



ITWissen

Das große Online-Lexikon
für Informationstechnologie

ELEKTRONIK- KENNWERTE

KLAUS LIPINSKI (Hrsg.)

Inhalt

Abklingzeit	Genauigkeit	ratio
Abtastrate	Gleichspannungsoffset	Rauschabstand
Abastungen pro Sekunde	Gleichstrom	Rauschdichte
Admittanz	Gleichtaktspannung	Rauschen
Ampere, A	Gleichtaktunterdrückung	Rauschfaktor
Amplitude	Gleichtaktunterdrückungsverhältnis	Rauschleistung
Anstiegszeit	Henry	Rauschtemperatur
Auflösung	Hertz	Rauschzahl
Ausgangswiderstand	Impedanz	Reflexionsfaktor
Aussteuerbereich	Induktivität	Resonanzfrequenz
Bandbreite	Innenwiderstand	Scheinwiderstand
Blindwiderstand	Isolationswiderstand	Signal-Rausch-Verhältnis, S/N
Coulomb	Kapazität	Sinusleistung
Crest-Faktor	Kelvin (K)	Spannung, U
dB, decibel	Klirrfaktor	Spannungsfestigkeit
dBm, decibel mW	Koerzitivkraft	Spannungsklirrfaktor
dB_{r0}, decibel with reference 0	Koinzidenz	Spezifischer Widerstand
dBV, decibel voltage	Kontaktwiderstand	SQNR, signal to quantization noise ratio
dBW, decibel W	Ladezustand	Störspannungsabstand
Dielektrizitätskonstante, DK	Leistung	Strom, I
Drift	Leistungsfaktor	Tastverhältnis
Durchschlagsfestigkeit	Leistungswirkungsgrad	Temperaturkoeffizient, TK
Dynamik	Leiterwiderstand	Toleranz
Dämpfung	Leitwert, G	Überspannung
Effektivwert	Nennleistung	Übersprechen
EMF, electromagnetic field	NEP, noise equivalent power	Verlustfaktor
EMI, electromagnetic interference	Neper	Verstärkung
EMK, Elektromotorische Kraft	Pegel	Verzerrung
Empfindlichkeit	Periodendauer	Watt, W
ESD, electrostatic discharge	Permeabilität	Wechselstrom
Farad, F	Phase	Widerstand
Gauss, Gs	Phasenverschiebung	Wirkungsgrad
GBW, gain bandwidth product	PSRR, power supply rejection	Zeitkonstante

Impressum:

Herausgeber: Klaus Lipinski
Elektronik-Kenndaten V2.0
Copyright 2008
DATACOM-Buchverlag GmbH
84378 Dietersburg
Alle Rechte vorbehalten.
Keine Haftung für die
angegebenen Informationen.
Produziert von Media-Schmid
www.media-schmid.de

Abklingzeit *decay time*

Die Zeit, in der ein Spannungs- oder Stromimpuls auf ein Zehntel seines Maximalwertes abgeklungen ist. Die Abklingzeit ist der *Zeitkonstante* des Schaltkreises proportional.

In der Audiotechnik ist die Abklingzeit ein wichtiger Parameter von Hallgeräten. Er wird auch als Reverberation Time (RT) bezeichnet und bestimmt die Dauer des Nachhalls. Da der Nachhall frequenzabhängig ist, ist er für die Dauer des Halls sowie für die Höhen und Bässe getrennt einstellbar.

Abtastrate *sampling rate*

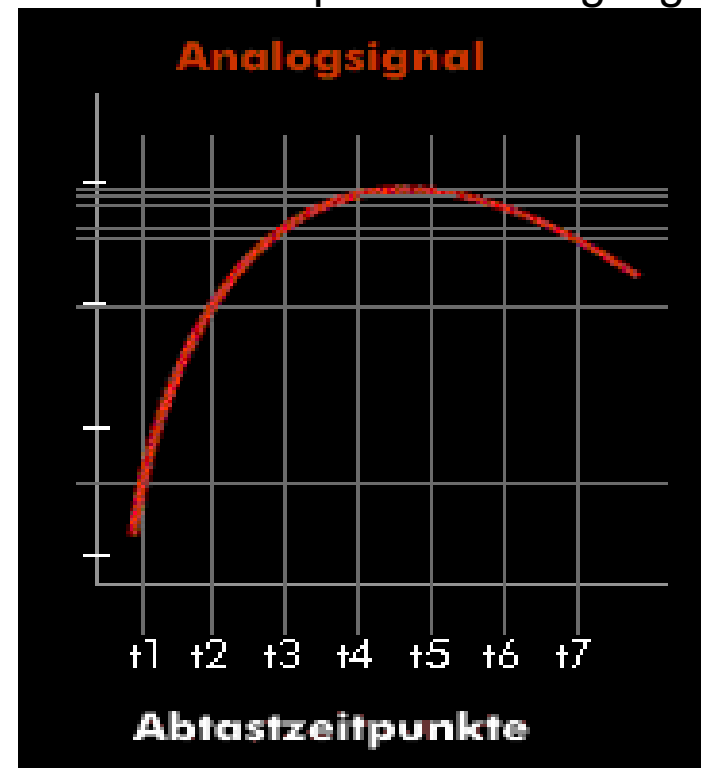
Die Abtastrate, auch als Abtastfrequenz bezeichnet, ist die Zeit von einer Umwandlung bis zur nächsten. Sie entspricht frequenzmäßig der Frequenz mit der aus einem analogen Signal momentane Spannungsproben entnommen werden. Sie wird angegeben in *Samples per Second* (S/s). In der Regel werden die Proben anschließend in einem A/D-Wandler digitalisiert.

Die Abtastrate ist abhängig von der Frequenz des abzutastenden Signals und unterliegt dem Abtasttheorem, nach dem eine Signalreproduktion eine Abtastrate voraussetzt, die mindestens doppelt so hoch ist, wie die Signalfrequenz.

Im Falle der Sprachübertragung über ISDN mit einem Frequenzumfang von maximal 4

kHz beträgt die Abtastrate 8 kHz, bei Audio mit einem maximalem Frequenzumfang von 20 kHz beträgt sie 44,1 kHz (CD) und 48 kHz. Bei qualitativ hochwertigem Mehrkanal-Audio kann die Abtastrate bis zu 192 kHz betragen. Wesentlich höhere Werte ergeben sich bei Video und HDTV. So ergibt sich bei Digitalvideo mit einer *Bandbreite* von 6,5 MHz für das Luminanzsignal eine Abtastrate von über 13 MHz.

Ist die Abtastrate um ein Vielfaches höher als die theoretisch erforderliche Abtastfrequenz, spricht man von Oversampling.



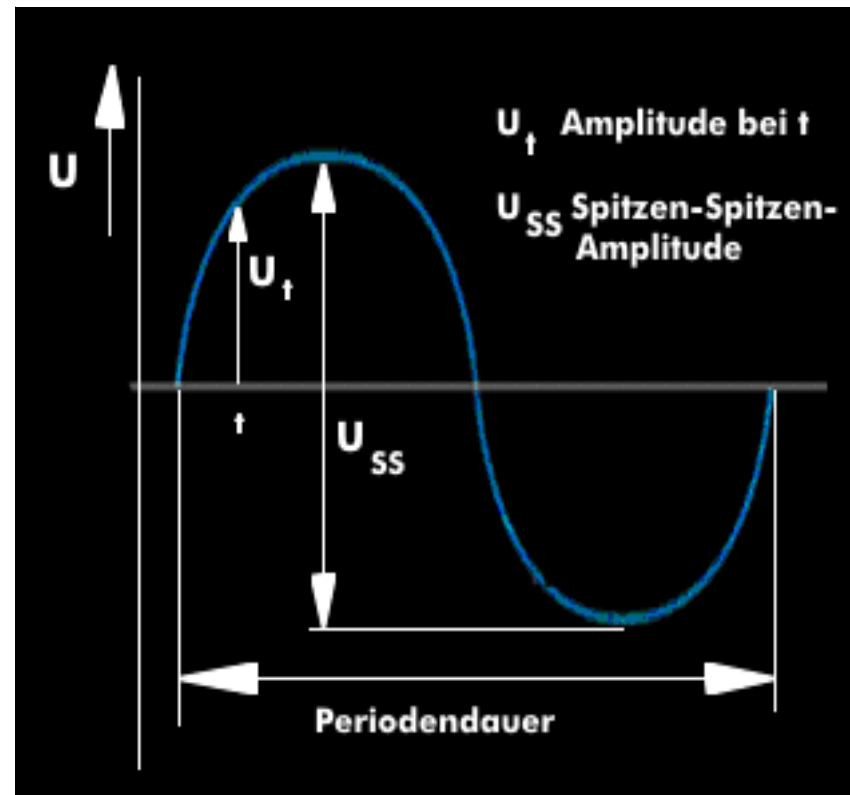
Die Abtastrate resp. die Abtastfrequenz ist bestimmt durch den Abstand der Abtastzeitpunkte

- Abastungen pro Sekunde**
S/s, samples per second Mit der Anzahl der Abtastungen in einer Zeiteinheit wird die *Abtaste* von Abtast- und Halteschaltungen und A/D-Wandler angegeben. Die Grundeinheit sind die Samples pro Sekunde (S/s). 1 Sample/second entspricht einer Abtastung in einer Sekunde. Aufbauend auf der Grundeinheit gibt es Kilosamples pro Sekunde (kS/s), das sind eintausend Samples pro Sekunde, oder Megasamples pro Sekunde (MS/s), das sind eine Million Samples pro Sekunde.
- Admittanz**
Y, admittance Die Admittanz (Y) ist der Kehrwert der *Impedanz* (Z). Es ist eine komplexe Größe, die sich aus $1/Z$ ergibt. Die Admittanz besteht ebenso wie die Impedanz aus einer Wirkkomponente, dem frequenzunabhängigen Wirkleitwert (G) und der imaginären, frequenzabhängigen Komponente, dem Blindleitwert (jB). Die geometrische Addition beider Komponenten bilden die Admittanz oder den Scheinleitwert. Benutzt wird diese Größe u.a. bei der Bestimmung des frequenzabhängigen Leitwertes von HF-Komponenten wie Antennen, Steckern oder Hochfrequenzkabeln, deren Scheinleitwert in Smith-Diagrammen dargestellt werden.
- Ampere, A**
ampere Das Ampere (A) ist nach dem französischen Physiker André Marie Ampère (1775-1836) benannt. Nach dem internationalen Einheitensystem ist das Ampere die Einheit für den elektrischen *Strom*. Ein Ampere ist definiert als der Strom, der zwischen zwei parallelen Drähten von unendlicher Länge, die sich in einem Abstand von einem Meter im freien Raum befinden, eine Kraft von 2×10^{-7} Newton pro Längeneinheit hervorruft. Eine andere Definition des internationalen Einheitensystems legt fest, dass 1 *Coulomb* pro Sekunde 0,999835 Ampere entspricht.
- Amplitude**
amplitude Die Amplitude ist eine charakterisierende Auslenkung einer Schwingung, die so genannte Elongation. Es ist die Auslenkung einer physikalischen Größe, z.B. einer elektrischen *Spannung*, aus ihrer Ruhelage (0-Punkt) bis zu einem positiven oder negativen Wert. Die Amplitude (a) wird in einer physikalischen Größe angegeben, beispielsweise als Spannung, *Strom*, Temperatur, Lautstärke usw., und hat mehrere Kriterien zur Bewertung (Spitzenamplitude, Spitzen-Spitzen-Amplitude u.a.).

ELEKTRONIK- KENNWERTE

Amplitudenwerte einer
Sinusschwingung

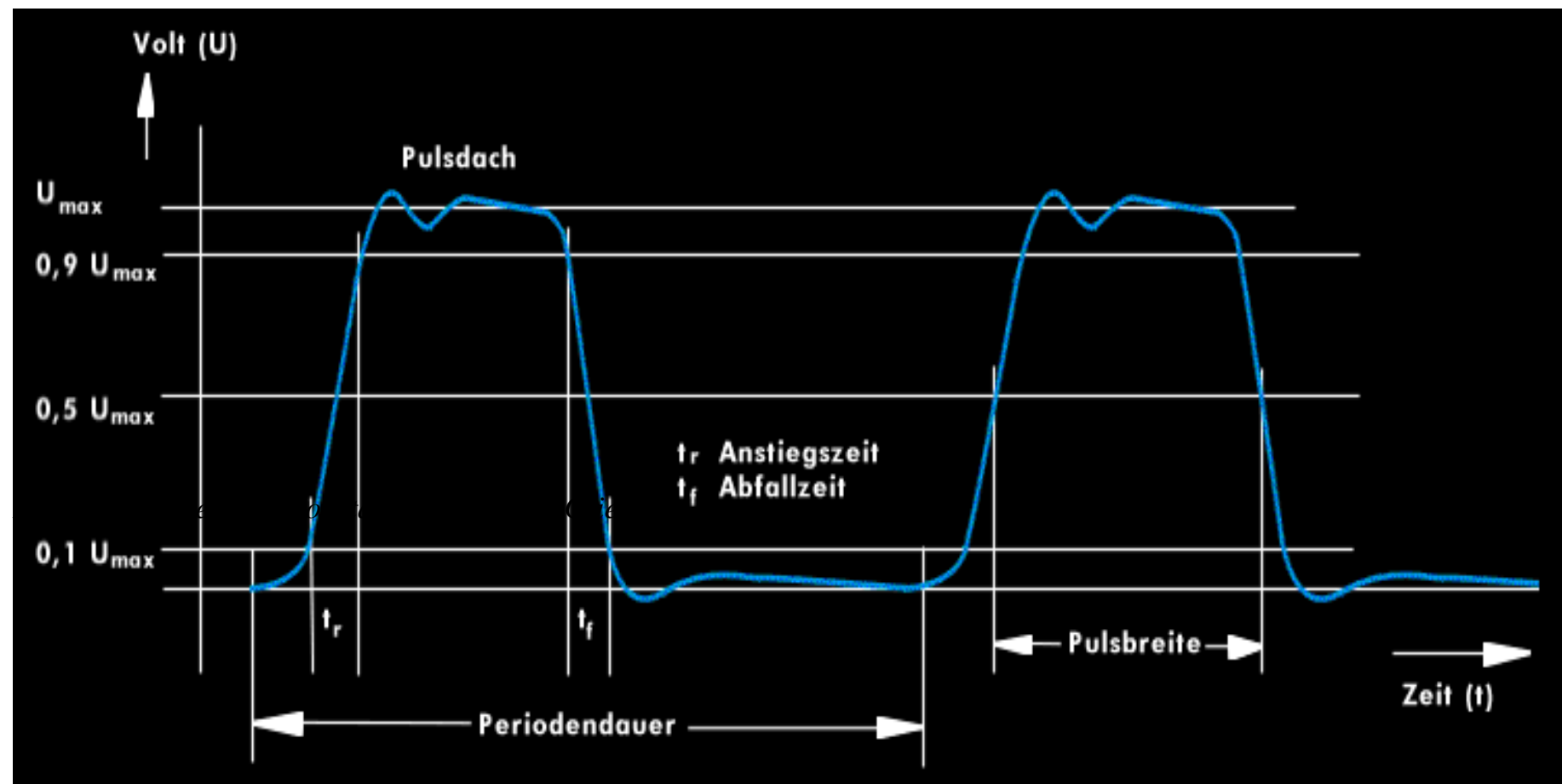
Anstiegszeit
rise time



Die Angabe der Amplitude kann zeitbezogen sein, so zu einem Zeitpunkt "t", sie kann sich ebenso auf Minimal- oder Maximalwerte beziehen wie die Spitzen- oder die Spitzen-Spitzen-Amplitude.

Die Anstiegszeit spielt bei der Übertragung von pulsförmigen Signalen eine wichtige Rolle. Von der Definition her handelt es sich um die Zeit, die zwischen dem 10-%- und dem 90-%-Wert einer Pegeländerung vergeht, bezogen auf den niedrigsten und höchsten *Pegel* des Pulses, also auf den Pulsboden und das Pulsdach.

Pulsdefinitionen von
Pulsbreite, Anstiegszeit und
Periodendauer



Die Anstiegszeit wird beim Durchlaufen eines Pulses durch einen Tiefpass beeinträchtigt. Diese Beeinträchtigung hängt mit der *Zeitkonstanten* des Tiefpasses zusammen. Hat ein Tiefpass beispielsweise eine Grenzfrequenz von 100 MHz, dann wird ein Puls mit einer extrem kurzen Anstiegszeit nach Durchlaufen des Tiefpassfilters eine Anstiegszeit von etwa 3,5 ns aufweisen. Diese Betrachtung spielt bei der Darstellung von Pulsflanken mit Oszilloskopen eine wesentliche Rolle. Bei Digitaloszilloskopen errechnet sich die Anstiegszeit aus dem minimalen Abtastintervall multipliziert mit 1,6. Bei einer Abtastfrequenz von beispielsweise 500 MHz, entsprechend 2 ns Abtastintervall, ergibt sich somit eine Speicherbandbreite von 3,2 ns.

Auflösung *resolution*

Auflösung ist der kleinste unterscheidbare Unterschied zwischen zwei Zuständen, Pegeln, Farben, Tönen oder physikalische Größen.

In Eingabe- und Wiedergabeeinrichtungen wie Scanner, Digitalkameras, Camcorder, Monitore und Drucker ist die Auflösung ein Maß für die Detailerkennung. Sie gibt an, wie viele nebeneinander liegende Linien getrennt erkennbar wiedergegeben werden können. Die Bildschirmauflösung gilt für die horizontale und vertikale Richtung und wird in Punkten oder Zeilen pro Längeneinheit angegeben, z.B. 600 Dots per Inch (dpi), Lines per Inch (lpi) oder in Deutschland auch in Linien pro cm (Lpcm). Bei Bildschirmen bezieht sich diese Angabe auf die gesamte Bildschirmgröße.

In der Digitalisierung ist die Auflösung das Maß für die Differenzierung physikalischer Unterschiede. So beispielsweise von der Helligkeit, dem Kontrast, der Farbsättigung, dem Farbton oder der Lautstärke. Die Auflösung wird beim A/D-Wandler durch die Quantisierung bestimmt, mit Sampletiefe und damit die Anzahl der Bits pro Abtastung festgelegt wird.

In der Analogtechnik wird die Auflösung durch das Verhältnis zweier *Pegel* ausgedrückt, so beispielsweise bei Vierpolen durch das Verhältnis der kleinsten zur größten Eingangs- oder Ausgangsspannung. Die Auflösung wird in der Regel im logarithmischem Maßstab in *dB* angegeben.

Ausgangswiderstand
output impedance

Als Ausgangswiderstand (R_a) bezeichnet man den *Widerstand* am Ausgang einer Schaltung oder eines Bauelementes. In den meisten Fällen ist der Ausgangswiderstand ein frequenzabhängiger, komplexer Widerstand mit Betrag und *Phase* und wird als Ausgangsimpedanz bezeichnet. Der Ausgangswiderstand einer Baugruppe kann nicht mit dem Ohmmeter gemessen werden. Er wird rechnerisch mit Hilfe des Ausgangsstroms und der Ausgangsspannung $(\Delta u)/(\Delta i)$ an der Baugruppe ermittelt und stellt den *Innenwiderstand* (R_i) der Baugruppe dar. Um zwischen elektrischen Baugruppen eine optimale Leistungsanpassung zu erreichen, müssen der Ausgangswiderstand und der Eingangswiderstand der beiden Baugruppen einander angepasst werden: Die optimale Leistungsanpassung ist dann gegeben, wenn der Innenwiderstand (R_i) dem Ausgangswiderstand (R_a) entspricht.

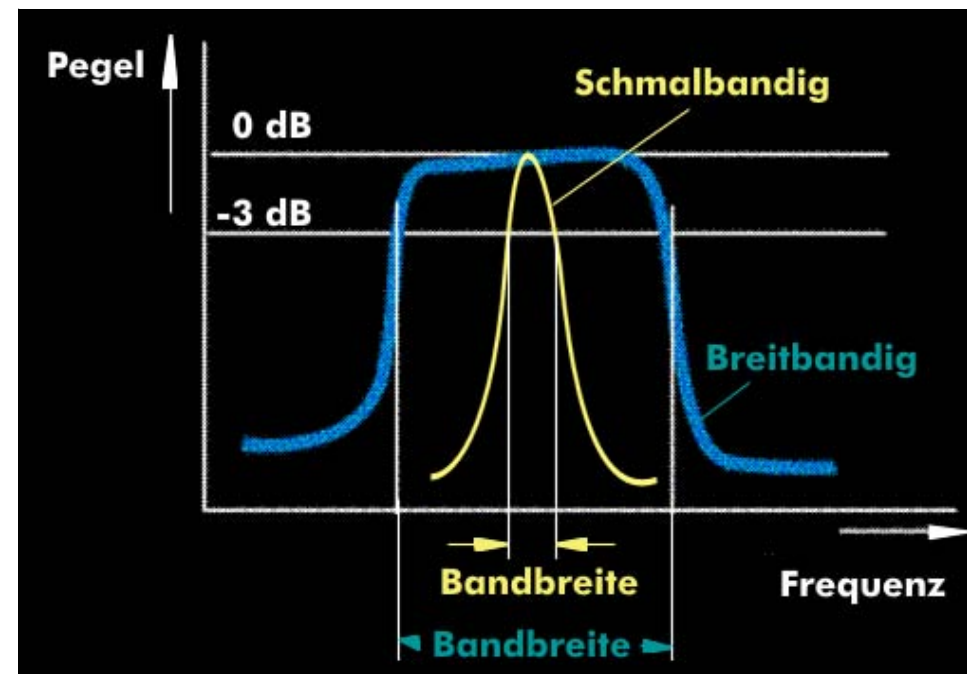
Aussteuerbereich
dynamic range

In der elektronischen Schaltungstechnik können bestimmte passive aber vor allem aktive elektronische Bauelemente wie Dioden, Thyristoren und Transistoren nur mit einer bestimmten maximal zulässigen *Spannung* resp. *Strom* gesteuert werden. Übersteigt die Steuerspannung den linearen Aussteuerbereich, dann arbeitet das entsprechende Bauelement oder der Vierpol im nichtlinearen Bereich, was zu *Verzerrungen* der Signalform führt. Innerhalb des Aussteuerbereichs liegt der Arbeitspunkt, der sich auf einer Kennlinie oder Kennlinienschar befindet.

Bandbreite
BW, bandwidth

In der Nachrichten-, Audio- und Hochfrequenztechnik wird die Bandbreite für einen Frequenzbereich angegeben. Die Bandbreite ist dabei der Frequenzbereich, in dem elektrische Signale mit einem Amplitudenabfall von bis zu 3 *dB* übertragen werden. Es handelt sich um die Frequenzdifferenz zwischen der oberen und der unteren Frequenz, die einen Amplitudenabfall von 3 dB haben. Je größer die Bandbreite, desto mehr Informationen können theoretisch in einer Zeiteinheit übertragen werden. Bei analogen Systemen wird die Bandbreite in *Hertz* (Hz), bzw. kHz oder MHz angegeben. Neben der Bandbreite, die sich auf den 3-dB-Punkt bezieht, gibt es auch eine, die als

*Bandbreite von schmal- und
breitbandigen Filtern*



prozentuale Bandbreite bezeichnet wird. Diese selten benutzte prozentuale Bandbreite bezieht sich auf die Differenz zwischen tiefster und höchster Frequenz (F_t , F_h), die 100 % entspricht und durch die Mittenfrequenz dividiert wird, die sich aus dem Mittelwert zwischen höchsten und tiefster Frequenz ergibt. Nach dieser Definition kann die Bandbreite Werte von über 100 % annehmen. Auch bei der Übertragung digitaler

Signale wird oft synonym der Begriff Bandbreite verwendet, obwohl in der Regel die Übertragungsrate oder Datenrate gemeint ist. Es gibt allerdings einen Zusammenhang zwischen der Bandbreite und der Übertragungsrate, da bei der Datenübertragung die erreichbare Übertragungsgeschwindigkeit von der Bandbreite und der Codierung abhängen. Wird pro Hertz ein Bit codiert, dann entspricht die Übertragungsrate in Bit pro Sekunden (bit/s) dem Bandbreitenwert. Bei 100 MHz wären dies 100 Mbit/s, werden zwei Bits pro Hertz codiert ergibt sich ein Wert von 200 Mbit/s. Dieser doppelte Wert ergibt sich, wenn in jeder Halbwelle des Sinussignals ein Bit übertragen wird.

Blindwiderstand
reactance

Kapazitive und induktive Blindwiderstände bzw. Reaktanzen, sind keine realen, frequenzunabhängige *Widerstände* wie ohmsche Wirkwiderstände, sondern frequenzabhängige imaginäre Widerstände. Reaktanzen sind frequenzabhängig und bilden zusammen mit einem ohmschen Widerstand die *Impedanz*. Abhängig davon, ob es sich um eine kapazitive oder induktive Reaktanz handelt, steigt oder fällt der Blindwiderstand mit der Frequenz.

Bei den frequenzabhängigen Blindwiderständen wird keine elektrische Energie in Wärme umgesetzt. Da aber der Stromfluss begrenzt wird, ist ihr Verhalten mit dem

eines Widerstandes vergleichbar, sie werden daher auch als imaginäre Widerstände bezeichnet. Kapazitive und induktive Blindwiderstände bzw. Reaktanzen, sind keine realen, frequenzunabhängige *Widerstände* wie ohmsche Wirkwiderstände, sondern frequenzabhängige imaginäre Widerstände. Reaktanzen sind frequenzabhängig und bilden zusammen mit einem ohmschen Widerstand die *Impedanz*. Abhängig davon, ob es sich um eine kapazitive oder induktive Reaktanz handelt, steigt oder fällt der Blindwiderstand mit der Frequenz.

Bei den frequenzabhängigen Blindwiderständen wird keine elektrische Energie in Wärme umgesetzt. Da aber der Stromfluss begrenzt wird, ist ihr Verhalten mit dem eines Widerstandes vergleichbar, sie werden daher auch als imaginäre Widerstände bezeichnet.

Coulomb Das Coulomb (C) ist eine Meter-Kilogramm-Sekunden-Einheit der elektrischen Energie. Es entspricht der transferierten elektrischen Ladung, die innerhalb einer Sekunde von einem konstanten *Strom* von 1 *Ampere* erbracht wird.
C, coulomb

Das Coulomb ist nach dem französischen Physiker Charles Augustin de Coulomb (1736 bis 1806) benannt, der das Coulomb-Gesetz formuliert hat.

Das Coulombsche Gesetz beschreibt die Kraft zwischen zwei Punktladungen. Befinden sich zwei Punktladungen Q1 und Q2 im Abstand "r", so werden sie mit einer Kraft "F" voneinander angezogen oder abgestoßen. Die Kraft (Fr) ist gegeben durch das Coulombsche Gesetz. Hierbei ist $\epsilon_0 = 8,85419 \times 10^{-12} \text{ As/Vm}$ die absolute *Dielektrizitätskonstante*.

Bei gleichnamigen Ladungen ist die Kraft zwischen den Ladungen abstoßend; bei ungleichnamigen anziehend. Die Kraft nimmt mit dem Quadrat des Abstandes "r" ab. Bei mehr als zwei Ladungen werden die Kraftvektoren addiert.

Das Coloumsche Gesetz findet u.a. Anwendung bei der Berechnung der Anziehungskräfte bei Ionenbindungen.

Crest-Faktor Der Crest-Faktor ist ein elektrischer Kennwert von Signalen, über den der Zusammenhang zwischen Spitzenwert und *Effektivwert* einer Schwingung hergestellt
Crest factor

wird. Er wird in der HF-Technik, der Leistungselektronik und der Messtechnik benutzt und dient zur Bestimmung der zulässigen Spitzenspannung.

Der Crest-Faktor, der auch als Scheitelfaktor bezeichnet wird, wird als das Verhältnis von der Spitzenamplitude (V_{ss}) eines Signals zu dessen Effektivwert (V_{eff}) angegeben. Er ist somit abhängig von der Signalform und kann Werte zwischen 1 und einigen tausend annehmen. Letztere werden bei gepulsten Signalen in Radaranlagen erreicht.

Bei einem sinusförmigem Signal errechnet sich der Effektivwert aus dem Verhältnis der Spitzenamplitude zur Wurzel aus zwei, das entspricht dem 0,707-fachen der Spitzenamplitude. Der Crest-Faktor beträgt $1/0,707$, also 1,414; d.h. eine sinusförmige Effektivspannung von 10 V hat eine Spitzenspannung von 14,14 V. Ein Dreiecksignal hat einen Crest-Faktor von 1,73.

dB, decibel Dezibel (dB) ist das logarithmierte Verhältnis zweier elektrischer Größen (*Spannung, Strom, Leistung*).

Das Bel wurde nach dem schottischen Erfinder Alexander Graham Bell (1847-1922) benannt, der auch das Telefon erfunden hat. Die Einheit Bel entspricht der Signaldämpfung in einem Telefondraht auf einer Länge von einer Meile. Ursprünglich wurde diese dimensionslose Einheit zum Vergleich der Leistungen am Ein- und Ausgang eines Übertragungsmediums benutzt. Das Dezibel ist ein Zehntel Bel; wobei die Grundeinheit Bel nicht benutzt wird.

Das Dezibel kann relativ und auch absolut sein. Als relatives Verhältnis bezieht es sich auf Spannungen und Leistungen. Bei Spannungen ist es der 20-fache Logarithmus des Spannungsverhältnisses zwischen Ausgangs- zu Eingangsspannung, relative dB-Leistungswerte errechnen sich über den 10-fachen Logarithmus der Leistungsverhältnisse zwischen Ausgangs- zu Eingangsleistung. Der Vorteil dieser logarithmischen Darstellung liegt darin, dass sich Zehnerpotenzen relativ einfach darstellen lassen und bei Berechnungen lediglich addiert oder subtrahiert werden müssen. So entspricht beispielsweise ein Spannungsverhältnis von 1:10 einem dB-Wert von 20 dB, ein Verhältnis von 1:100 einem dB-Wert von 40 dB. Ein

Leistungspegel

$$L_p = 10 \times \log \frac{P_1}{P_2} \text{ (dB)}$$

Spannungspegel

$$L_u = 20 \times \log \frac{U_1}{U_2} \text{ (dB)}$$

*Berechnung der leistungs-
und spannungsbezogenen
dB-Werte*

Leistungsverhältnisse in dB

dB	Leistungs- verhältnis	dB	Leistungs- verhältnis
0	1,00	10	10,0
0,5	1,12	15	31,6
1,0	1,26	20	100
1,5	1,41	25	316
2,0	1,58	30	1.000
3,0	2,00	40	10.000
4,0	2,51	50	100.000
5,0	3,16	60	1 000.000
6,0	3,98	70	10 ⁷
7,0	5,01	80	10 ⁸
8,0	6,31	90	10 ⁹
9,0	7,94	100	10 ¹⁰

Spannungsverhältnisse in dB

dB	Spannungs- verhältnis	dB	Spannungs- verhältnis
0	1,00	10	3,16
0,5	1,06	15	5,62
1,0	1,12	20	10
1,5	1,19	25	17,78
2,0	1,26	30	31,6
3,0	1,41	40	100
4,0	1,58	50	316
5,0	1,78	60	1.000
6,0	2,00	70	3.162
7,0	2,24	80	10.000
8,0	2,51	90	31.620
9,0	2,82	100	100.000

Leistungsverhältnis von 1:10 entspricht einem dB-Wert von 10 dB, eines von 1:100 einem dB-Wert von 20 dB.

Eine Leistungserhöhung von 3 dB entspricht einer Verdoppelung der Leistung; eine Leistungsverringerung (*Dämpfung*) von -3 dB einer Leistungshalbierung. Um einen absoluten Leistungswert ermitteln zu können, wurde ein Referenzwert festgelegt und dieser mit *dBm* bezeichnet. 0 dBm entsprechen einer effektiven Leistung von 1 mW an 600 Ohm.

Da in der Nachrichten- und Kommunikationstechnik Schwingungsweiten (*Amplituden*), also Spannungen eher eine Rolle spielen, wird das Dämpfungsmaß definiert als das logarithmische Verhältnis der Eingangs- zur Ausgangsspannung. Ein Unterschied von 6 dB zwischen Eingang und Ausgang entspricht einem Amplitudenabfall auf die Hälfte, 20 dB auf ein Zehntel. Damit auch der absolute Spannungswert ermittelt werden kann, wurden zwei Referenzwerte festgelegt: das *dBV* und das *dBu*. Ersteres bezieht sich auf eine effektive Spannung von 1 V, letzteres auf 0,7746 V an 600 Ohm.

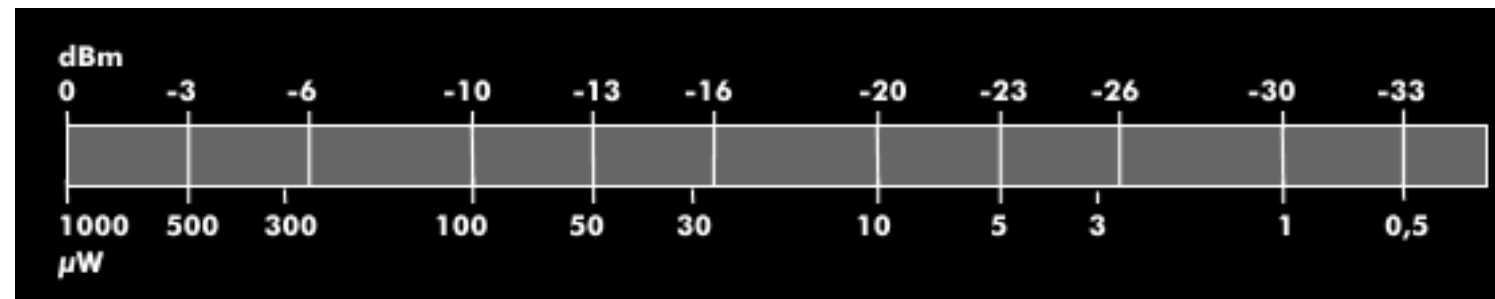
Der große Vorteil der dB-Rechnung liegt darin, dass bei mehreren hintereinander geschalteten Strecken oder Vierpolen die dB-Werte für die Dämpfungen und *Verstärkungen* einfach nur addiert oder subtrahiert werden müssen.

ELEKTRONIK- KENNWERTE

dBm, decibel mW
Dezibel Milliwatt

Dezibel Milliwatt (dBm) ist der Leistungspegel in Dezibel, bezogen auf 1mW. In optischen Systemen wird ein dBm als Referenz für die absolute optische *Leistung* von 1 mW genutzt, ausgedrückt in dBm.

0 dBm entspricht einer Leistung von 1 mW, größere Leistungswerte haben positive, kleinere negative dBm-Werte. So entsprechen 10 dBm 10 mW, 20 dBm 100 mW und 30 dBm 1000 mW beziehungsweise 1 W. Negative dBm-Werte sind Leistungswerten zugeordnet, die kleiner sind als 1 mW. So entsprechen 100 μ W -10 dBm, 10 μ W -20 dBm und 1 μ W -30 dBm. Als Faustformel kann festgehalten werden, dass 30 dB einem 1.000-fachen Leistungsanstieg entsprechen, 20 dB einem hundertfachen, 10 dB dem zehnfachen und 3 dB dem doppelten. -3 dB entsprechen einer Leistungsreduzierung um 50 %, 10 dB einer um 90 % und -20 dB einer um 99 %. Mit Hilfe der dBm-Werte können auf einfachste Weise Leistungen und Dämpfungsbudgets in Übertragungs- und LwL-Systemen ermittelt werden.



Nomogramm für die Umrechnung von dBm in μ W

dBr0, decibel with reference 0

Bei der Pegelangabe *Dezibel* mit Referenz 0 (dBr0) wird die Dezibel-Referenz von der Betreiber- oder Telefongesellschaft festgelegt.

dBV, decibel voltage

dBV	Spannung	dBV	Spannung
0	1 V	-8	0,398 V
-1	0,891 V	-9	0,355 V
-2	0,794 V	-10	0,316 V
-3	0,707 V	-12	0,250 V
-4	0,631 V	-16	0,158 V
-5	0,562 V	-20	0,1 V
-6	0,5 V	-40	0,01 V
-7	0,447 V		

Zur Vereinfachung der Berechnung von Spannungsverhältnissen und von absoluten Spannungswerten, bedient man sich der Logarithmik und benutzt einen definierten Referenzwert. Bei *Dezibel Volt* (dBV) entspricht der Referenzwert von 0 dBV dem *Effektivwert* einer sinusförmigen *Spannung* von 1,0 V.

Absoluter Spannungswert in Abhängigkeit vom dBV-Wert

Dieser Referenzwert hat keinen Widerstandsbezug wie beispielsweise *dBm*. Ein anderer spannungsmäßiger Referenzwert ist das *dBu* mit einer Spannung von 0,775 V.

dBV und *dBu* stehen in direkter Relation zueinander. So entspricht 1 *dBV* +2,2 *dBu* bzw. -10 *dBV* entsprechen -7,8 *dBu*.

dBW, decibel W
Dezibel Watt

Dezibel Watt (dBW) ist die Angabe eines Leistungspegel in Dezibel (dB), bezogen auf 1 W. In Satellitensystemen wird die *Leistung* des Transponders in *dBW* angegeben.

**Dielektrizitäts-
konstante, DK**
dielectric constant

Material	DK-Wert in Epsilon	Material	DK-Wert in Epsilon
Luft	1,0	Glas	5 ... 8
Papier	1,5 ... 3	Methanol	32
Benzol	2,3	Wasser	80
Gummi	2,0 ... 3,5	Titanoxyd	110
Polyethylen	2,4	Sp. Keramik	... 400
Plexiglas	3 ... 4	Bariumtitanat	20.000

Der Materialeinfluss des Dielektrikums eines Kondensators wird durch die Dielektrizitätskonstante angegeben. Die dimensionslose Dielektrizitätskonstante, die mit dem griechischen Buchstaben Epsilon gekennzeichnet ist, besagt, um wieviel mal größer die

*Dielektrizitätskonstanten für
verschiedene Materialien*

Kapazität eines Kondensators wird, bei dem statt des Dielektrikums Luft ein anderes Material gleicher Dicke als Isolation verwendet wird. Luft bildet also die Referenz für die Dielektrizitätskonstante (DK) und hat den Wert Epsilon gleich "1". Die Werte für die Dielektrizitätskonstanten können im einstelligen Bereich liegen, wie bei Papier, Hartgummi, Glas und den Kunststoffen Polystyrol (PS) und Polyvinylchlorid (PVC), andere Materialien wie Polyamid (PA), spezielle Keramiken und Oxyde haben DK-Werte im mehrstelligen Bereich. Werte, die höher sind als die Dielektrizitätskonstante von Silizium (4) werden im Englischen mit High-k bezeichnet. Solche Materialien können als Substrat für sehr dünne Layer benutzt werden.

Drift
drift

Drift ist ein zeitlich bezogener Effekt bei dem sich Parameter wie die Frequenz oder die *Spannung*, ausgehend von ihrem Nominalwert, kontinuierlich ändern. Die

Änderung kann auf den Einfluss der Umgebungstemperatur oder der Belastung zurückzuführen sein. Die Drift bezieht sich auf die Änderung der physikalischen Größe in einem spezifizierten Zeitraum, also beispielsweise xMillivolt pro Sekunde.

Durchschlagsfestigkeit
dielectric strength

Übersteigt die durch elektrische Felder verursachte Feldstärke zwei Elektroden einen bestimmten Wert, so findet zwischen diesen ein Ladungsausgleich statt. Dieser kündigt sich durch Ionisation an und mündet in einem elektrischen Funken. Der Ladungsausgleich und die damit in Zusammenhang stehende Feldstärke sind abhängig von der Art und dem Abstand der beiden Leiter, bei denen es sich um leitende Elektroden handelt, um spitze, flächige oder runde Elektroden. An spitzen Leitern kommt es früher zu einem Ladungsausgleich, weil sich die Feldlinien an den Spitzen konzentrieren. Ebenso steigen die elektrischen Felder an, wenn der Abstand zwischen den Leitern verringert wird. Ein Ladungsausgleich kann durch nichtleitende und isolierende Materialien, die zwischen den beiden Elektroden eingefügt werden, verhindert werden. Mit solchen isolierenden Materialien kann man die Feldstärke erhöhen ohne, dass ein Ladungsausgleich stattfindet. Die Eigenschaft die entsprechende Materialien auszeichnet ist deren Durchschlagsfestigkeit. Je nach Material liegt diese zwischen 3,3 kV/mm für Luft und steigt bei Porzellan auf 20 kV/mm, bei Polyvinylchlorid (PVC) auf 50 kV/mm und bei Polystyrol (PS) auf 10 kV/mm. Wichtig ist die Durchschlagsfestigkeit überall dort, wo höhere *Spannung* transformiert und übertragen werden. In Transformatoren, Kondensatoren, im Überspannungsableiter, bei Hochspannungsleitungen uva.

Dynamik
dynamics

Die Dynamik ist die Lehre von physikalischen Kräften. In der Audio-, Video- und Kommunikationstechnik steht die Dynamik für das mathematische Verhältnis zwischen zwei Größen, der Lautstärke oder *Spannung*, des Kontrastes oder der Helligkeit. Meistens geht es um das Verhältnis zwischen dem größtmöglichen zum kleinstmöglichen *Pegel*. Ist beispielsweise der lauteste Schallpegel eines Musikstückes oder die hellste Stelle

einer Farbdarstellung 1.000 mal lauter als die leiseste Stelle oder 1.000 mal heller als die dunkelste Stelle, dann ist der Dynamikumfang 1.000:1.

Die Dynamik kann auch in *Dezibel* (dB) angegeben werden und betrifft das Verhalten von Vierpolen wie Verstärker, Kompander, Sensoren, A/D-Wandler usw. Darstell- und Aufnahmeeinheiten wie Displays oder CCD-Elemente, aber auch Audio-Komponenten oder Lautsprecher.

Selbst Medien sind durch ihre Dynamik gekennzeichnet. Dies gilt im Besonderen für mechanische, elektrische, magnetische oder optische Speichermedien für die Aufnahme und Wiedergabe von Audio oder Video. Deren Dynamikumfang über die Wiedergabedynamik von Audio und Video entscheidet.

Dämpfung *ATT, attenuation*

Dämpfung ist die Minderung der übertragenen Signalenergie beim Durchlaufen eines Vierpols oder einer Übertragungsstrecke. Da jeder Übertragungsweg, ebenso wie jedes Übertragungsmedium mit frequenzunabhängigen und frequenzabhängigen Verlusten behaftet ist, dämpft es das zu übertragende Signal unterschiedlich stark in seinen Frequenzanteilen.

Die Dämpfung wird als logarithmisches Verhältnis von Eingangs- zu Ausgangsleistung eines beliebigen Vierpols, das kann ein Kabel sein, in der Einheit *Dezibel* (dB) oder manchmal auch *Neper* (Np) angegeben.

Bei *Spannungen* (U_1 und U_2) definiert man $U(\text{dB}) = 20 \log (U_1/U_2)$, bei *Leistungen* (P_1/P_2) ist $P(\text{dB}) = 10 \log (P_1/P_2)$, wobei U_1 bzw. P_1 am Eingang und U_2 bzw. P_2 am Ausgang des Kabels bzw. Vierpols gemessen werden. Die Dämpfung eines Kabels hat verschiedene Ursachen und wird von unterschiedlichen Parametern beeinflusst. Die Dämpfung einer metallischen Leitung hängt z.B. von deren Länge, dem Material und der Bauform ab. Sie ist aufgrund der kapazitiven Kopplung der beiden Adern und deren *Induktivität* frequenzabhängig; das bedeutet, dass höhere Frequenzen stärker gedämpft werden als niedrigere.

Effektivwert *RMS, root mean square*

Effektivwerte (RMS) sind quadratische Mittelwerte und repräsentieren die tatsächlich auftretenden mittleren Spannungs-, *Strom*- oder Leistungswerte. Sie entsprechen der

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

*Berechnung des
Effektivwerts einer
Sinusschwingung*

Gleichspannung, die die gleiche Wärmeentwicklung hervorruft wie die Wechselspannung. Aus der englischen Bezeichnung ist zu entnehmen, dass es sich bei dem Effektivwert um die Mittelwerte der Quadratwurzel der Augenblicksamplitude handelt.

Bei Gleichspannung entspricht der Effektivwert dem Gleichspannungswert. Bei impulsförmigen *Spannungen* entspricht der Effektivwert dann dem Spitzenspannungswert, wenn die Pulsdauer und die Pulslücke gleich groß sind. Bei sinusförmigen Spannungen errechnet sich der Effektivwert aus dem Verhältnis der Spitzenamplitude zur Wurzel aus zwei, das entspricht dem 0,707-fachen der Spitzenamplitude. Das Verhältnis zwischen dem Effektivwert und dem Spitzenwert wird durch den *Crest-Faktor* bestimmt.

Der RMS-Wert spielt auch in der Akustik eine wesentliche Rolle, da er bei einer Audio-Anlage den Wert für die Durchschnittsbelastung angibt, der der empfundenen Lautstärke am nächsten kommt.

**EMF, electromagnetic
field**
Elektromagnetisches Feld

Elektromagnetische Felder (*EMF*) entstehen durch elektrischen *Strom*. Überall dort, wo Strom fließt, der sich in seiner Stärke oder Polarität ändert, werden elektrische Ladungen bewegt und erzeugen elektromagnetische Felder. Diese sind abhängig von der Stromstärke und der Frequenz und werden in der Feldstärke angegeben.

Da elektromagnetische Felder bereits bei sehr niedrigen Frequenzen entstehen, vor allem aber bei hohen Frequenzen zur verstärkten Exposition führen, unterscheidet man zwischen niederfrequenten und hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Ein Maß für die Stärke von elektromagnetischen Feldern ist neben der Feldstärke, die bei höheren Frequenzen benutzt wird, die Energieflussdichte.

Bei Niederfrequenz unterscheidet man zwischen niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern. Niederfrequente elektrische Felder entstehen durch niederfrequente *Spannungen*. Sie sind auch dann vorhanden, wenn in den Leitern oder Geräten kein Strom fließt. Die Größe des elektrischen Feldes ist abhängig von der Spannung, die im Gebäudebereich bei 230 V/380 V und 50 Hz liegt. Im Außenbereich reichen die Werte von Mittelspannungen mit 20 kV bis hin zu

Hochspannungen mit bis zu 380 kV.

Die niederfrequenten magnetischen Felder treten nur bei Stromfluss auf. Je höher der Strom, desto höher das magnetische Feld. Die magnetische Feldstärke wird in *Ampere* pro Meter angegeben und ist damit abhängig vom Abstand vom stromführenden Leiter. Die *magnetische Flussdichte* wird in Tesla (T) angegeben und bezieht sich auf die *Leistung* pro Fläche (W/qm).

Hochfrequente elektromagnetische Felder lösen sich als elektromagnetische Wellen von Leitern und Antennen und werden für die funktechnische Übertragung benutzt. In der Hochfrequenztechnik kommt diesen Feldern eine besondere Bedeutung zu, die sich in der Exposition und im Elektromog ausdrückt. Der Frequenzbereich der hochfrequenten elektromagnetischen Wellen umfasst alle Frequenzen zwischen 30 kHz und 300 GHz. Der wichtigste biologische Effekt von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ist die Wärmewirkung, wie sie in der Mikrowelle zur Erhitzung von Speisen genutzt wird.

EMI, electromagnetic interference
EMB, Elektromagnetische Beeinflussung

Die elektromagnetische Beeinflussung (EMI) ist eine durch magnetische und elektrische Felder verursachte Beeinflussung der Funktionalität von Geräten. Diese Strahlungen werden durch die Veränderung von Strömen hervorgerufen. Alle elektronischen Geräte geben in Folge elektromagnetischer Aktivitäten Emissionen ab und stören sich somit gegenseitig. Ursachen können auch natürliche Phänomene sein. Die elektromagnetische Beeinflussung führt beispielsweise zu Potenzialproblemen, Störungen in elektronischen Schaltkreisen in Rundfunkgeräten und Mobilfunk oder Datenverlust in Daten verarbeitenden Anlagen. Typische Strahlungsquellen sind Transformatoren, Motoren, Leuchtstofföhren, Sender, Schalter, Monitore, Transmitter usw. Die Resistenz von Geräten und Verkabelungen wird in der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) festgelegt.

EMK, Elektromotorische Kraft

Die elektromotorische Kraft (EMK) ist die *Spannung* (U), die die Elektronen in einem Leiter bewegt. Sie unterscheidet sich von der Spannung an den Batterieklemmen oder

der Batteriespannung dadurch, dass der Spannungsabfall am *Innenwiderstand* nicht berücksichtigt wird. Die EMK ist bei Batterien und Akkus die Spannung an den Elektroden, die ohne Stromfluss gemessen werden kann.

Empfindlichkeit *sensitivity* Unter Empfindlichkeit versteht man den geringsten *Pegel* den ein Sensor, ein Detektor, ein Aktuator oder ein Material zur Signalerkennung und -speicherung benötigt. Der Begriff Empfindlichkeit wird gleichermaßen in der Akustik für den geringsten Lautstärkepegel benutzt, beispielsweise als Kenngröße für Mikrofone oder Verstärker, ebenso in der HF-Technik um die niedrigste Empfangsfeldstärke zu bestimmen, in der der Optik, wo es um die Sensitivität von Lichtsensoren und die damit verbundene Lichtempfindlichkeit geht, oder bei Magnetbändern um die Stärke des Magnetfeldes damit die Hysterese des Bandmaterials zu einer *Magnetisierung* genutzt werden kann.

ESD, electrostatic discharge *Elektrostatische Entladung* Bei den elektrostatischen Entladungen (ESD) handelt es sich um kurzzeitige, transiente Entladungen. Solche Entladungen können dann zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen auftreten, wenn diese unterschiedliche Ladungen haben. Sie werden in der Regel von Funken oder Lichteffekten begleitet. Typische Erscheinungsformen sind die Entladung von Blitzen, Schaltvorgänge von leistungsstarken Generatoren oder Motoren und die Entladung von aufgeladenen menschlichen Körpern. Die Entladungen erfolgen in extrem kurzen Zeitbereichen von Millisekunden bis hinunter zu Nanosekunden. Die Entladungspotentiale können einige Kilovolt bis hin zu Megavolt erreichen und Komponenten, wie MOSFETs, Schottky-Dioden, Leuchtdioden und auch Speicherbausteine beschädigen. In der Elektronik spielt die elektrostatische Aufladung von menschlichen Körpern eine wesentliche Rolle, da durch die Entladung empfindliche elektronische Bauteile, Komponenten und Geräte beschädigt und zerstört werden könnten. Die elektrische Energie, die sich in einem menschlichen Körper aufbauen kann, liegt in der Größenordnung von 10 mJ bis 30 mJ, das elektrostatische Feld kann Werte zwischen 100 V und 20 kV erreichen, wodurch es zu kurzzeitigen Entladeströmen von bis zu 30

A kommen kann, bei einem Stromabfluss von bis zu 100 A/ns. Die elektrische Feldstärke kann Werte zwischen 1 kV/m und 5 kV/m erreichen.

ESD tritt in der Verkabelung auf, aber ebenso in der Automotive-Technik, der Geräte- und Platinentechnik sowie bei Peripheriegeräten und Monitoren. Zum Schutz des Anwenders werden in der Bildschirmarbeitsverordnung Maßnahmen zur Verminderung der ESD und zum Gesundheitsschutz beschrieben.

Neben der statisch bedingten Entladung gibt es die induktiv bedingte Störeinstreuung, die *elektromagnetische Beeinflussung* (EMI).

Die Simulation und die ESD-Testung von empfindlichen elektronischen Bauelementen erfolgt mit standardisierten Modellen: dem Human Body Model (HBM) und dem Machine Model (MM).

Farad, F *farad*

$F = C/V$	F, Farad C, Kapazität V, Volt
$1 F = As/V$	As, Amperesekunde

Farad, die Einheit der elektrischen Kapazität

Farad (F) ist die Einheit für die elektrische *Kapazität*. Sie entspricht dem Quotienten aus *Coulomb* und *Spannung* (C/V), da Coulomb *Ampere*-Sekunden entspricht, ist ein Farad (F) ebenso der Quotient aus *Ampere*-Sekunden und *Volt* (As/V). Eine Kapazität von einem Farad verursacht bei einer Ladespannung von 1 V für eine Sekunde lang einen Ladestrom von 1 A.

In der Praxis werden Kondensatoren mit Kapazitätswerten zwischen Millifarad ($10 \exp^{-3}$) und Picofarad ($10 \exp^{-12}$) eingesetzt. Es gibt aber auch Super-Kondensatoren mit Kapazitäten von einigen tausend Farad.

Die Einheit Farad ist benannt nach dem britischen Physiker Michael Faraday (1791-1867).

Gauss, Gs

Gauss (Gs) ist ein Zentimeter-Gramm-Sekunden-Einheit der *magnetischen Flussdichte*. Es entspricht einem Maxwell pro Quadratcentimeter. Benannt ist das Gauss nach dem deutschen Mathematiker und Astronom Karl Friedrich Gauss (1777 bis 1855), der durch viele Theorien der Algebra, der Differenzial-Geometrie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung bekannt geworden ist.

**GBW, gain bandwidth
product**

Das *Verstärkung-Bandbreite*-Produkt (GBW) ist ein Kennwert von Operationsverstärkern. Aus diesem vereinheitlichten Kennwert, der die Verstärkung bei offener Schleife charakterisiert, kann die Verstärkung bei bestimmten Frequenzen errechnet werden.

Das Frequenzverhalten von Operationsverstärkern beträgt 20 dB/Dekade , resp. 6 dB/Oktave . Berücksichtigt man dieses Verhalten, kann man aus dem Verstärkung-Bandbreite-Produkt (GBW) die Verstärkung bei jeder Frequenz errechnen. Hat beispielsweise ein Operationsverstärker bei 1 MHz einen Verstärkungsfaktor von 1 , dann liegt die Verstärkung bei 100 kHz , also eine Dekade tiefer, bei $+20 \text{ dB}$, bei 10 kHz bei $+40 \text{ dB}$ und bei 5 kHz , eine Oktave tiefer, bei $+46 \text{ dB}$.

**Genauigkeit
*accuracy***

Die Genauigkeit ist der prozentuale Wert einer Abweichung in Bezug zum Sollwert. Die Genauigkeit ist ein dimensionsloser Wert, der in Prozent angegeben wird. Der Begriff Genauigkeit kommt in vielen technischen Anwendungen vor; in der Mechanik und in der Konstruktion, der Elektronik, Mess- und Nachrichtentechnik, der Analog- und Digitaltechnik. Es handelt sich aber immer um die Toleranzgrenzen von technischen Parametern oder Kenngrößen. Ermittelt wird die Genauigkeit aus dem Quotienten der Abweichung und dem Sollwert. Beträgt beispielsweise die Abweichung 1 und ist der Sollwert 100 , dann ist die Genauigkeit 99% .

**Gleichspannungsoffset
*DC offset***

Einer der Kennwerte von Operationsverstärkern ist der Gleichspannungsoffset oder *DC-Offset*, der durch schaltungstechnische Toleranzen verursacht wird. Es handelt sich dabei um die Differenz-Eingangsspannung, die dann gemessen werden kann, wenn die Ausgangsspannung Null Volt beträgt. Obwohl die Ausgangsspannung Null Volt ist, kann an den Eingängen eine geringe Gleichspannung anliegen. Solche *Spannungen* können bereits durch unterschiedliche Eingangsströme auftreten, die auf die Toleranzen der Eingangswiderstände oder der Basisströme der Eingangsschaltung zurückzuführen sind. Da sich der Gleichspannungsoffset störend bemerkbar macht, muss er durch entsprechende schaltungstechnische Kompensationen ausgeglichen werden.

ELEKTRONIK- KENNWERTE

Gleichstrom
DC, direct current

Direct *Current* (DC) entspricht im Deutschen einer Gleichspannung und nicht, wie es korrekt wäre, einem Gleichstrom. Gleichstrom ist dadurch gekennzeichnet, dass der Strom immer in der gleichen Richtung fließt. Die Stromstärke kann sich dabei zwar ändern, aber die Richtung ist immer die gleiche. Gleichstrom resp. Gleichspannung wird als Versorgungsspannung für elektronische Bauelemente, Komponenten und Geräte benutzt. Das können die Gleichspannungen sein, die über Gleichrichter aus der Netzspannung (AC) gewonnen werden oder Gleichspannungen von Batterien oder Akkus. Gleichstrom hat immer eine feste Bezugspolarität, die positiv oder negativ sein kann. Die Bezeichnung selbst sagt nichts aus über die Polarität oder den Spannungspegel.

Gleichtaktspannung
CMV, common mode voltage

Bei der Gleichtaktspannung (CMV) handelt es sich um den Mittelwert der Eingangsspannungen an einem Operations- oder Differenzverstärker. Die Gleichtaktspannung ergibt sich aus der Summe der an die beiden Eingänge angelegten Eingangsspannungen dividiert durch 2, also: $(U_1 + U_2)/2$.

Gleichtaktunterdrückung
CMR, common mode rejection

Die Gleichtaktunterdrückung (CMR) ist eine Eigenschaft von Operations- und Differenzverstärkern, die die Unterdrückung von gleichen Signalen an beiden Eingängen charakterisiert.

Werden an die Eingänge eines Differenzverstärkers vollkommen identische *Spannungen* angelegt, so genannte Gleichtaktspannungen, so ist die Ausgangsspannung bei einem idealen Differenzverstärker null, da sich die Signale gegenseitig kompensieren. Dieses Verhalten ist wesentlich für die Unterdrückung von eingestreuten Störsignalen, die gleichzeitig in gleicher Polarität auf beiden Eingängen liegen. Die Gleichtaktunterdrückung ist frequenzabhängig und wird in dem Verhältnis von Differenzverstärkung zur Gleichtaktverstärkung als

*Zusammenhang zwischen
Gleichtaktunterdrückung,
Differenz- und
Gleichtaktverstärkung*

$$\text{CMRR (dB)} = 20 \times \log \frac{\text{Differenzverstärkung (V}_d\text{)}}{\text{Gleichtaktverstärkung (V}_g\text{)}}$$

Gleichtaktunterdrückungsverhältnis (CMRR) angegeben.

Gleichtaktunterdrückungsverhältnis
CMRR, common mode rejection ratio

Das Gleichtaktunterdrückungsverhältnis (CMRR) ist ein Kennwert von Differenz- und Operationsverstärkern, der die Unterdrückung von Gleichtaktsignalen charakterisiert. Es handelt sich um ein Gütemaß, das normalerweise in *Dezibel* (dB) aber auch in Prozent angegeben und aus dem Quotienten von Differenzverstärkung und Gleichtaktverstärkung gebildet wird.

Wenn Gleichtaktsignale, also vollkommen identische *Spannungen* an die Eingänge eines Differenzverstärkers angelegt werden, dann kompensieren sich die Gleichtaktspannungen und die Ausgangsspannung ist Null. Die *Gleichtaktunterdrückung* geht in diesem Fall nach unendlich. Tritt allerdings eine Spannungsdifferenz auf, so verringert sich die Gleichtaktunterdrückung.

Aus dem Gleichtaktunterdrückungsverhältnis können die Signalverhältnisse von Differenzsignal und Gleichtaktsignal abgeleitet werden. In der Praxis liegen die Werte bei Operationsverstärkern zwischen 60 dB bis 120 dB. Bei 120 dB wäre das Verhältnis zwischen beiden Spannungen 1:1.000.000.

Henry
H, Henry

*Das Henry und seine
Teilungen*

Einheiten	Abk.	Zehnerp.	Zusammenhang
Henry	H	10^0	1.000 mH, 1.000.000 µH
Millihenry	mH	10^{-3}	1.000 µH, 1.000.000 nH
Mikrohenry	µH	10^{-6}	1.000 nH
Nanohenry	nH	10^{-9}	

Das Henry (H) die Einheit für die *Induktivität*. Sie wurde nach dem amerikanischen Physiker Joseph Henry (1797 bis 1878) benannt und wird in Ohm-Sekunden angegeben. Eine Induktivität von 1 Henry erzeugt in einer Spule bei

gleichförmiger Stromänderung von 1 *Ampere* (A) in einer Sekunde eine Selbstinduktion von 1 Volt (V).

Die Größenangaben von Spulen werden mit Präfixen versehen, so gibt es das Millihenry (mH), das Mikrohenry (µH), das Nanohenry (nH) usw.

Hertz
Hz, Hertz

Hertz (Hz) ist die Einheit für die Frequenz. Ein Hertz entspricht einem kompletten Schwingungszyklus pro Sekunde. Das Hertz wird für akustische, elektrische und

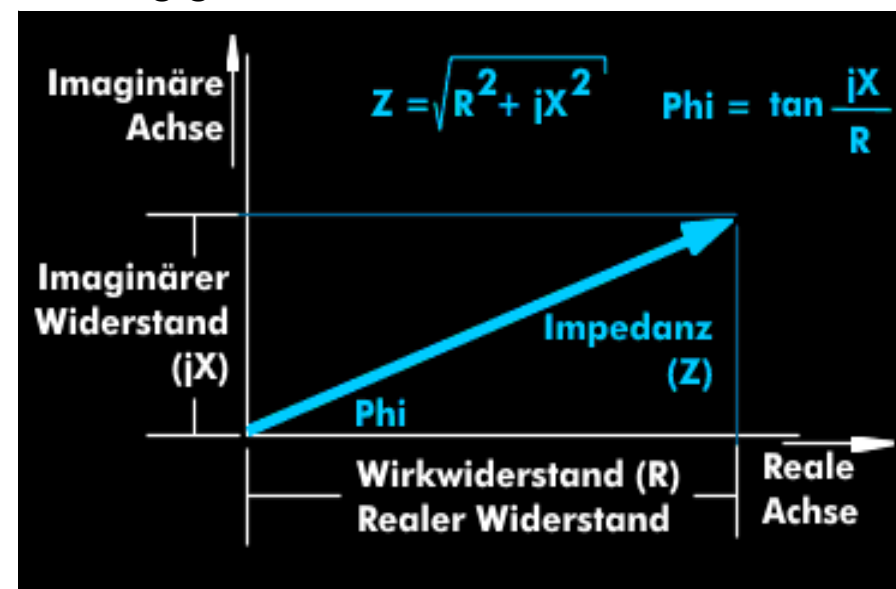
elektromagnetische Schwingungen verwendet und mit Präfixen versehen: kHz, MHz, GHz, THz.

Die Einheit Hertz ist nach dem deutschen Physiker Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) benannt.

Impedanz Die Impedanz (Z) ist der *Scheinwiderstand* eines Vierpols. Dieser setzt sich zusammen aus dem ohmschen *Widerstand* (R) und der *Reaktanz* (X), dem Blindwiderstand. Dabei handelt es sich um die frequenzabhängigen Widerstände der *Induktivitäten* und *Kapazitäten*. Generell ist die Impedanz "Z" eine komplexe, frequenzabhängige Größe, die aus einem realen und einem imaginären (j) Widerstand besteht und durch ihren Betrag "Z" und ihren Winkel "Phi" eindeutig bestimmt ist. Der Betrag errechnet sich nach Pythagoras aus der Wurzel der Summe der Quadrate der realen und der imaginären Anteile. Der Winkel Phi über den Tangens.

Bei Kabeln ist die Impedanz unabhängig von der Kabellänge und wird über die Quadratwurzel aus dem Verhältnis der Induktivität zur Kapazität errechnet. Beide Größen werden durch die Konstruktion des Kabels, durch die Maße von Innenleiter, Außenleiter, Dielektrikum und Schirmung, bestimmt. Die Induktivität ist direkt abhängig von der Dicke des Innenleiters, ein dickerer Innenleiter sorgt für eine geringere Induktivität, ein dünnerer für eine höhere. Die Kapazität ist vom Dielektrikum abhängig. Ein Dielektrikum mit einer höheren *Dielektrizitätskonstanten* verursacht eine

Bestimmung der Impedanz aus dem Wirkwiderstand und dem imaginären Blindwiderstand

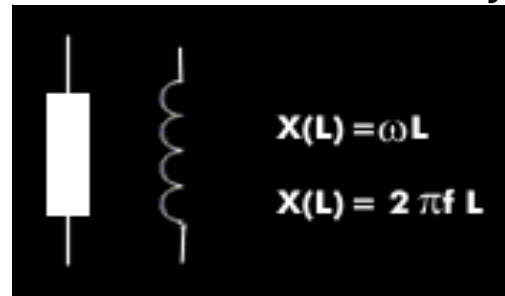


Erhöhung der Kapazität, eine kleinere Dielektrizitätskonstante hat eine geringere Kabelkapazität zur Folge.

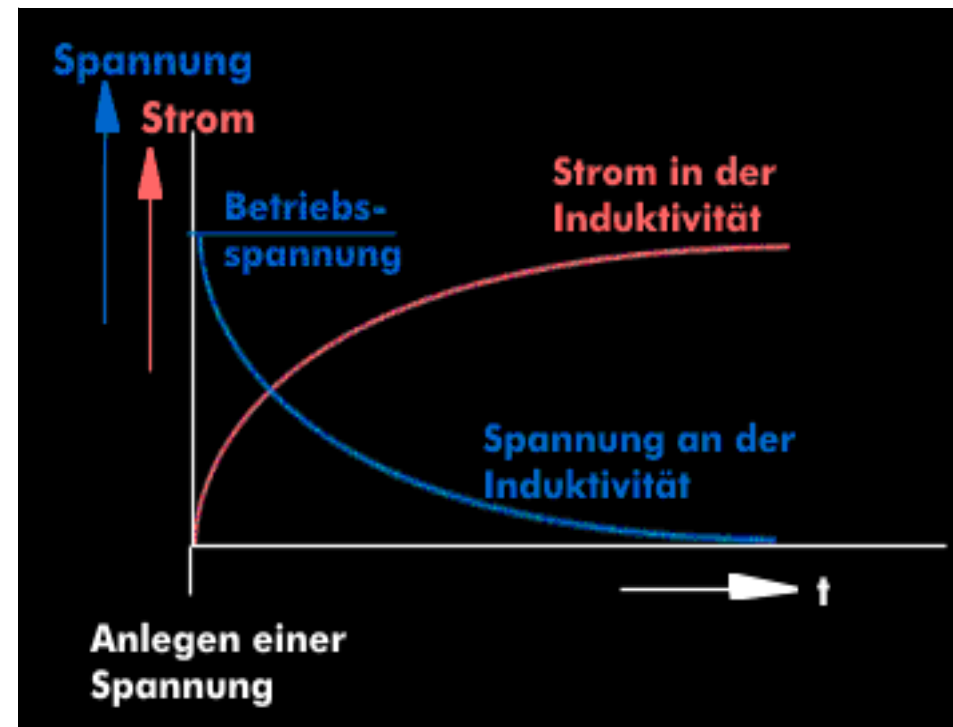
Die Impedanz wird in Ohm angegeben und ist bei Kabeln über weite Frequenzbereiche frequenzunabhängig. Mit steigenden Frequenzen wird die Impedanz zunehmend vom *Leiterwiderstand* bestimmt, bei dem sich der Skineffekt auswirkt.

Bei aktiven Vierpolen (Verstärker, Repeater etc.) wird die Impedanz durch entwicklungstechnische Maßnahmen in der Eingangsschaltung festgelegt. Der Kehrwert der Impedanz ist die *Admittanz*.

Induktivität *L, inductivity*



*Strom- und
Spannungsverlauf an einer
Induktivität nach dem
Anlegen einer Spannung*



magnetischen Feldlinien, die bei jedem Stromfluss auftreten, erzeugen in der Spule selbst eine Gegeninduktion, die einer Änderung des primären Feldes entgegenwirkt. Die Gegeninduktion wird mit steigendem Strom höher und mit geringerem Stromfluss kleiner. Durch die Gegeninduktion verlangsamt sich der Aufbau des primären Magnetfelds.

Die Maßeinheit für die Induktivität ist das Henry (H), benannt nach dem amerikanischen Physiker (1797 bis 1878), das Henry wird in Ohm-Sekunden angegeben.

Der induktive Blindwiderstand ($X(L)$) einer Spule ist direkt proportional der Größe der Induktivität und der Frequenz, der Blindwiderstand steigt also proportional bei höheren Frequenzen an. Bei Gleichstrom entspricht der Widerstand einer Spule dem Leiterwiderstand.

Die Induktivität (L) ist ein frequenzabhängiges, passives elektronisches Bauelement, dessen induktiver Widerstand mit steigender Frequenz zunimmt. Aus der Bezeichnung Induktivität geht das Prinzip der magnetischen Induktion bzw. Selbstinduktion hervor, auf dem Induktivitäten, also Spulen, basieren. Fließt in einer Spule ein Strom, so ändern sich die magnetischen Feldlinien im Rhythmus der des durchfließenden Stroms. Die

Innenwiderstand *internal resistor*

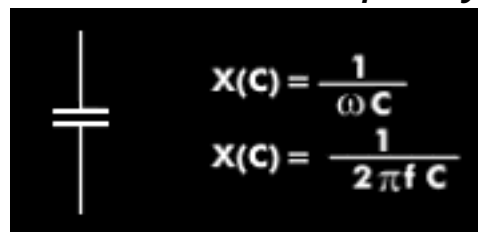
Der Innenwiderstand ist die Summe aller inneren *Widerstände* in einer Batterie oder einem Akkumulator. Diese Kenngröße hat unmittelbaren Einfluss auf die Klemmenspannung, die sich aus der elektromotorischen Kraft (*EMK*) reduziert um den Spannungsabfall am Innenwiderstand zusammensetzt. Steigt der Stromfluss, erhöht sich der Spannungsabfall am Innenwiderstand und die Batteriespannung sinkt. Im Einzelnen setzt sich der Innenwiderstand aus dem Polarisationswiderstand der elektrochemischen Umsetzung, dem Fließwiderstand der Ionen und den ohmschen Widerständen an den Elektroden zusammen.

Isolationswiderstand *IR, insulation resistance*

Der Isolationswiderstand (IR) ist ein Maß für die Güte des Isoliermaterials zwischen zwei Leitern oder zwischen einem Leiter und der Schirmung. Das Isolationsmaterial bestimmt im wesentlichen den Isolationswiderstand. Dabei ist nicht so sehr die Isolationsdicke entscheidend, sondern die Materialbeschaffenheit.

Bei Kabeln ist der Isolationswiderstand längenabhängig und wird in Ohm x m bzw. GOhm x km angegeben. Seine Werte sollten bei 1 GOhm x km liegen. Bedingt durch die Längenabhängigkeit sinkt der Isolationswiderstand mit größer werdenden Strecken. Bei Kondensatoren entspricht der Isolationswiderstand dem Gleichstromwiderstand. Bei Film- und Keramikkondensatoren wird dieser *Widerstand* in MegaOhm-Mikrofarad ausgedrückt. Den tatsächlichen Widerstand einer *Kapazität* erhält man, wenn man den Isolationswiderstand durch die Kapazität dividiert.

Kapazität *C, capacity*

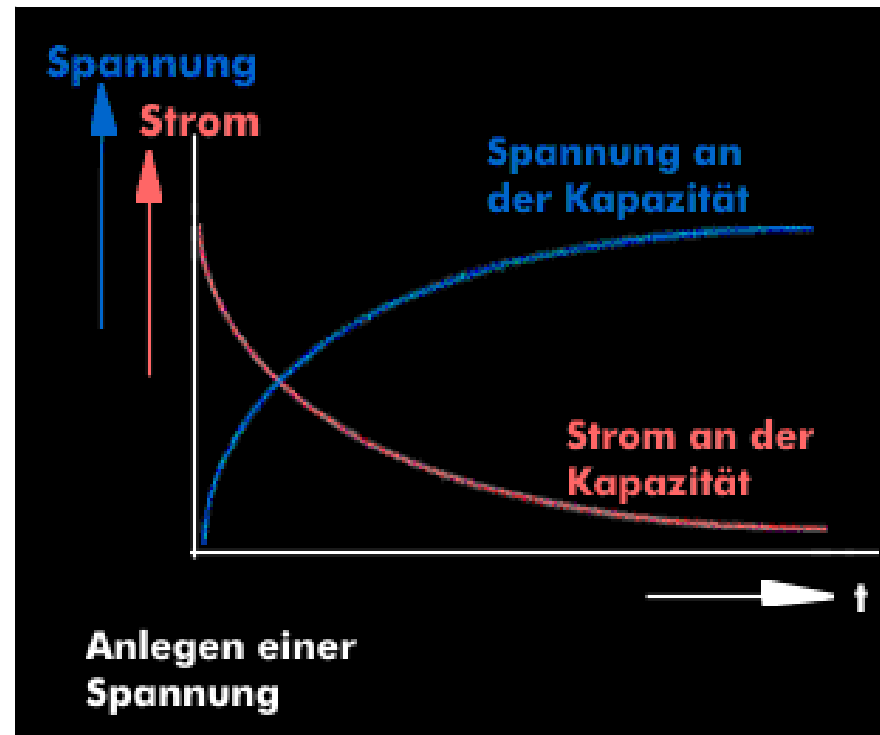


Schaltzeichen des Kondensators und Formel für den kapazitiven Blindwiderstand

Kapazität (C) ist das Fassungsvermögen. In der IT-Technik kommt der Begriff bei Kondensatoren vor, bei Akkus, bei denen es um die *Nennkapazität* geht und bei Speichern, bei denen die Speicherkapazität eine wichtige Rolle spielt.

Die Kapazität eines Kondensators wird in *Farad* (F) angegeben, benannt nach dem englischen Physiker Faraday. Da ein Farad bei einer Ladespannung von 1 V für eine Sekunde einen Ladestrom von 1 A hervorruft, arbeitet man in der Praxis mit wesentlich kleiner Einheiten, die durch Präfixe gekennzeichnet sind: Millifarad (mF), Mikrofarad (μ F), Nanofarad (nF), Picofarad (pF).

Strom- und Spannungsverlauf an einer Kapazität nach Anlegen einer Spannung



Kelvin (K)

Kelvin (K) ist eine Maßeinheit für die Temperatur, die nach dem englischen Physiker William Thomson, Lord Kelvin (1824 - 1907) benannt ist. Die Kelvin-Skala beginnt beim absoluten Nullpunkt, bei der kein Teilchen mehr Bewegungsenergie besitzt und der bei $-273,15\text{ °Celsius (C)}$ bzw. 0 Kelvin liegt. Die Temperaturdifferenz von 1 K entspricht der von 1 °C . Damit ergibt sich bei 0 °C eine Temperatur von $273,15\text{ K}$.

Das Kelvin-Grad wird in der Physik und in anderen technischen Bereichen wie bei der Angabe von Farbtemperaturen oder *Rauschtemperaturen* von LNBS in Satellitenempfangsanlagen verwendet. Ebenso bei der Angabe der Farbtemperatur von Projektorlampen.

Klirrfaktor
THD, total harmonic distortion

Der Klirrfaktor (THD) ist ein Maß für die Verzerrungsfreiheit von Audiosignalen. Es handelt sich um eine nichtlineare, frequenzabhängige *Verzerrung*, die aus dem Verhältnis von Oberwellen zur Grundwelle berechnet und in Prozent oder *Dezibel* angegeben wird.

Er berechnet sich aus dem Logarithmus der Spannungsverhältnisse der Harmonischen. Wobei der Quotient aus den quadratischen Mittelwerten der Oberwellen zu den quadratischen Mittelwerten der Harmonischen, also einschließlich

Die Kapazität eines Kondensators ist direkt abhängig von der Größe der Elektrodenplatten, dem Abstand der Elektroden und den Materialeigenschaften des Dielektrikums, der *Dielektrizitätskonstanten*. Wichtige Parameter von Kondensatoren sind die Betriebsspannung, der *Isolationswiderstand*, der *Temperaturkoeffizient* und der Ersatzserienwiderstand (ESR).

Kelvin (K) ist eine Maßeinheit für die

$$K (\%) = \frac{\sum \text{Oberwellen}}{\text{Grundwelle}} \times 100$$

der Grundwelle, gebildet wird.

Der Klirrfaktor wird gleichermaßen von der Aufnahme-, der Speicher- und der Wiedergabe-Elektronik beeinflusst. So von passiven und aktiven Komponenten der Audiokette, dem Mikrofon, Verstärker, Audio-Bandgeräte und Lautsprecher. Neben dem THD-Wert gibt es auch noch den THD+N-Wert in den auch das Grundrauschen der Audio-Komponenten eingeht.

- Koerzitivkraft**
coercive force Die Koerzitivkraft ist ein Maß für die *Magnetisierung*, die erforderlich ist, um den Restmagnetismus, die Remanenz, eines magnetischen Speichermediums vollständig zu beseitigen. Die Koerzitivkraft muss beim Löschvorgang einer Diskette, eines Magnetbandes oder einer Magnetplatte in Form von magnetischer Feldstärke aufgebracht werden, um die Oxyd-Kristalle aus dem stabilen Remanenzpunkt zu bringen.
- Koinzidenz**
coincidence Unter Koinzidenz ist die Gleichzeitigkeit zweier oder mehrerer Ereignisse zu verstehen. Bei der Bewertung der Koinzidenz spielt die Sinneswahrnehmung die entscheidende Rolle. So werden akustische Signale anders bewertet als beispielsweise optische Eindrücke, da das Hörvermögen eine zeitlich höhere *Auflösung* hat als das Sehvermögen. Beim Hören dürfen die Laufzeitunterschiede bei höheren Tönen nur wenige Millisekunden betragen, damit der Hörer die Töne als koinzident bezeichnet. Anders ist es bei optischen Reizen, wo noch bei Laufzeitunterschieden von 20 ms und mehr eine Koinzidenz konzipiert wird.
- Kontaktwiderstand**
contact resistance Der Kontaktwiderstand ist Teil des Übergangswiderstandes (transfer resistance), der bei der Durchleitung des elektrischen *Stroms* von einem Leiter in einen anderen Leiter auftritt. Der Übergangswiderstand setzt sich zusammen aus dem Kontaktwiderstand und dem *Widerstand* des elektrisch leitenden Materials. Je sicherer die Verbindung mechanisch und elektrisch ausgeführt ist, umso geringer ist der Widerstand an der Kontaktstelle. Er sollte im Verhältnis zu den anderen in einer Schaltung auftretenden Widerständen gering sein, damit die Funktion nicht beeinflusst wird. Ein schlechter

Kontakt kann in der Elektronik ein ganzes System gefährden. In der Übertragungstechnik führen Kontaktstellen zu Dämpfungen, die bei der Pegelbetrachtung zu berücksichtigen sind.

Der ideale Kontaktwiderstand zwischen geschlossenen Kontakten ist praktisch Null. In der Praxis liegt er bei wenigen Milliohm.

Bei Relais liegt der Kontaktwiderstand bei weniger als 0,1 mOhm. Darüber hinaus spielt bei Relais das Verhalten des Kontaktwiderstandes über die Lebensdauer eine wichtige Rolle. Der Kontaktwiderstand nimmt durch Oxidation und Korrosion über die Lebensdauer zu und kann nach mehreren Millionen Schaltzyklen durchaus 1 bis 2 Ohm betragen.

Bei der Leistungsübertragung kann es an Kontaktstellen zu Erwärmungen kommen (Brandgefahr). Die Größe des Kontaktwiderstandes hängt vom Kontaktwerkstoff, seiner Mikrorauhigkeit, der Geometrie, chemische Schichten sowie von der Größe der Kontaktfläche ab. Je größer die Fläche, desto geringer der Kontaktwiderstand.

Ladezustand
SoC, state fo charge

State-of-Charge (SoC) ist ein Kennwert für den Ladezustand von Akkus. Der SoC-Wert kennzeichnet die noch verfügbare *Kapazität* eines Akkus im Verhältnis zum Nominalwert. Er spielt in der Automotive-Technik eine wesentliche Rolle und wird vom Batteriemanagement-System ausgewertet.

Leistung
P, power

Die elektrische Leistung (P) ist ein Maß für die Energie, die sich aus der *Spannung* (U) und dem *Strom* (I) ergibt. Die Dimension für die elektrische Leistung ist das *Watt* (W), das nach dem Erfinder der Dampfmaschine James Watt (1736 bis 1818) benannt ist. Zwischen der Leistung, der Spannung und dem Strom besteht ein unmittelbarer Zusammenhang. Die Leistung steigt proportional mit der Spannung und dem Strom. Ein Watt entspricht einer Spannung von 1 V multipliziert mit einem Strom von 1 A. Das trifft dann zu, wenn es sich um *Gleichstrom* bzw. Gleichspannung handelt. Ist die Leistung abhängig von einer Wechselspannung, und fällt sie an einem ohmschen *Widerstand* ab, dann werden die *Effektivwerte* von Strom und Spannung miteinander multipliziert. Anders ist es, wenn die Last eine *Reaktanz* ist, dann spricht

$$P = U \times I$$

$$P = I^2 \times R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

P , Leistung
 U , Spannung
 I , Strom
 R , Widerstand

man von Schein- oder Blindleistung, die sich aus der Multiplikation von Spannung und Strom ergibt und in SpannungxStrom (VA) angegeben wird.

Beispiele hierfür sind die Leistung von Wechselstrommotoren oder Lautsprechern.

Leistungsfaktor *PF, power factor*

Der Leistungsfaktor (PF) ist der Quotient aus Wirkleistung und Scheinleistung, er wird mit dem griechischen Lambda bezeichnet und entspricht dem Kosinus Phi zwischen den beiden *Leistungen*. Der Leistungsfaktor ist ein Maß für die induktive oder kapazitive Belastung, die sich bei sinusförmigen *Spannungen* in der *Phasenverschiebung* zwischen *Strom* und Spannung ausdrückt.

Der Leistungsfaktor kann Werte zwischen 1 und 0 annehmen. Bei einem ohmschen *Widerstand* liegen Spannung und Strom in *Phase*, es handelt sich um eine Wirkleistung und der Leistungsfaktor ist "1". Tritt zwischen beiden Größen eine Phasenverschiebung auf, dann handelt es sich um eine *Reaktanz*, deren imaginärer Anteil die Phasenverschiebung bestimmt. Liegt zwischen beiden Größen eine Phasenverschiebung von 90°, ist es eine reine Scheinleistung und der Leistungsfaktor ist "0".

Der Leistungsfaktor ist eine Größe, die für die Leistungsaufnahme von Netzteilen von Bedeutung ist.

Leistungswirkungsgrad *PAE, power added efficiency*

Der Leistungswirkungsgrad (PAE) ist ein Kennwert von HF-Verstärkern und -Transistoren. Er ist besonders interessant für batteriebetriebene Mobilgeräte, da durch eine Erhöhung des Leistungswirkungsgrades die batteriebetriebene Betriebsdauer erhöht werden kann. Beim Leistungswirkungsgrad handelt es sich um das Verhältnis aus abgegebener zur zugeführten *Leistung*. Konkret entspricht der Leistungswirkungsgrad (PAE) dem Verhältnis aus der Leistung, die der HF-Verstärker an die Last bzw. Antenne abgibt abzüglich der Leistung Eingangsleistung des Verstärkers, zu der aus der Gleichspannungsquelle entnommenen Leistung. Beträgt beispielsweise die abgegebene HF-Leistung 2,5 W, die zugeführt Eingangsleistung 0,4 W und die benötigte Leistung aus der Gleichspannungsquelle 5 W, dann ergibt sich daraus ein PAE-*Wirkungsgrad* von 38 %.

Leiterwiderstand
characteristic impedance

Der Leiterwiderstand ist der ohmsche *Widerstand* eines Leiters und unmittelbar abhängig von dem Leitermaterial, dem Leiterquerschnitt und der Leitungslänge. Der Widerstand steigt bei längeren Leitern und fällt bei größeren Leiterquerschnitten. Der Leiterwiderstand (R) wird in Ohm bzw. mOhm angegeben.

Der Leiterwiderstand eines Leiters wird maßgeblich durch das Leitermaterial bestimmt, wobei Kupfer und Silber die niedrigsten spezifischen Widerstände aufweisen. Der Widerstand eines Leiters errechnet sich aus der Leiterlänge in Meter, dem spezifischen Widerstand (Rho) und dem Leitungsquerschnitt. Die Leiterlänge geht proportional ein, der Leiterquerschnitt umgekehrt proportional.

Für Kupferleitungen in der Fernsprechtechnik und der Verkabelung gibt es international gültige Standard-Werte für die Kupferqualität und den Leiterquerschnitt, der sich aus dem Standard-Durchmessern von 0,5 mm und 0,6 mm errechnet. Bei

$R = \frac{l \times \rho}{F}$	R, Leiterwiderstand ρ, Spezifischer Widerstand (Ohm x mm²/m) l, Leiterlänge (m) F, Leiterquerschnitt (mm²)
Silber $\rho = 0,016$	Zinn $\rho = 0,13$
Kupfer $\rho = 0,018$	Konstant. $\rho = 0,5$
Messing $\rho = 0,07$	Maganin $\rho = 0,4$
Aluminium $\rho = 0,028$	Graphit $\rho = \dots 1.500$
Eisen $\rho = 0,15$	Pertinax $\rho = 10^{12}$
Blei $\rho = 0,2$	

den am häufigsten eingesetzten Leiterdurchmessern von 0,5 mm und 0,6 mm betragen die Leiterwiderstände etwa 23 Ohm und 16 Ohm.

Der Leiterwiderstand ist ein wichtiger Parameter für die *Dämpfung* der Leitung, weil er maßgeblich die Reichweite der Übertragung bestimmt.

Anstelle des Leiterwiderstandes wird in Spezifikationen häufig der Schleifenwiderstand angegeben. Dabei

handelt es sich um eine Leiterschleife bestehend aus Hin- und Rückleiter von einem Kilometer.

Leitwert, G
conductance

Der Leitwert (G) ist eine elektrische Einheit für den inversen ohmschen *Widerstand* (1/R), die die Leitfähigkeit eines elektrischen Leiters angibt. Er wird auch als Konduktanz bezeichnet, allerdings wird die Einheit des Leitwertes in der Elektronik kaum noch benutzt. Der Leitwert wird in "G" angegeben und hat die Dimension Siemens, benannt

ELEKTRONIK- KENNWERTE

*Spezifischer Leitwert von
verschiedenen Materialien*

Material	Spezifischer Leitwert (A x m/V x qmm)
Silber	63
Kupfer	56
Gold	45
Aluminium	35
Eisen	10
Zinn	9
Blei	5

nach Ernst Werner von Siemens (1816-1892). Ein Siemens ist der reziproke Wert von einem Ohm. Das Siemens wird mit Präfixen versehen: 1 millisiemens entspricht 1 kOhm und 1 mikrosiemens einem MOhm.

Der spezifische Leitwert entspricht dem *Strom* (I) in *Ampere* (A), der durch einen Leiter von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt bei einer angelegten *Spannung* (U) von 1 V fließen würde. Ein hoher Leitwert entspricht einem kleinen *spezifischen*

Widerstand, ein großer Widerstand einem kleinen Leitwert.

Nennleistung *rating power*

Überall dort wo Reaktanzen eine Wechselspannung oder einen *Wechselstrom* belasten, spielt der *Effektivwert* (RMS) eine Rolle. Ein typisches Beispiel sind Leistungsverstärker für Audio-Anlagen. Diese arbeiten entweder kapazitiv oder induktiv und setzen die angelegte Wechselspannung in Schalldruck um. Der daraus resultierende Effektivwert der *Leistung* ist die Nennleistung. Es handelt sich dabei um die Leistung, die das gerade anliegende Audiosignal effektiv erbringt. Bei der Nennleistung wird die effektive Leistung des gesamten Frequenzbereichs zwischen 20 Hz und 20 kHz erfasst. Diese RMS-Leistung liegt in der Regel bei etwa 60 % der *Sinusleistung*, die sich auf einen Sinus-Dauerton von 1 kHz bezieht.

NEP, noise equivalent power

Beim *Noise Equivalent Power* (NEP), der äquivalenten *Rauschleistung*, handelt es sich um die Leistung eines optischen Verstärkers, die dem Rauschpegel des Verstärkers entspricht. Der NEP-Wert wird auch bei Infrarot-Detektoren angegeben und ist definiert als der *Effektivwert* des auf einen IR-Detektor fallenden sinusförmigen Signals, das am Detektorausgang eine äquivalente Signalspannung erzeugen würde.

Neper *Np, Neper*

Neper (Np) ist eine logarithmische Einheit für die Angabe von Verhältnissen. Im Gegensatz zu *Dezibel* basiert das Neper auf dem natürlichen Logarithmus mit der

1 Neper (Np) = 8,686 Dezibel (dB) = 0,8686 Bel (B)
1 Dezibel (dB) = 0,1151 Neper (Np) = 0,1 Bel (B)

Basis "e". Alle *Pegel*-, Verstärkungs- und Dämpfungswerte können in Dezibel (dB) oder dem früher benutzten Neper angegeben werden.

Dezibel in Neper In der Fernsprechtechnik wird die Einheit Neper noch verwendet.

Pegel Ein Pegel ist ein absoluter oder relativer Wert einer physikalischen Größe in einem Übertragungssystem, der zur Bestimmung der *Spannungen*, *Ströme* oder *Leistungen* verwendet wird. Absolute Pegel repräsentieren die tatsächlich anstehende Spannung, den Strom oder die Leistung und werden mit der entsprechenden Einheit versehen (V, A, W). Der Pegel wird häufig als logarithmisches Verhältnis in der Einheit *Dezibel* (dB) angegeben.

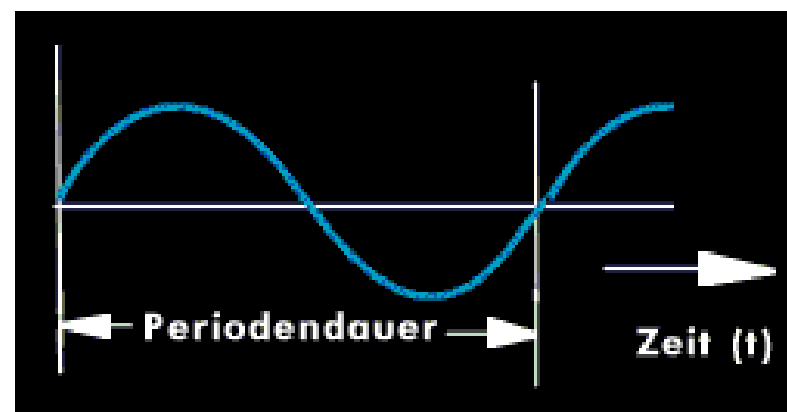
Bezieht sich der dB-Wert auf einen Referenzpegel wie beispielsweise 0 dBm für 1 mW Leistung, kann man auch den absoluten Pegel auf diesen Referenzwert beziehen. So entsprechen 10 mW einem dBm-Wert von 10 dBm, 100 mW entsprechen 20 dBm und 1 W entspricht 30 dBm.

Der relative Pegel ist das Verhältnis zweier gleicher physikalischer Größen zueinander, ohne Bezug zum Referenzwert. Bei Spannungen und Strömen ist es $20 \times \log U_1/U_2$, bei leistungsbezogenen Pegeln $10 \times \log P_1/P_2$.

Periodendauer Die Periodendauer ist die zeitliche Dauer zwischen zwei identischen Punkten auf zwei aufeinander folgenden Schwingungszügen einer periodischen Wellenbewegung.

Ein solcher Bestimmungspunkt kann der Nulldurchgang sein, der allerdings das Nullpotential in gleicher Richtung passieren muss, es kann aber auch jeder beliebige andere Punkt auf der Schwingung sein.

Die Periodendauer (T) wird in einer Zeiteinheit angegeben und ist der Quotient der Frequenz (f): $T = 1/f$. Beispiel: Eine Frequenz von 1 kHz hat eine Periodendauer von 1 ms.



Die Periodendauer bei einem Sinussignal

ELEKTRONIK- KENNWERTE

Permeabilität *permeability*

Material	Permeabilität (μ)
Luft	1
Kupfer	<1
Aluminium	>1
Eisen	500 ... 10.000
Ferrit	10 ... 20.000
Mumetall	10.000 100.000

Die Permeabilität ist ein dimensionsloser Wert, der die magnetische Leitfähigkeit von Materialien angibt. Dieser im griechischen Buchstaben "μ" angegebene Wert sagt aus, um wieviel ein magnetisch leitendes Material leitfähiger ist als Vakuum. Vakuum bildet mit einem μ-Wert von "1" die Referenz der Permeabilität.

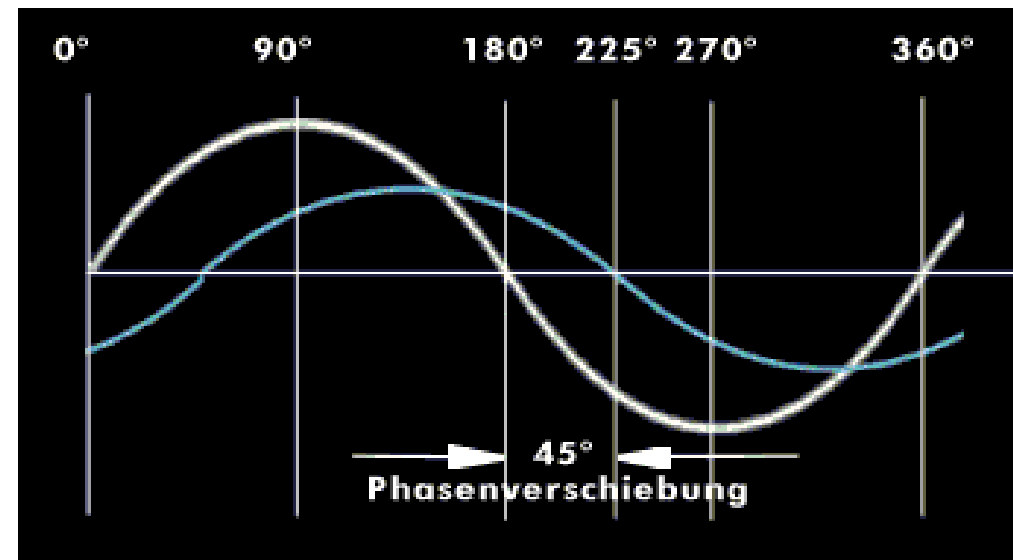
Die Werte für die Permeabilität liegen je nach Metall oder Legierung im 2-stelligen Bereich bis hin zum 5-stelligen Bereich und beeinflussen die Wirksamkeit von Elektromagneten und Transformatoren. Man kann durch Wahl eines magnetischen Materials den *magnetischen Fluss* in *Induktivitäten* beeinflussen.

*Permeabilitätswerte
verschiedener Materialien*

Phase *phase* Die Phase ist der Winkel eines Signalteils in Bezug auf einen Referenzwert des kompletten Signals. Dieser Referenzwert kann der Startpunkt des Signals sein oder ein beliebiger anderer Bezugspunkt. Die Phase wird in Grad oder als Zeit angegeben.

Phasenverschiebung *phase shift*

*Phasenverschiebung
zwischen zwei
Sinusschwingungen*



Eine Phasenverschiebung kennzeichnet den zeitlichen Versatz, den ein verzögertes Signal gegenüber einem Referenzsignal aufweist.

Bei einem Sinussignal wird zur Ermittlung der Phasenverschiebung beispielsweise der Nulldurchgang zweier Schwingungszüge in zeitliche Relation gesetzt.

PSRR, power supply rejection ratio

Generell ist die Versorgungsspannung von aktiven Verstärkerschaltungen von Störspannungen überlagert. Bei diesen unerwünschten Signalen kann es sich um

Rauschen oder Brummsignale aus der Netzspannung handeln, ebenso um Störungen, die in den Schaltnetzteilen erzeugt werden. Diese Störungen werden über die Versorgungsspannung und kapazitiv in die aktiven Schaltungen eingekoppelt. Sie haben einen direkten Einfluss auf die zu verstärkenden Signale und beeinträchtigen u.a. das *Signal-Rausch-Verhältnis*. Aus diesem Grund sollte bei der Erzeugung der Versorgungsspannung der Störspannungsanteil so gering als möglich sein. Das Verhältnis der Versorgungsspannungsänderung zur daraus resultierenden Änderung der Nutzspannung ist das Netzstörunterdrückungsverhältnis (PSRR). Anders ausgedrückt ist es die Spannungsänderung der Versorgungsspannung die die gleiche Amplitudenänderung bewirkt wie eine Änderung des Nutzsignals am Eingang einer aktiven Schaltung.

Entspricht beispielsweise eine Versorgungsspannungsänderung von 1 V einer Nutzsignaländerung von 1 mV, dann ist die in *Dezibel* angegebene PSRR $10 \exp 3$ bzw. 60 dB. Bei tiefen Frequenzen wie der Brummspannung ist die PSRR höher und

kann Werte von 120 dB und mehr erreichen, bei höheren Frequenzen von einigen MHz kann dieser Wert auf 40 dB und darunter fallen.

Rauschabstand
signal noise ratio

Codewortlänge (Bit)	Quantis. stufen	Fehler (%)	Rauschabstand (dB)
4	16	6,250	24,1
6	64	1,562	36,1
8	256	0,396	48,1
10	1.024	0,097	60,2
12	4.096	0,0244	72,2
14	16.384	0,0061	84,3
16	65.536	0,01529	96,3
18	262.144	0,00381	108,3

Quantisierungsfehler und Rauschabstand bei bestimmten Quantisierungsstufen

Als Rauschabstand wird in der Audiotechnik das Verhältnis zwischen dem Signal- und dem Rauschpegel bezeichnet. Dieser Kennwert entspricht dem *Signal-Rausch-Verhältnis* (SNR). Der Rauschabstand, der in *Dezibel* (dB) angegeben wird, ist ein Maß für die *Empfindlichkeit* von Mikrofonen und Verstärkern. Bei A/D-Wandlern ist der Rauschabstand abhängig von der Höhe der Quantisierung und liegt bei 16 Bit

bei etwa 100 dB. Er erhöht sich um jeweils 12 dB für zwei weitere Quantisierungsbits, so dass er sich bei einer Quantisierung von 24 Bit um 48 dB erhöht.

Rauschdichte
noise density

Die Rauschdichte ist ein Kennwert von aktiven und passiven Komponenten, der sich auf ein Frequenzspektrum bezieht. Es handelt sich um das Verhältnis aus dem Quadrat der Rauschspannung zur *Bandbreite*. Je nach *Rauschen* kann dieses Verhältnis linear sein, wie beim weißen oder thermischen Rauschen oder linear abfallen, wie beim rosa Rauschen.

Weißes Rauschen ist dadurch gekennzeichnet, dass die Rauschdichte unabhängig von der Frequenz bei gleicher Bandbreite immer gleich ist. So ist beispielsweise die Rauschdichte zwischen 10,5 kHz und 11 kHz genauso hoch wie die zwischen 50 kHz und 50,5 kHz.

Anders ist es beim rosa Rauschen bei der die Rauschdichte in gleichen Frequenzverhältnissen immer gleich ist. So hat der Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 20 kHz die gleiche Rauschdichte wie der zwischen 30 kHz und 60 kHz.

Rauschen
N, noise

Rauschen sind statistisch verteilte Schwankungen einer physikalischen Größe, die durch stochastische Prozesse entstehen. In der Elektronik werden diese

Rauscharten	Eigenschaften
weißes	0 dB/Okt. konstant, gleiche Rauschenergie pro Hertz
rosa	-3 dB/Okt. abnehmend, proportional von 1/f
rot/braun	-6 dB/Okt. abnehmend, prop. 1/Quadrat von f
blau	+3 dB/Okt. zunehmend, proportional von f
violett	+6 dB/Okt. zunehmend, proportional dem Quadrat von f
schwarz	keine Rauschenergie, nur einige zufällige Spikes

stochastischen Prozesse von dem Stromfluss in aktiven und passiven Bauteilen generiert. Es handelt sich dabei um unkoordinierte temperaturbedingte Elektronenbewegungen. Rauschen wird im wesentlichen durch die Verteilung der Rauschenergie über die *Bandbreite* bestimmt. Ist die Rauschenergie konstant über ein Frequenzband, spricht man von weißem Rauschen, ist keine Rauschenergie

Rauscharten und deren frequenzmäßige Energiedichte

vorhanden, handelt es sich um schwarzes Rauschen. Rauschen, dessen spektrale Leistungsdichte von der des weißen Rauschens abweicht, nennt man farbiges Rauschen und ordnet diesem, je nach Frequenzabhängigkeit, bestimmte Farben zu. Das farbiges Rauschen, das nicht exakt spezifiziert ist, ist dadurch gekennzeichnet, dass die Rauschenergie eine über- oder unterproportionale Frequenzabhängigkeit aufweist. Diesen Rauscharten sind Farben zugeordnet: rot/braun, blau, violett und rosa Rauschen. Des weiteren kennt man das orange, grüne oder graue Rauschen. Im Federal Standard 1037C Telecommunications werden das weiße, schwarze, rosa und blaue Rauschen definiert.

Da Rauschen abhängig ist von der Bandbreite, beeinflusst es das Nutzsignal. Das Verhältnis von Nutzsignal zu Rauschsignal nennt man *Signal-Rausch-Verhältnis* (SNR).

Rauschfaktor
NF, noise factor Der Rauschfaktor (NF) ist ein Kennwert von aktiven analogen Schaltungen, von Verstärkern, Mischschaltungen sowie von Operations- und Differenzverstärkern. Der Rauschfaktor ist definiert als das Verhältnis zweier *Rauschleistungen* am Ausgang des aktiven Vierpols: Der Rauschleistung ohne Eingangssignal, zu der verstärkten Rauschleistung, die sich aus dem Eingangsrauschen ergibt. Dabei wird das Eingangsrauschen mit dem Verstärkungsfaktor des Verstärkers verstärkt.

Rauschleistung
noise power Die Rauschleistung ist ein Kennwert, der in aktiven und passiven Vierpolen, in Verstärkern, Mischern, Filtern, Transpondern u.a. eine wesentliche Rolle spielt und die Übertragungseigenschaften beeinträchtigen kann. Sie ist abhängig von der spektralen Leistungsdichte, die in einem bestimmten Frequenzbereich zur Verfügung steht. Je größer die Frequenzbereiche oder die *Bandbreiten* sind, desto geringer wird die Rauschleistung. Entsprechend erhöht sich die Rauschleistung bei schmalen Frequenzbereichen unter der Annahme, dass die Leistungsdichte konstant ist. Die Rauschleistung ist das Integral der spektralen Leistungsdichte bezogen auf den Frequenzbereich.

Rauschtemperatur
noise temperature

Die Rauschtemperatur ist ein äquivalentes Maß für das thermische *Rauschen* von Mikrowellen-Empfangssystemen. Die in *Kelvin* (K) angegebene Rauschtemperatur summiert sich bei den einzelnen Empfangskomponenten wie der Antenne, des LNB-Converters und anderer Misch- und Verstärkungseinrichtungen zu der Rauschtemperatur des gesamten Empfangssystems. Für die Signalverarbeitung ist das Verhältnis von Gain to Noise Temperature (G/T) die entscheidende Rolle, da mit steigender Rauschtemperatur eine Verschlechterung der *Empfindlichkeit* einher geht.

Rauschzahl

Die Rauschzahl ist eine dimensionslose Zahl, die das Verhältnis des Störabstands von Vierpolen angibt. Sie errechnet sich aus dem Verhältnis des Störabstands der Eingangsspannung zu dem der Ausgangsspannung. Die Rauschzahl ist ein wichtiger Parameter für rauscharme Verstärker (LNA), Mischer oder HF-Empfangseinrichtungen wie LNB-Converter.

Reflexionsfaktor
reflection coefficient

Der Reflexionsfaktor ist ein frequenzabhängiger Vektor, über dessen Winkel die Art und Größe der Reflexion bestimmt werden kann. Anders als beim Stehwellenverhältnis (VSWR), bei dem nicht zwischen einem kurzgeschlossenen und einem offenen Leitungsabschluss unterschieden werden kann, bietet der Reflexionsfaktor diese Möglichkeit. Er wird angegeben in dem griechischen Großbuchstaben Gamma und hat einen unmittelbaren Bezug zum

$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$	VSWR	Γ
Γ (Gamma), Reflexionsfaktor	1,0	0,00
VSWR, Stehwellenverhältnis	1,1	0,05
	1,2	0,09
	1,4	0,17
	1,5	0,20
	1,8	0,29
	1,9	0,31
	2,0	0,33
	10,0	0,82

Stehwellenverhältnis und zur Rückflussdämpfung.

Der Reflexionsfaktor kann Werte zwischen 0,0 und 1,0 annehmen. Bei impedanzrichtiger Anpassung, wenn also keine Reflexionen und Stehwellen auftreten, ist der Reflexionsfaktor 0,0, bei offener oder kurzgeschlossener Anpassung ist der Wert +1,0 resp. -1,0, der Winkel des Vektors ist im ersten Fall, bei

Zusammenhang zwischen
Reflexionsfaktor und VSWR

offenem Abschluss 180° , im zweiten Fall 0° .

Als grafische Darstellung für Reflexionsfaktoren bietet sich die Smith-Chart an, mit der die komplexen *Impedanzen* und *Admittanzen* mit ihren realen und imaginären Anteilen dargestellt werden können.

Resonanzfrequenz *resonance frequency*

Resonanzen sind Eigenschwingungen von Körpern, Räumen, Schwingschaltungen usw. Eigenschwingungen entstehen durch physikalische Eigenschaften, Baugrößen, Formen und Materialien, durch Komponenten und Ladungswandlungen.

Alle Körper haben eine mehr oder minder stark ausgeprägte Resonanz, deren Frequenzen alle Frequenzbereiche umfassen können: vom Infraschall über den Ultraschall bis hin zum Hyperschall, von Extremely Low Frequencies (ELF) über alle Frequenzbereiche bis hin zu den Dezimillimeterwellen.

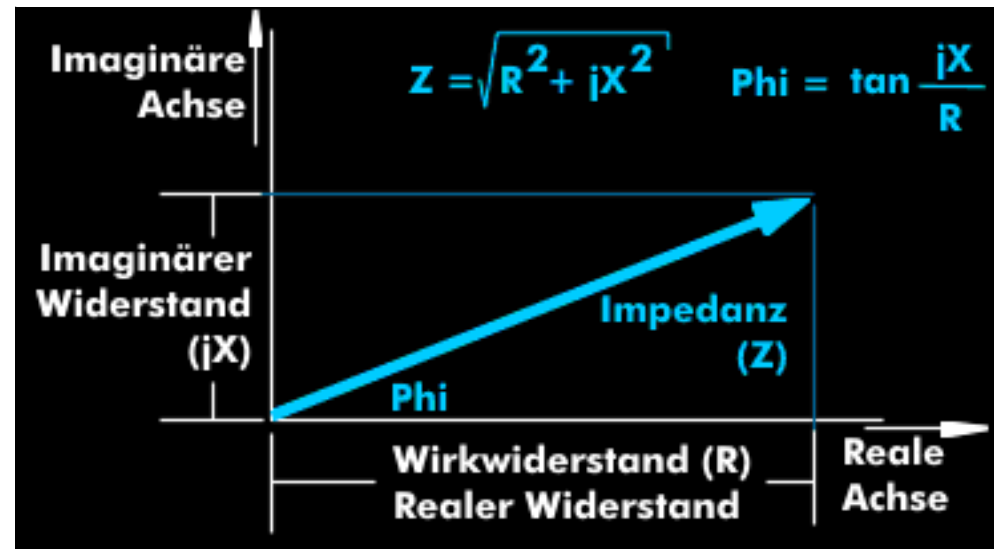
Resonanzfrequenzen können erzeugt werden, sie können aber auch ungewollt und unerwünscht auftreten. So beispielsweise bei Resonanzen von Hochhäusern und Brücken, bei Körper- und Raumresonanzen. Welche Auswirkungen Resonanzen haben und welche Kräfte die Eigenschwingungen freisetzen, hängt davon ab, wie stark die Resonanz gedämpft wird. So können beispielsweise Raumresonanzen durch Überbetonung bestimmter Frequenzen das Klangbild stark beeinflussen und Maßnahmen zur Folge haben, mit denen die Resonanzen absorbiert werden. Technisch werden Resonanzen in Schwingkreisen und Oszillatoren erzeugt spielen auch in Antennen, Filtern, Hohlleitern, der Akustik oder Lautsprecherboxen eine wichtige Rolle.

Scheinwiderstand *imdedance*

Ein Scheinwiderstand (Z), eine *Impedanz*, ist die geometrische Addition aus einem realen, ohmschen *Widerstand* (R) und einem imaginären *Blindwiderstand* (X); das kann eine Reihen- oder Parallelschaltung eines Kondensators oder einer *Induktivität* mit einem ohmschen Widerstand sein.

In der genormten, vektoriellen Darstellung von ohmschen Widerstand und Blindwiderstand werden die ohmschen Widerstände in der Horizontalen dargestellt, die Blindwiderstände in der Vertikalen: die induktiven Blindwiderstände in positiver, die

Bestimmung der Impedanz aus dem Wirkwiderstand und dem imaginären Blindwiderstand



kapazitiven in negativer Richtung. Aus der geometrischen Addition (Pythagoras) von Wirkwiderstand und Blindwiderstand ergibt sich der Scheinwiderstand. Ein Scheinwiderstand (Z), eine *Impedanz*, ist die geometrische Addition aus einem realen, ohmschen *Widerstand* (R) und einem imaginären *Blindwiderstand* (X); das

kann eine Reihen- oder Parallelschaltung eines Kondensators oder einer *Induktivität* mit einem ohmschen Widerstand sein.

In der genormten, vektoriellen Darstellung von ohmschen Widerstand und Blindwiderstand werden die ohmschen Widerstände in der Horizontalen dargestellt, die Blindwiderstände in der Vertikalen: die induktiven Blindwiderstände in positiver, die kapazitiven in negativer Richtung. Aus der geometrischen Addition (Pythagoras) von Wirkwiderstand und Blindwiderstand ergibt sich der Scheinwiderstand.

Signal-Rausch-Verhältnis, S/N
SNR, signal to noise ratio

Das Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) ist der Quotient aus der *Leistung* des übertragenen Nutzsignals zur Leistung des Rauschsignals und ein Maß für die Reinheit eines Signals. Da das Verhältnis zwischen Nutzsignal und Rauschsignal mehrere Zehnerpotenzen umfassen kann, wird das Signal-Rausch-Verhältnis im logarithmischen Maßstab angegeben und dafür wird das *Dezibel* (dB) benutzt. Das Signal-Rausch-Verhältnis ist ein wichtiger Kennwert für die *Dynamik* von Vierpolen; so von Verstärkern, A/D-Wandlern und Mikrofonen. Die Dynamik kann immer nur so groß sein, wie der SNR-Verhältnis, da ja sonst der Verstärker bereits das *Rauschen* verstärken würde.

Berechnung des Signal-Rausch-Verhältnisses

$$\text{SNR (dB)} = 10 \log \frac{\text{Leistung Nutzsignal}}{\text{Leistung Rauschsignal}}$$

Das Signal-Rausch-Verhältnis kann durch bestimmte Maßnahmen verbessert werden. Neben der Erhöhung des Nutzsignals werden

Expandertechniken eingesetzt, bei denen Nutzsignale mit geringem *Pegel* vor der Übertragung mit höherem Pegel übertragen und nachher wieder dekomprimiert werden. Auch bietet sich der Einsatz von Filter an, die das Rauschsignal ab einer bestimmten Frequenz begrenzen, ohne das Nutzsignal zu beeinträchtigen.

- Sinusleistung**
sine power Bei Leistungsverstärkern unterscheidet man zwischen der *Nennleistung*, der *Spitzenleistung* und der Sinusleistung.
Die Sinusleistung entspricht der Dauerleistung eines Sinustons. Es ist ein *Effektivwert*, der sich aus einem sinusförmigen Signal ergibt. Die Sinusleistung ist um einiges höher als die Nennleistung.
DIN hat die Messung der Sinusleistung in DIN 45324 und 45500 für qualitativ hochwertige Endverstärker spezifiziert. Danach muss ein Sinus-Dauerton von 1 kHz für 10 Minuten abgegeben werden, ohne dass der *Klirrfaktor* 1 % überschreitet.
- Spannung, U**
voltage Spannung (U) ist die elektrische Kraft, die die Elektronen in Bewegung versetzt und dadurch einen Stromfluss verursacht. Die Maßeinheit für die Spannung ist das Volt (V), benannt nach dem italienischen Physiker Alessandro Volta (1743 bis 1827).
Die Spannung ist durch Polaritäten gekennzeichnet, durch die positive und negative Polarität. Bleiben die Polaritäten einer Spannungsquelle unverändert, spricht man von Gleichspannung; ändern sich die Polaritäten, spricht man von Wechselspannung.
Eine Gleichspannung ruft im Schaltkreis einen *Gleichstrom* hervor, eine Wechselspannung hingegen einen *Wechselstrom*. Typische Gleichspannungsquellen sind Batterien und Akkus; eine typische Wechselspannungsquelle ist die Netzspannung.
Die physikalischen Größen Spannung, *Strom* (I) und *Widerstand* (R) stehen über das ohmsche Gesetz in unmittelbarer Beziehung zueinander.
- Spannungsfestigkeit**
proof voltage Der Kennwert Spannungsfestigkeit gibt bei passiven und aktiven Bauelementen die *Spannung* an, bei dem das entsprechende Bauteil noch betrieben werden kann.
Bei Kondensatoren ist die Spannungsfestigkeit oder Nennspannung der

Spannungswert, der unterhalb der *Durchschlagsfestigkeit* liegt. Er ist abhängig vom Dielektrikum, wird für Gleich- und Wechselspannung spezifiziert und gilt bis zu einem bestimmten Temperatur; meistens unterhalb 40°C.

Spannungsklirrfaktor Der Spannungsklirrfaktor bezieht sich auf die Reinheit des Sinussignals der Netzspannung und ergibt sich aus dem Verhältnis des *Effektivwerts* (RMS) von allen Oberwellen zum Effektivwert des Gesamtsignals. Der Spannungsklirrfaktor ist dimensionslos und wird in Prozent angegeben.

Spezifischer Widerstand *resistivity*

Material	Spezifischer Widerstand*
Silber	0,015
Kupfer	0,018
Aluminium	0,028

* in Rho (ρ) $\left[\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \right]$

Spezifischer Widerstand von verschiedenen Materialien

Der spezifische *Widerstand* (Rho) ist definiert als der Widerstand eines Leiters von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt (A) bei einer Temperatur von 20 Grad Celsius. Er ist materialabhängig und seine Einheit ist Ohm x qmm/m.

Der Kehrwert des spezifischen Widerstandes ist der *Leitwert*. Der spezifische Widerstand ist eine fest definierte Materialkonstante. Er ändert sich je nach

Temperaturkoeffizient mit der Temperatur. Mit Hilfe des spezifischen Widerstandes, des Leiterquerschnittes und der Leiterlänge ergibt sich der ohmsche Widerstand (R) aus dem spezifischen Widerstand (Rho) multipliziert mit dem Quotienten aus der Leiterlänge zum Leiterquerschnitt ($\rho \times l/A$).

Der spezifische Widerstand (Rho) von Leitern liegt zwischen 0,01 und 0,2, der von Nichtleitern zwischen 10×10^3 und 10×10^{12} .

SQNR, signal to quantization noise ratio

Mit dem Signal to Quantization *Noise Ratio* (SQNR) wird die Qualität von A/D-Wandlern bei der Umwandlung der analogen Signale bestimmt. Es ist definiert als das Verhältnis aus der Signalspannung zur Rauschspannung und wird in *Dezibel* (dB) angegeben. Der dB-Wert entspricht in etwa dem 6-fachen der Anzahl der Quantisierungsbits. Bei einer *Auflösung* von 16 Bit beträgt der SQNR-Wert 96 dB, bei 24 Bit 144 dB.

Störspannungsabstand
STN, signal to noise

Codewortlänge (Bit)	Quantis. stufen	Fehler (%)	Störsp.- abst. (dB)
4	16	6,250	24,1
6	64	1,562	36,1
8	256	0,396	48,1
10	1.024	0,097	60,2
12	4.096	0,0244	72,2
14	16.384	0,0061	84,3
16	65.536	0,01529	96,3
18	262.144	0,00381	108,3

Als Störspannungsabstand (STN) wird das Verhältnis zwischen dem Signalpegel und dem *Pegel* der Störsignale bezeichnet. Bei dem Störsignal kann es sich um *Rauschen* oder Brummen handeln, das durch *Übersprechen*, Einstrahlungen von Netzspannungen, von Impulsen usw. entstehen kann. Der Störspannungsabstand, der in *Dezibel* (dB) angegeben wird, gilt gleichermaßen für Sprache, Audio und Video und ist ein Maß für die Übertragungsgüte von

Kommunikationssystemen.

Analoges Audio liegt im Störspannungsabstand bei ca. 60 dB; bei digitalem Audio ist das *Signal-Rausch-Verhältnis* abhängig von der Höhe der Quantisierung und liegt bei 16 Bit bei etwa 100 dB. In Kommunikationssystemen hängen die Fehlerrate und die Übertragungreichweite unmittelbar von dem Störspannungsabstand ab.

Strom, I Strom ist die Bewegung freier Elektronen in einem Leiter. Die Einheit für die elektrische *current* Stromstärke (I) ist das *Ampere* (A), benannt nach dem französischen Physiker André Marie Ampère (1775 bis 1836).

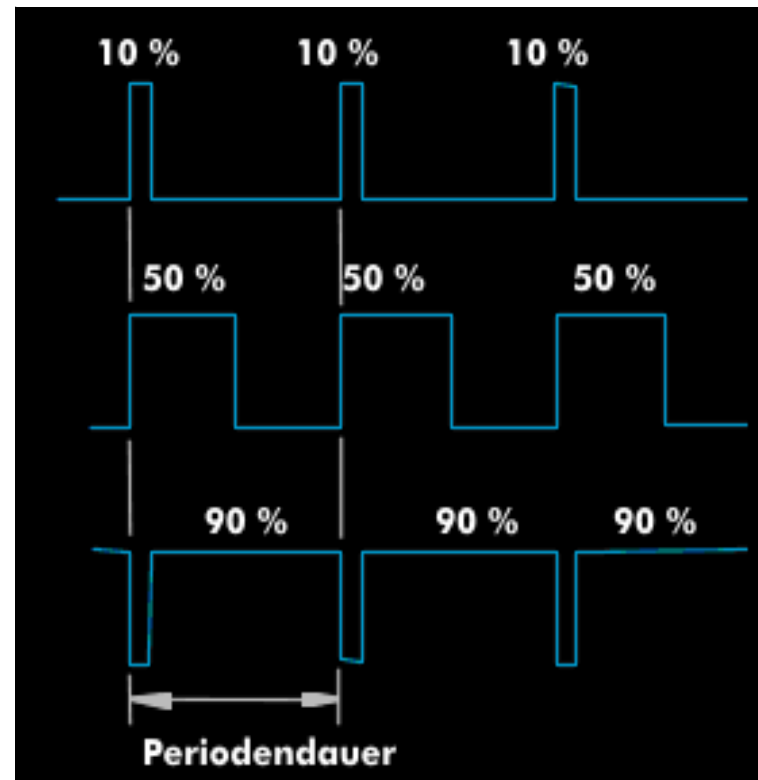
Bei einer Stromstärke von 1 Ampere fließt in einer Sekunde eine Elektrizitätsmenge von $6,3 \times 10^{18}$ Elektronen oder ein *Coulomb* (Q) durch die Leitung: $Q=I \cdot t$.

Die elektrische Kraft, die den Strom durch die Leitungen bewegt, ist die *Spannung*. Die physikalischen Größen Spannung (V), Strom und *Widerstand* (R) stehen über das ohmsche Gesetz in unmittelbarer Beziehung zueinander.

Tastverhältnis
duty cycle

Tastverhältnisse von Pulsen

Temperaturkoeffizient, TK
temperature coefficient, TC



Pulse bestehen aus dem Pulsdach und dem Pulsboden. Das zeitliche Verhältnis von Pulsdach zu Pulsboden ist das Tastverhältnis.

Das Tastverhältnis (delta) wird als dimensionslose Zahl in Prozent angegeben und kann zwischen 0 % und 100 % liegen.

Bei verschiedenen Modulationsverfahren wird das Tastverhältnis geändert, so bei der Pulsbreitenmodulation (PWM).

Der Temperaturkoeffizient (TC) ist eine Materialkonstante, der bestimmte Materialeigenschaften in Abhängigkeit von der Temperatur verändert. So können sich

beispielsweise der *Widerstand* und die Leitfähigkeit von Metallen oder die dielektrischen Eigenschaften von Isoliermaterialien ändern.

Bei Kondensatoren bestimmt der Temperaturkoeffizient wie sich die *Kapazität* eines Kondensators mit der Temperatur ändert. Der linear ansteigende Temperaturkoeffizient wird in millionstel Teilen pro Grad Celsius angegeben (TC = ppm/°C) oder in Prozent in Bezug auf einen spezifizierten Temperaturbereich.

Bei den meisten Film-Kondensatoren ist der Temperaturkoeffizient nicht linear; bei diesen Bauteilen wird der TC-Wert in Prozent angegeben.

Bei den meisten Widerständen verursacht eine Temperaturänderung eine annähernd lineare Änderung des Widerstandswertes. Der Temperaturkoeffizient von Widerständen wird mit dem griechischen Buchstaben Klein-Alpha bezeichnet und in ppm/°C angegeben. Er kann positiv oder negativ sein, das heißt der Widerstandswert steigt oder fällt mit steigender Temperatur. Es gibt aber auch einige Legierungen, die einen Temperaturkoeffizienten haben, der annähernd Null ist, also keine Widerstandsänderung bei Temperaturänderungen verursacht.

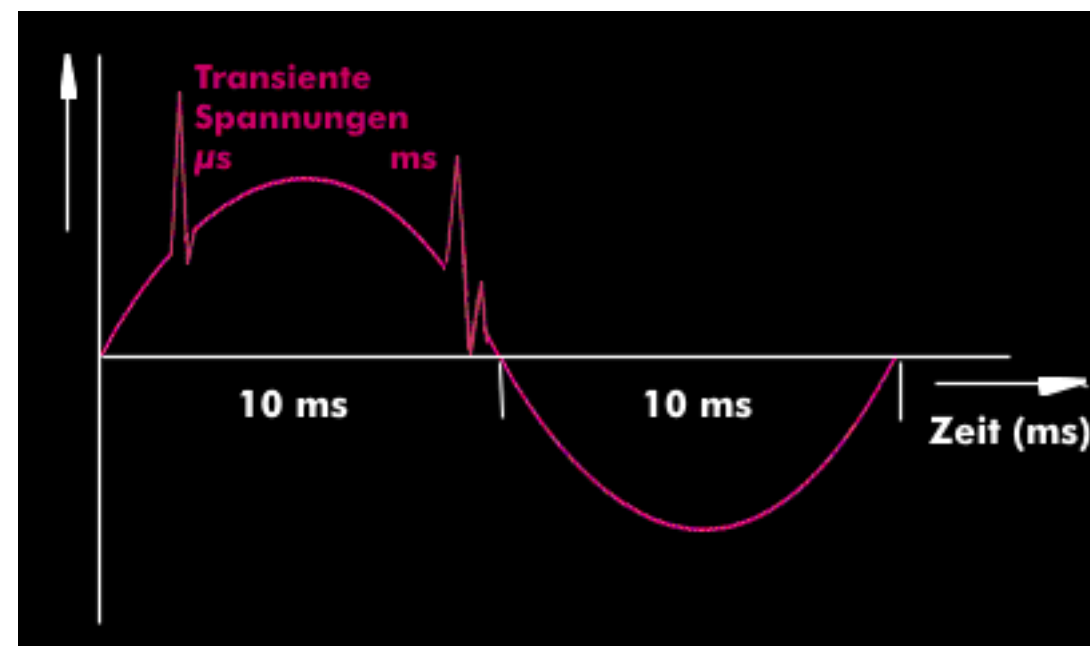
Die positiven und negativen Temperaturkoeffizienten macht man sich bei Thermistoren

zunutze, die als Heiß- oder Kaltleiter in der elektronischen Schaltungstechnik eingesetzt werden.

Toleranz *tolerance* Unter Toleranz versteht man die Abweichung von einem Nennwert. Es ist der Bereich, in der sich der Nennwert bewegen kann. Toleranzen können bei physikalischen Größen und elektronischen Bauteilen, bei Schaltungen, Messgeräten und Systemen angegeben werden. Die Toleranz ist eine dimensionslose Zahl, die als Teil vom Ganzen oder in Prozent angegeben wird.

Hat beispielsweise ein *Widerstand* von 100 kOhm eine Toleranz von 2 %, dann kann der tatsächliche Wert des Widerstands zwischen 92 kOhm und 102 kOhm liegen. Die Wertetoleranz von passiven Bauelementen spiegelt sich in den Normwerten der E-Reihen wider.

Überspannung *overvoltage* Überspannungen sind *Spannungen*, die höher sind als die eigentliche Versorgungsspannung und durch die elektronische Bauteile, Komponenten, Leiterplatten und Systeme beschädigt werden können. Überspannungen können extrem kurzzeitig sein und durch transiente Spannungstöße von wenigen Nanosekunden ausgelöst werden, sie können ebenso durch Netzspannungsschwankungen, durch statische Aufladungen, HF-Überlagerungen,



Blitz, Oberwellen, Kurzschluss, kurzzeitige Netzspannungsunterbrechungen, Schaltvorgänge oder defekte Netzteile verursacht werden. Der Schutz gegen Überspannungen dient vor allem dem Schutz der empfindlichen Mikroelektronik-Bauelemente, die bereits bei geringen Überspannungen beschädigt

*Transiente Überspannungen,
die die Netzspannung
überlagern*

werden können. Der Überspannungsschutz (ÜSS) kann sich auf die elektrostatischen Aufladungen beziehen, deren Einfluss durch verbesserte Abschirmungen verhindert werden kann, sie kann sich ebenso auf die Versorgungsspannung beziehen, die durch entsprechende spannungsstabilisierende Bauelemente, wie Zenerdioden und Varistoren, durch Überspannungsableiter und Batteriepufferung auf konstantem Niveau gehalten werden kann.

- Übersprechen**
XT, crosstalk Übersprechen (XT) sind unerwünschte Übertragungen von elektrischen Signalen zwischen zwei Übertragungsmedien aufgrund induktiver oder kapazitiver Kopplung. Durch das Übersprechen von einem Übertragungskanal auf einen anderen wird sich das Ausgangssignal um die *Amplitude* des Übersprechsignals verändern. Das Übersprechen tritt normalerweise zwischen zwei dicht nebeneinander liegenden Medien auf oder bei Speichermedien auch zwischen zwei benachbarten Tracks wie bei Compact Discs (CD) oder DVDs. Das Übersprechen ist nicht auf die Übertragung von Sprachfrequenzen begrenzt, sondern tritt ebenso bei Datensignalen und vor allem bei höherfrequenten Signalen auf.
- Verlustfaktor**
DF, dissipation factor Der Verlustfaktor (DF) von passiven Bauelementen wie Kondensatoren oder Spulen ist eine frequenzabhängige Größe, die sich aus der Frequenz, dem Ersatzserienwiderstand und der *Kapazität* des Kondensators errechnet. Er entspricht dem Quotienten der Güte und wird in Prozent angegeben. Der Verlustfaktor ändert sich mit der Temperatur.
- Verstärkung**
amplification Verstärkung ist das Verhältnis von Ausgangs- zu Eingangsgröße (*Strom, Spannung, Leistung*) eines Vierpols. Ist das Verhältnis >1 , spricht man von Verstärkung, bei Werten <1 von *Dämpfung*. Beide Größen, die Verstärkung ebenso wie die Dämpfung, werden in *Dezibel* (dB) angegeben. Einem durch die Dämpfung, z.B. eine lange Übertragungsleitung, stark herabgesetzten Signalpegel wird durch einen Verstärker der ursprüngliche Pegelwert wiedergegeben.

Verzerrung *distortion*

Verzerrungen sind durch passive und aktive Schaltkreise und Komponenten verursachte Signalverfälschungen. Man unterscheidet zwischen linearen und nichtlinearen Verzerrungen.

Lineare Verzerrungen sind solche, bei denen die Signalform nicht verändert wird, sondern das Signal lediglich größer oder kleiner wird. Solche linearen Verzerrungen sind auf frequenzabhängige Dämpfungen oder *Verstärkungen* zurückzuführen. Sie können durch *Pegel-* oder Frequenzanhebungen wieder rückgängig gemacht werden. Ein bekanntes Verfahren hierfür ist die *Emphasis* mit der *Pre-* und *De-Emphasis*. Im Gegensatz zu den linearen Verzerrungen werden bei nichtlinearen Verzerrungen zusätzliche unerwünschte Signalanteile erzeugt, beispielsweise *Oberwellen*, *Phasenverschiebungen*, *Gruppenlaufzeiten*, die durch nichtlineare Kennlinien entstehen. Die nichtlinear verzerrte Signalform ist nicht identisch mit dem Originalsignal, sie kann auch nicht in die Originalsignalform reproduziert werden. In der Akustik drücken sich diese Verzerrungen im *Klirrfaktor* aus.

Watt, W

Watt (W) ist die Einheit für die *Leistung*, für die Arbeit, die in einer bestimmten Zeit ausgeführt wurde. Per Definition entspricht 1 Watt (W) 1 Nm/s, Newton-Meter pro Sekunde, oder es bezieht sich auf Pferdestärken (PS) oder auf Kalorien pro Zeiteinheit.

Das Watt bezieht sich gleichermaßen auf mechanische, körperliche, elektrische oder akustische Arbeit. Im Kontext von ITWissen.info geht es um die akustische und elektrische Leistung.

Watt wird als Angabe für den Energieverbrauch benutzt, für Leistungsangaben von Verstärkern und Lautsprechern, für die Effizienz von lichterzeugenden Bauelementen und anderen Komponenten der optischen, akustischen oder versorgenden Art. Das Watt ist benannt nach dem englischen Physiker James Watt (1736-1819).

Wechselstrom

AC, alternating current

Obwohl es sich im englischen um *Strom* handelt, ist Alternating Current (AC) die Netzspannung, die Versorgungsspannung von Geräten. Es handelt sich dabei um eine sinusförmige Wechselfeldspannung, die in verschiedenen Ländern in den

Spannungswerten und der Frequenz unterschiedlich ist. Für Deutschland gelten eine *Spannung* von 230 V und eine Frequenz von 50 Hz, für USA gelten 115 V/60 Hz.

Widerstand *R, resistor* Widerstand ist eine materialspezifische Eigenschaft, die den Elektronenfluss in elektrischen Leitern beeinträchtigt. In diesem Zusammenhang spricht man von *Leiterwiderstand*. Ein Widerstand (R) ist ebenso ein passives elektronisches Bauteil, das in elektronischen Schaltungen zur Erzeugung von Spannungsabfällen eingesetzt wird.

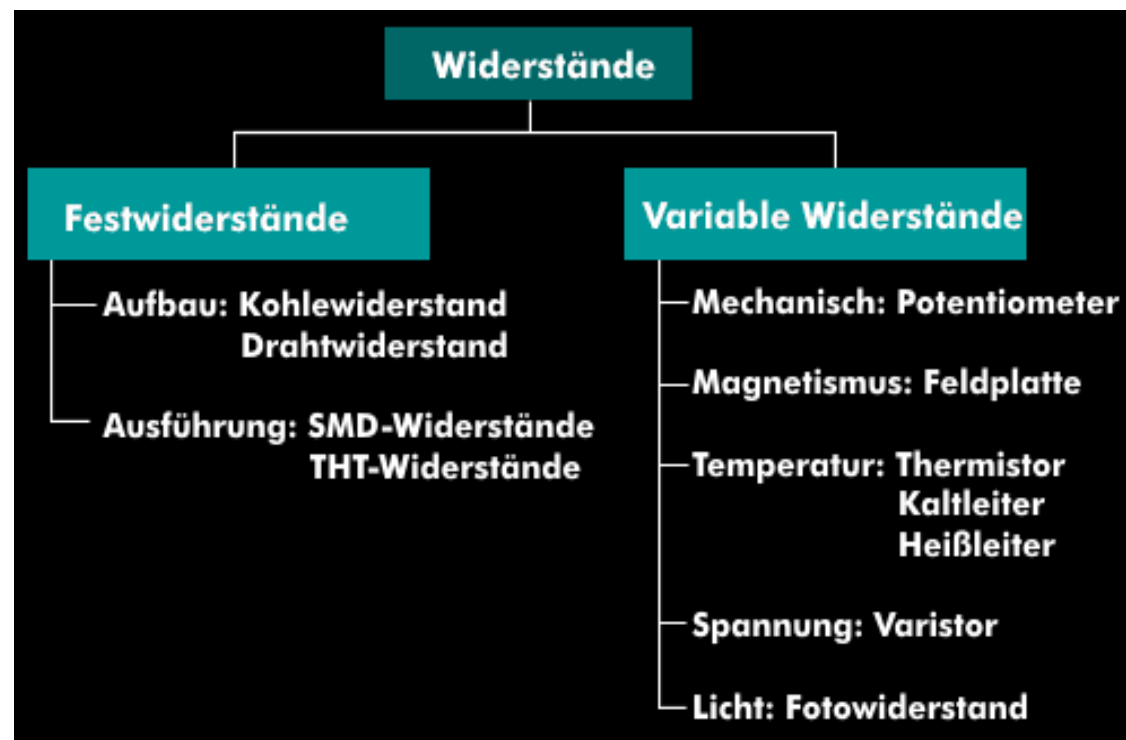
Was den Leiterwiderstand betrifft, so sind nicht alle elektrisch leitenden Materialien gleichermaßen für den Stromtransport geeignet. Einerseits ist die Anzahl der freien Elektronen materialabhängig, andererseits ist die Elektronenbewegung mit mehr oder weniger Reibung innerhalb der Leiter verbunden. Diese Reibung drückt sich im Widerstand aus, den die Elektronen überwinden müssen und der in Wärme umgesetzt wird.

Bei den Widerständen unterscheidet man zwischen dem frequenzunabhängigen, ohmschen Widerstand, auch als Wirkwiderstand bezeichnet, dem frequenzabhängigen, kapazitiven und induktiven *Blindwiderstand* (X) sowie dem

Scheinwiderstand (Z).

Bei den ohmschen Widerständen gibt es lineare und nichtlineare, die spannungsabhängig sein können wie der Varistor, temperaturabhängig wie der Thermistor oder magnetfeldabhängig wie die Feldplatte (MDR).

Der Leiterwiderstand ist ein ohmscher Widerstand, der abhängig ist von der



*Gliederung von
Widerständen*

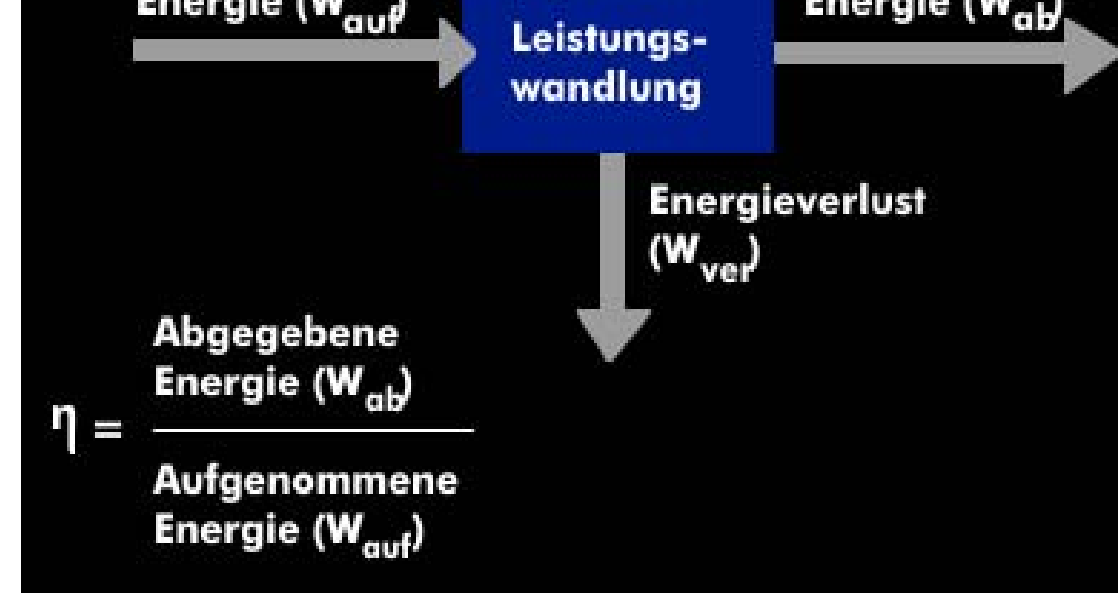
Leiterlänge, dem Leiterquerschnitt und dem spezifischen Materialwiderstand. Der *spezifische Widerstand* wird mit dem griechischen Buchstaben Rho bezeichnet. Die Einheit des Widerstandes ist das Ohm, benannt nach dem gleichnamigen deutschen Physiker Georg Simon Ohm (1787 bis 1854); geschrieben als großer griechischer Buchstabe Omega. Weitere gebräuchliche Größen sind das mOhm, kOhm und MOhm.

Widerstände sind ebenso elektronische Bauelemente, die in elektronischen Schaltungen eingesetzt und an denen Spannungsabfälle erzeugt werden. Sie bestehen aus Widerstandsdraht, wie der Drahtwiderstand, schlecht leitenden Materialien, Metalloxyden, Metalllegierungen, Kohle oder Kohleverbindungen, wie der Kohlewiderstand, und sind in allen Leistungs- und Widerstandswerten bis hin zu GigaOhm verfügbar.

Der Widerstandswert wird durch Normwerte, auch bekannt als E-Reihen, festgelegt. Der Wert, die Zehnerpotenz und die *Toleranz* werden durch Farbcodes gekennzeichnet.

Wirkungsgrad *effectivness*

Der Wirkungsgrad ist ein Parameter für die Effektivität der Umwandlung einer Energieform in eine andere. Es handelt sich um einen dimensionslosen Wert, der mit dem griechischen Buchstaben "Eta" gekennzeichnet ist.



Mathematisch ist der Wirkungsgrad das Verhältnis von abgegebener *Leistung* zur aufgenommenen Leistung, in Prozent.

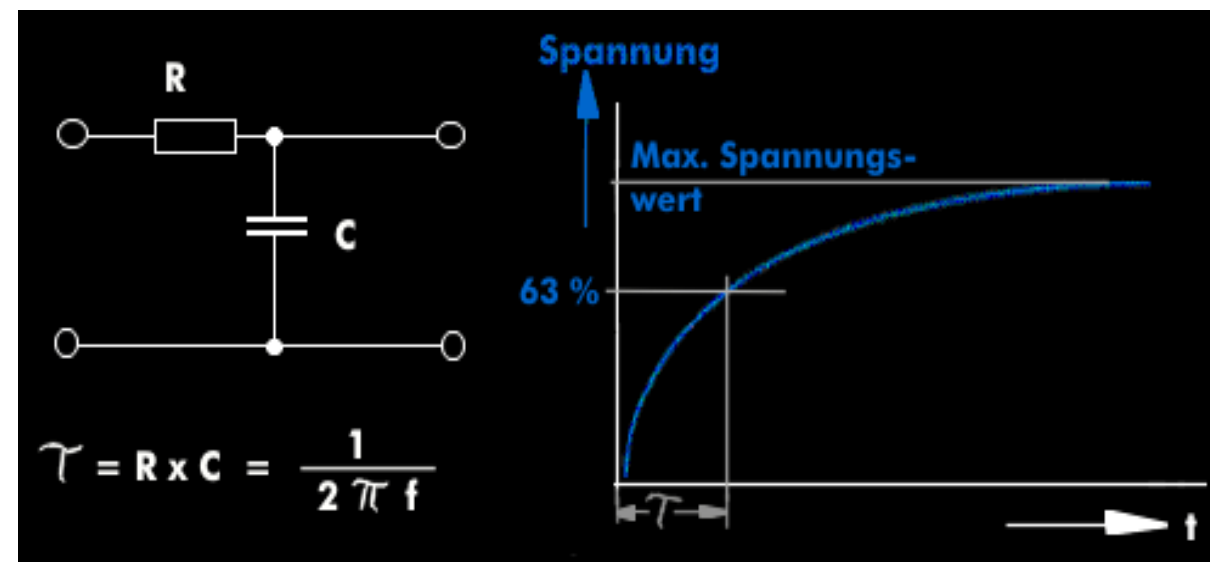
Der Begriff Wirkungsgrad wird in allen technischen Disziplinen angewendet und zwar immer dann, wenn eine Energieform in eine andere umgewandelt wird.

Bestimmung des Wirkungsgrades

So beispielsweise bei der Umwandlung von Bewegung in Wärme oder von Licht in elektrische Leistung, von *Wechselstrom* in *Gleichstrom* in Netzteilen, von *Strom* in Schalldruck beim Lautsprecher oder von Schalldruck in elektrischen Strom beim Mikrofon. Alle Sensoren und Aktoren sind mit einem Wirkungsgrad behaftet.

Zeitkonstante Die Zeitkonstante ist ein elektronischer Kennwert, der sich bei der Aufladung einer *Kapazität* oder *Induktivität* über einen *Widerstand* ergibt. Sie ist das Produkt aus dem Widerstandswert und der Kapazität des Kondensators ($R \times C$) und, im Falle einer Induktivität, der Quotient aus der Induktivität und dem ohmschen Widerstand (L/R). Es handelt sich um die Zeit, die ein Kondensator benötigt, um über den Widerstand auf 63 % (e-Funktion) der angelegten *Spannung* aufgeladen zu werden. Entsprechendes gilt für LR-Glieder.

Die Zeitkonstante wird mit dem griechischen Buchstaben tau bezeichnet, in Sekunden (s) angegeben.



Bestimmung der Zeitkonstanten eines RC-Glieds

Überall dort, wo RC- oder LR-Kombinationen vorhanden sind oder eingesetzt werden, wie bei Differenzier- und Integriergliedern, bei Siebschaltungen und Filtern, ist die Zeitkonstante der RC-

Kombination zu berücksichtigen, da sie in bestimmten Fällen die *Bandbreite* von Mess- und Übertragungseinrichtungen beeinträchtigt. Über die Kreisfrequenz, griechisch klein omega, kann aus der Zeitkonstanten die Grenzfrequenz von Vierpolen ermittelt werden.