- Aufgabe 16

Nichtlineare Verzerrungen

Definition: Nichtlineare Verzerrungen sind Verzerrungen, die von der Größe der Amplitude des Signals $s_1(t)$ **abhängen.**

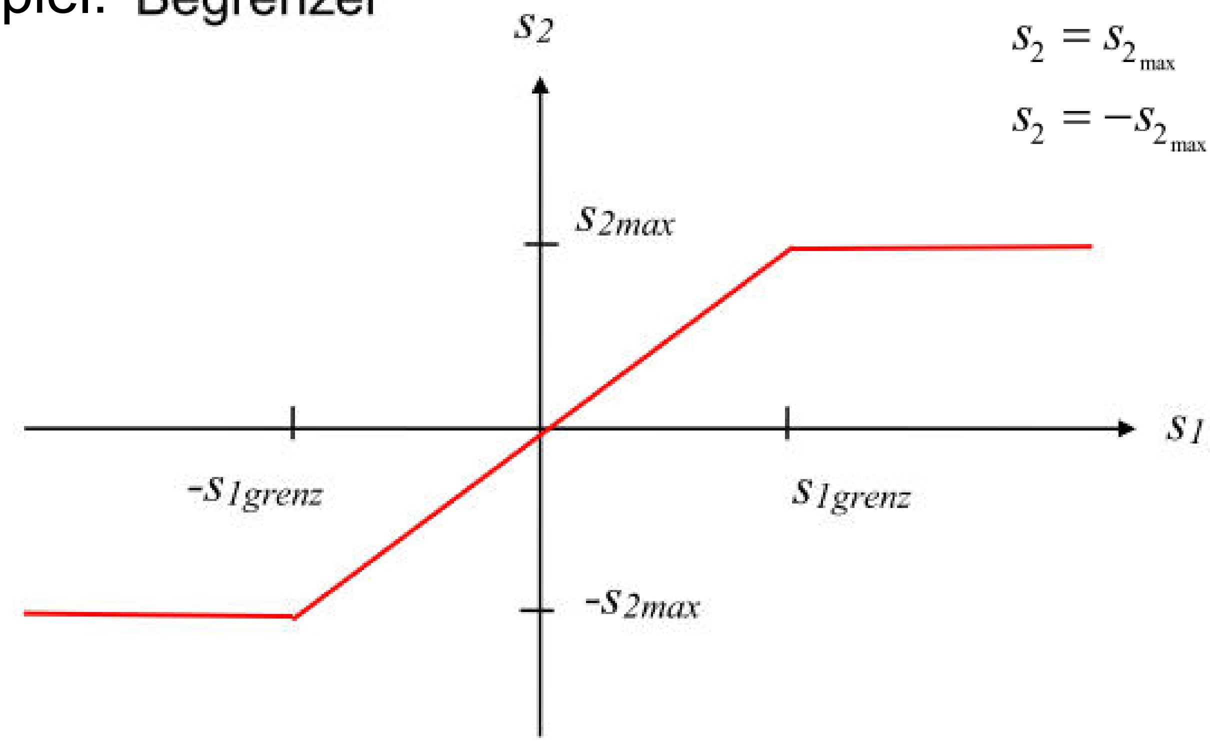
$$\Rightarrow \qquad H(\omega) = f(\hat{s}_1(t))$$

Beispiel: Begrenzer

$s_2 = s_1$ für $-s_{1_{grenz}} \leq s_1 \leq +s_{1_{grenz}}$

$s_2 = s_{2_{max}}$ für $s_1 > s_{1_{grenz}}$

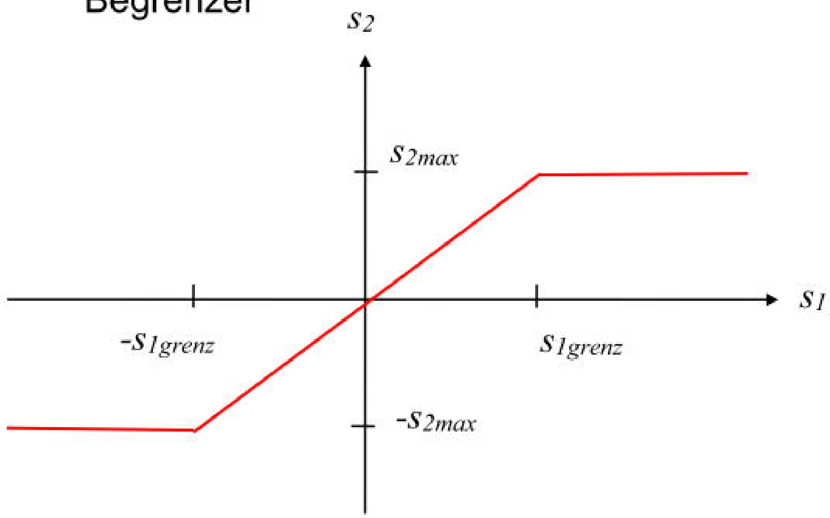
$s_2 = -s_{2_{max}}$ für $s_1 < -s_{1_{grenz}}$



Übertragungsqualität - Verzerrungen

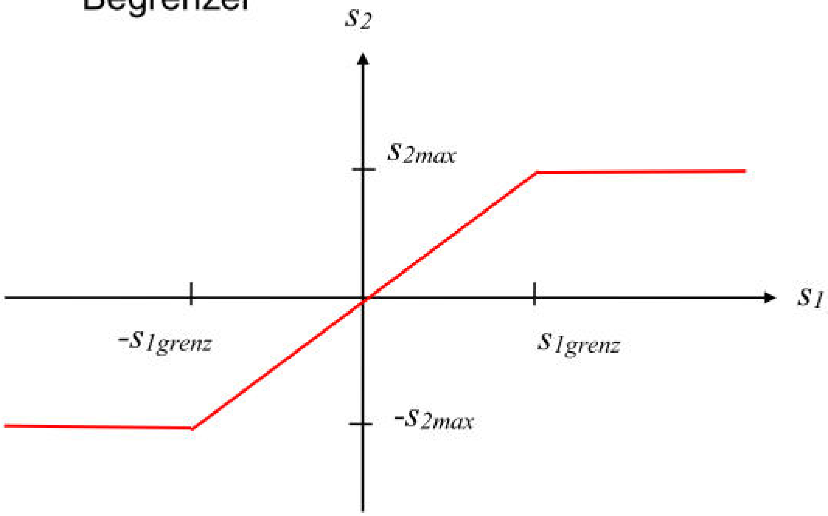
Hochschule Fulda
University of Applied Sciences
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik

Begrenzer



Fall a) $\hat{s}_1 \leq s_{1_{grenz}}$

Begrenzer

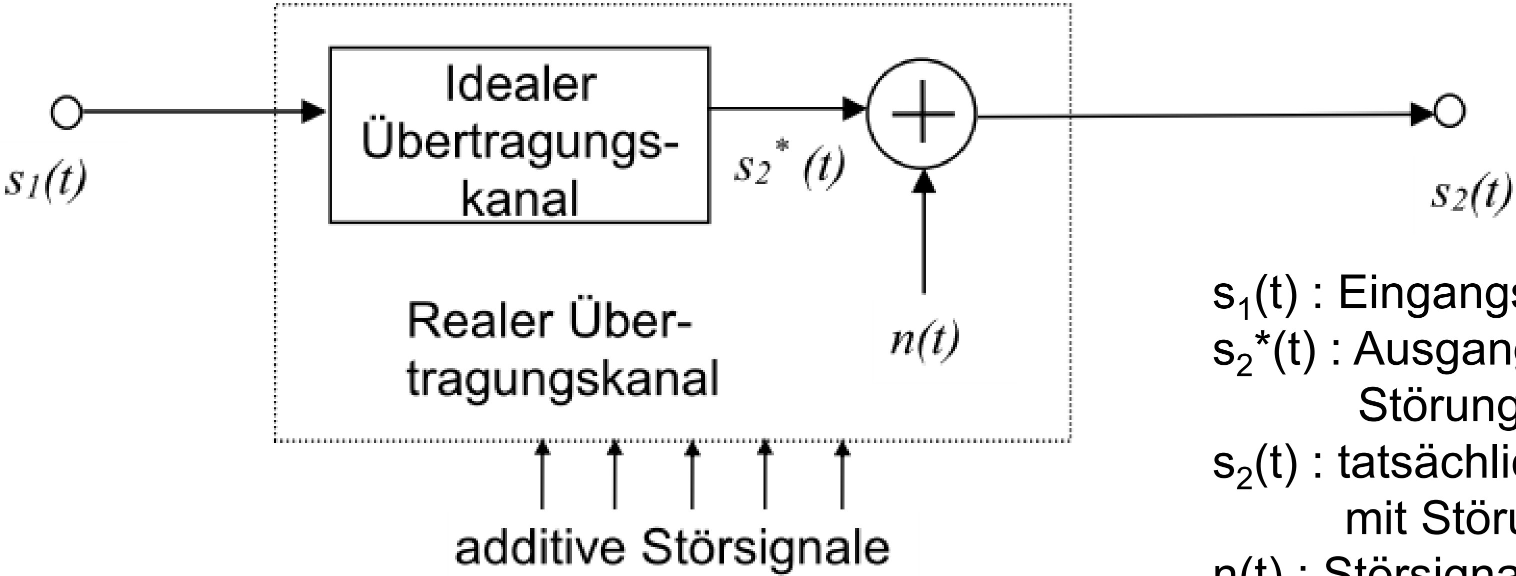


Fall b) $\hat{s}_1 > s_{1_{grenz}}$

Kennzeichen nichtlinearer Verzerrungen:

- Ein ursprünglich sinusförmiges Wechselsignal wird verändert
- Charakter des Klangs verändert sich: „Klirren“
- Es entstehen neue Oberwellen, d.h. es lassen sich im Ausgangssignal Frequenzen nachweisen, die im Eingangssignal nicht vorhanden sind.

Weitere Störungen



$s_1(t)$: Eingangssignal
$s_2^*(t)$: Ausgangssignal ohne zusätzliche Störungen
$s_2(t)$: tatsächliches Ausgangssignal mit Störungen
$n(t)$: Störsignale

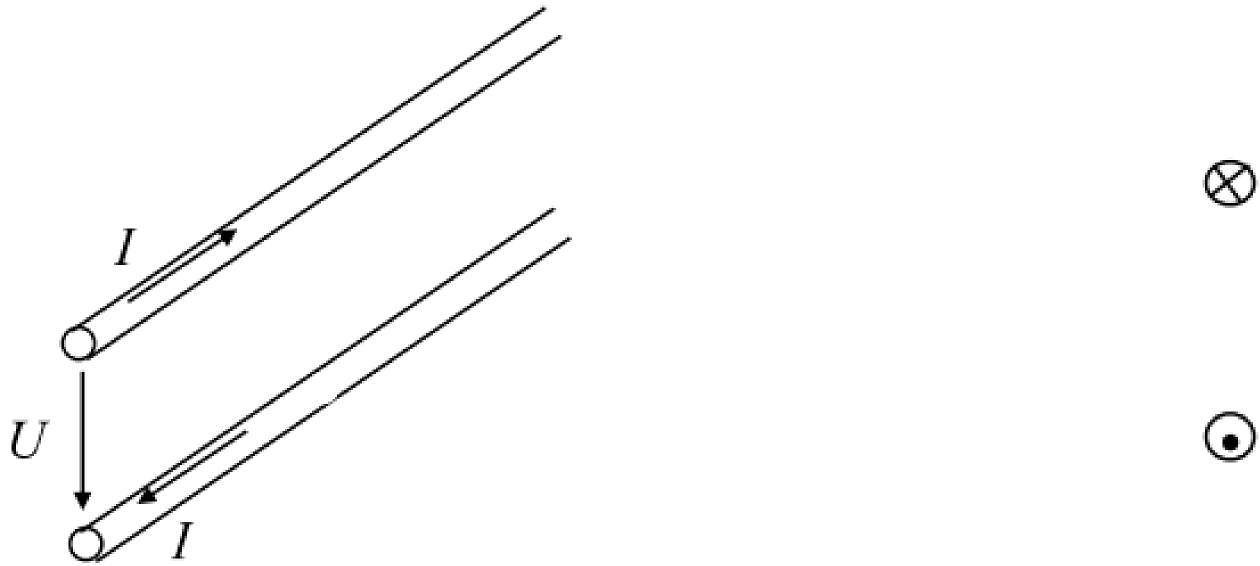
<u>Beispiele für Störungen:</u>

- Übersprechen durch kapazitive oder induktive Überkopplung von benachbarten Leitungen
- Durch Netzspannung (Netzbrummen) oder Überspannung verursachte Schwingung
- Unregelmäßige Störer, Rauschen, z.B. Wärmerauschen

- Aufgabe 12 (teilweise)

Energietransport über Leitungen

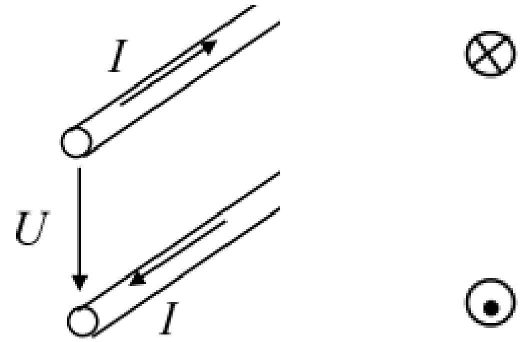
E: elektrisches Feld
H: magnetisches Feld



- Information wird in Form von elektromagnetischen Feldern übertragen
- die elektromagnetischen Felder transportieren Energie
- die Leitung dient nur dazu, die elektromagnetischen Felder zu führen (leiten)
- die Energie der elektromagnetischen Felder wird hauptsächlich <u>zwischen</u> den Leitungen transportiert, nicht <u>in</u> den Leitungen !

Poynting-Vektor

- Kennzeichnet Intensität und Richtung des Energietransports durch elektromagnetische Felder
- Berechnung: $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}.$
- Betrag entspricht:
  - Leistungsdichte/Intensität des Feldes (Energie, die pro Zeit und Fläche auftritt)



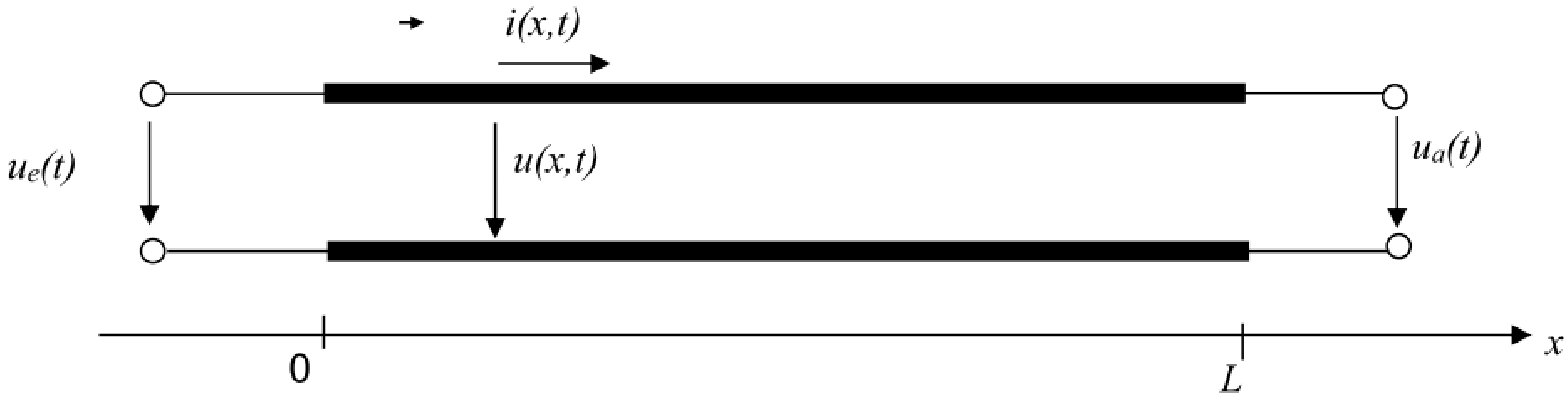
Ausbreitung eines Signals auf Leitungen

- Ausbreitungsgeschwindigkeit max. c

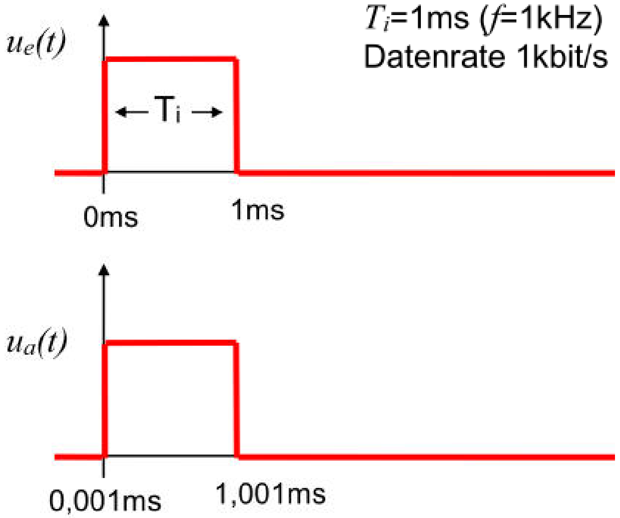
$$c = 300\,000\ \frac{km}{s} = 30\,\frac{cm}{ns}$$

Beispiel: $L_{leitung}$ = 300 m ; c = 300.000 km/s

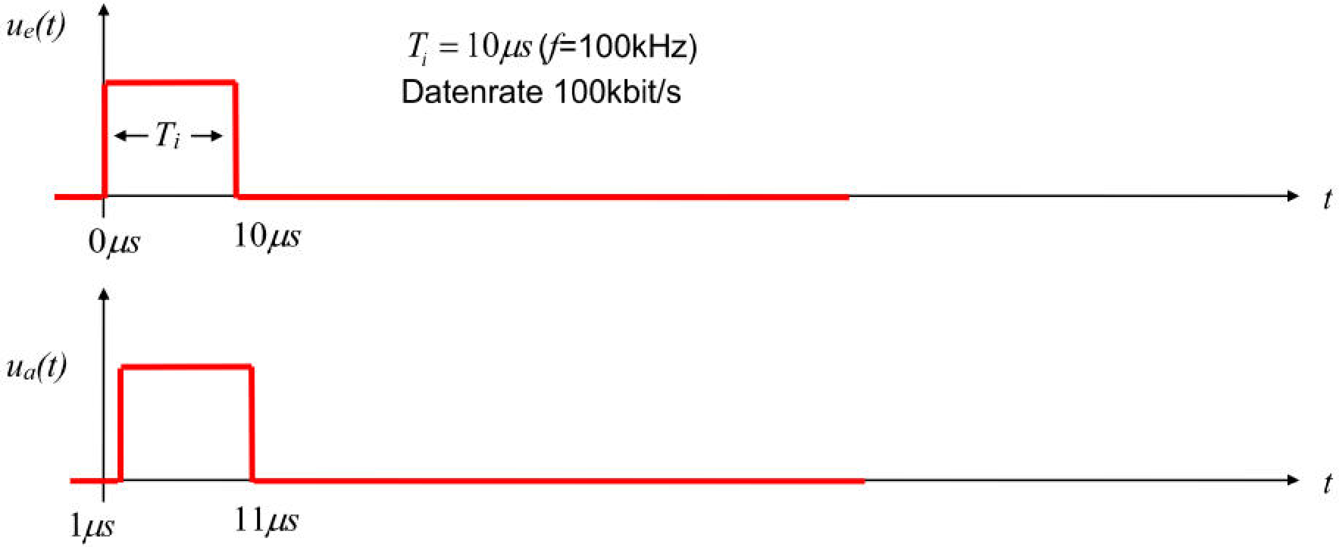
$\Rightarrow$ Laufzeit $T_{Lauf} \geq \dfrac{0{,}3km}{300.000km/s} = 10^{-6}s = 1\mu s$



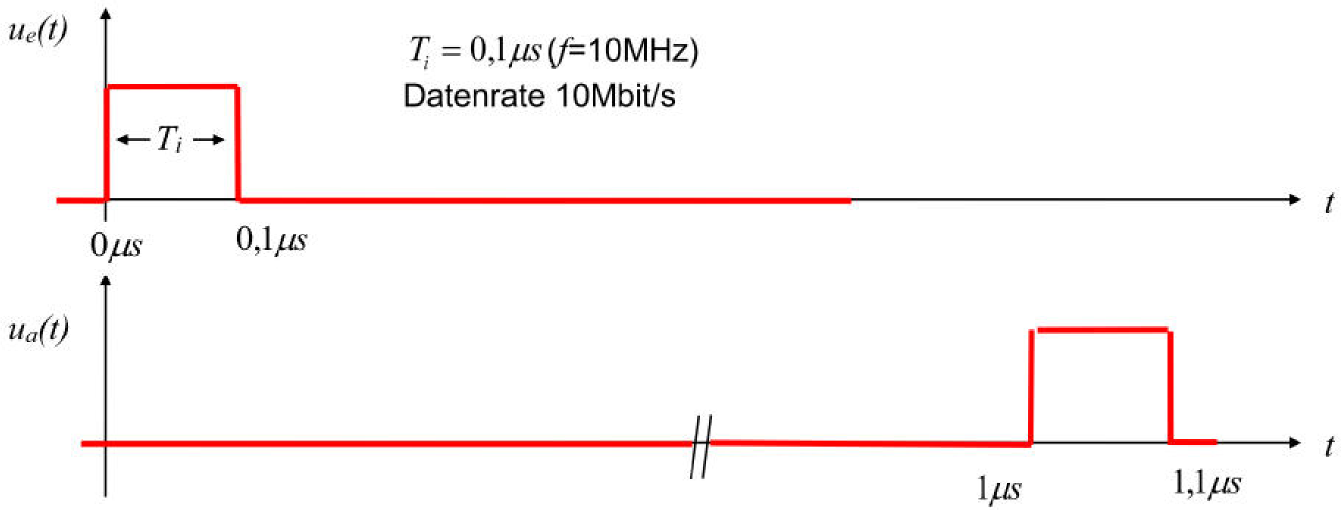
Fall 1:



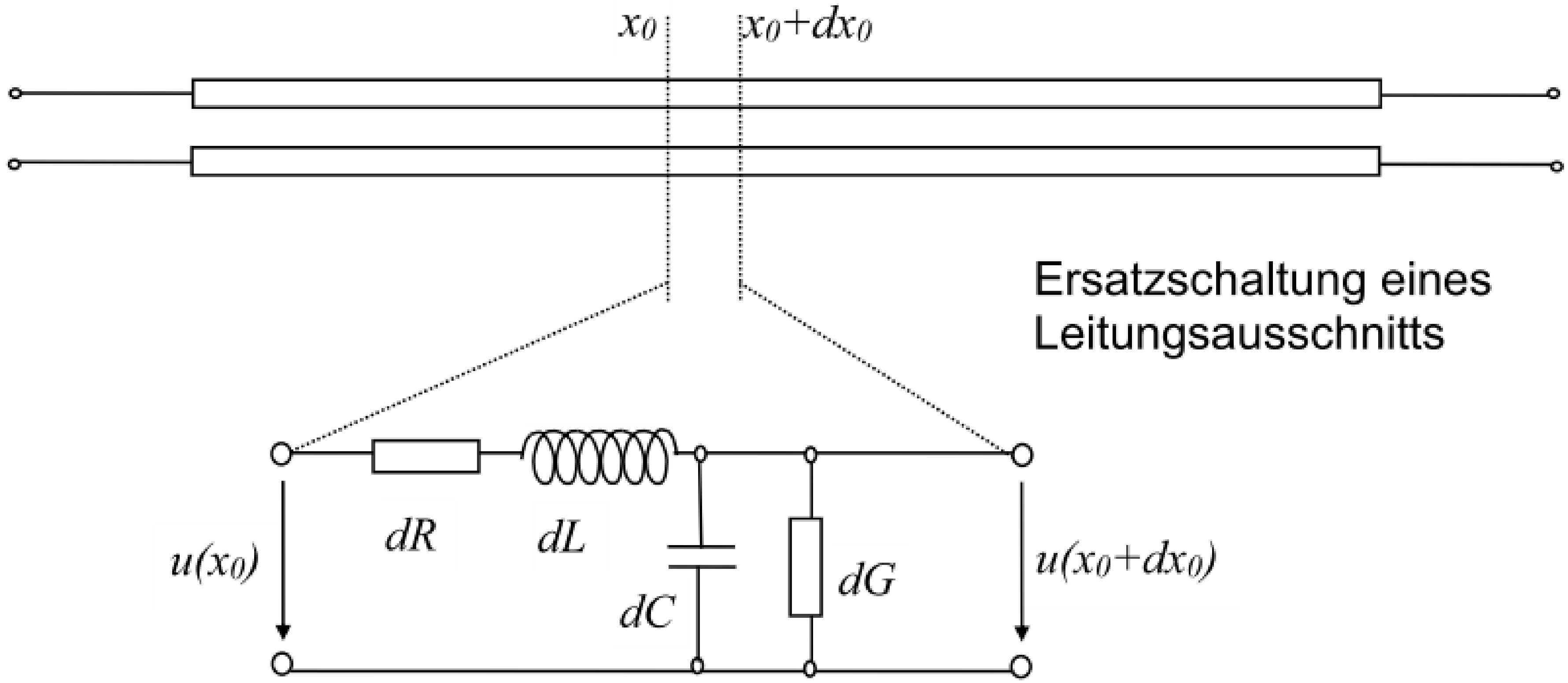
Fall 2:



Fall 3:



Berechnung der Übertragungseigenschaften von Leitungen

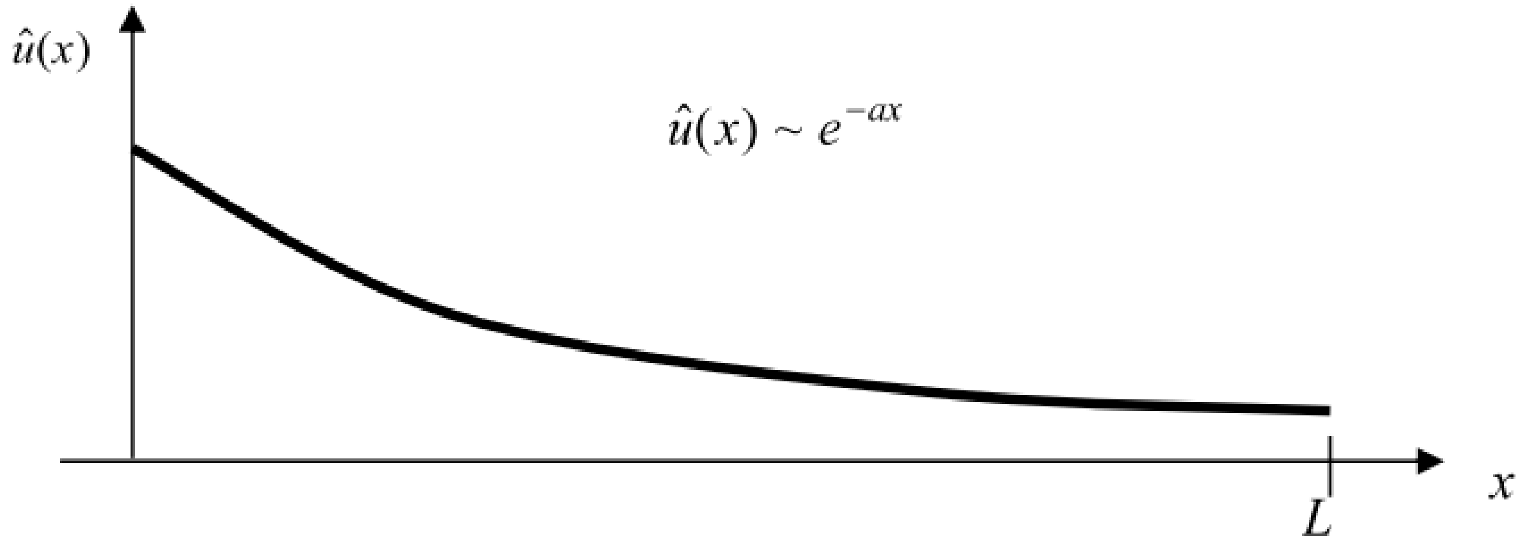


Ersatzschaltung eines
Leitungsausschnitts

Mit dem obigen Modell führt zu den Leitungsgleichungen (Telegraphengleichungen) → DGL 2. Ordnung

1. Erkenntnis aus den Telegraphengleichungen

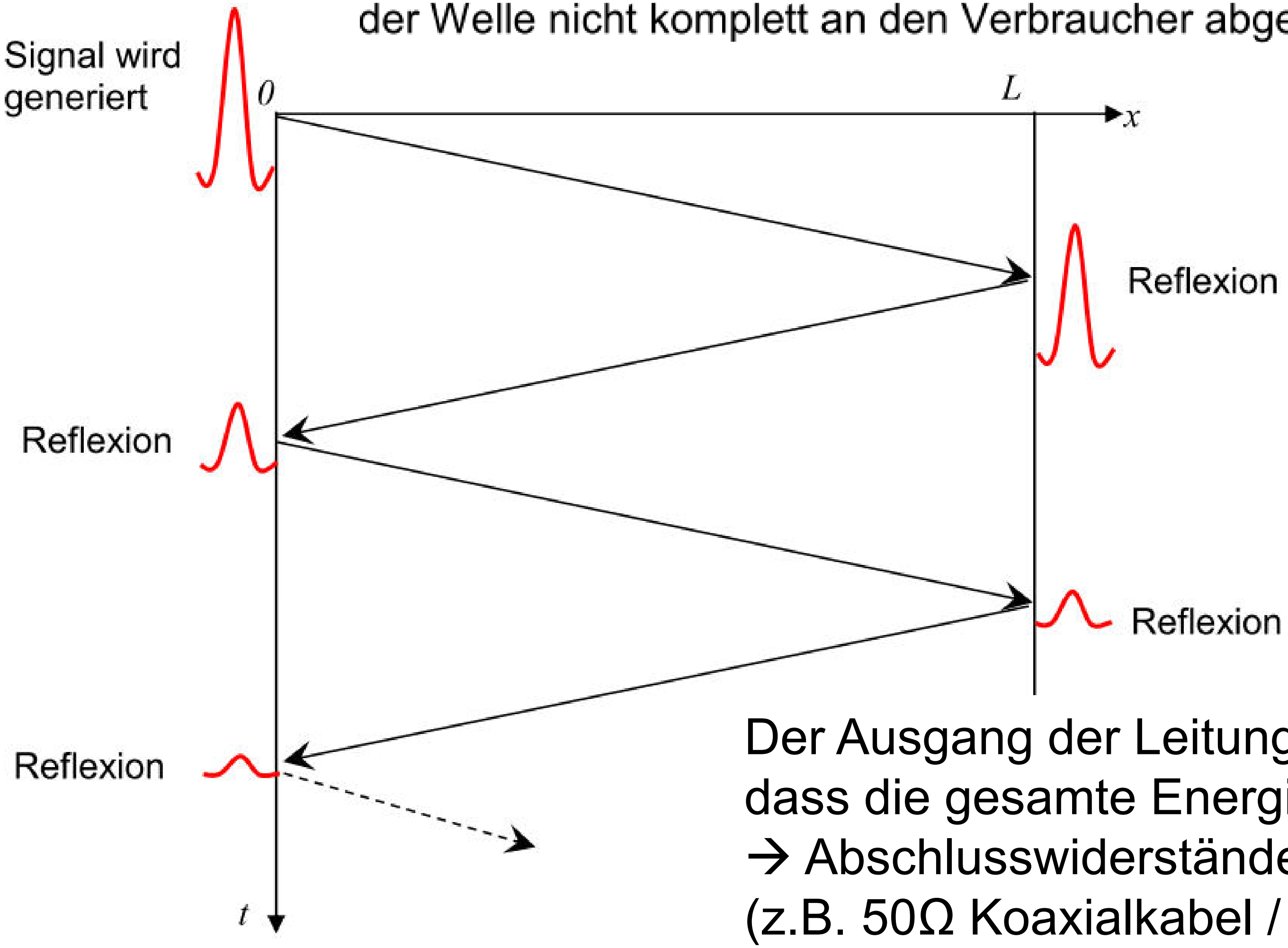
durch die Längswiderstände und die Querleitwerte wird die Amplitude des Signals exponentiell gedämpft: $\hat{u}(x) \sim e^{-ax}$



Hochschule Fulda
University of Applied Sciences
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik

2. Erkenntnis aus den Telegraphengleichungen

am Ende der Leitung kann es zur Reflexion der Welle kommen, falls die Energie der Welle nicht komplett an den Verbraucher abgegeben werden kann.



Der Ausgang der Leitung muss so beschaltet, sein, dass die gesamte Energie ausgenommen wird.
→ Abschlusswiderstände verwenden
(z.B. 50Ω Koaxialkabel / 75Ω Antennenleitung)

Pegel- und Dämpfungsmaße

- Verhältnis zwischen zwei Signalgrößen, z.B.

$$\frac{Eingangsleistung}{Ausgangsleistung} = \frac{P_1}{P_2} \qquad \text{oder} \qquad \frac{Eingangsspannung}{Ausgangsspannung} = \frac{U_1}{U_2}$$

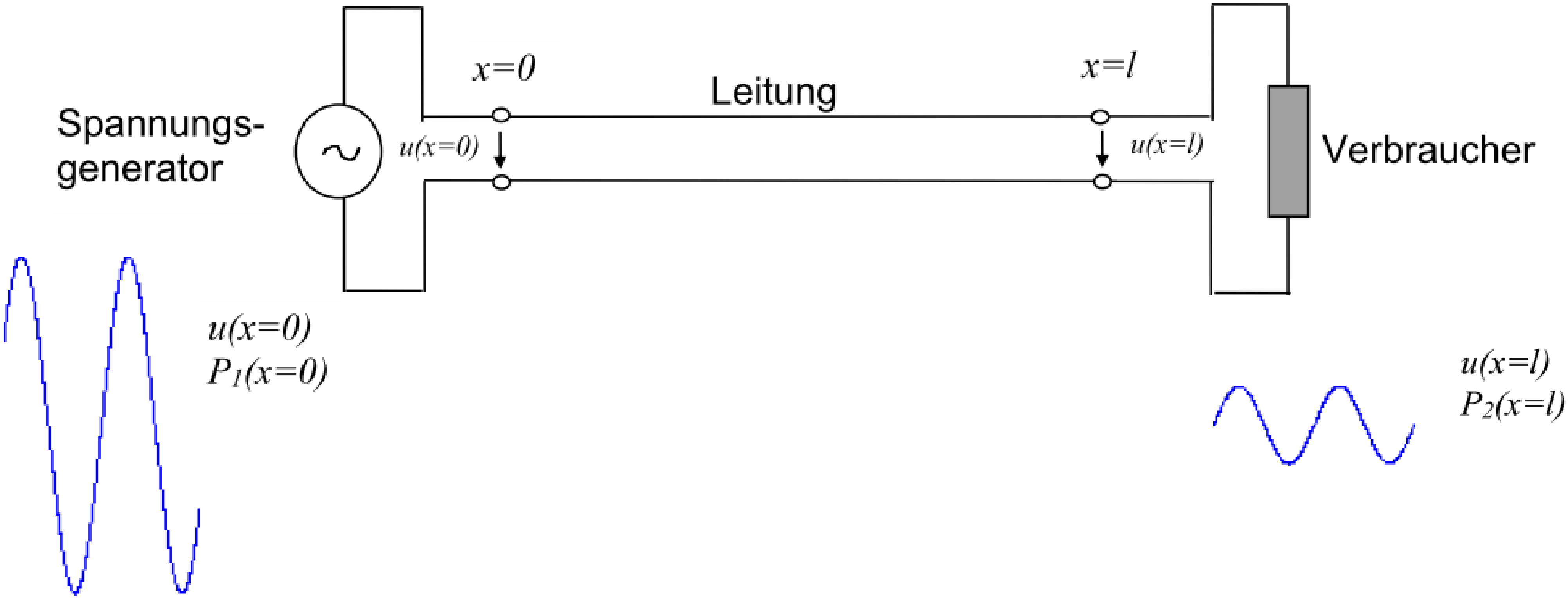
- „Maße“: Angabe in logarithmischer Form, da
  - Bei linearem Signalabfall ergeben sich lineare Diagramme
  - Dämpfungen und Verstärkungen „hintereinanderge-schalteter“ Systeme können addiert statt multipliziert werden
  - Einfachere Darstellung bei Werten über mehrere Wertebereiche

Leistungspegel Lp (L – Level , P-Power)

Verhältnis einer Leistung P_x im Vergleich zu einer Bezugsleistung P_0

$$\boxed{Lp = 10 \cdot lg \left|\frac{P_x}{P_0}\right| \; dB}$$

Einheit von Lp:
Bel (B) oder Dezibel (dB)   mit 1B = 10 dB



Leistungspegel

$$\boldsymbol{Lp = 10 \cdot lg \left|\frac{P_x}{P_0}\right| \; dB}$$

Einheit von Lp:
Bel (B) oder Dezibel (dB)   mit 1B = 10 dB

Für die Bezugsleistung P_0 gibt es zwei Ansätze:

1. P_0 ist eine beliebige Bezugsleistung, z.B. an einer bestimmten Stelle im Übertragungssystem → **relativer Pegel**
   P_0 kann damit grundsätzlich unterschiedliche Werte annehmen.
   P_0 und P_x beziehen sich aber auf ein gemeinsames System.

2. P_0 hat einen festen (willkürlich) festgelegten Wert. → **absoluter Pegel**

Festlegung: Ist P_0=1mW → besondere Kennzeichnung: Lp‘
→Einheit: [Lp‘] = dBm

$$Lp' = 10 \cdot lg \left|\frac{P_x}{1mW}\right| \; \boldsymbol{dBm}$$

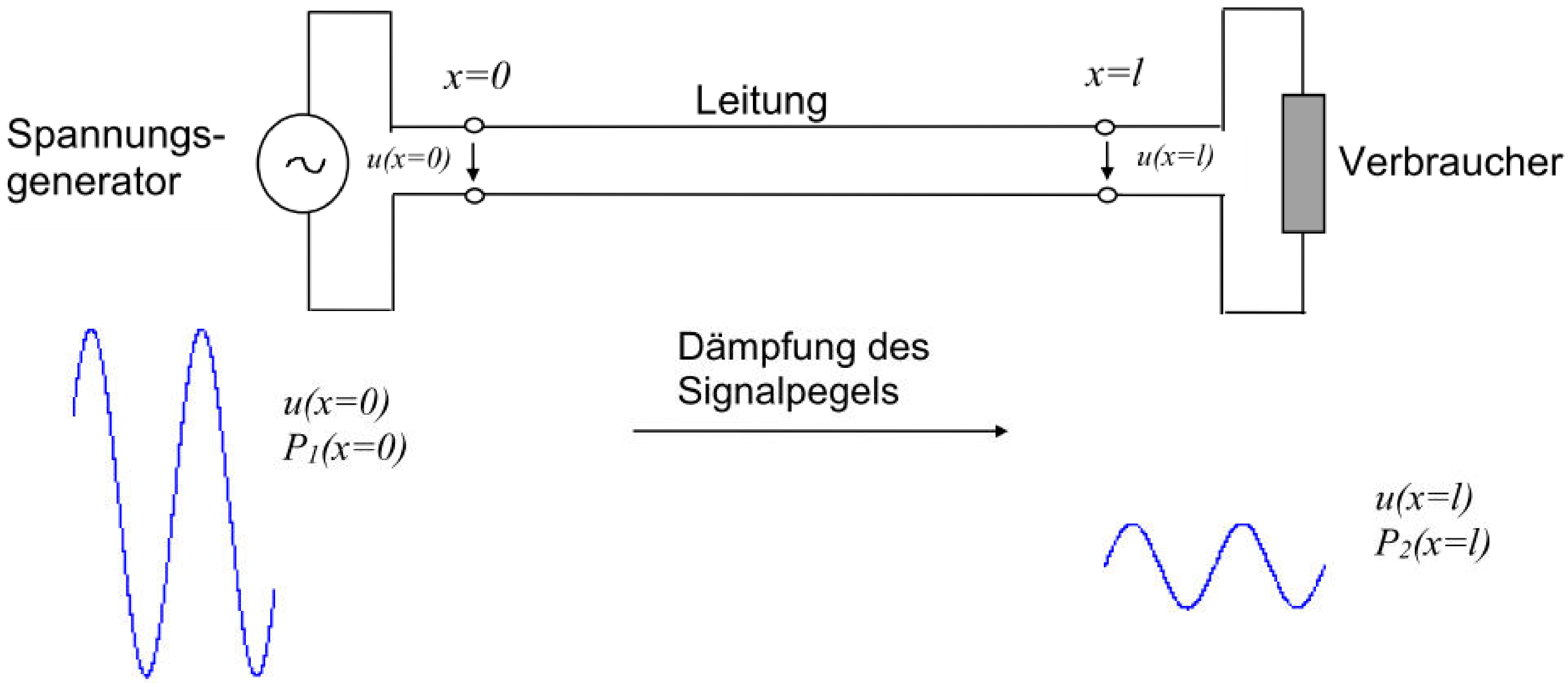
Leistungspegel

$$Lp = 10 \cdot lg \left| \frac{P_2}{P_1} \right| \; dB$$

P_2 / P_1	dB	
0,001	-30 dB	
0,01	-20 dB	Abschwächung
0,1	-10 dB	
1	0 dB	1:1
2	3 dB	
10	10 dB	Verstärkung
100	20 dB	
1000	30 dB	

Übertragungsqualität – Pegel- Dämpfungsmaße

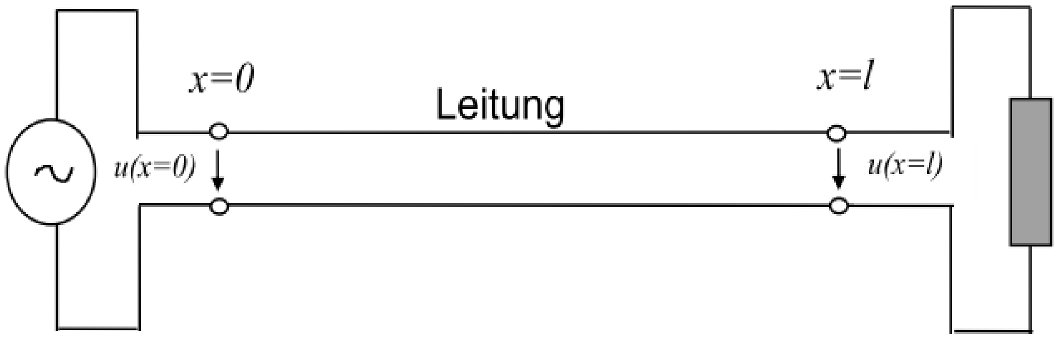
! Dämpfung - in der Nachrichtentechnik oft verwendet !



Dämpfungsmaß a

$$a = 10 \cdot lg\left|\frac{P_1}{P_2}\right| dB \text{ mit } \boldsymbol{a > 0}\text{: **Dämpfung**}$$

$a < 0$: Verstärkung



Gesendetes Nutzsignal P_1 , Lp_1‘

Empfangenes Nutzsignal P_2 , Lp_2‘

Störsignal P_N , Lp_N‘

Der Empfänger muss das Nutzsignal deutlich vom Rauschsignal unterscheiden können, um Informationen sicher aus einem (Gesamt)-Signal zu extrahieren

Signal-Rausch-Abstand a_R (Störabstand a) (*signal-to-noise ratio SNR)*

- Maß für technische Qualität des Nutzsignals, das in einem Rauschsignal eingebettet ist oder Maß für technische Qualität eines (analogen) Übertragungskanals
- Spezifische Angabe für Empfänger, z.B. Mensch: 6dB um Sprache noch heraushören zu können

$$a_R = \frac{Nutzleistung}{Rauschleistung} = \frac{P_2}{P_N}$$

$$a_R = 10\lg\left(\frac{P_2}{P_N}\right) dB$$

Da Signalleistung oft um mehrere Größenordnungen größer ist als Rauschleistung:
logarithmischer Maßstab (**Einheit dB**)

Hochschule Fulda
University of Applied Sciences
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik

Rechnen mit Pegeln = Rechnen mit Logarithmen

Es gilt: $\lg(a \cdot b) = \lg a + \lg b \qquad \lg\left(\frac{a}{b}\right) = \lg a - \lg b$

$$a = 10 \cdot lg\left|\frac{P_1}{P_2}\right| = 10 \cdot lg\left|\frac{P_1}{P_2} \cdot \frac{P_0}{P_0}\right| = 10 \cdot \left|\frac{P_1}{P_0} : \frac{P_2}{P_0}\right|$$

$$\rightarrow \quad a = 10 \cdot \left(\lg\frac{P_1}{P_0} - \lg\frac{P_2}{P_0}\right) = 10\lg\frac{P_1}{P_2} - 10\lg\frac{P_2}{P_0} = Lp_1 - Lp_2$$

Haben zwei Pegel die gleiche Bezugsleistung P_0, so entspricht die Dämpfung der Differenz der beiden Pegel

$$a = 10 \cdot lg\left|\frac{P_1}{P_2}\right| = Lp_1 - Lp_2$$

Hochschule Fulda
University of Applied Sciences
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik

Rechnen mit Pegeln = Rechnen mit Logarithmen

Haben zwei Pegel die gleiche Bezugsleistung P_0, so entspricht die Dämpfung der Differenz der beiden Pegel

$$a = 10 \cdot lg \left| \frac{P_1}{P_2} \right| = Lp_1 - Lp_2$$

Damit gilt auch für den Signal-Rausch-Abstand

$$\boldsymbol{a_R = 10\lg\left(\frac{P_2}{P_N}\right)\, dB = L'_{p2} - L_N{}'}$$

Einschub Verstärkung

$L'_{P_1} = 20\,\text{dBm}$ $L'_{P_2} = 24{,}8\,\text{dBm}$

$a = L'_{P_1} - L'_{P_2}$

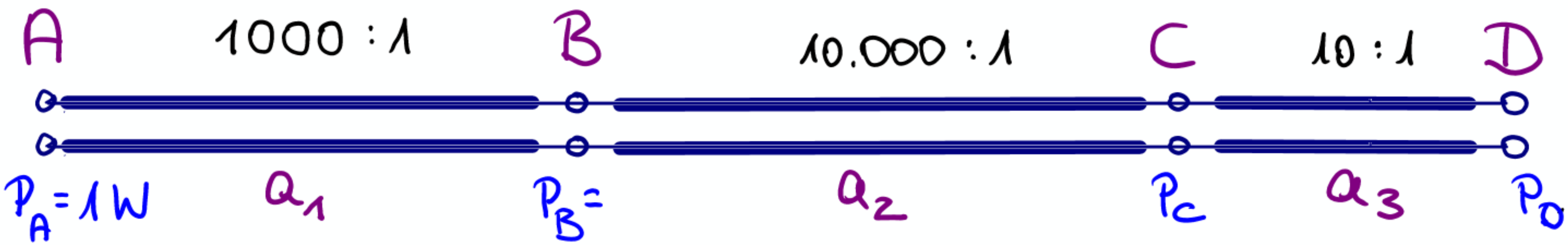
$a = -4{,}8\,\text{dB}$

Eine negative Dämpfung stellt eine Verstärkung dar.

Dämpfung $a = 10 \lg\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ Verstärkung $v = 10 \lg\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$

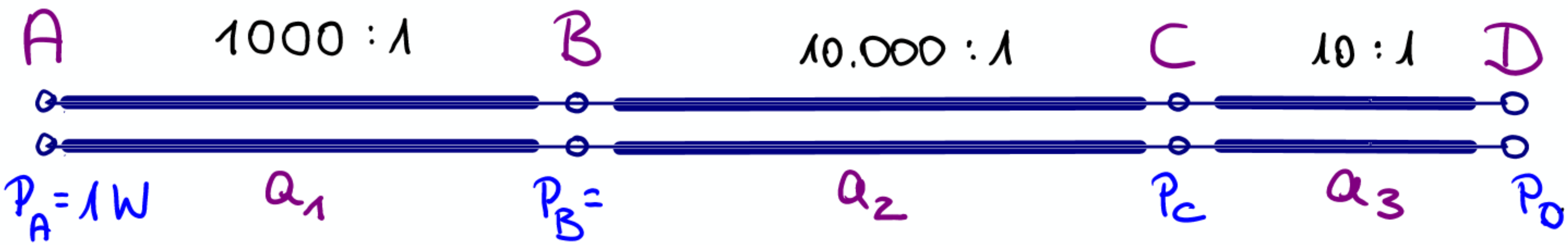
Übertragungsqualität – Rechnen mit Dämpfung + Leistung

Hochschule Fulda
University of Applied Sciences
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik



<u>Verhältnis Ausgangsleistung P_D zu Eingangsleistung P_D</u>

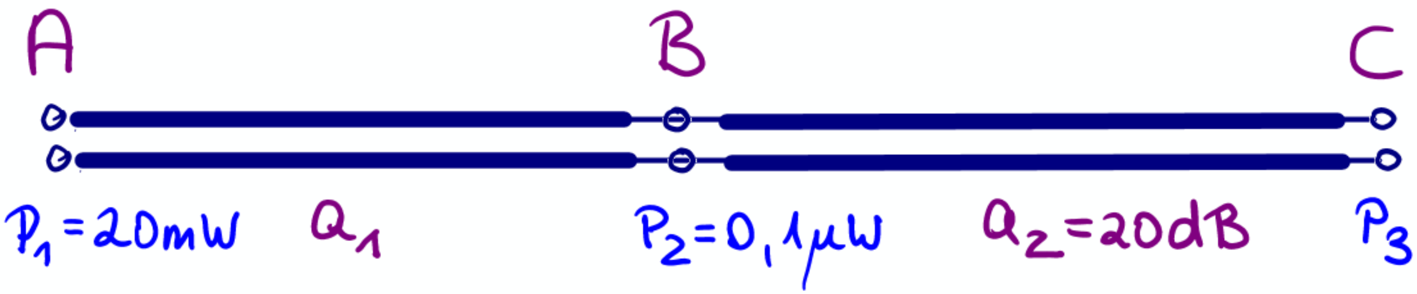
Übertragungsqualität – Rechnen mit Dämpfung + Leistung



Einzel- und Gesamtdämpfung a

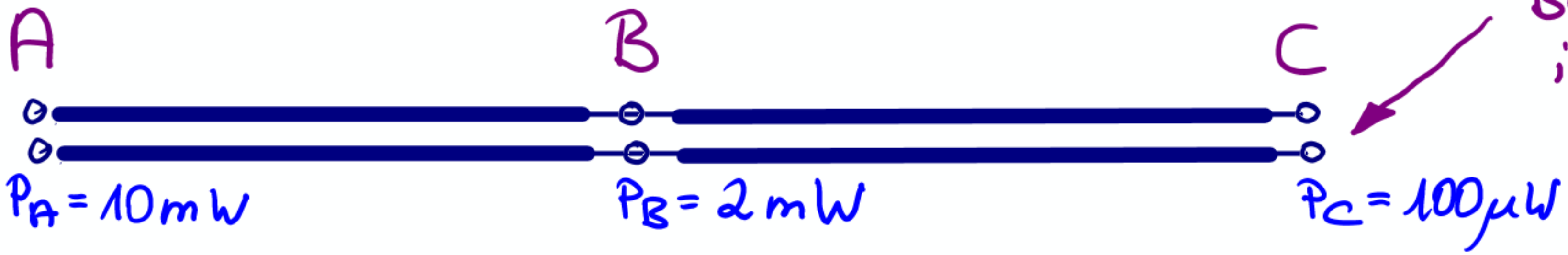
Übertragungsqualität – Rechnen mit Dämpfung + Leistung

Kurze eigene Übung



Hochschule Fulda
University of Applied Sciences
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik

Pegelrechnung



Bezugspunkt im System

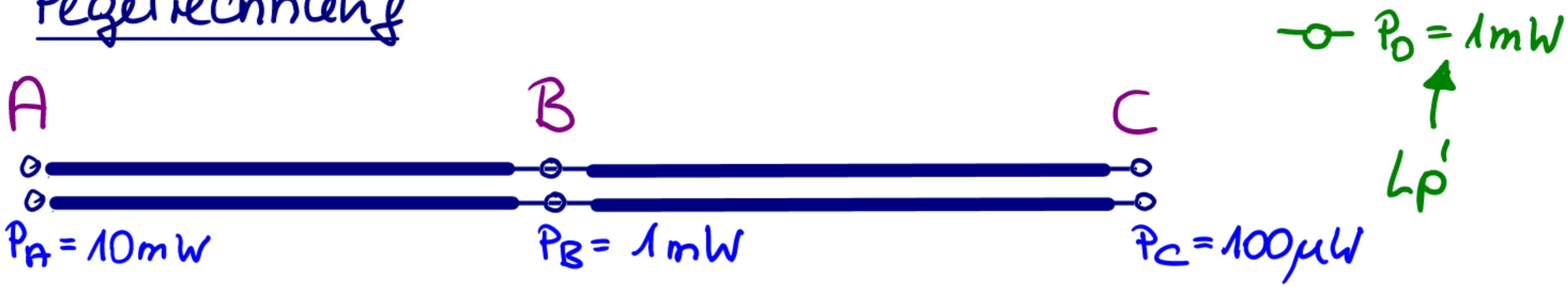
$\downarrow$

L_P

1. Bezugspunkt ist ein Punkt (eine Leistung im System (hier $P_0 = P_C = 10 mW$)

Hochschule Fulda
University of Applied Sciences
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik

Pegelrechnung



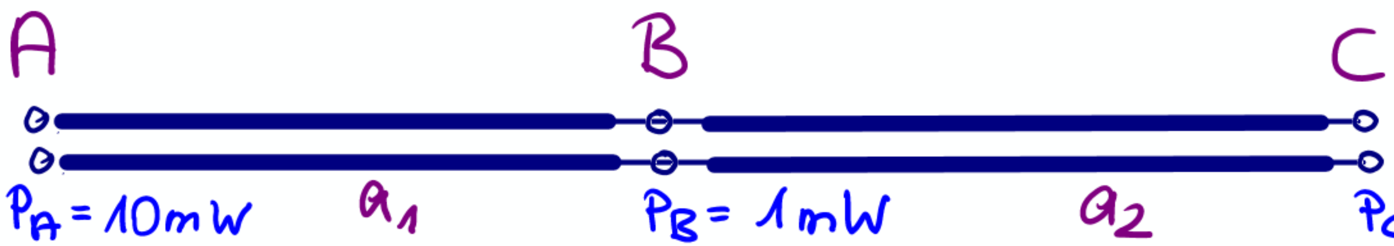
2. Bezugspunkt ist der feste Wert $P_0 = 1\,mW$

Übertragungsqualität – Rechnen mit Pegeln

Pegel und Dämpfung

$-\!\!o\; P_0 = 1\,mW$

$\uparrow L_p'$



$P_A = 10\,mW$ | $P_B = 1\,mW$ | $P_C = 100\,\mu W$

$L'_{pA} = 10\,dBm$ | $L'_{pB} = 0\,dBm$ | $L'_{pC} = -10\,dBm$

Verhältnis der Leistungen

Summe der Pegel

- Übung 11 - Pegelrechnung allg.
- Übung 17 - Pegelrechnung mit Störungen