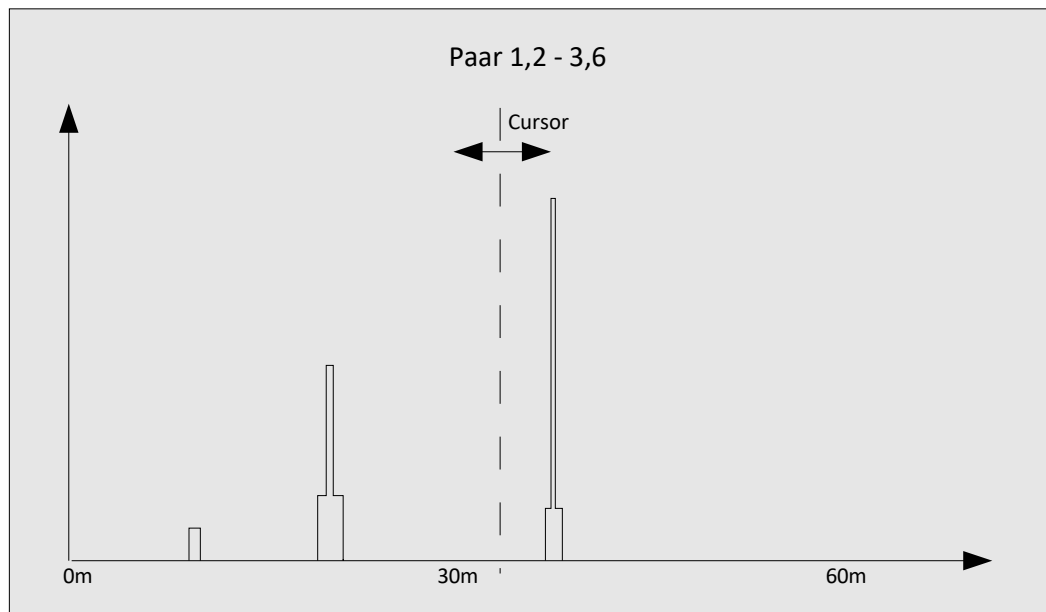
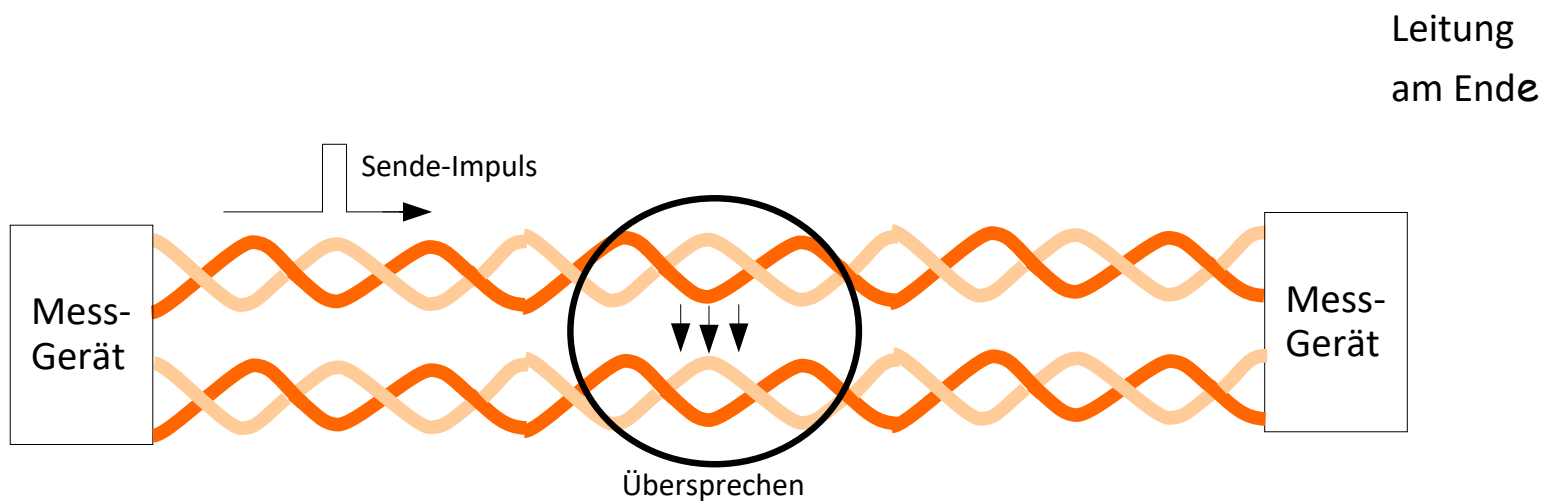
Leitungsmessungen

HDTDR (High Definition Time Domain Reflectometry)



Leitungsmessungen

HDTDx (High Definition Time Domain Crosstalk)

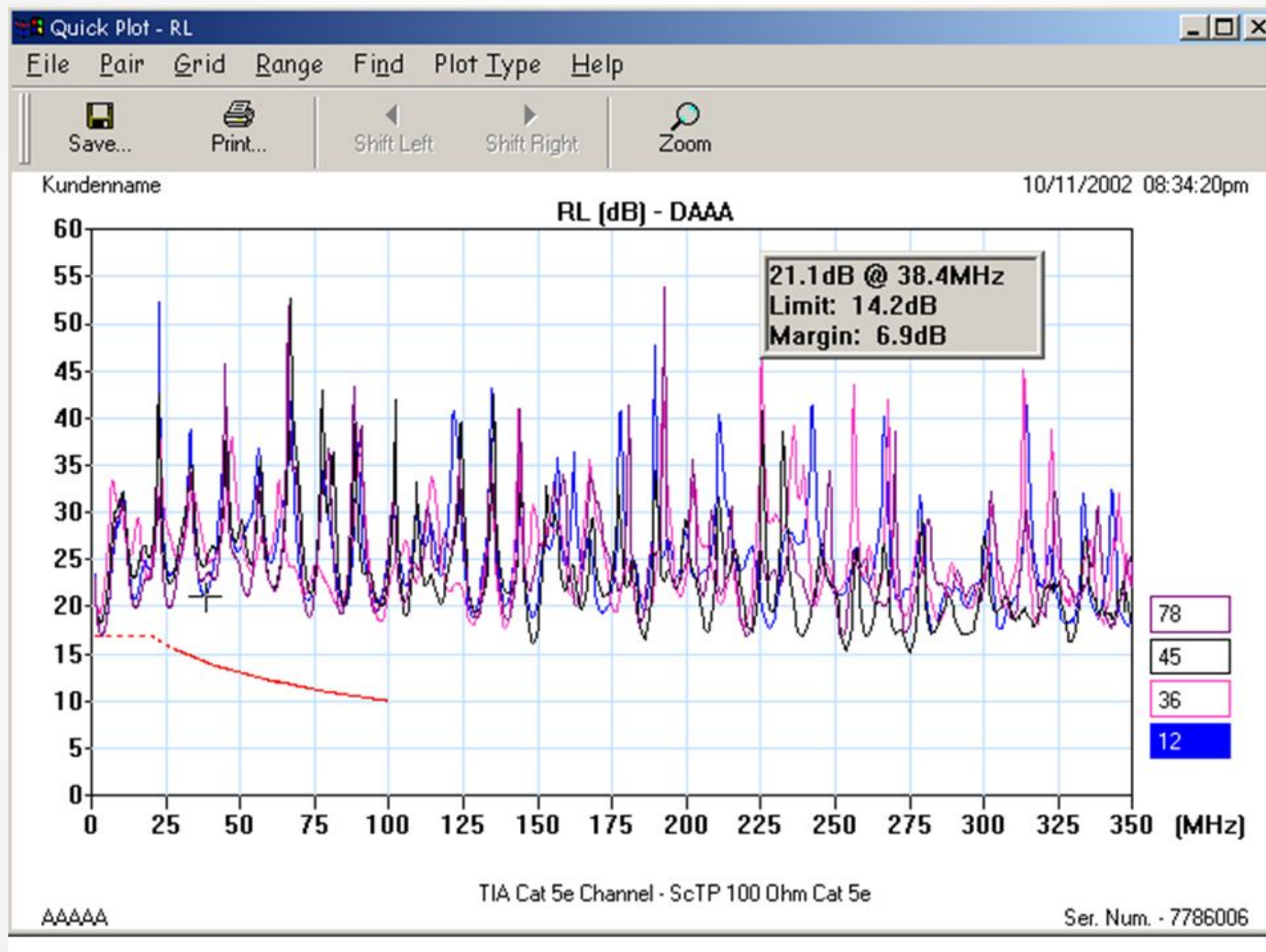


HDTDx-Messung

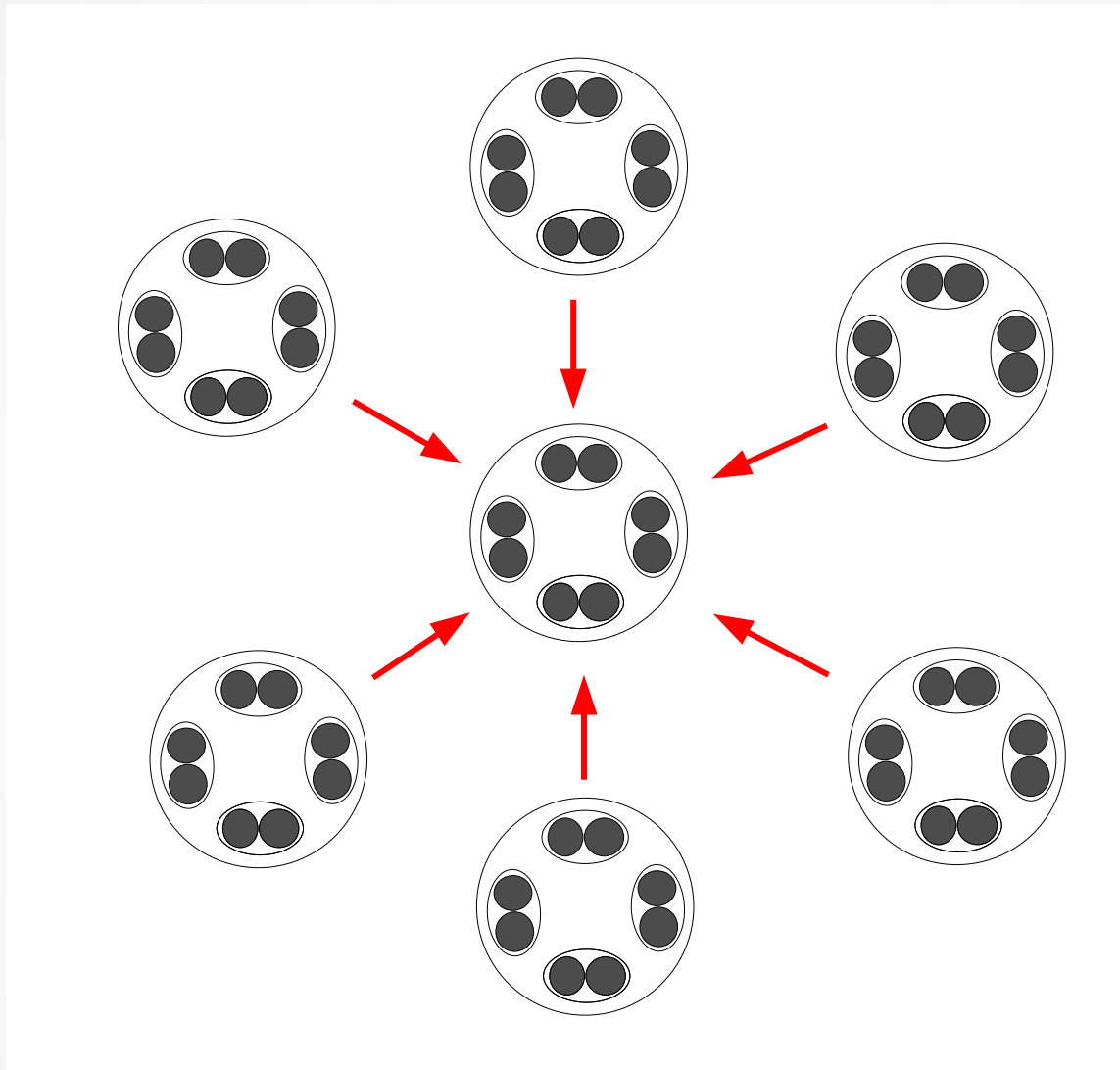
Leitungsmessungen

Return Loss (RL)

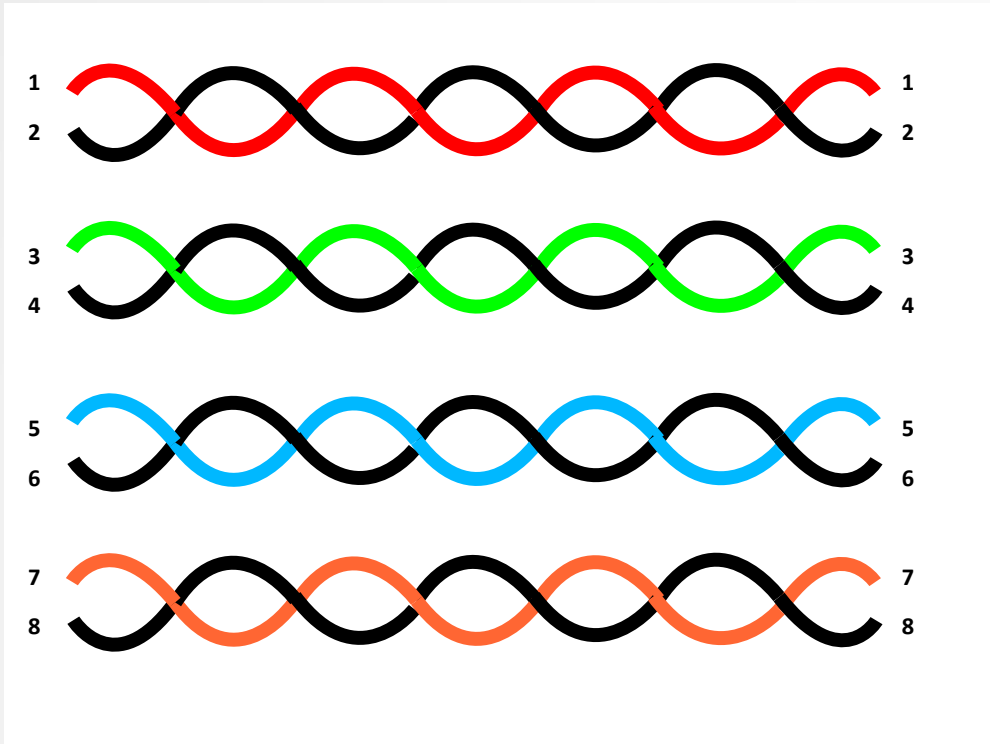
RL ist die Messung aller Reflexionen, die durch Fehlanpassungen der Impedanzen hervorgerufen werden.



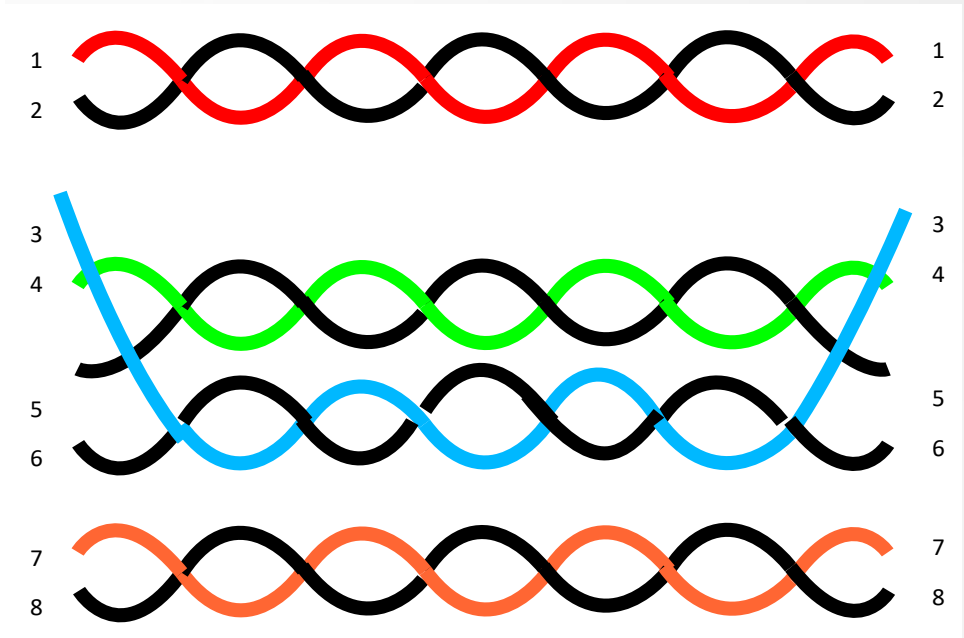
Leitungsmessungen Alien Crosstalk



Leitungsmessungen Wire-Map-Fehler



Split Pairs



Richtige Verdrahtung

Leitungsmessungen

Leistungsqualitäten

| Category | Grenzfrequenz [MHz] | Anwendung bei |
|----------|---------------------|-----------------------|
| CAT3 | 10 | Telefon / 10 BASET |
| CAT4 | 16 | Token Ring |
| CAT5 | 100 | 100BASE-TX |
| CAT6 | 250 | 1000BASE-TX |
| CAT6e | 500 | 10GBASE-T bis 55m |
| CAT6a | 625 | 10GBASE-T bis 100m |
| CAT7 | 600 | In der Verabschiedung |
| CAT8 | 1200 | Vorschlag |

Amerikanischer Ansatz:

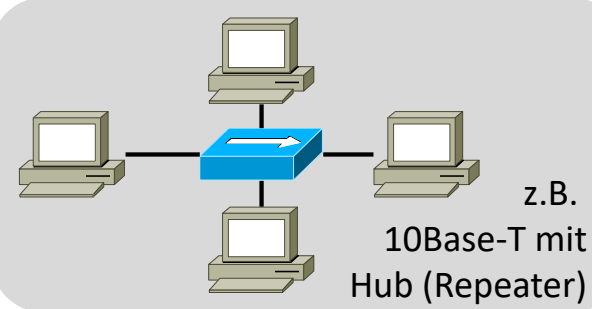
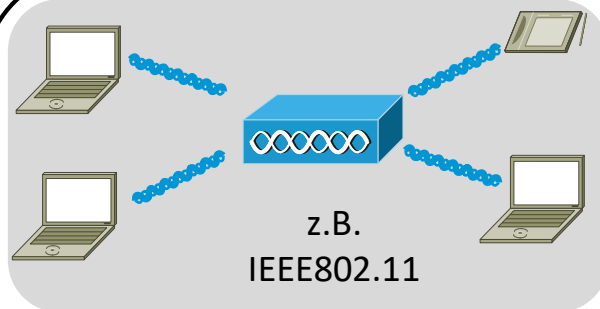
Qualität der Einzelkomponenten

| Klasse | Grenzfrequenz [MHz] | Enthält Kategorie |
|--------|---------------------|-------------------|
| A | 0,1 | 3,4,5 |
| B | 1 | 3,4,5 |
| C | 16 | 3,4,5 |
| D | 100 | 5 |
| E | 250 | 6 |
| F | 600 | 7 |

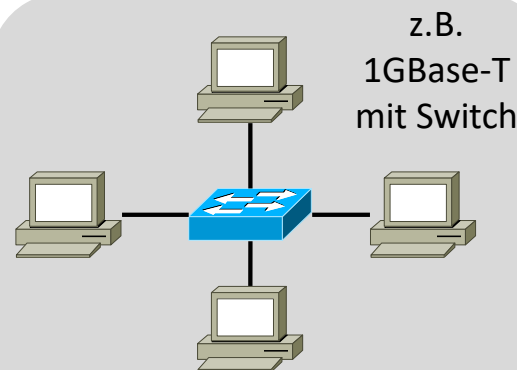
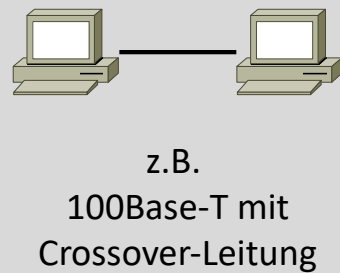
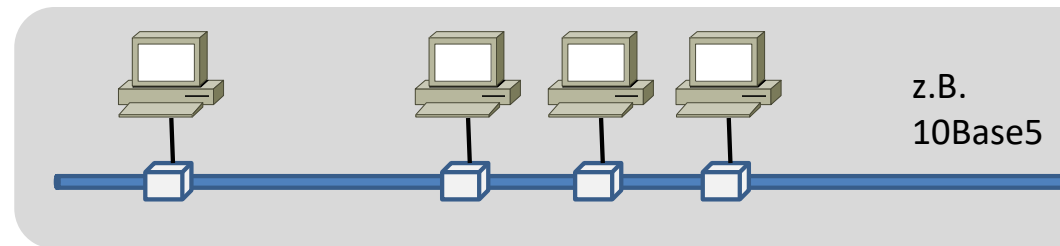
Europäischer Ansatz:

Qualität des gesamten Links

Grund für Zugriffsverfahren

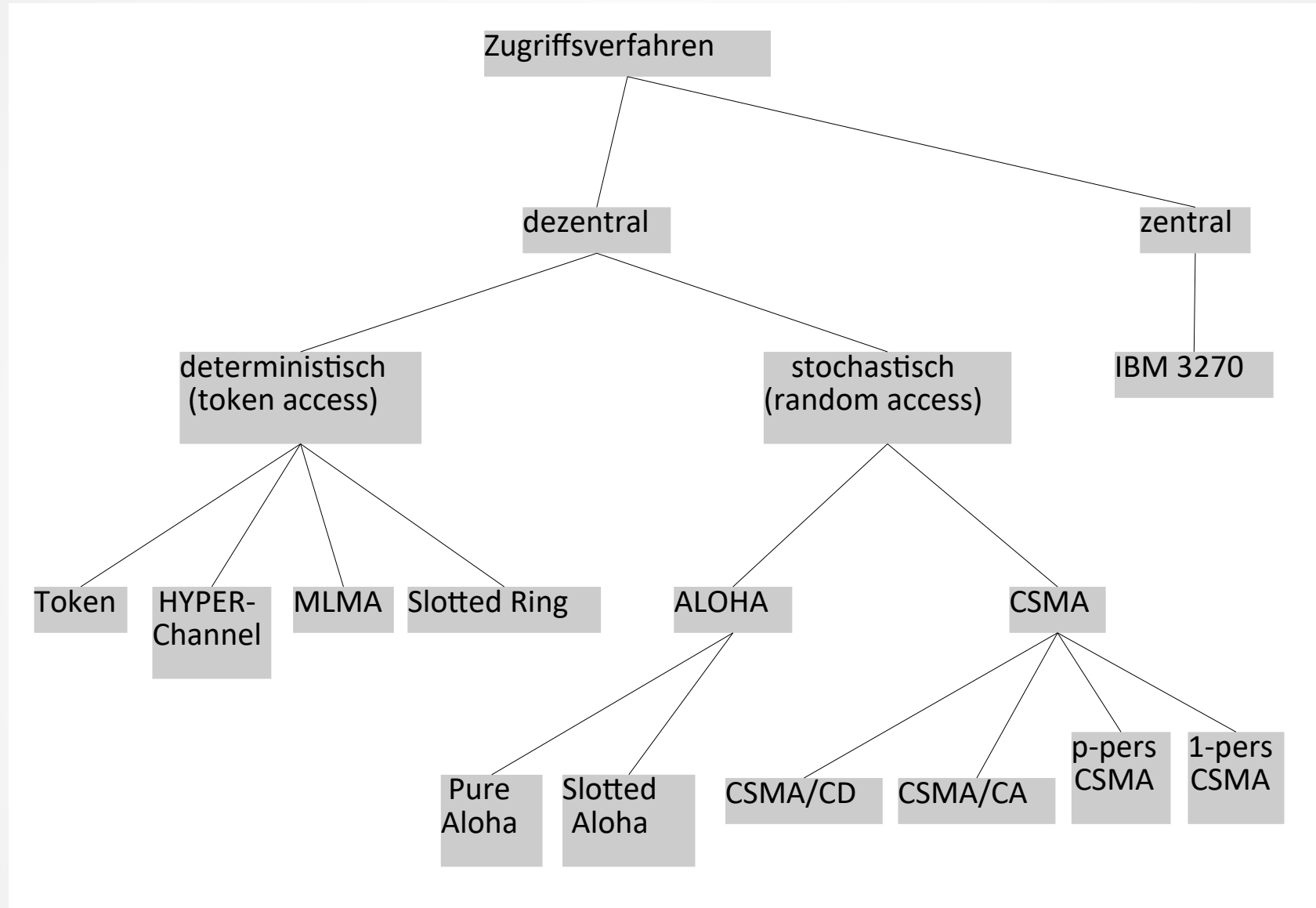


Zugriffs-
verfahren
wegen
einem
geteilten
Medium
erforderlich



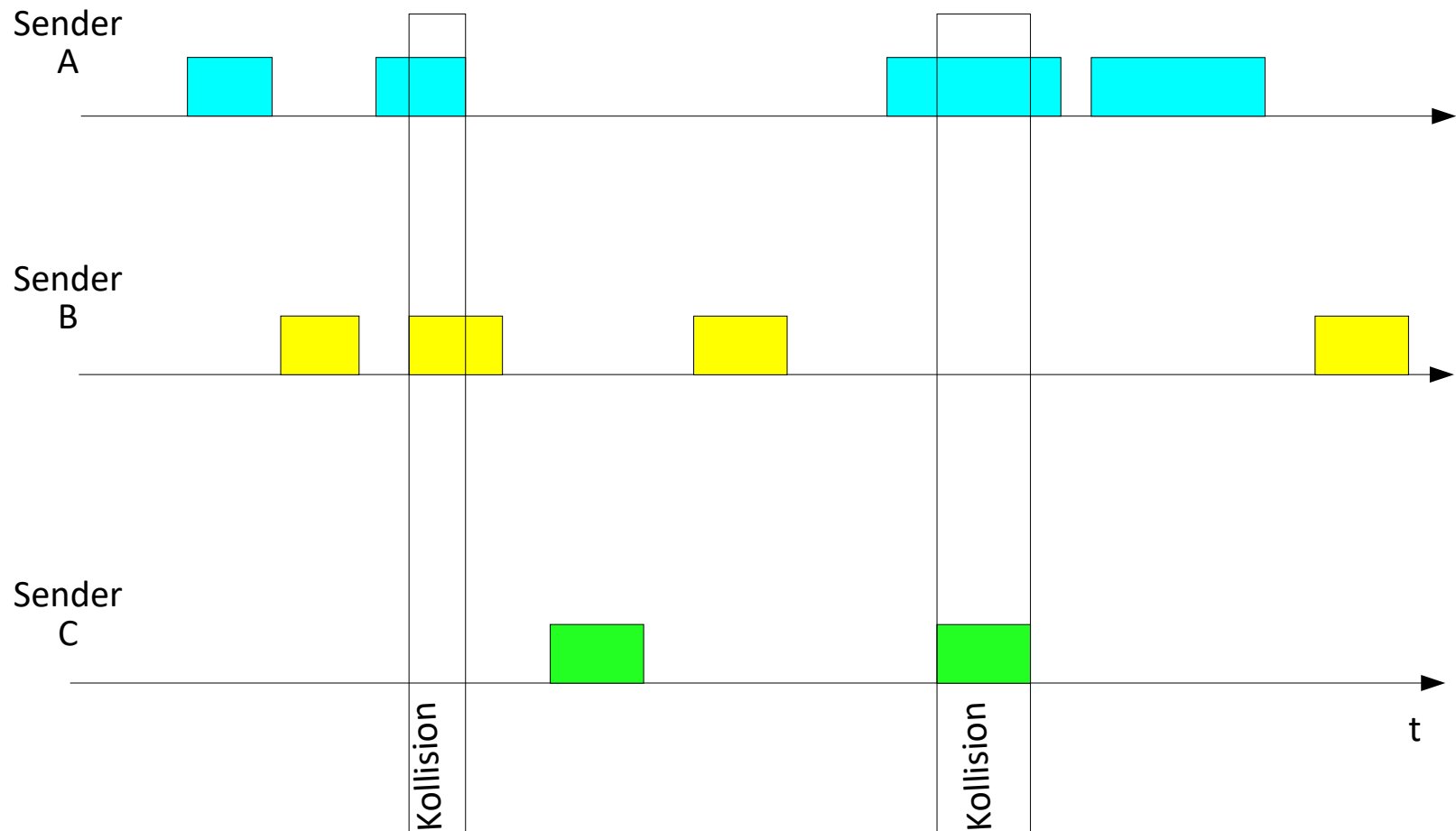
Kein
Zugriffs-
verfahren
erforderlich

Übersicht über die Zugriffsverfahren

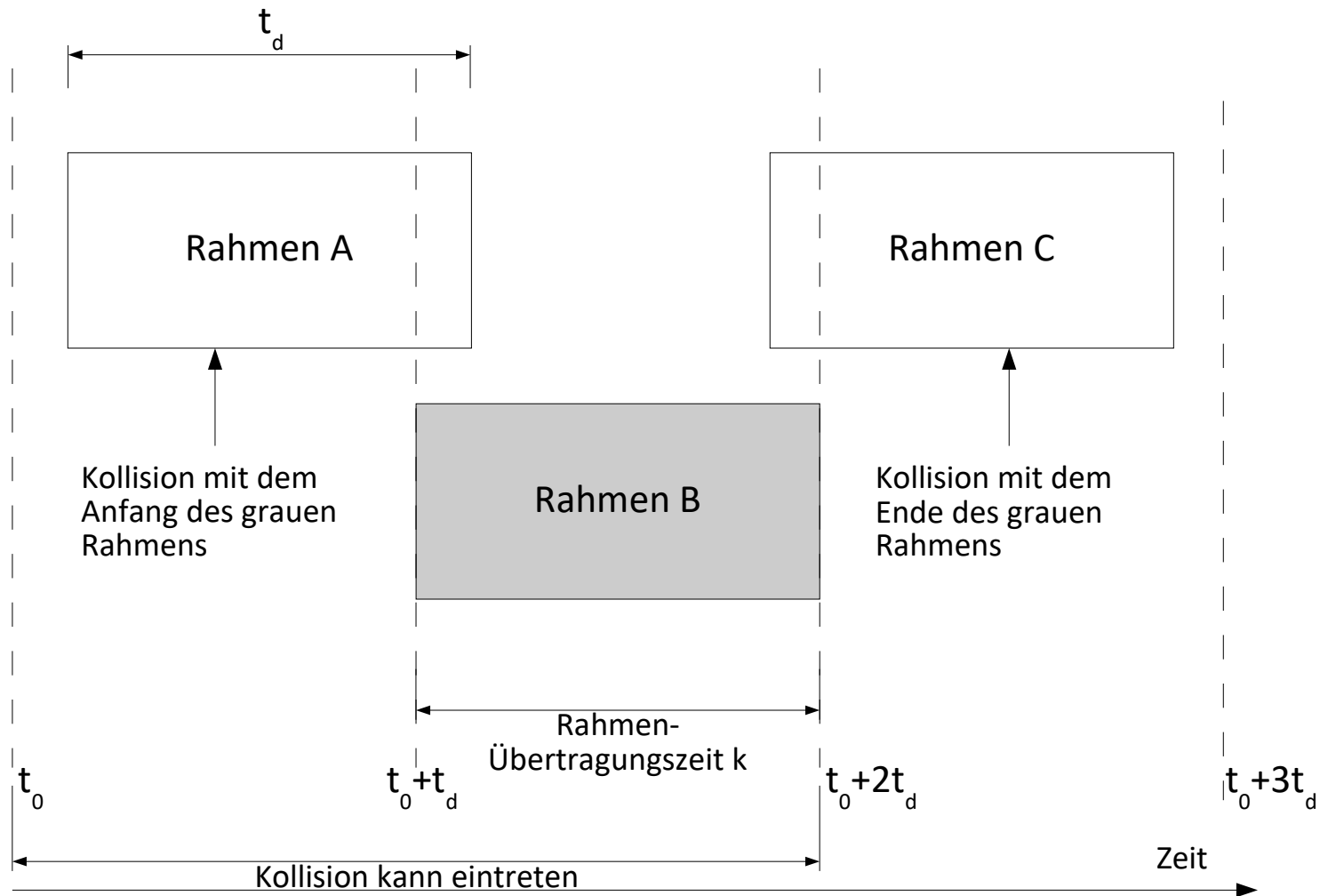


Zugriffsverfahren Aloha

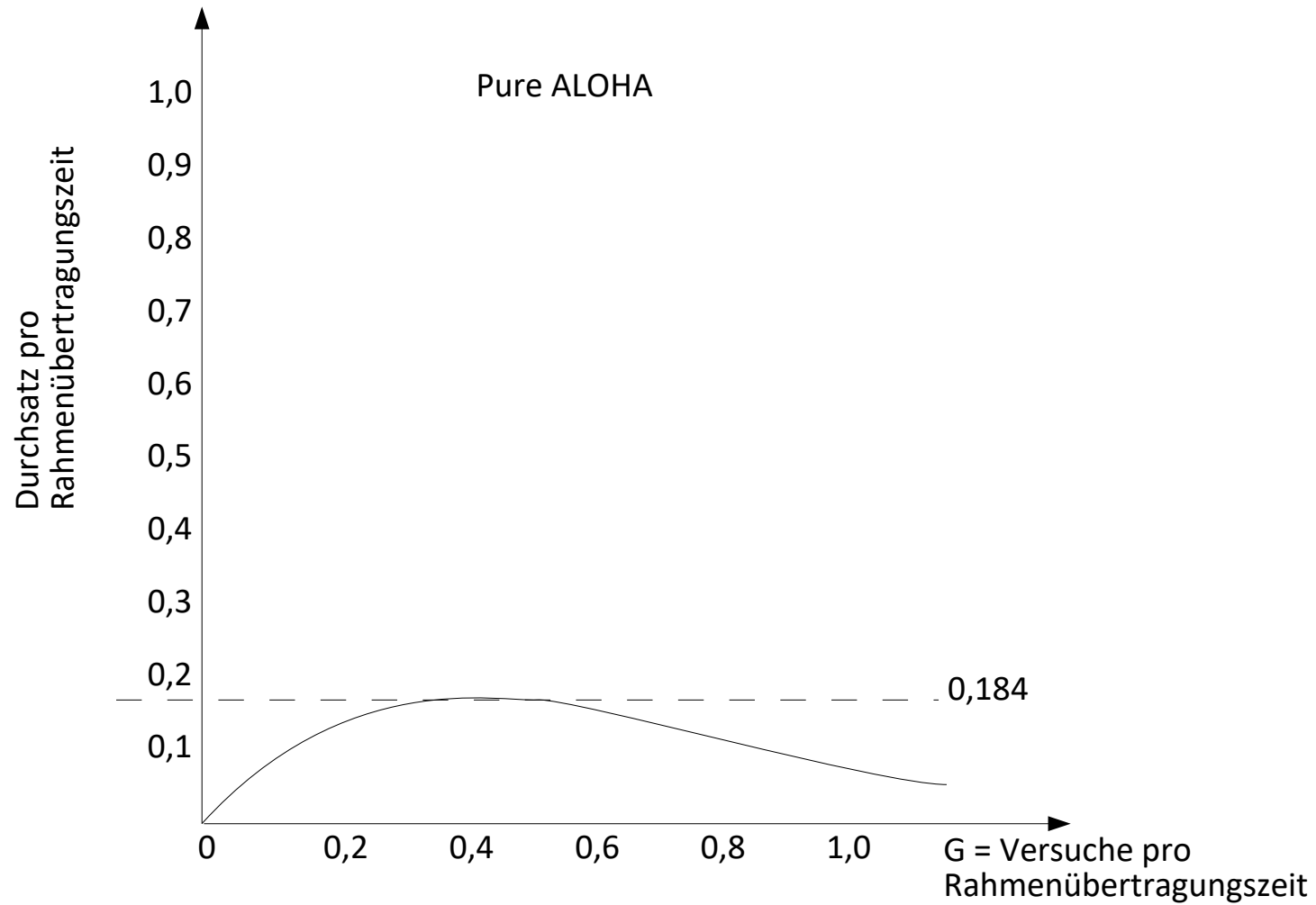
Pure ALOHA



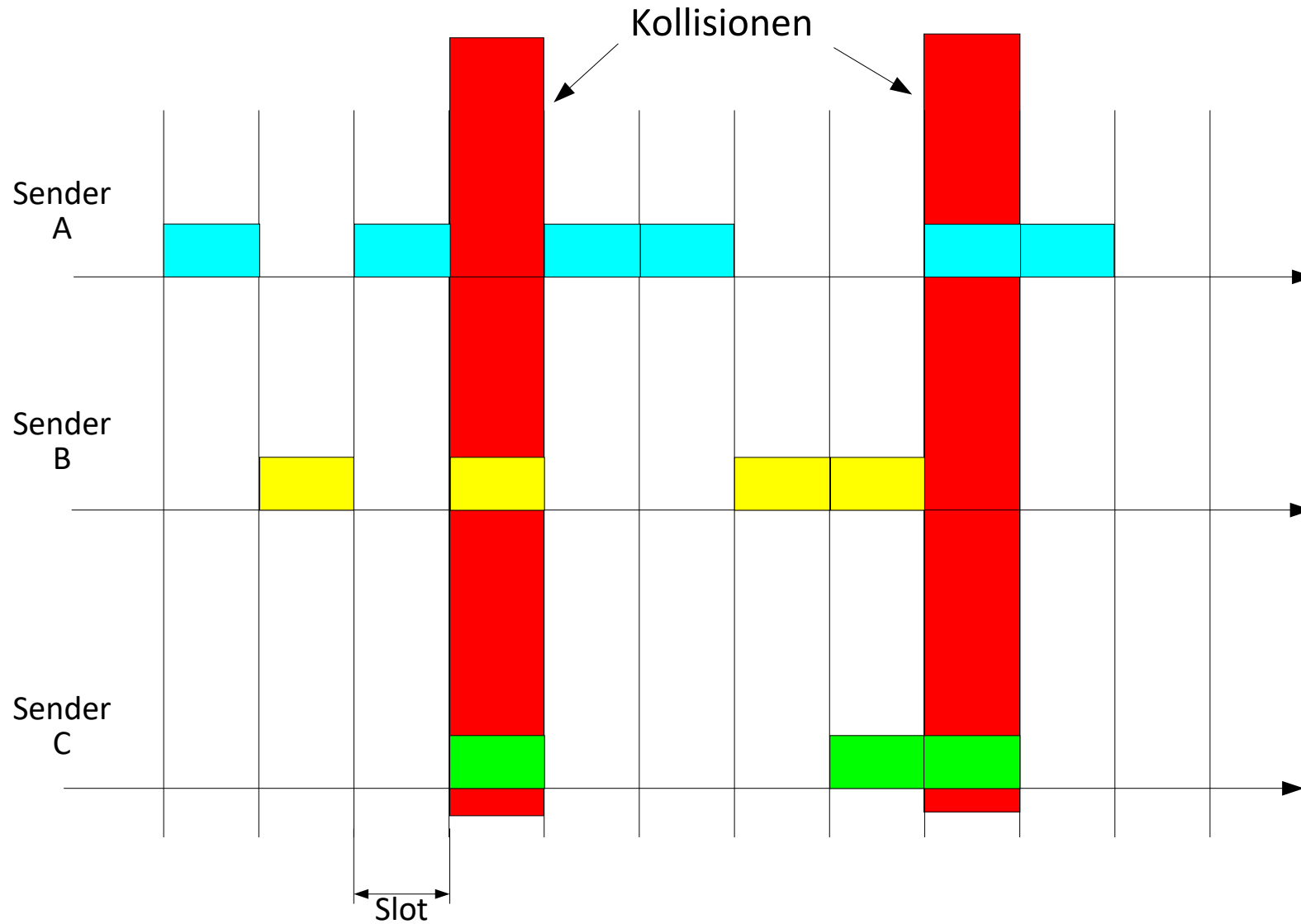
Kollision



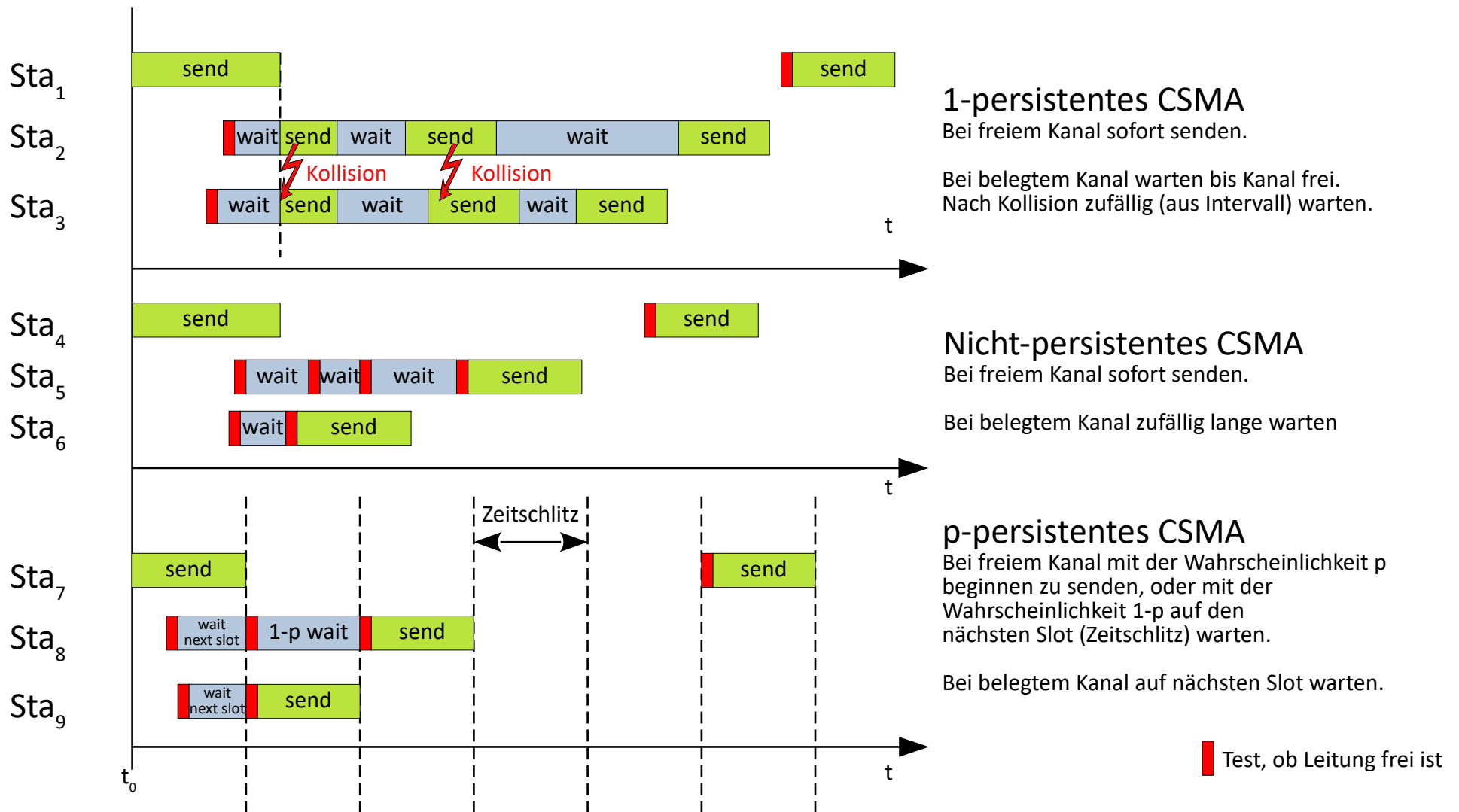
Pure Aloha



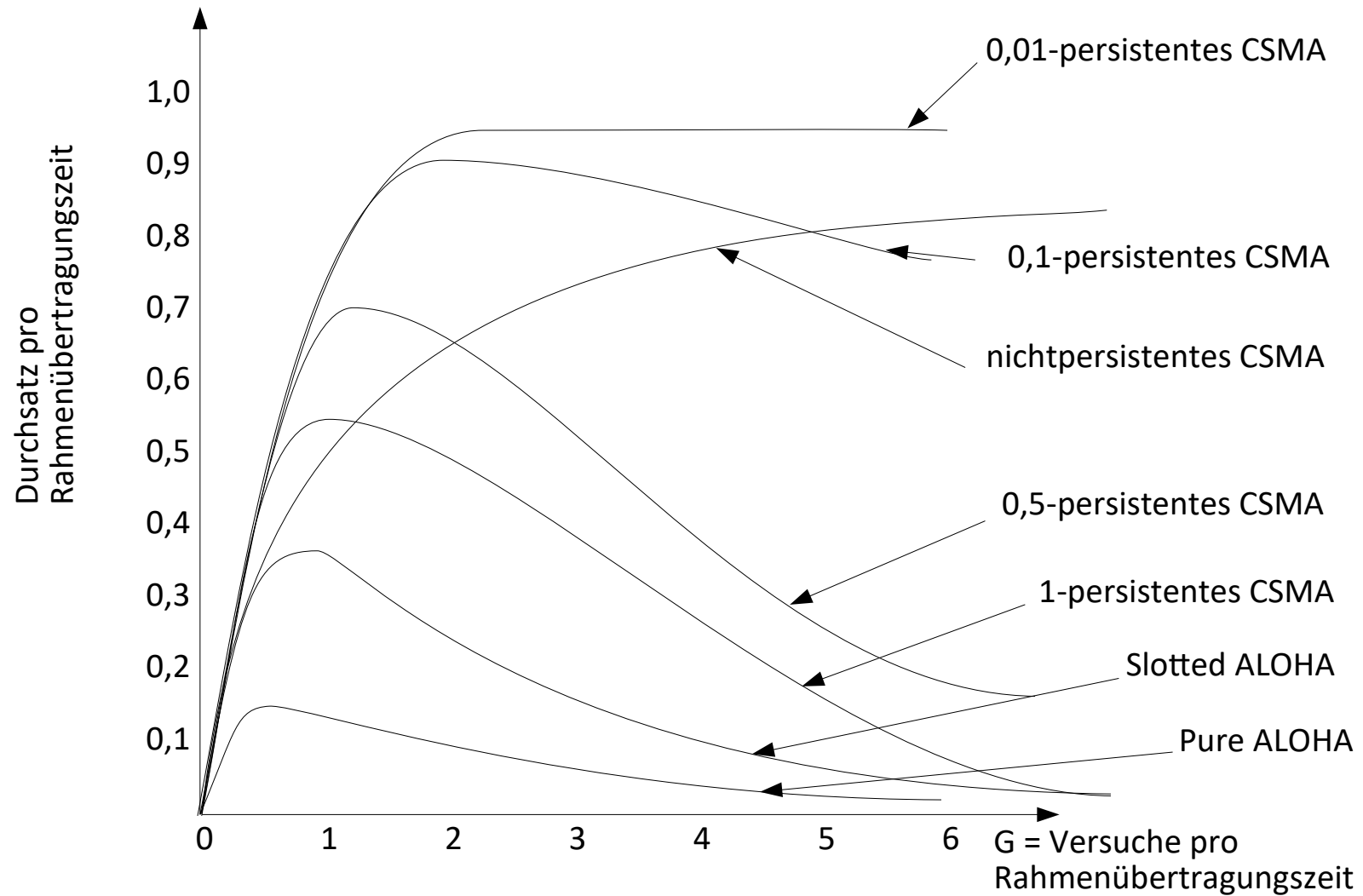
Slotted Aloha



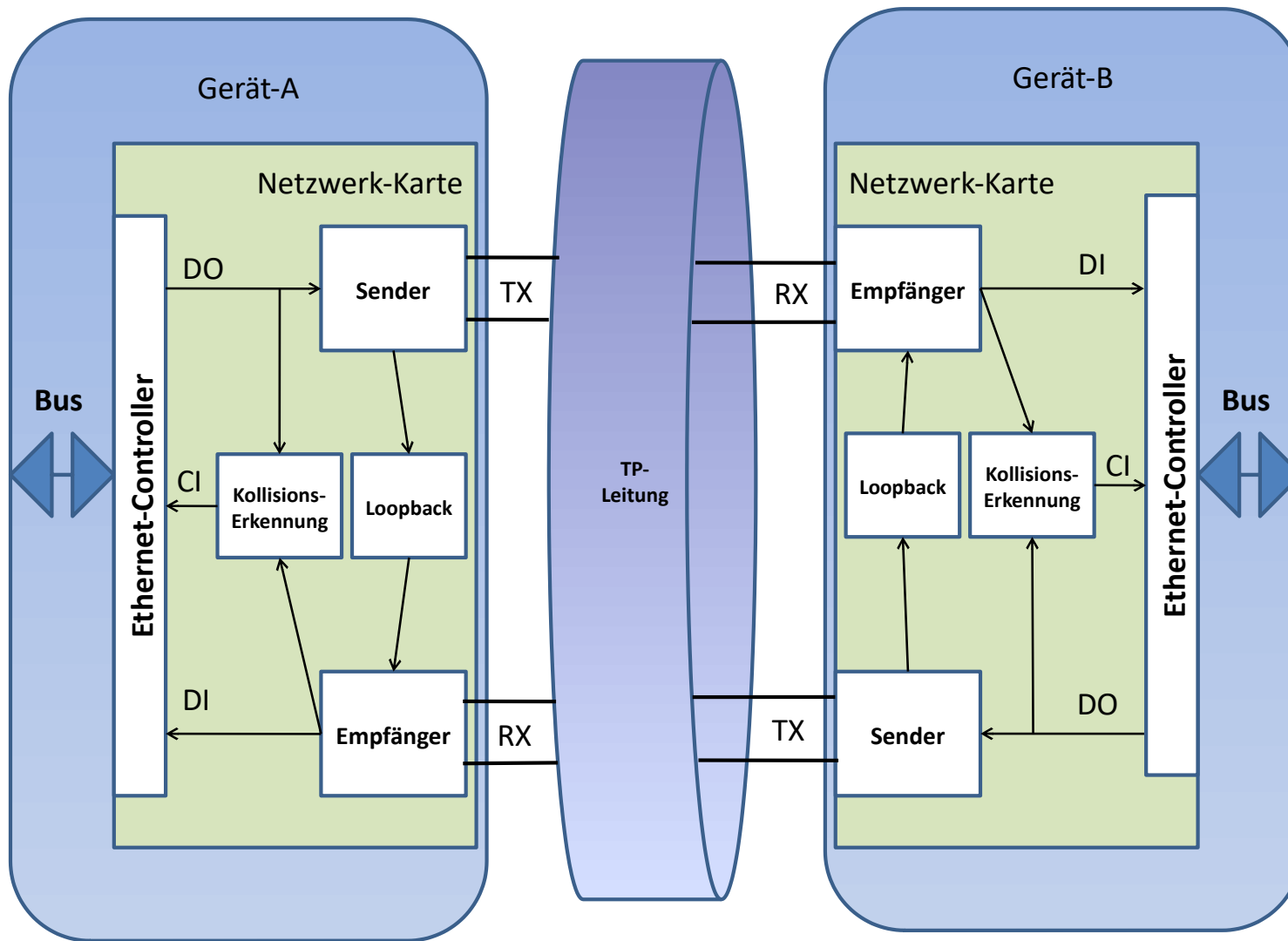
CSMA-Varianten



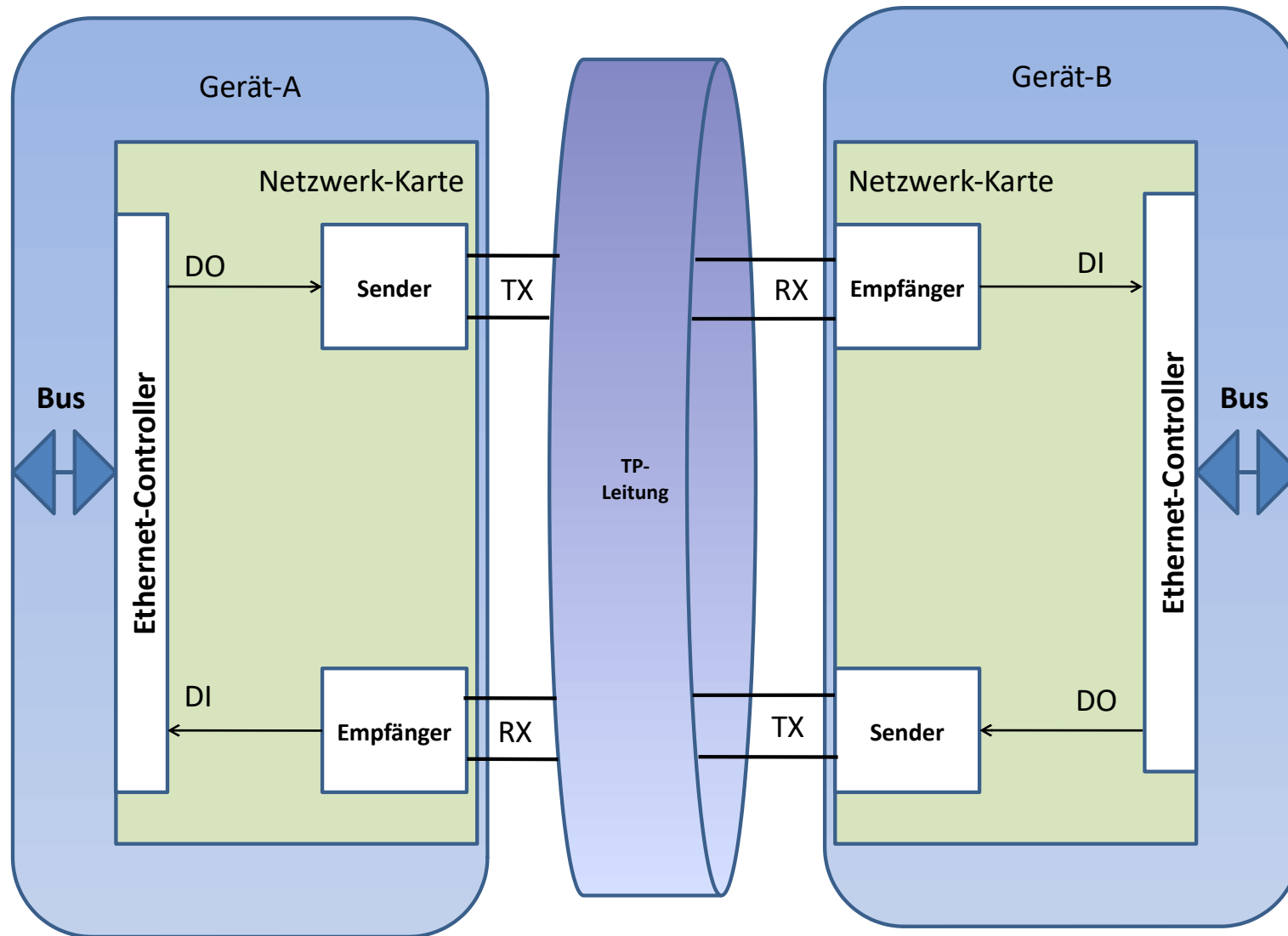
Übersicht Aloha / CSMA-Varianten



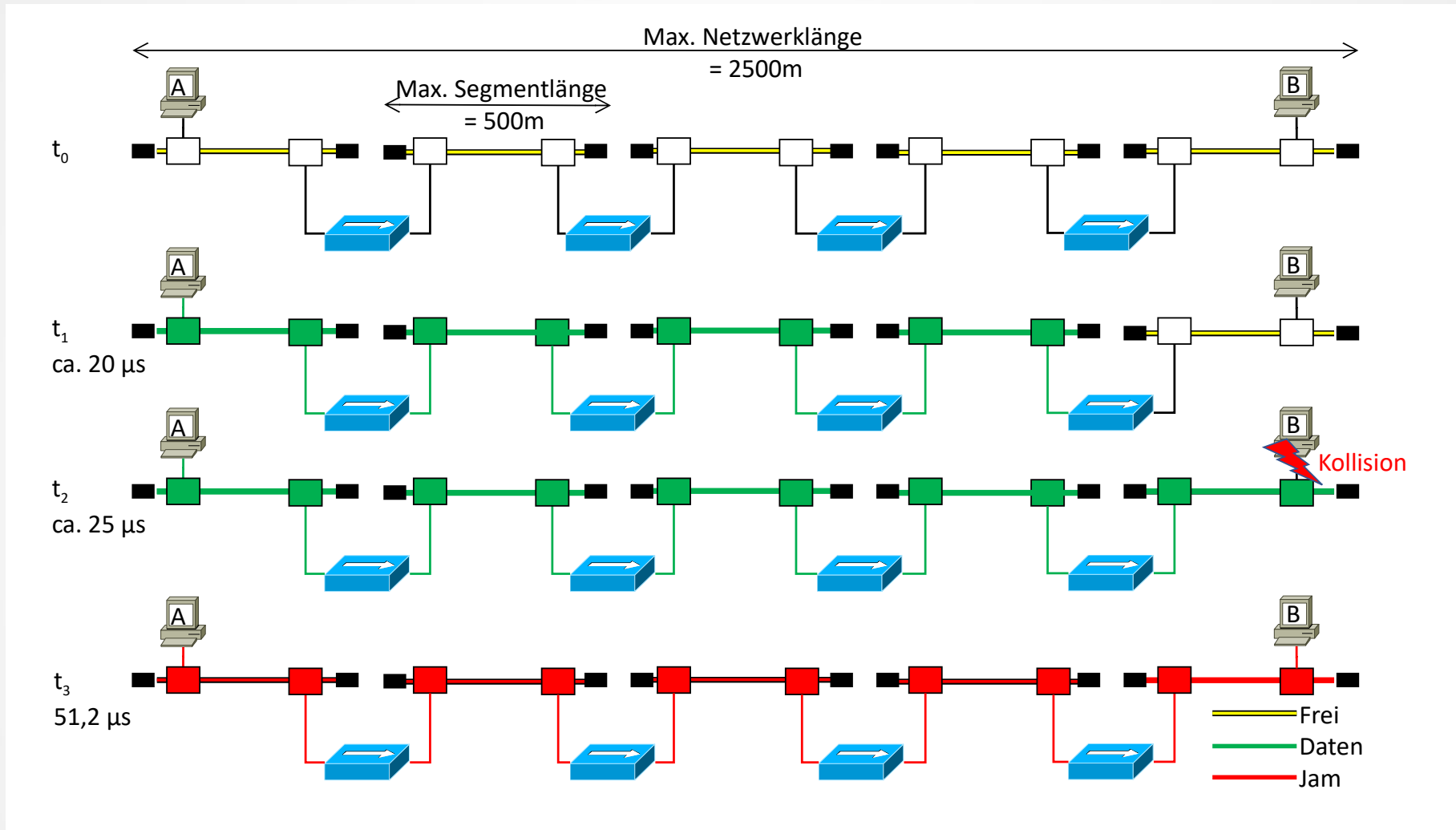
Ethernet Half-Duplex



Ethernet Full-Duplex



Ablauf CSMA/CD bei Ethernet



Ablauf CSMA/CD

Binary Exponential Backoff bei Ethernet

Die Back-off-Time berechnet sich zu: $\text{Backoff-Time} = i * S$

i = zufälliges Element aus $\{0 < i < 2^k\}$

$k = \min(n, 10)$

S = Slottime ($51,2 \mu\text{s} = 512 \text{ Bit}$ bei 10 und 100 Mbps / $4,096 \mu\text{s} = 4096$ bei 1Gbps)

n = Versuchsdurchlauf

Beispiele:

$n = 1$: $\rightarrow i$ ist zufällig aus $\{0,1\}$ ausgewählt

$\rightarrow \text{Back-off-Time} = 0*S \text{ oder } 1*S$

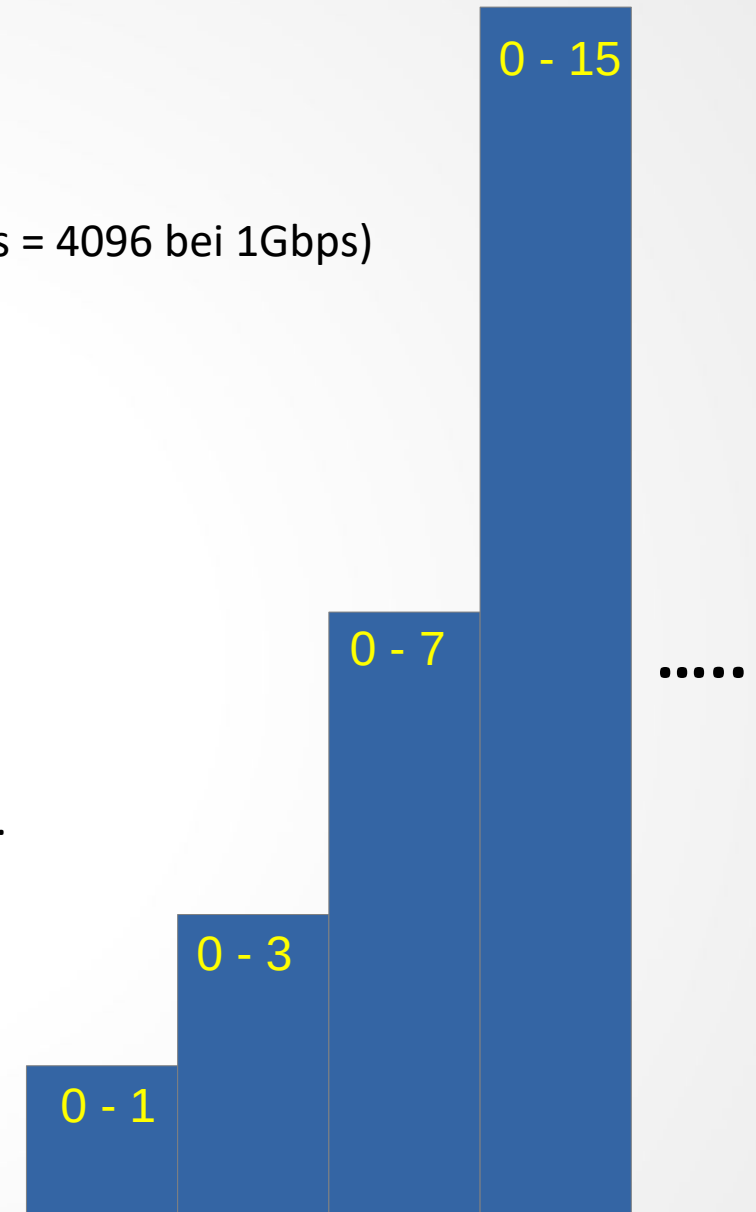
$n = 2$: $\rightarrow i$ ist zufällig aus $\{0,1,2,3\}$ ausgewählt

$\rightarrow \text{Back-off-Time} = 0*S, 1*S, 2*S \text{ oder } 3*S$.

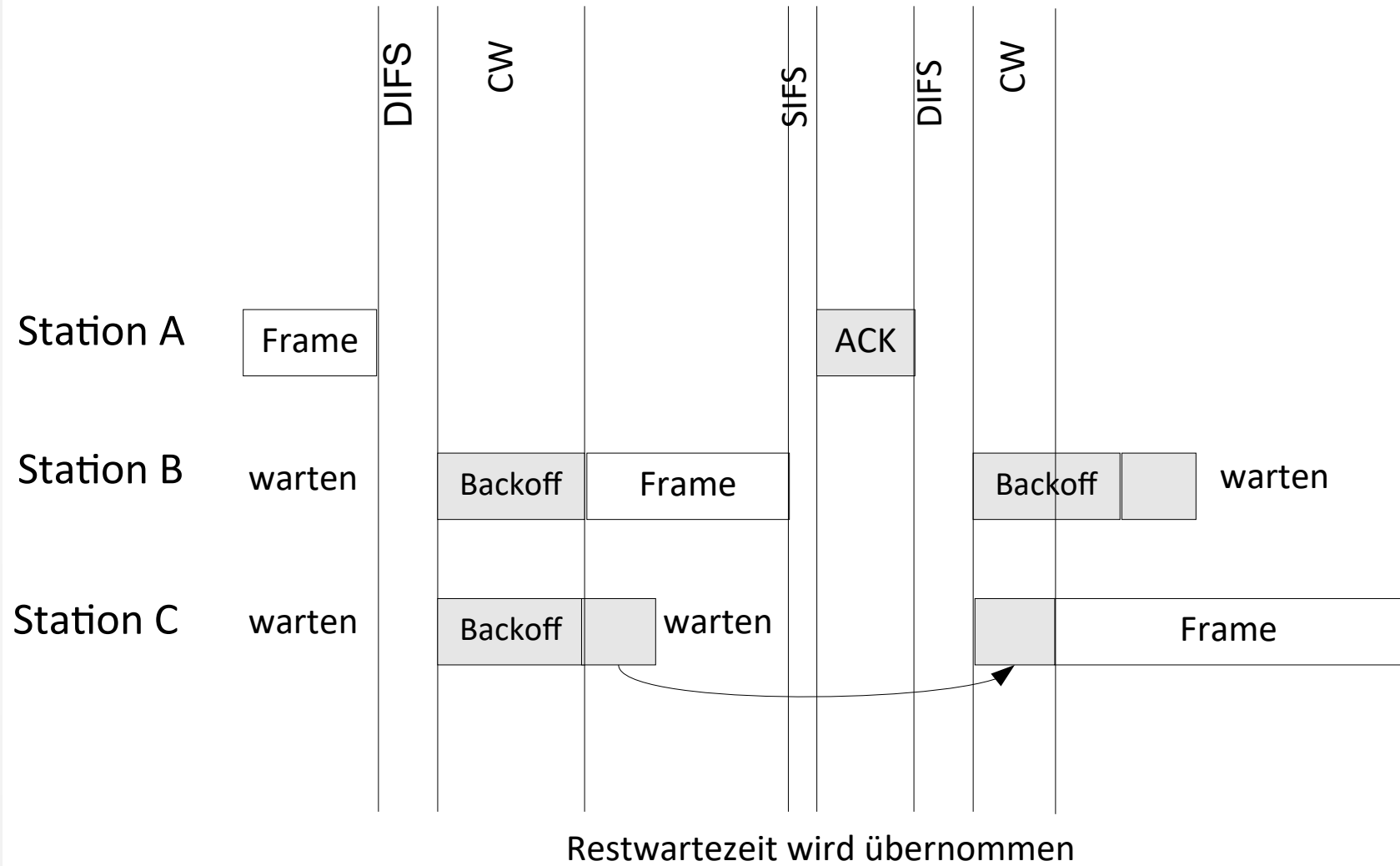
$n = 3$: $\rightarrow i$ ist zufällig aus $\{0,1,2,3,4,5,6,7\}$ ausgewählt

$\rightarrow \text{Back-off-Time} = 0*S, 1*S, 2*S, 3*S, 4*S, 5*S, 6*S \text{ oder } 7*S$.

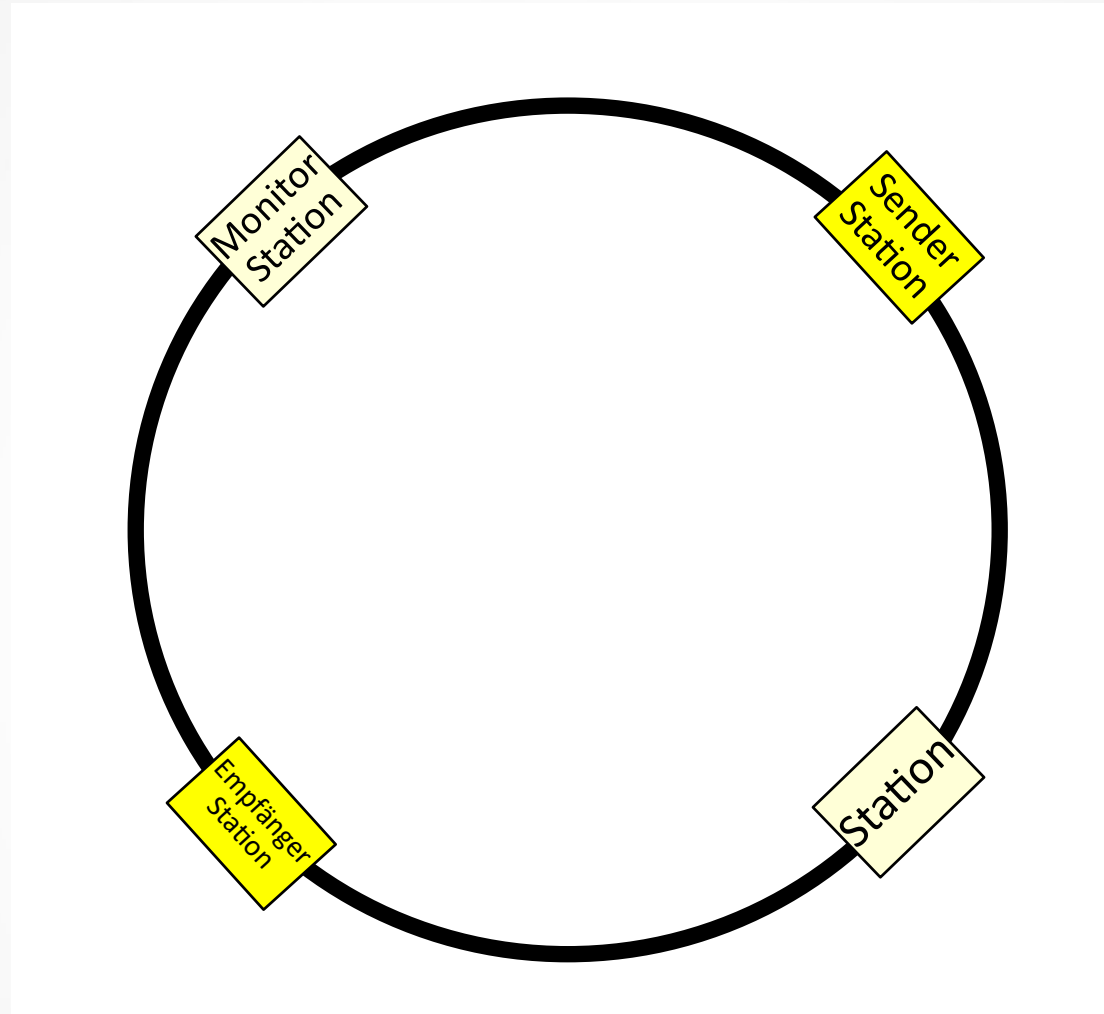
CSMA/CD gibt nach mehr als 16 Kollisionen auf und meldet der überlagerten Schicht einen Fehler.



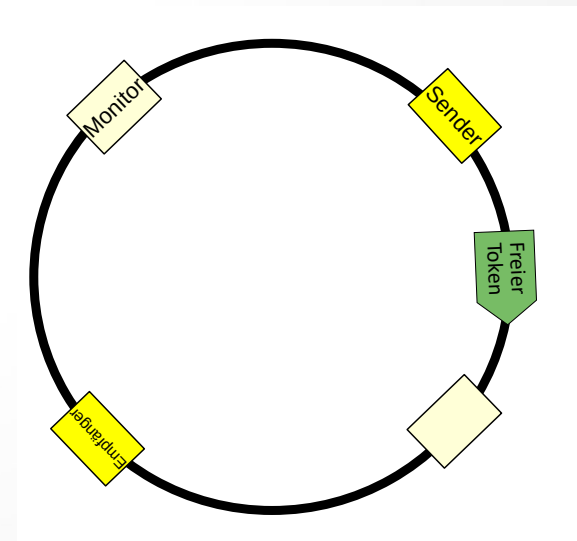
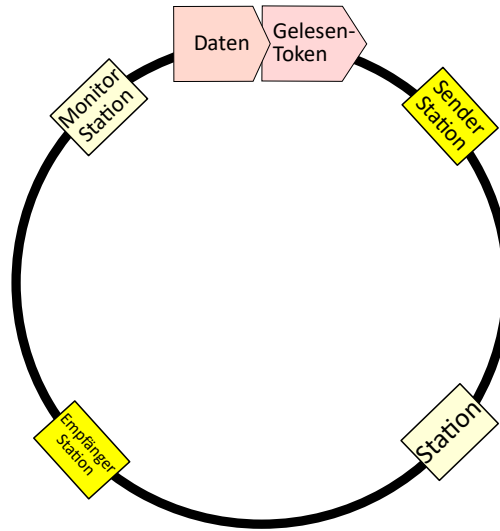
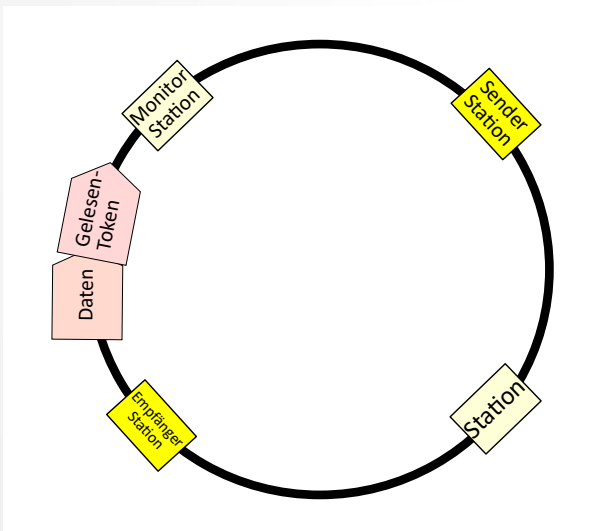
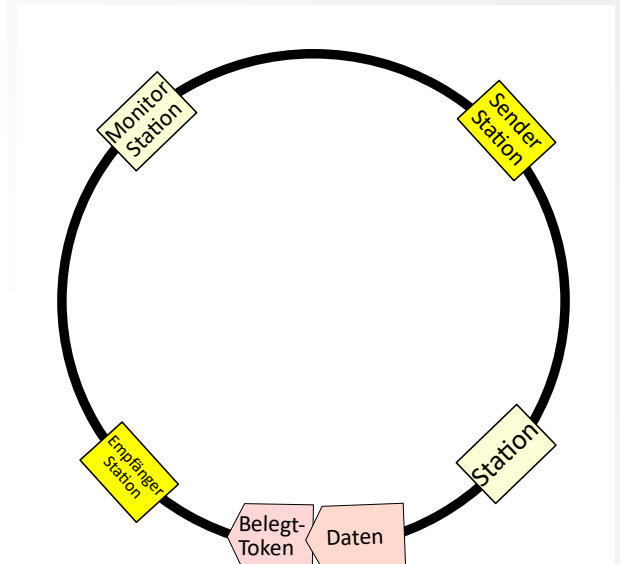
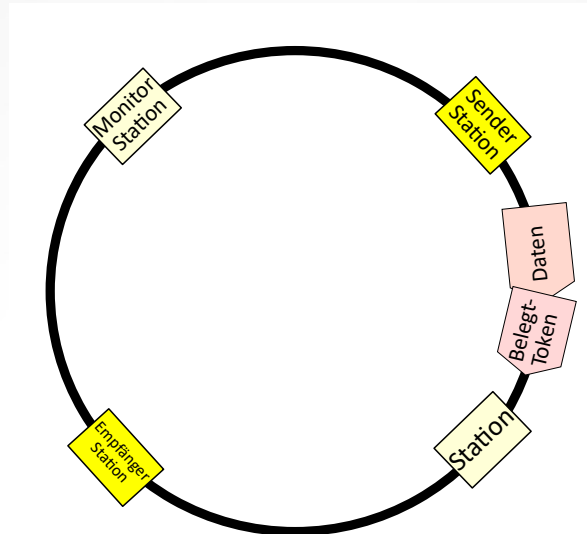
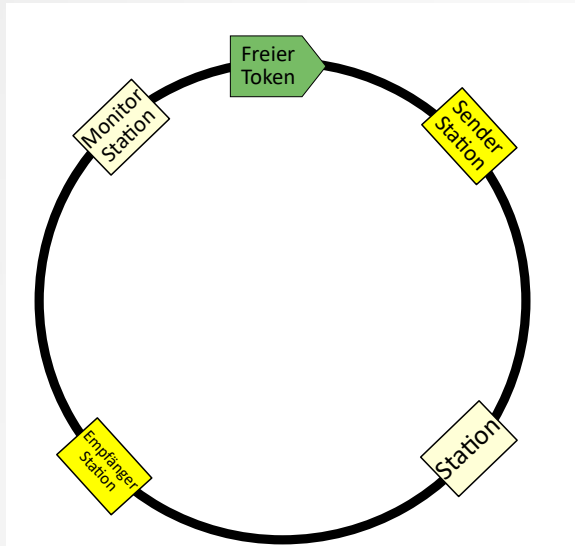
Ablauf CSMA/CA



Token-Ring



Token-Ring Ablauf



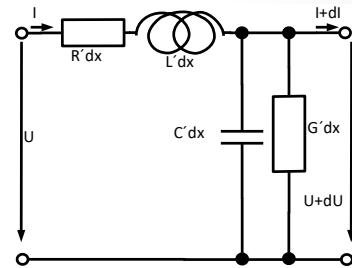
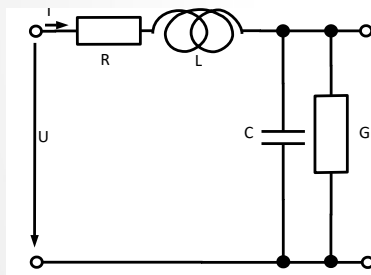
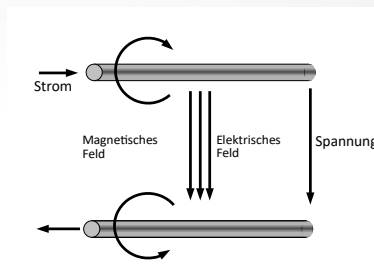
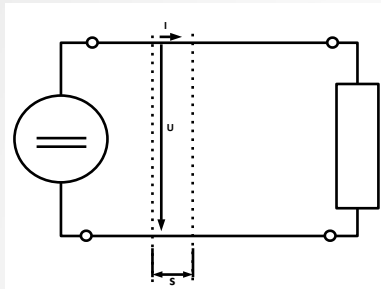
Netztechnik Vorlesung Teil-4

Netztechnik-Vorlesung Teil-4

Inhalt

- Leitungstheorie
- Leitungsmessungen
- Zugriffsverfahren

Leitungstheorie



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 3:40

Wenn Energieerzeuger und Verbraucher räumlich voneinander getrennt sind wird eine Leitung benötigt.

Um die Leitung näher zu betrachten wird ein kurzes Stück der Länge Betrachtet.

Der Strom durch einen Leiter erzeugt ein Magnetfeld um den Leiter.
→ Induktivität

Die Spannung zwischen den Leitern erzeugt ein elektrisches Feld zwischen den Leitern. → Kapazität

Da es sich bei einer Leitung nicht um einen Supraleiter handelt ist ein Widerstand vorhanden. → Widerstand

Eine Leitung hat zwischen den Drähten keinen 100%igen Widerstand. Deshalb ist noch eine Ableitung zu betrachten.

Im Ersatzschaltbild sind also folgende Komponenten enthalten

- Widerstand **R**
- Ableitung **G**
- Induktivität **L**
- Kapazität **C**

Bezieht man die Komponenten auf einen Leiter der Länge s erhält man

- $R' = R / s$ Widerstandsbelag
- $G' = G / s$ Ableitungsbelag
- $L' = L / s$ Induktivitätsbelag
- $C' = C / s$ Kapazitätsbelag

Leitungstheorie

Wellenwiderstand / Wellenausbreitung / Reflexion

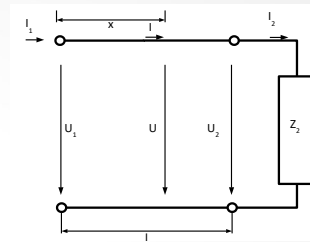
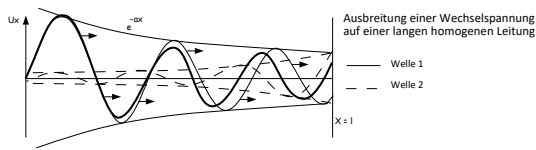
$$Z_w = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$$

$$U \cdot e^{j\omega t} = a1 \cdot e^{-\alpha x} \cdot e^{j(\omega t - \beta x)} + a2 \cdot e^{\alpha x} \cdot e^{j(\omega t + \beta x)}$$

Welle 1 Welle 2

Hauptwelle (Welle 1) Ausbreitung in positiver Richtung mit exponentiell abnehmender Amplitude

Reflektierte Welle (Welle 2) Ausbreitung in negativer Richtung mit ebenfalls exponentiell abnehmender Amplitude



$$r = \frac{Z_2 - Z_w}{Z_2 + Z_w}$$

Hier lassen sich drei wichtige Sonderfälle feststellen:

Anpassung bei $Z_2 = Z_w$
Hier verschwindet die Welle

Kurzschluss bei $Z_2 = 0$
Hier wird die Welle mit umgekehrter Polarität reflektiert $U_R = -U_H$

Leerlauf bei $Z_2 = \infty$
Hier wird die Welle mit der selben Polarität reflektiert $U_R = U_H$

Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 4:40

Wellenwiderstand Z_w (Formel oben)

2 Wellen:

- In Vorwärtsrichtung (Welle 1)
- Bei Reflexion in Rückwärtsrichtung (Welle 2)

Reflexionsfaktor r (Formel oben)

Sonderfälle:

Anpassung $Z_w = Z_2 \rightarrow$ Keine Reflexion

Kurzschluss = $Z_2 = 0 \rightarrow$ Reflexion mit umgekehrter Polarität

Leerlauf = $Z_2 = \infty \rightarrow$ Reflexion mit gleicher Polarität

Ausbreitungsgeschwindigkeit

Laufzeit $T_D = \sqrt{L' \cdot C'} \cdot l$

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle im Leiter beträgt ca. 2/3 der Lichtgeschwindigkeit c im Vakuum.

$c = 299792 \text{ km/s}$

Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 5:40

Signallaufzeit

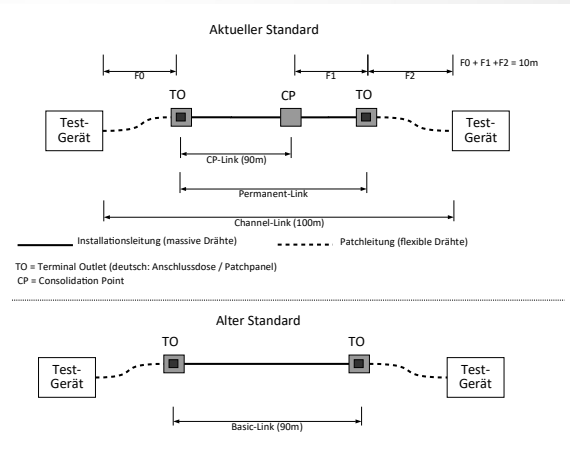
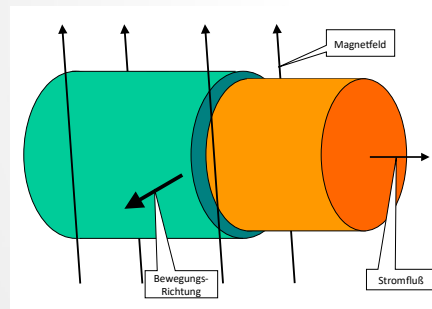
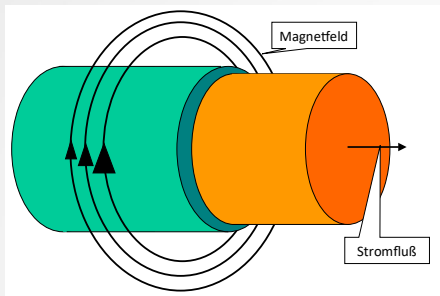
T_D = Formel oben

Ausbreitungsgeschwindigkeit = $2/3 c$

C = Lichtgeschwindigkeit = 299792 km/s

→ Geschwindigkeit der Daten auf dem Leiter ca. 200.000 km/s

Leitungsmessungen Grundlagen



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 6:40

Ein Strom erzeugt ein Magnetfeld um den Leiter

Magnetfeld das sich ändert, oder Bewegung eines Leiters durch ein Magnetfeld, induziert eine Spannung, die einen Strom zur Folge hat.

Permanent Link: (90m)

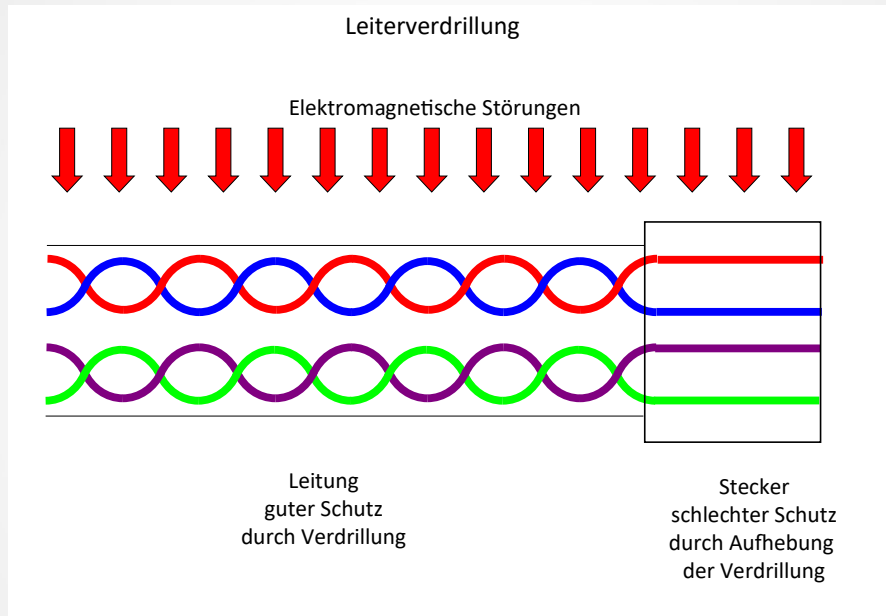
Fest verlegte Leitungen in Kanal an der Wand in abgehängter Decke oder im Doppelboden. Hat immer einen massiven Leiter da hierbei die Dämpfung geringer als bei flexiblen Leitern ist.

In alten Normen ist das der **Basic-Link (90m)**

Channel Link: (90m + 2*5m = 100m)

Entspricht dem Permanent Link + den flexiblen Patchleitungen

Leitungsmessungen Twisted Pair



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 7:40

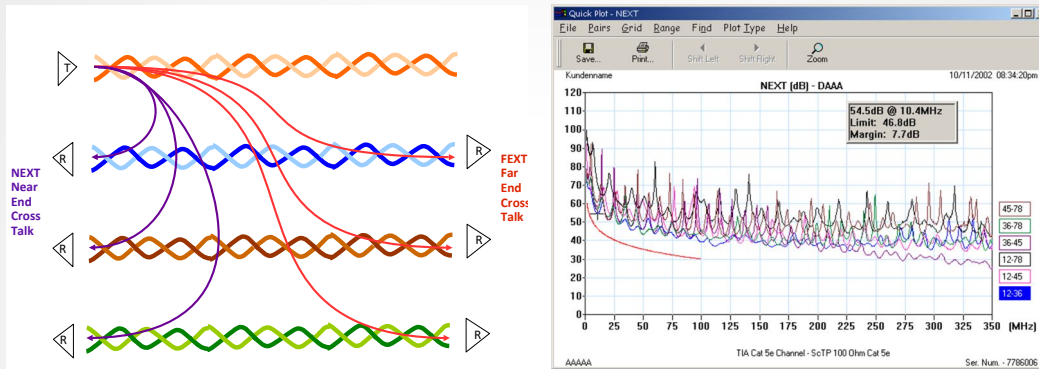
Über eine Windung einer Verdrillung hinweg bekommen die Drähte eines Twisted-Pairs die Störungen von jeder Seite gleich verteilt ab.

Damit heben sich über eine Verdrillung hinweg eine Störungen auf.

Im Stecker und kurz davon sind die Paare nicht mehr miteinander verdrillt. Damit können Störungen an dieser Stelle ein Signal beeinflussen.

Deshalb ist die Aufhebung der Verdrillung so kurz wie möglich zu halten.

Leitungsmessungen NEXT / FEXT



$$\text{NEXT [dB]} = 20 * \log U_T / U_R$$

oder

$$\text{NEXT [dB]} = 10 * \log P_T / P_R$$

Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 8:40

Übersprechen (crosstalk)

Mit diesen Messungen wird ermittelt, wie ein Signal auf einem Leitungspaar, die anderen Leitungspaare beeinflusst.

Signal wird auf einem Paar auf einer Seite eingespeist

Am nahen Ende wird auf den Anderen Paaren das induzierte Signal gemessen

→ Nah-Nebensprechen (NEXT = near end crosstalk)

Am fernen Ende an den anderen Paaren wird das Fern-Nebensprechen (FEXT = Far end crosstalk) gemessen.

Da es sich um 4 Adernpaare handelt sind 6 Messungen zu machen.

Sind die Messungen über dem Normverlauf, ist die Messung OK

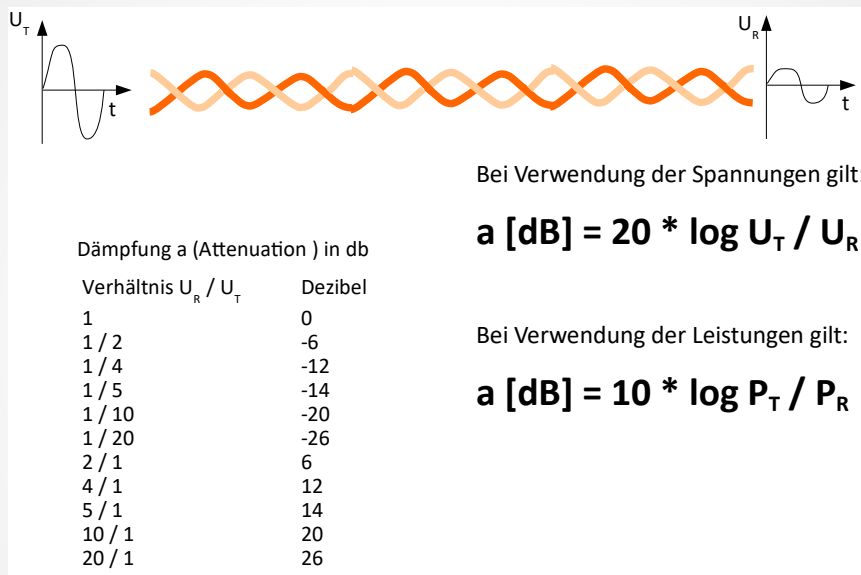
$$\text{NEXT [dB]} = 20 * \log(U_T / U_R)$$

oder

$$\text{NEXT [dB]} = 10 * \log(P_T / P_R)$$

Bei den Messungen ist auch zu sehen, dass der Kurvenverlauf über der Frequenz sich ändert. Das bedeutet dass die Leitung bei höheren Frequenzen schlechtere Werte (Eigenschaften) hat.

Leitungsmessungen Dämpfung



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 9:40

Dämpfung ist der Hauptgrund für die Begrenzung der Leitungslängen.

Messung:

Ein Signal wird an einem Ende eingespeist und am anderen Ende gemessen.

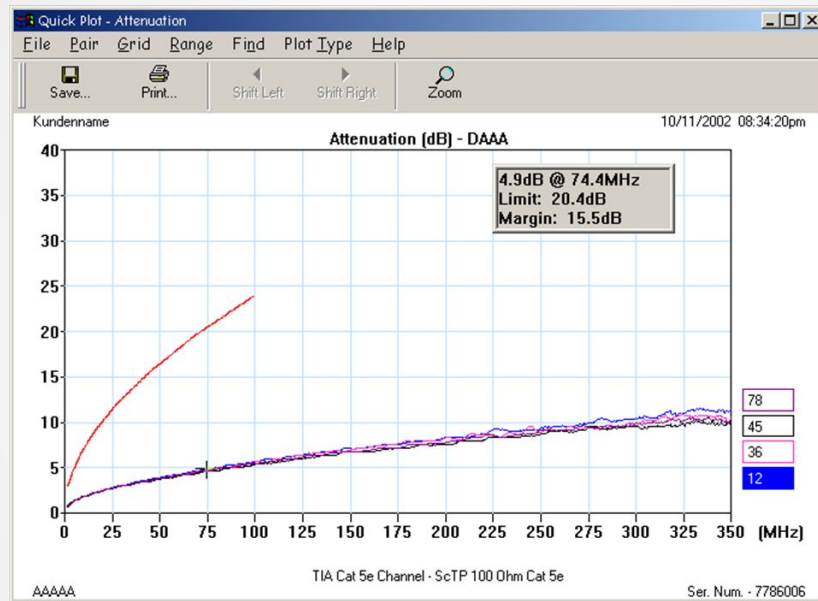
Kann mit Spannungswerten, oder Leistungswerten ermittelt werden.

$$A \text{ [dB]} = 20 \text{ Log } (U_T / U_R)$$

oder

$$A \text{ [dB]} = 10 \text{ Log } (P_T / P_R)$$

Leitungsmessungen Dämpfung



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 10:40

Die gemessenen Werte der Dämpfungsmessung sollte möglichst klein, also unter einer Norm-Kennlinie sein. → dann Messung = OK

Hier sieht man auch, dass sich die Dämpfung im Verlauf ändert. Bei höheren Frequenzen treten größere Dämpfungen auf.

Da es 4 Paare gibt, sind auch 4 Messungen zu machen.

Leitungsmessungen

SNR (Signal to Noise Ratio) / Störabstand

BER (Bit Error Rate) / Bitfehlerrate

$$\text{SNR [dB]} = 10 \log(P_T / P_{\text{Rausch}})$$
$$\text{SNR [dB]} = 20 \log(U_T / U_{\text{Rausch}})$$

BER = Anzahl der Bitfehler / Anzahl aller übertragenen Bits

Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 11:40

SNR (Signal to Noise Ratio = Störabstand)

Entspricht dem Verhältnis von Nutzsignal zu Störsignal

$$\text{SNR [dB]} = 10 \log(P_T / P_{\text{Rausch}})$$

oder

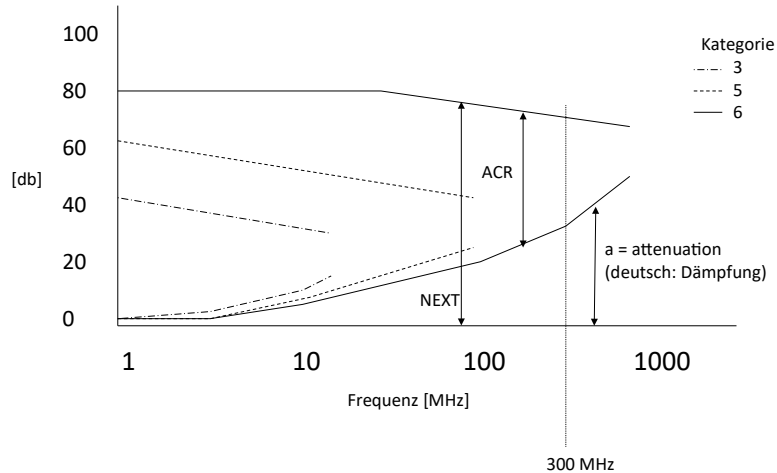
$$\text{SNR [dB]} = 20 \log(U_T / U_{\text{Rausch}})$$

SNR berücksichtigt alle Störungen, sowohl durch Übersprechen erzeugten Störungen, als auch die, die von außen auf eine Leitung einwirken.

BER (Bit Error Rate)

BER = Anzahl der Bitfehler / Anzahl aller gesendeten Bits

Leitungsmessungen ACR (Attenuation – Crosstalk - Ratio)



Berechnung von des ACR :

$$\text{ACR [db]} = \text{NEXT [db]} - a [\text{db}]$$

Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 12:40

ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio) Dämpfungs-Übersprech-Verhältnis

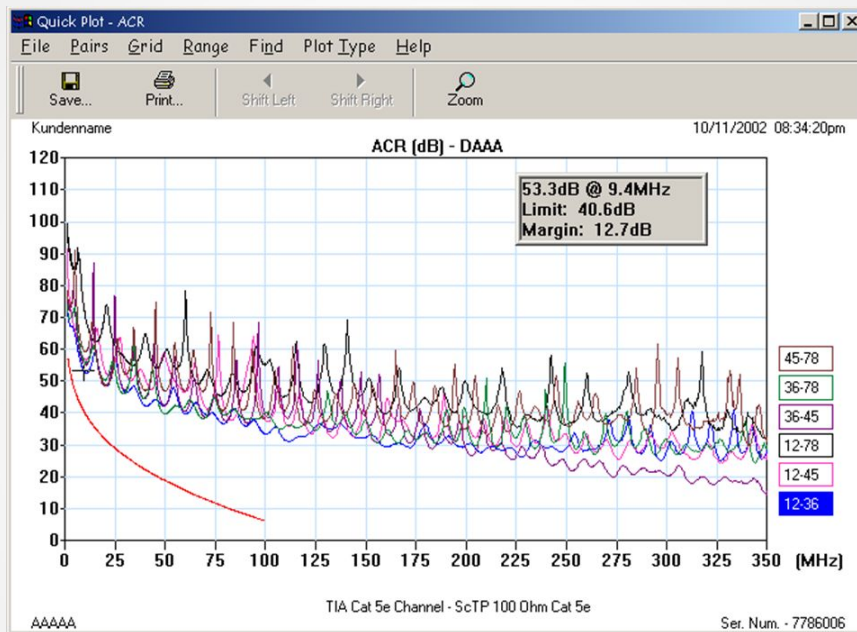
ACR berücksichtigt die Dämpfung sowie die Störungen, die innerhalb derselben Leitung durch Übersprechen der anderen Adernpaare entstehen.

Ist ein guter Wert um die Leitungsqualität zu beurteilen.

Der ACR-Wert kann nicht gemessen werden. Er muss berechnet werden.
 $\text{ACR} = \text{NEXT [dB]} - a[\text{dB}]$

Der ACR-Wert sollte also möglichst groß sein.

Leitungsmessungen ACR (Attenuation – Crosstalk – Ratio)



Stand: 07.09.2022

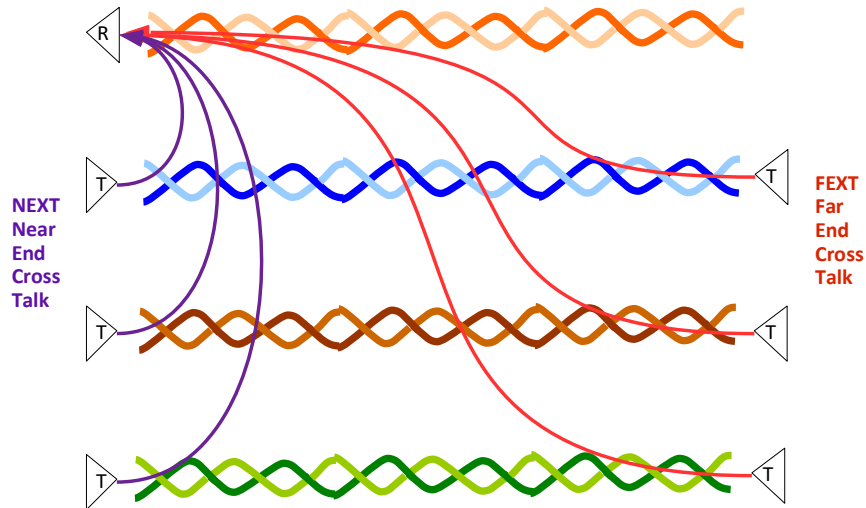
Netztechnik Teil-4

Folie: 13:40

Da es 4 Leitungen und bei NEXT 6 Messungen sind sind es wiederum 6 Kurvenverläufe.

Da die ACR-Werte möglichst groß sein sollten. müssen sie über der Norm-Kennlinie liegen.

Leitungsmessungen PSNEXT (Power Sum NEXT), PSFEXT (Power Sum FEXT)



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

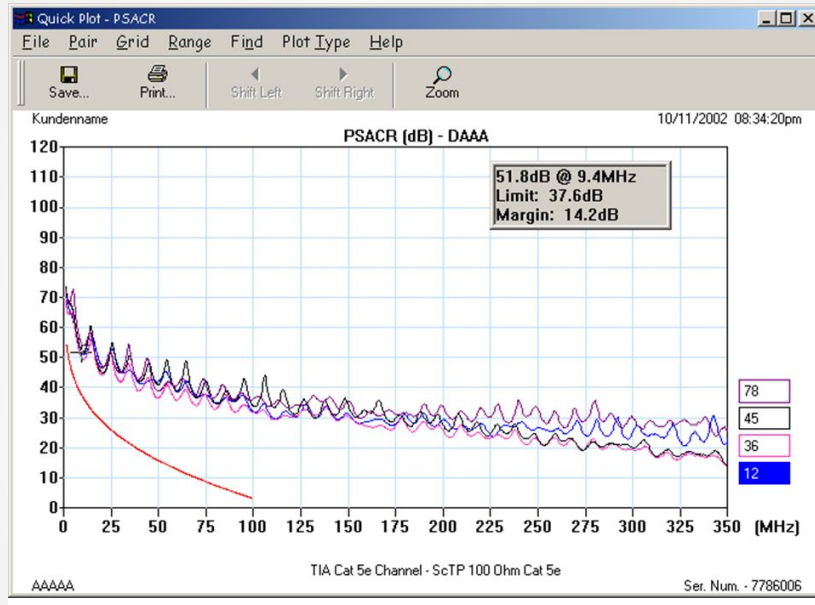
Folie: 14:40

Beeinflussung der Nachbarpaare auf eine Leitung.

Wird besonders durch die Verwendung von 4 Adernpaaren in beiden Richtungen bei Gigabit Ethernet interessant.

Es werden die Summen der Leistungs- / Spannungs-Verhältnisse, die auf eine Pärchen einwirken, addiert.

Leitungsmessungen PSACR (Power Sum ACR)



Stand: 07.09.2022

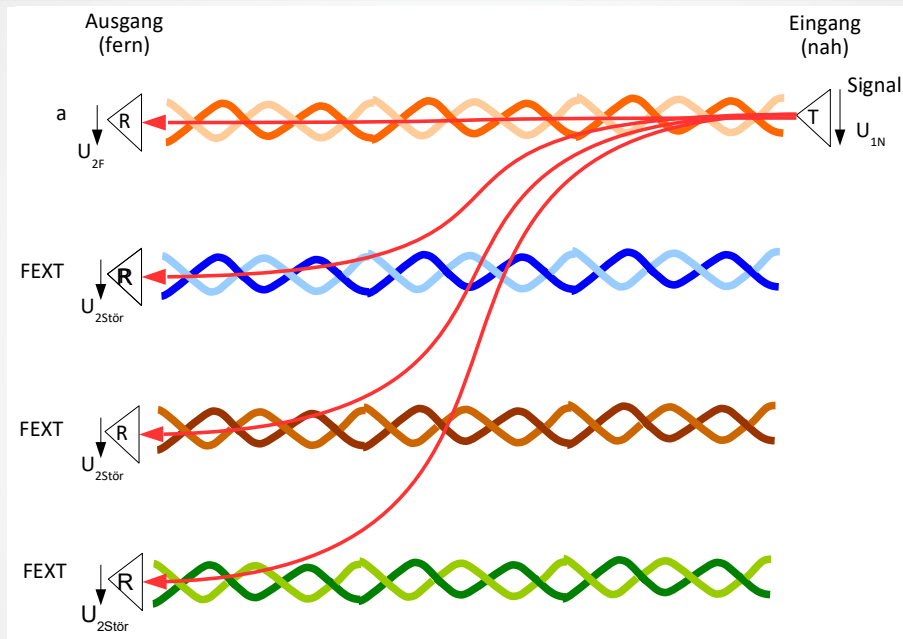
Netztechnik Teil-4

Folie: 15:40

Wie bei NEXT und FEXT lässt sich bei PSNEXT und PXFEXT ein PSACR-Wert Errechnen.

Auch hier ist ein möglichst großer Wert anzustreben, der dann über der Norm-Kennlinie liegen sollte.

Leitungsmessungen ELFEXT (Equalized Level FEXT)



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 16:40

Hierbei wird das Verhältnis des übersprechenden Ausgangssignals zum eigentlichen Ausgangssignal ermittelt.

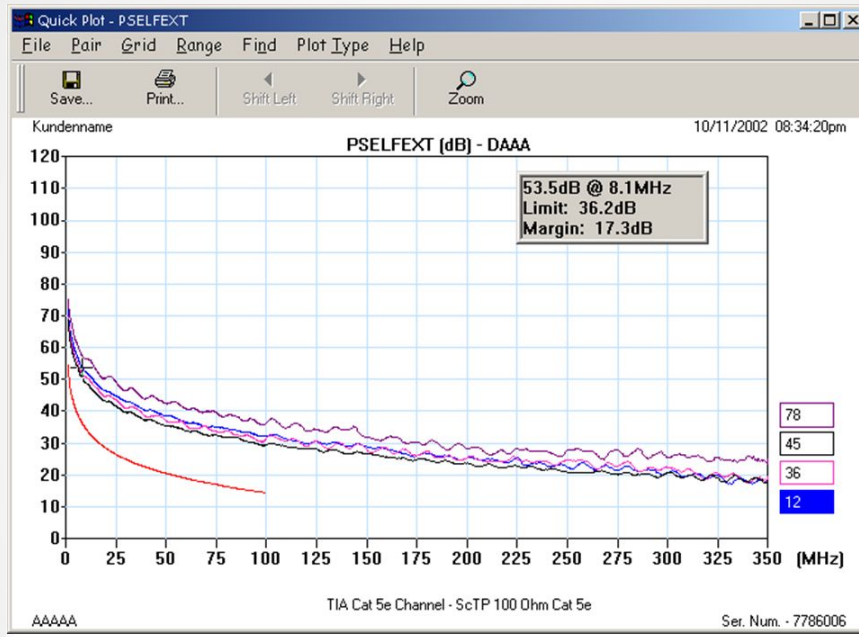
Dazu wird vom Remote-Messgerät ein Signal auf einem Adernpaar eingespeist. Am gleichen Adernpaar wird am nahen Ende die Dämpfung gemessen und zusätzlich an den anderen Adernpaaren (auch am nahen Ende) der FEXT-Wert.

Dies bedeutet, dass ein möglichst großer Wert anzustreben ist.

Da sowohl die Dämpfung als auch das Nebensprechen über die gleiche Leitungslänge beeinflusst wurde ist der Wert von der Leitungslänge unabhängig.

Da die Berechnung wie beim ACR-Wert vorgenommen werden kann, wird beim ELFEXT auch von einem Far-End-ACR gesprochen.

Leitungsmessungen PSELFEXT (Power Sum Equalized Level FEXT)



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

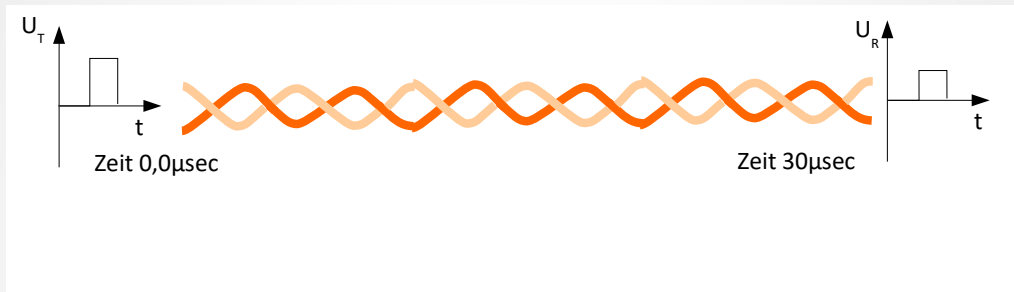
Folie: 17:40

PSELFEXT wird berechnet.

Für jedes Paar werden die ELFEXT der restlichen 3 Paare aufaddiert.

Somit gibt es 4 Werte, die möglichst groß sein sollten (und damit über der Norm-Kennlinie)

Leitungsmessungen Propagation Delay



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

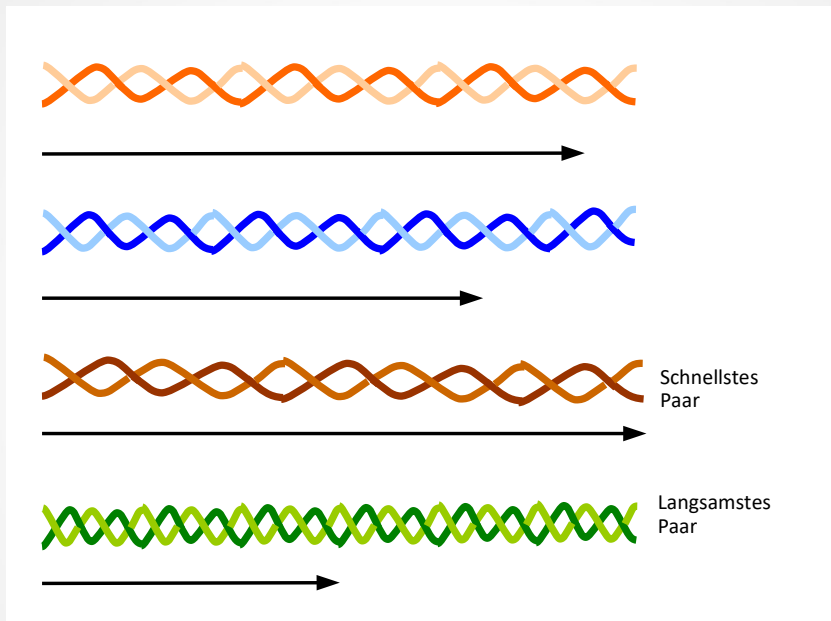
Folie: 18:40

Nur Signale im luftleeren Raum breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus.

Über der Leitungslänge benötigt das Signal eine bestimmte Laufzeit um das andere Ende zu erreichen.

Diese Laufzeit ist von der Länge und damit auch von der Verdrillung abhängig. Je mehr eine Leitung verdrillt ist desto länger benötigt ein Signal.

Leitungsmessungen Propagation Delay Skew



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

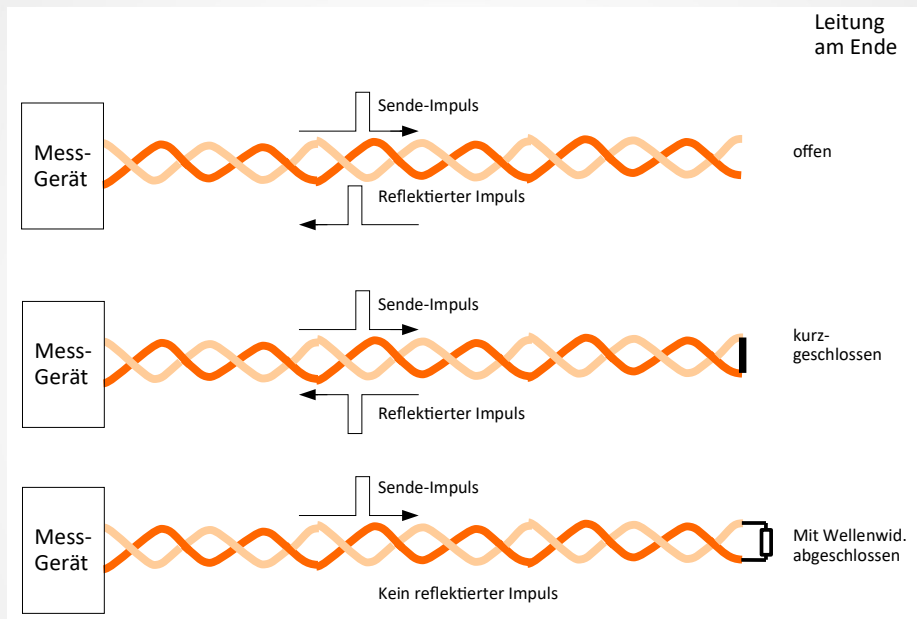
Folie: 19:40

Um die gegenseitige Beeinflussung der unterschiedlichen Adernpaare so gering wie möglich zu halten werden die Adernpaare beim Hersteller unterschiedlich oft verdreht.

Dies ergibt unterschiedliche Signallaufzeiten bei den Adernpaaren.

Das Problem tritt vor allem ab 1Gbps auf, da dort alle 4 Adernpaare in beiden Richtungen gleichzeitig verwendet werden.

Leitungsmessungen HDTDR (High Definition Time Domain Reflectometry)



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

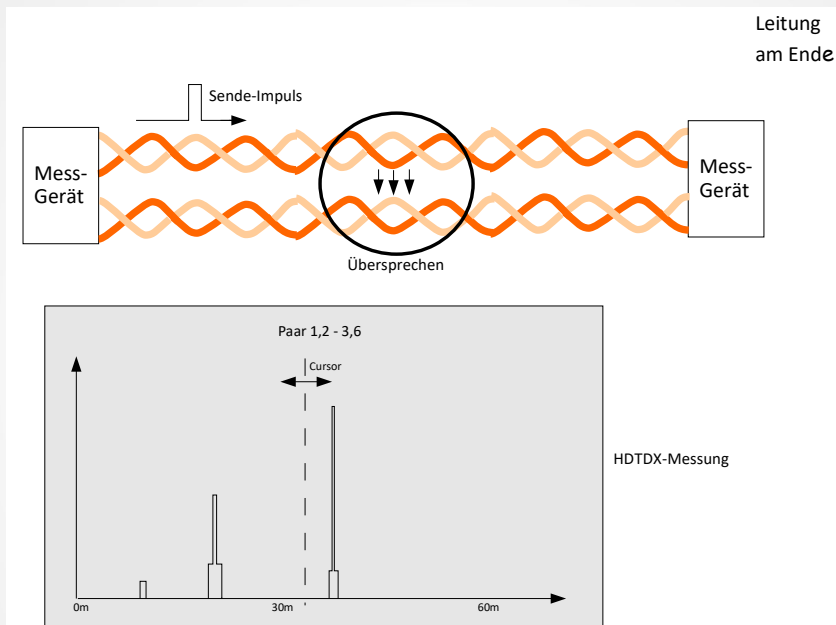
Folie: 20:40

Reflexionen können sowohl durch Fehlanpassung am Leitungsende auftreten als auch durch unsachgemäße Behandlung des Leiter (z. B. durch Quetschung, oder durch Übergangswiderstände an Buchsen und Steckern)

Die Reflexionen sind unerwünschte Signalstörungen die zu vermeiden sind.

Durch HDTDR-Messungen können die Störungen lokalisiert werden.

Leitungsmessungen HDTDX (High Definition Time Domain Crosstalk)



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

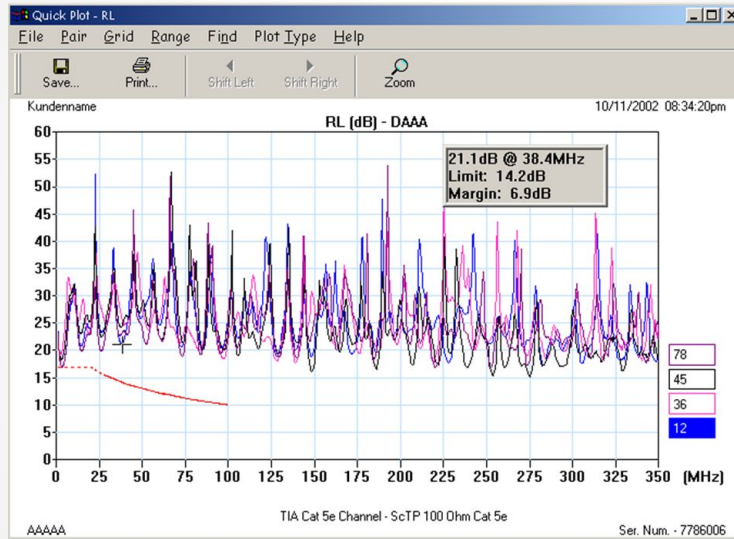
Folie: 21:40

Durch Quetschungen eines Leitern können Übersprech-Effekte erzeugt werden.

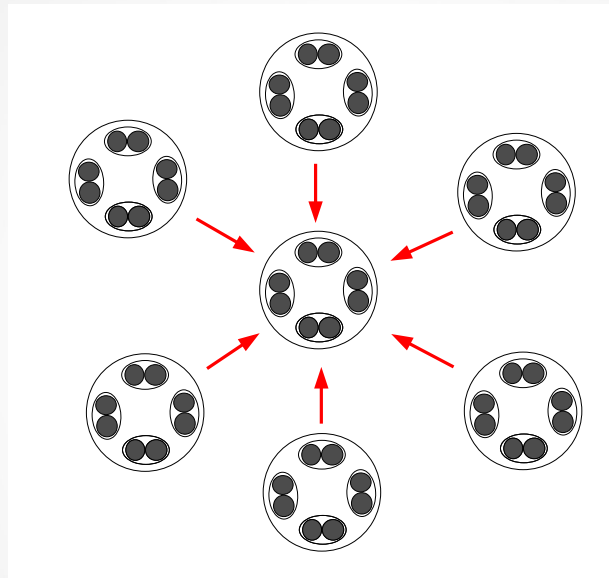
Mit einer HDTDX-Messung können die entsprechenden Stellen lokalisiert werden

Leitungsmessungen Return Loss (RL)

RL ist die Messung aller Reflexionen, die durch Fehlanpassungen der Impedanzen hervorgerufen werden.



Leitungsmessungen Alien Crosstalk



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 23:40

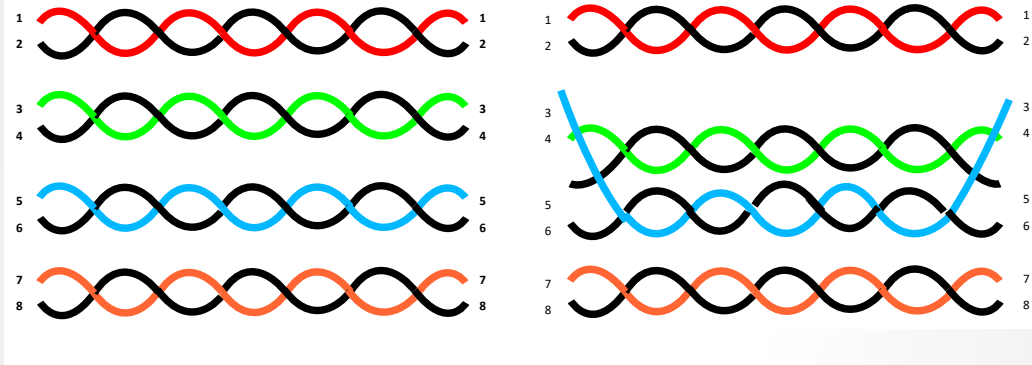
Nicht nur innerhalb einer Leitung können Beeinflussungen auftreten. Es können auch zwischen Leitungen Beeinflussungen auftreten. Dieses Nebensprechen wird Alien-Crosstalk genannt.

Dem Alien-Crosstalk kann nur mit einer Vergrößerung der Abstände z. B. mit Trennstegen entgegen gewirkt werden.

Spätestens bei 10Gbps-Ethernet sind die Leitungen möglichst locker im Kabelkanal (also nicht mit Kabelbindern zusammengefasst) zu verlegen.

Auch bei den Patchfeldern sind die Ports weiter auseinander als bei den Patchfeldern bis 1Gbps.

Leitungsmessungen Wire-Map-Fehler



Split Pairs

Richtige Verdrahtung

Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 24:40

Wird die Leitungsverdrillung der Paare durch eine fehlerhafte Steckerbelegung aufgehoben tritt Nebensprechen auf.

Da bei den RJ45-Steckern die Pins folgendermaßen (1,2 / 3,6 / 4,5 / 7,8) konfektioniert werden, kann es zu falschen Stecker-Belegungen (wie im linken Beispiel) kommen. Da nicht mehr alle Paare miteinander verdrillt sind, wird dieser Fehler auch Split-Pairs genannt.

Im rechten Beispiel sind die Paare richtig aufgelegt (konfektioniert)

Um dem falschen Auflegen entgegenzuwirken haben moderne Patchfelder und Dosen farbliche Kennzeichnungen an den Schneidklemmen.

Leitungsmessungen Leitungsqualitäten

| Category | Grenzfrequenz [MHz] | Anwendung bei |
|----------|---------------------|-----------------------|
| CAT3 | 10 | Telefon / 10 BASET |
| CAT4 | 16 | Token Ring |
| CAT5 | 100 | 100BASE-TX |
| CAT6 | 250 | 1000BASE-TX |
| CAT6e | 500 | 10GBASE-T bis 55m |
| CAT6a | 625 | 10GBASE-T bis 100m |
| CAT7 | 600 | In der Verabschiedung |
| CAT8 | 1200 | Vorschlag |

Amerikanischer Ansatz:

Qualität der Einzelkomponenten

| Klasse | Grenzfrequenz [MHz] | Enthält Kategorie |
|--------|---------------------|-------------------|
| A | 0,1 | 3,4,5 |
| B | 1 | 3,4,5 |
| C | 16 | 3,4,5 |
| D | 100 | 5 |
| E | 250 | 6 |
| F | 600 | 7 |

Europäischer Ansatz:

Qualität des gesamten Links

Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 25:40

Die Qualität der Verkabelung kann auf verschiedene Weisen angegeben werden.

Amerikanische Variante:

Alle Bauteile (Stecker, Buchsen, Leitungen, ..) werden auf ihre Eigenschaften hin kategorisiert.

Je nach Qualität gibt es (CAT-3, CAT-4, CAT-5, ..)-Zuordnungen.

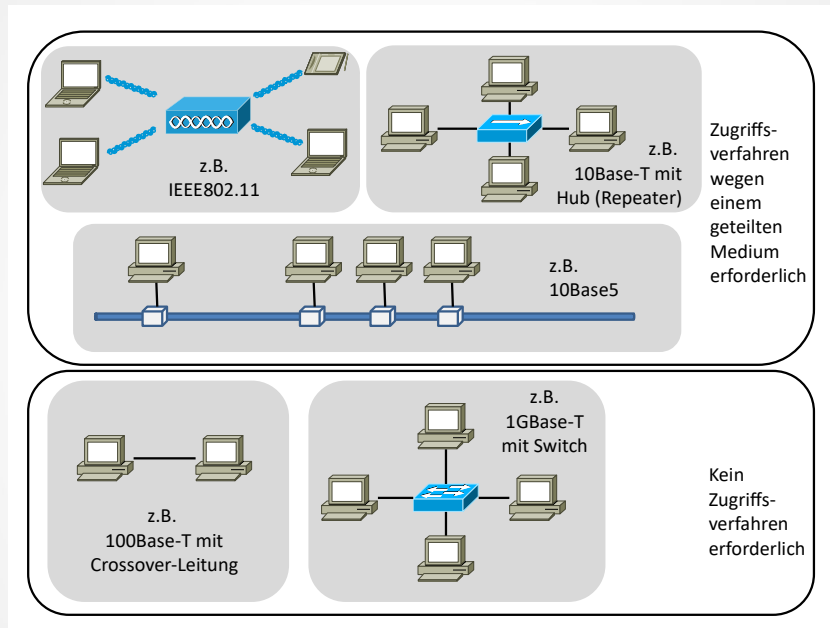
Damit ist keine Aussage zur Qualität eines gesamten Links möglich, denn je nach ordnungsgemäßer Zusammenstellung und Einbau, können Abweichungen auftreten.

Europäische Variante:

Hier wird der gesamte Link gemessen und je nach Eigenschaften einer Klasse (A, B, C, D, E, F, ..) zugeordnet.

Damit kann eine qualitative Aussage zu einem gesamten Link gemacht werden.

Grund für Zugriffsverfahren



Stand: 07.09.2022

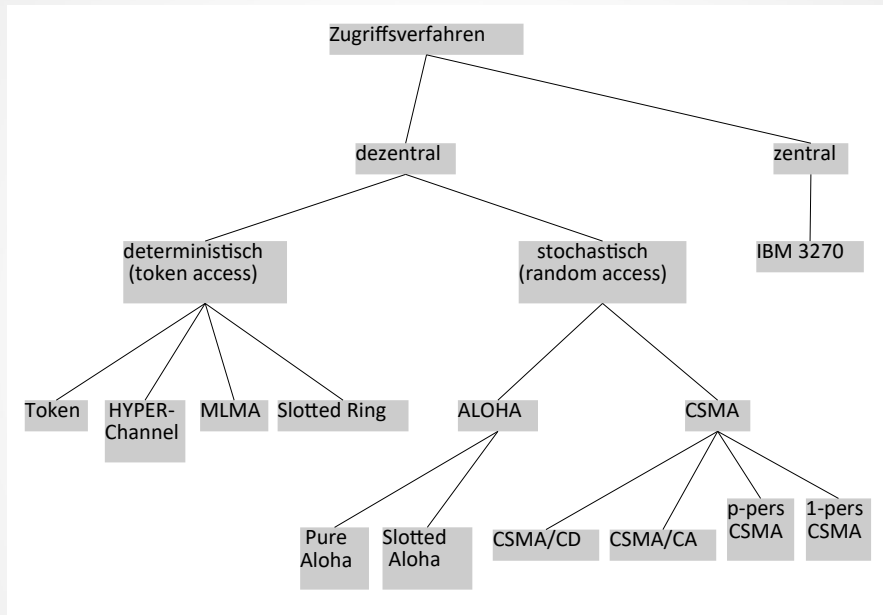
Netztechnik Teil-4

Folie: 26:40

Sobald der Datenaustausch über ein „**Shared Media**“ erfolgt ist ein **Medienzugriffsverfahren** einzusetzen.

Medienzugriffsverfahren haben den Makel der **Kollision**, denn das was sie ausschließen sollen können sie nicht gänzlich vermeiden.

Übersicht über die Zugriffsverfahren



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 27:40

Deterministisch:

Z. B. Token Ring. Wenn Anzahl der Stationen und Verbindungslängen bekannt, garantierte Übertragungszeit

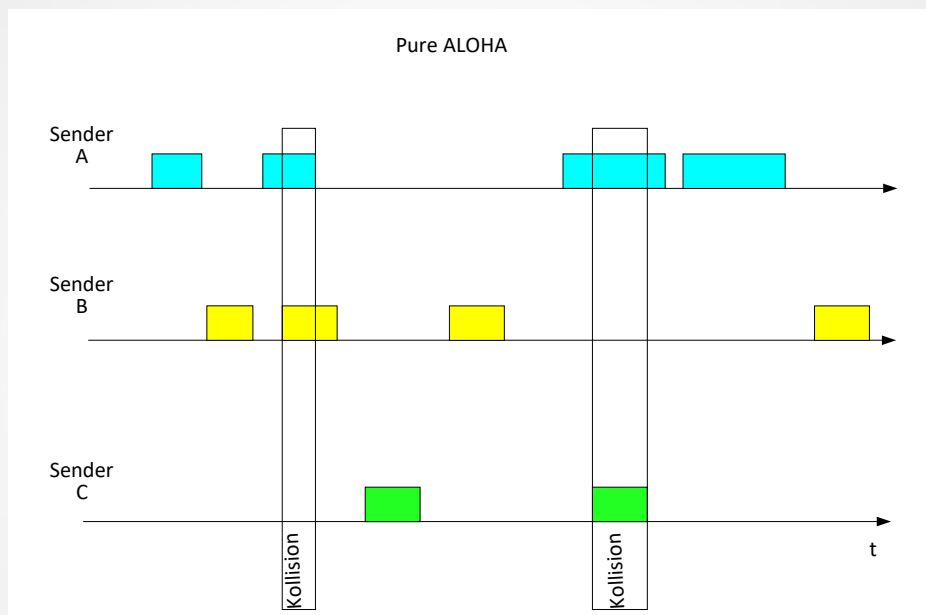
Stochastisch:

CSMA/CD/CA/..

Keine garantierte Übertragung wg. Kollision

Nicht mehr Stand der Technik. Wg. geschwachten Netzwerken überholt.

Zugriffsverfahren Aloha



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

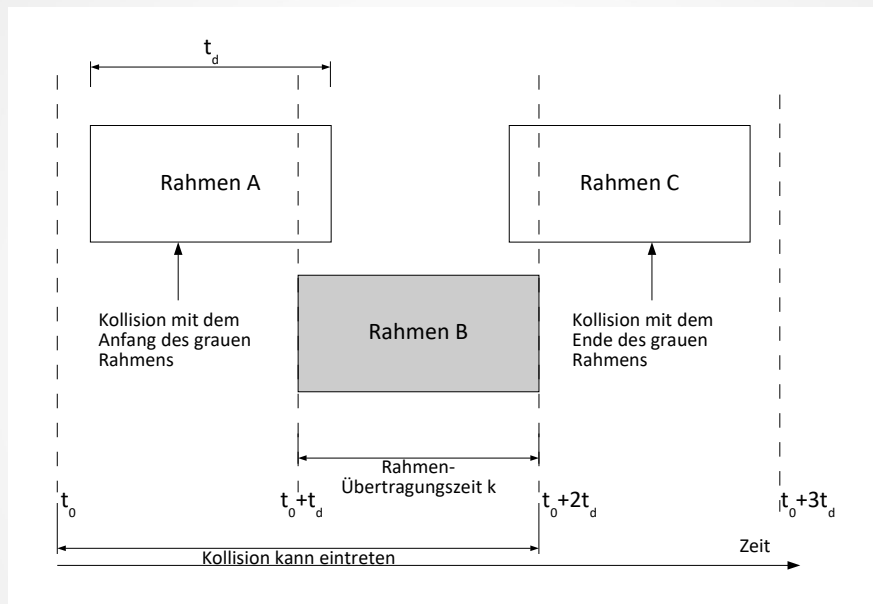
Folie: 28:40

Erste Installation an der Universität von Hawaii um die Standorte auf verschiedenen Inseln miteinander zu verbinden.

Aloha bedeute Hallo.

→ Unkontrollierter Zugriff auf das Medium
Schlechter Durchsatz (Maximum bei 18%)

Kollision



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 29:40

Mathematische Beschreibung von Kollisionen:

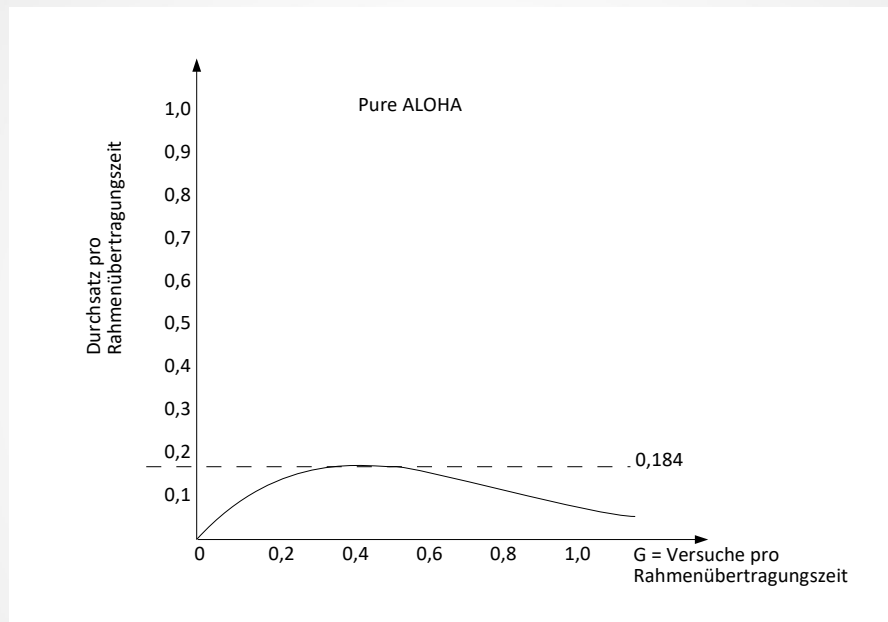
Voraussetzung:

Gleiche Rahmenübertragungsdauer

Gefährliche Zeitspanne $t_0 + 2t_d$

Poisson-Verteilung

Pure Aloha



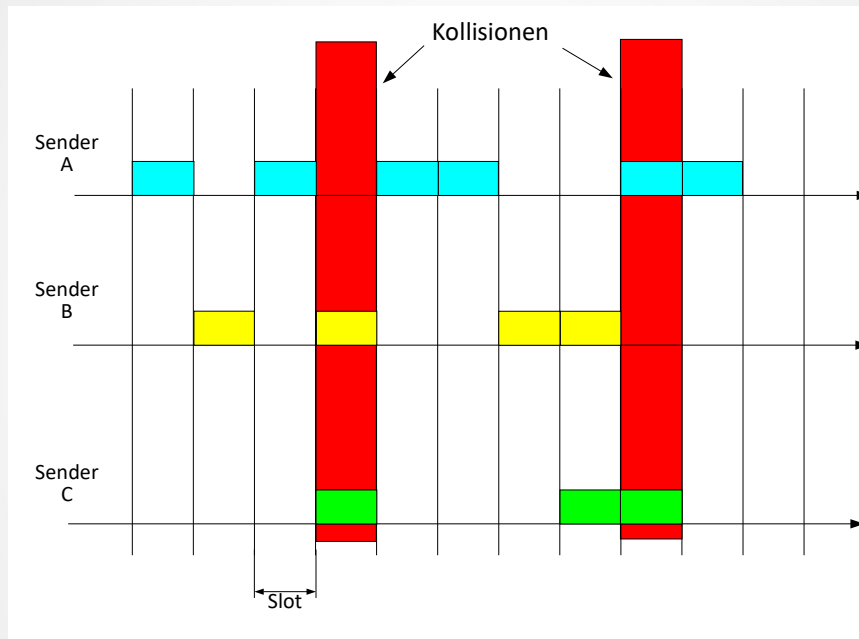
Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 30:40

Das Verfahren hat ein Maximum von 18% bei 0,5 Versuchen pro Rahmenübertragungszeit

Slotted Aloha



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 31:40

Verbesserung der „Lausigen Performance“ durch „Slotted Aloha“

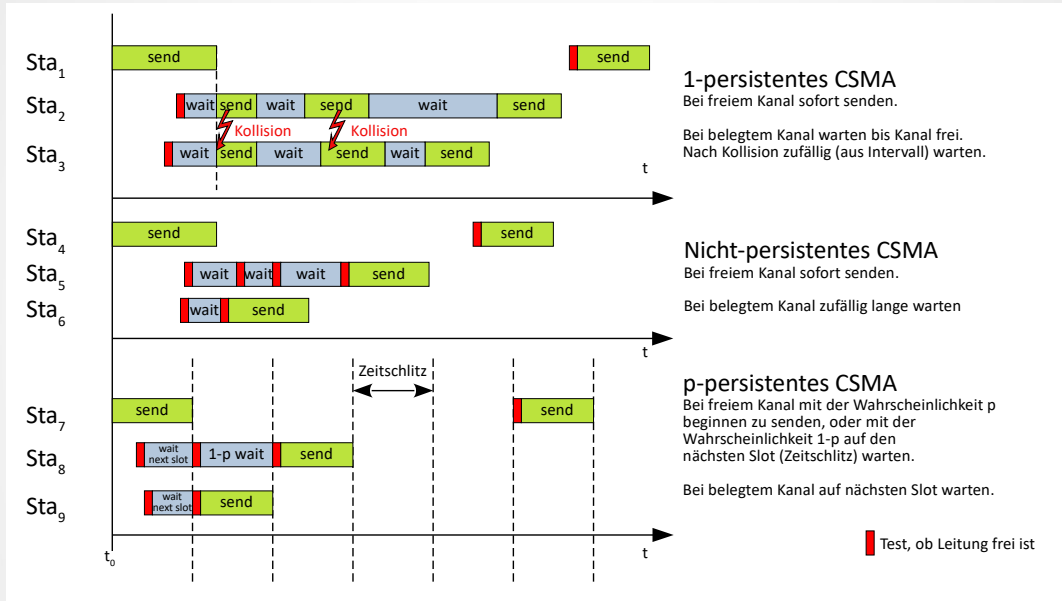
Einführung von Zeitschlitzten (Slots)

Alle Rahmen haben die gleiche Größe

Da Kollisionen jetzt nur noch zu Beginn (und nicht mehr auch am Ende) auftreten können halbiert sich die Zeit in der ein Rahmen Kollidieren kann auf die Hälfte

Vorteil: Verdoppelung des Durchsatzes

CSMA-Varianten



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 32:40

Weitere Optimierungen durch **CSMA**

CS = Carrier Sense (Kanalabhören vor dem Senden)

MA = Multiple Access (Alle können gleichberechtigt auf den Kanal zugreifen)

Roter Balken bedeutet Kanal testen ob frei.

1-persistentes-CSMA

Sobald Kanal Frei ist wird sofort (mit der Wahrscheinlichkeit von 1, daher der Name) gesendet.

Ist der Kanal belegt wird gewartet, bis der Kanal frei ist und dann sofort gesendet.

→ Aggressivstes Verfahren

→ Schnelles Auftreten von Kollisionen

Nicht-Persistentes-CSMA

Sobald der Kanal frei ist wird gesendet.

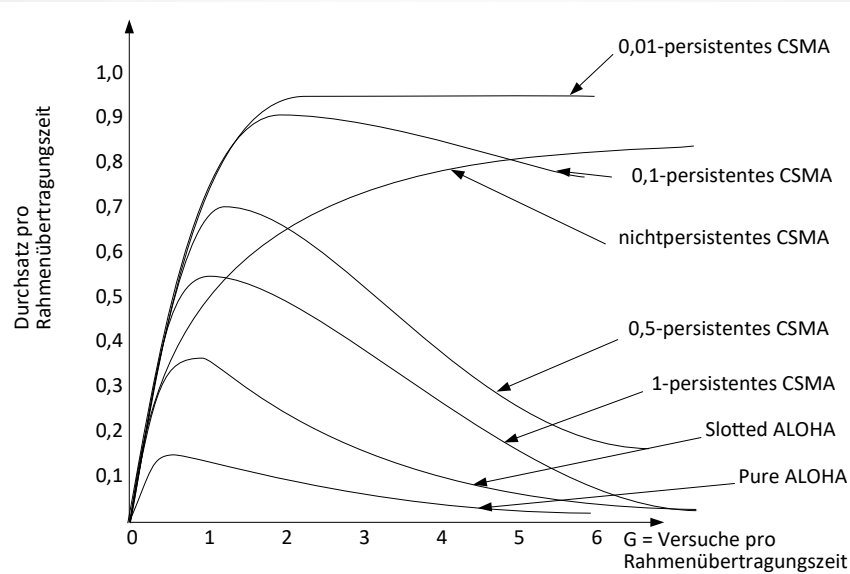
Ist der Kanal belegt wird zufällig lange gewartet. Danach wird getestet und falls frei gesendet. Sonst wieder zufällig lange warten und testen.

P-persistentes-CSMA

Benötigt Zeitschlitz.

Erst Testen. Wenn belegt, auf nächsten Zeitschlitz warten. Wieder Testen. Wenn frei, mit Wahrscheinlichkeit P senden, oder mit Wahrscheinlichkeit $q=1-p$ warten auf nächsten Zeitschlitz und von vorn

Übersicht Aloha / CSMA-Varianten



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

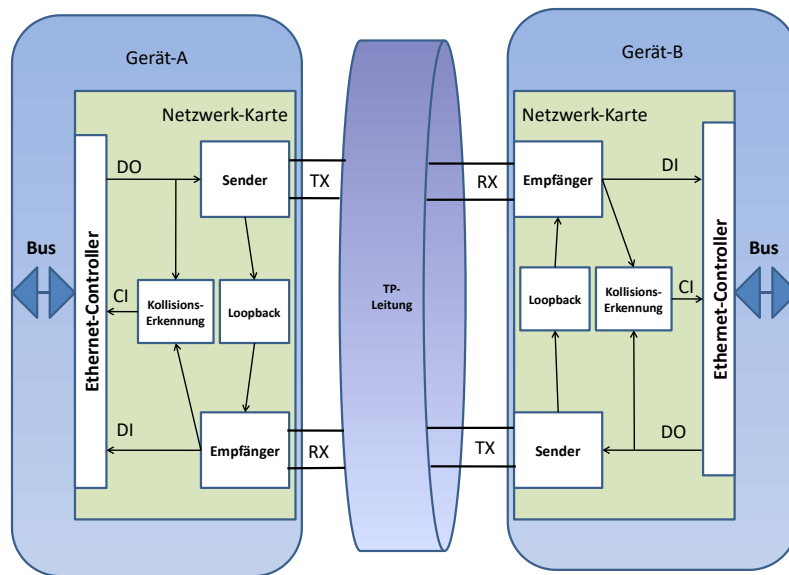
Folie: 33:40

Unterschiedliche Verfahren mit unterschiedlichen Auswirkungen

-Maximaler Durchsatz bei unterschiedlicher Versuchsanzahl

- Schneller (1-persistent) / Langsamer (non-persisten)

Ethernet Half-Duplex



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

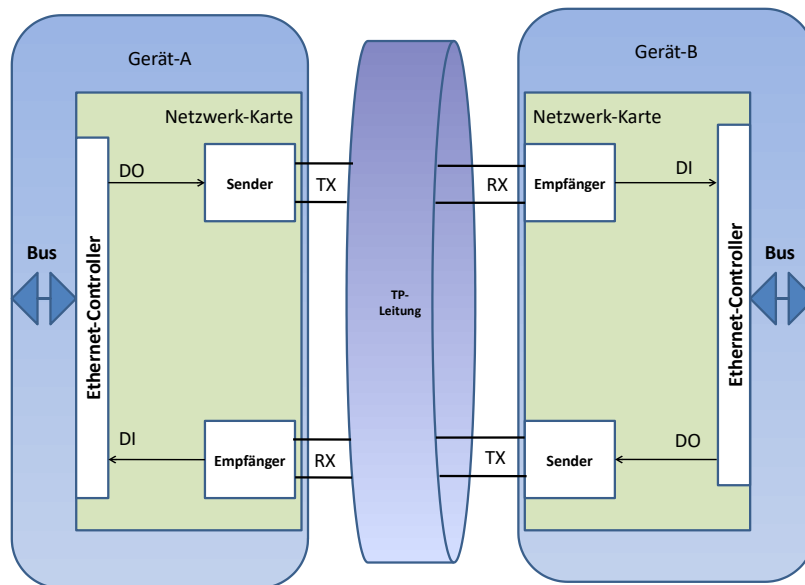
Folie: 34:40

Ethernet verwendet ein 1-persistentes-CSMA und macht noch zusätzlich eine Kollisionserkennung

Beispiel mit Twisted-Pair-Verkabelung:
Dazu muss die Netzwerkkarte im Half Duplex-Mode konfiguriert sein.

Eingang und Ausgang wird miteinander verglichen:
Eingang und Ausgang gleich → Keine Kollision → Weiter Senden bis Ende
Eingang und Ausgang ungleich → Kollision → CI-Setzen → Senden abbrechen und Jam-Signal senden.

Ethernet Full-Duplex



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 35:40

Bei Punkt-zu-Punkt-Verbindung oder in geschalteter Umgebung ist kein Kollisionssignal erforderlich.

Es kann in beiden Richtungen gesendet und Empfangen werden (Full-Duplex-Mode)

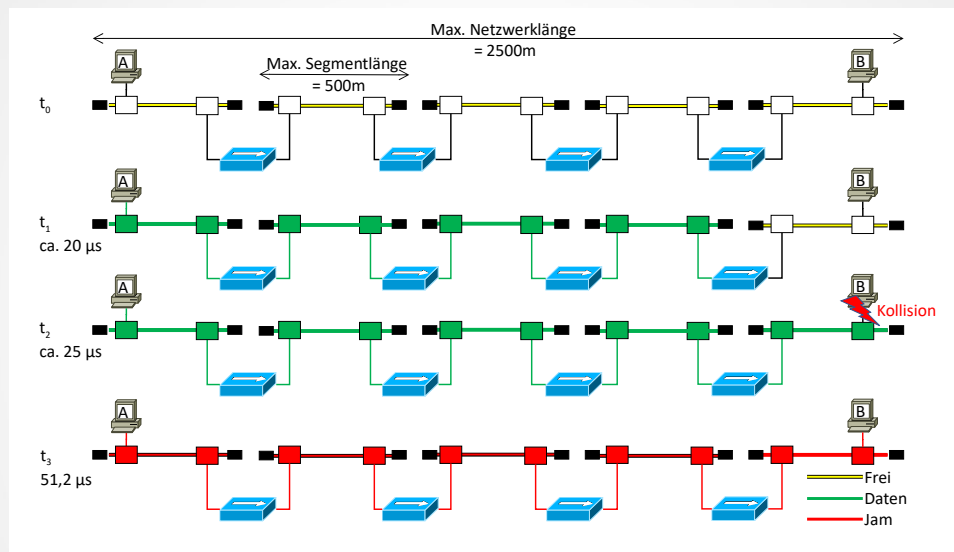
Kollisionserkennung ist ausgeschaltet.

Problem bei ungleicher Konfiguration (HDX und FDX):

Nur bei HDX können Kollisionen erkannt werden.

Bei FDX gehen Rahmen evtl. verloren, da eine Kollisionsüberprüfung nicht stattfindet.

Ablauf CSMA/CD bei Ethernet



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 36:40

Ablauf einer Kollision bei **Ethernet**. (mit 10 MBit)
 Zusätzlich wird zu CSMA eine **Kollisionserkennung** eingeführt.
 Minimale Framegröße = 64 Byte = 512 Bits → Maximale Signallaufzeit =
 Slottime = 51,2µs
 Maximale Netzwerklänge = 2500m.
 Max. Segmentlänge = 500m.
 Maximale Repeater-Anzahl = 4
Repeater-Regel bei 10Mbps:
5-4-3 (5 Segmente/4 Repeater/3 Segmente bevölkert)

Ablauf:

t0:

A will senden und hört Leitung ab. Leitung ist Frei. A beginnt mit Senden.

t1:

Daten von A sind fast bei B angekommen. B will nun auch senden und hört Leitung ab. Leitung ist (noch) frei. B beginnt mit Senden.

t2:

B erkennt Kollision. B bricht das Senden ab und sendet ein Jam-Signal.

t3:

Jam-Signal kommt bei A an. A unterbricht Senden und wartet zufällig lange.

Ablauf CSMA/CD Binary Exponential Backoff bei Ethernet

Die Back-off-Time berechnet sich zu: $\text{Backoff-Time} = i * S$

i = zufälliges Element aus $\{0 < i < 2^k\}$

$k = \min(n, 10)$

S = Slottime ($51,2 \mu\text{s} = 512 \text{ Bit}$ bei 10 und 100 Mbps / $4,096 \mu\text{s} = 4096$ bei 1Gbps)

n = Versuchsdurchlauf

Beispiele:

$n = 1$: $\rightarrow i$ ist zufällig aus $\{0,1\}$ ausgewählt

$\rightarrow \text{Back-off-Time} = 0*S$ oder $1*S$

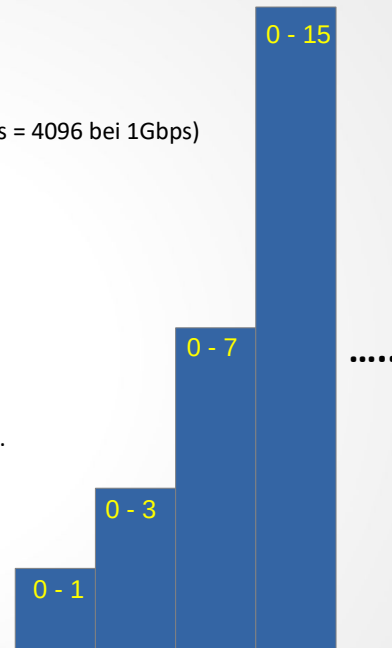
$n = 2$: $\rightarrow i$ ist zufällig aus $\{0,1,2,3\}$ ausgewählt

$\rightarrow \text{Back-off-Time} = 0*S, 1*S, 2*S$ oder $3*S$.

$n = 3$: $\rightarrow i$ ist zufällig aus $\{0,1,2,3,4,5,6,7\}$ ausgewählt

$\rightarrow \text{Back-off-Time} = 0*S, 1*S, 2*S, 3*S, 4*S, 5*S, 6*S$ oder $7*S$.

CSMA/CD gibt nach mehr als 16 Kollisionen auf und meldet der überlagerten Schicht einen Fehler.



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 37:40

Die **Slottime** kann, je nach Datenübertragungsrate, folgende Werte annehmen :

10 / 100 Mbps : $51,2 \mu\text{s}$ (=512 Bit)

1Gbps: $4,096 \mu\text{s}$ (4096Bit)

Erste 10 Wiederholungen (n)

Zufälliger Wert aus $0 < i \leq 2^{\min(n,10)}$

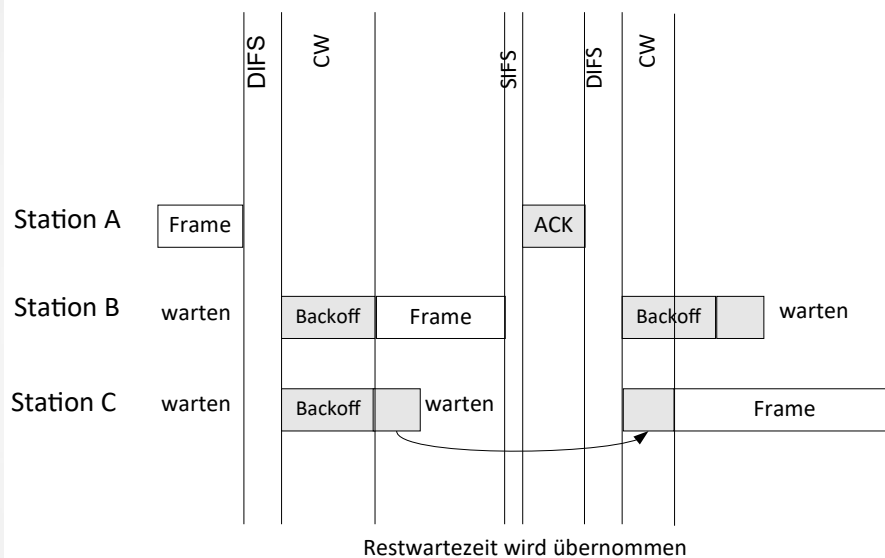
$\text{Backoff-Time} = \text{Slottime} * i$

Nach 16 Versuchen wird abgebrochen.

Das sind bei 10/100Mbps maximal $0,366848 \mu\text{s}$ reine Wartezeit.

Hinzu kommen dann jeweils noch $51,2 \mu\text{s}$ Collision-Window, also insgesamt $0,3676672 \text{ s}$

Ablauf CSMA/CA



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 38:40

Wird bei WLAN nach IEEE802.11 eingesetzt.
Das Verfahren ist im Default **DCF** (Distributed Coordination Function)

Ablauf:

A sendet gerade.

B und C wollen auch senden und hören deshalb den Kanal ab. Da der Kanal belegt ist warten sie bis nach DIFS (Kanal wieder Frei).

B und C treten in einen Wettbewerb (Contention Window = CW)
Beide ermitteln aus einem Intervall eine zufällige Wartezeit (Backoff-Time).

Nach dem Ablauf des Backoff bei B beginnt B an A zu senden.

Nach Ablauf von SIFS sendet A Quittung (ACK).

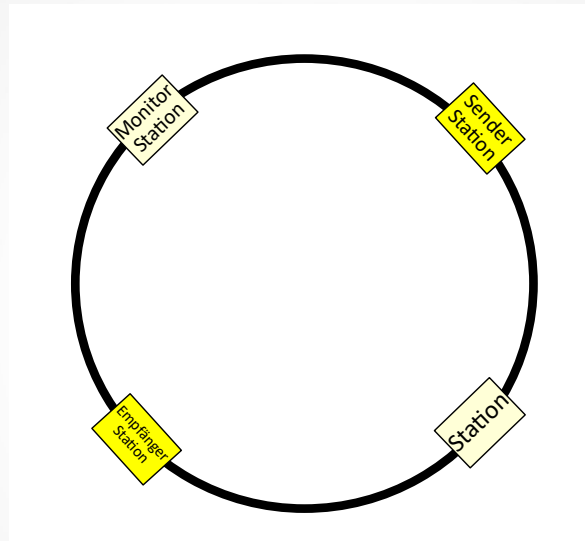
Dann kommt es nach Ablauf von DIFS wieder zu einem CW.

Diesmal muss C keine neue Wartezeit ermitteln und kann die Restwartezeit von vorher verwenden. B muss neue Wartezeit ermitteln. Damit ist C statistisch im Vorteil und kann somit nach Ablauf der Rest Backoff-Time senden.

Hinweis: Bei IEEE802.11 ist auch noch ein zentrales Verfahren mit PCF definiert bei dem der AP die Koordinierung übernimmt.

Weiteres im Kapitel WLAN

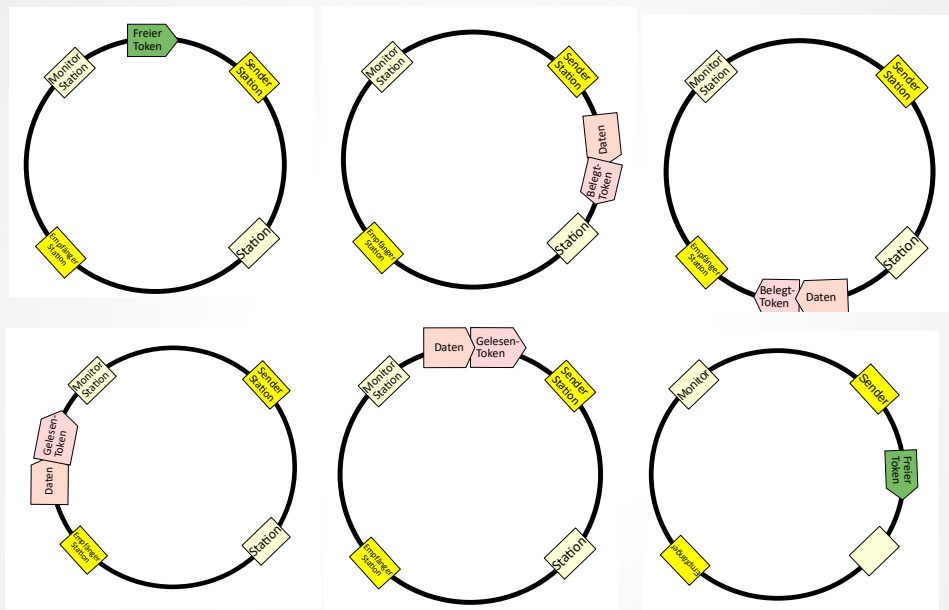
Token-Ring



Token-Ring-Beispiel mit 4 Stationen:

1. Monitor-Station (generiert und überwacht Token)
2. Sender
3. Station ist weder Sender noch Empfänger und reicht Daten nur weiter
4. Empfänger

Token-Ring Ablauf



Stand: 07.09.2022

Netztechnik Teil-4

Folie: 40:40

Ablauf:

1. Monitor-Station generiert Frei-Token.
2. Sender macht aus Frei-Token ein Belegt-Token und hängt die Daten an.
3. Unbeteiligte Station reicht Daten nur weiter.
4. Empfänger erkennt Daten für sich und kopiert sich diese. Aus Belegt Token Macht Empfänger Gelesen-Token.
5. Monitor-Station überprüft Token.
6. Empfänger macht aus Gelesen-Token ein Frei-Token und löscht die Daten