

Glossar mit Begriffen aus dem Bereich Akustik

Über dieses Dokument

<i>Inhalt</i>	Das vorliegende Dokument beinhaltet ein Glossar mit Begriffen aus den Bereichen Schall- und Schwingungsakquise, -analyse und -bewertung. Die Begriffe sind alphabetisch sortiert mit Querverweisen in den jeweiligen Erläuterungen.
<i>Zielgruppe</i>	Das vorliegende Glossar richtet sich sowohl an diejenigen, die ein Nachschlagewerk mit kurzen und knappen Definitionen der tagtäglich verwendeten Akustikbegriffe benötigen, als auch an jene, die sich in das Thema Schall und Schwingungen einarbeiten möchte. Im nachfolgenden Text wird verallgemeinernd das generische Maskulinum verwenden. Dies soll ausschließlich der besseren Lesbarkeit dienen. Selbstverständlich möchten wir gleichermaßen alle Geschlechter ansprechen bzw. einbeziehen.
<i>Fragen?</i>	Sie haben Fragen? Ihnen fehlt ein wichtiger Begriff? Wir freuen uns über Ihre Rückmeldungen! Fragen und Anregungen zu diesem Dokument: Imke.Hauswirth@head-acoustics.com Technische Fragen zu unseren Produkten: SVP-Support@head-acoustics.com

Akustik-Glossar

A-Bewertung: siehe [Schalldruckpegel](#)

Absorption: siehe [Schallabsorption](#)

Abtastrate (auch Abtastfrequenz): Für die digitale Signalverarbeitung werden zeitkontinuierliche [Analogsignale](#) in zeitdiskrete Signale umgewandelt. Die Abtastrate gibt die Häufigkeit an, mit der ein Analogsignal innerhalb einer bestimmten Zeit abgetastet wird.

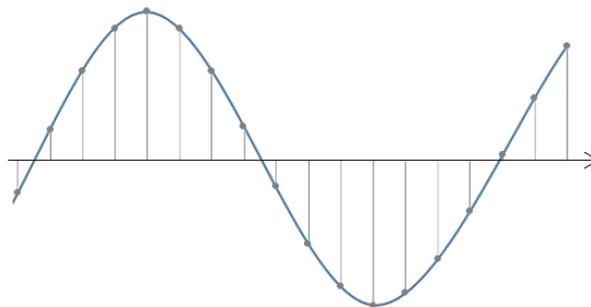


Abbildung 1: Analoges Zeitsignal mit äquidistanten Abtastpunkten

Die Abtastrate wird in der Einheit [Hertz \(Hz\)](#) angegeben. Die einzelnen Messergebnisse werden Samples genannt. Bei einer Abtastrate von 1 Hz wird pro Sekunde ein Sample gemessen. Je höher die Abtastrate desto genauer kann der zeitliche Verlauf des Originalsignals abgebildet werden. Allerdings erhöht eine hohe Abtastrate auch die Menge der Daten, die verarbeitet werden müssen. Für [Luftschall](#)signale werden häufig Abtastraten von $44,1 \text{ kHz}$, 48 kHz oder 96 kHz verwendet. Die Abtastrate für Beschleunigungskanäle wird meist niedriger gewählt.

Abtasttheorem (auch Nyquist-Theorem): Das Abtasttheorem ist ein grundlegendes Theorem der Signalverarbeitung. Es sagt aus, dass ein Signal nur dann durch seine Abtastwerte eindeutig beschrieben werden kann, wenn die [Abtastrate](#) f_s mindestens doppelt so groß ist wie die höchste im Signal enthaltene [Frequenz](#) f_{max} : $f_s > 2 \cdot f_{max}$

Wird die Abtastrate niedriger gewählt, kommt es zum sogenannten [Aliasing](#). Abweichend von der rein mathematischen Betrachtung muss in der Praxis allerdings mit einer höheren als der doppelten Abtastrate gearbeitet werden. Die Ursache dafür sind die Unzulänglichkeiten realer [Filter](#) und [Quantisierungseffekte](#).

ADAT-Schnittstelle: ADAT (Alesis® Digital Audio Tape) wurde von der Alesis Corp. entwickelt. Die ADAT-Schnittstelle dient der digitalen, mehrkanaligen Übertragung von Audiosignalen. Es werden bis zu acht Datenkanäle optisch über Lichtleiterkabel mit [TOSLINK](#)-Steckern übertragen.

A/D-Wandler (auch Analog-Digital-Umsetzer): Ein A/D-Wandler ist ein Bauteil, das ein [analoges](#) Eingangssignal in ein [digitales Signal](#) umwandelt. Eine solche Umwandlung oder auch Digitalisierung ist nötig, um das Signal digital zu speichern und mithilfe der computergestützten Signalverarbeitung zu analysieren und zu modifizieren. Für die Digitalisierung wichtige Größen sind die [Abtastrate](#), die [Auflösung](#) und die [Quantisierung](#).

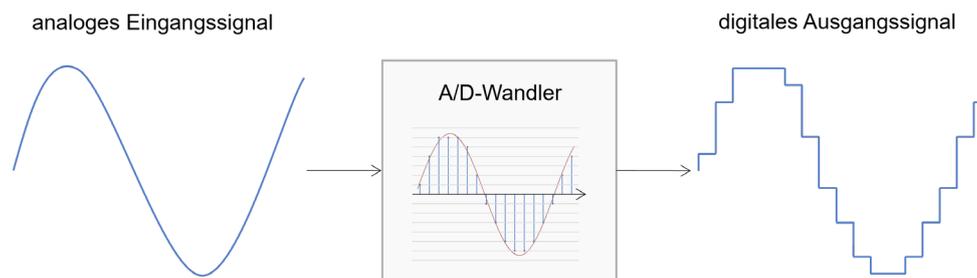


Abbildung 2: Analog-Digital-Umwandlung

AES/EBU (Audio Engineering Society/European Broadcasting Union): AES/EBU bezeichnet die Spezifikation einer Schnittstelle zur Übertragung von digitalen, ein- oder zweikanaligen Audiosignalen. Es können verschiedenartige Kabel für die Übertragung verwendet werden, z. B. symmetrische Kabel mit einer [Impedanz](#) von $110\ \Omega$ und [XLR](#)-Steckern oder unsymmetrische [Koaxialkabel](#) mit einer Impedanz von $75\ \Omega$ und [BNC](#)-Steckern.

Aliasing: Aliasing-Effekte können beim Digitalisieren [analoger Signale](#) auftreten. Kommen im abzutastenden Signal [Frequenzanteile](#) vor, die höher als die halbe [Abtastrate](#) f_s sind ($f > \frac{f_s}{2}$), werden diese bei der Digitalisierung als niedrigere Frequenzen interpretiert (siehe auch [Abtasttheorem](#)). Diese niederfrequenten Frequenzanteile waren aber im Ursprungssignal nicht enthalten und sind somit Störgeräusche, die das Nutzsignal überlagern. Siehe Abbildung: Das hochfrequente (rote) Zeitsignal wurde mit einer zu niedrigen Abtastrate abgetastet, somit entsteht das niederfrequente (blaue) Störgeräusch. Zur Vermeidung solcher Aliasing-Effekte sollte das Eingangssignal vor der Digitalisierung durch einen [Tiefpass](#) gefiltert werden (Anti-Aliasing-Filter).

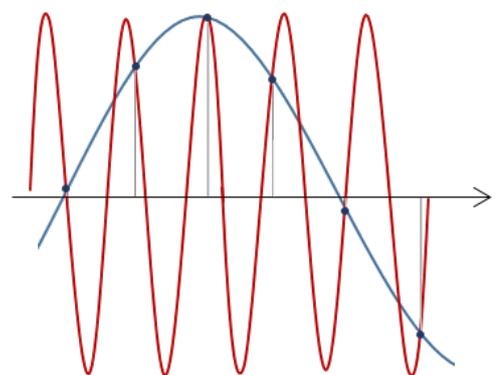


Abbildung 3: Aliasing

Analogsignal: Ein analoges Signal ist ein stufenloses und unterbrechungsfreies Signal. Es beschreibt den kontinuierlichen Zeitverlauf einer physikalischen Größe wie dem [Schalldruck](#). Im Gegensatz zu einem [Digitalsignal](#) kann ein Analogsignal theoretisch unendlich viele Werte annehmen und weist somit einen kontinuierlichen Verlauf auf.

Anregung: Als Anregung wird die Energiezufuhr bezeichnet, durch die ein schwingfähiges System in Schwingungen versetzt wird.

Äquivalenter Dauerschallpegel (L_{eq}): Der äquivalente Dauerschallpegel ist ein Maß für die durchschnittliche Lärmbelastung, die durch eine lang andauernde, zeitlich veränderliche Lärmsituationen entsteht. Im Gegensatz zum [Schalldruckpegel](#), der angibt, wie laut ein Geräusch zu einem gewissen Zeitpunkt ist, ist der äquivalente Dauerschallpegel eine zeitlich [gemittelte](#) Größe. Der äquivalente Dauerschallpegel entspricht dem Schalldruckpegel eines Geräusches mit konstanter Amplitude, das bei gleicher Einwirkzeit die gleiche Schallenergie überträgt wie das Geräusch mit der zeitlich veränderlichen Amplitude. Der äquivalente Dauerschallpegel wird in der Regel in der Einheit $dB(A)$ angegeben und bezieht sich stets auf einen definierten Zeitraum.

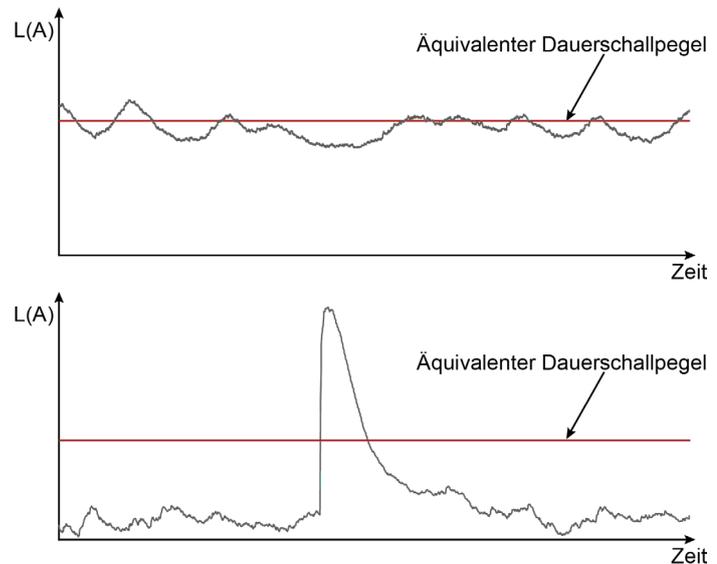


Abbildung 4: Äquivalente Dauerschallpegel für ein gleichbleibendes (oben) und ein transientes (unten) Geräusch

Auflösung (auch Bittiefe): Die Auflösung gibt bei [digitalen Signalen](#) an, wie viele unterschiedliche Werte ein Sample annehmen kann. Sie bestimmt also, in wie vielen Abstufungen die Amplitude eines Signals dargestellt wird (siehe auch [Quantisierung](#)). Je höher die Auflösung desto genauer kann die Amplitude des [analogen Signals](#) beschrieben werden. Die Auflösung wird in *Bit* angegeben. Bei einer Auflösung von 16 Bit kann ein Sample einen von 2^{16} Amplitudenwerten annehmen.

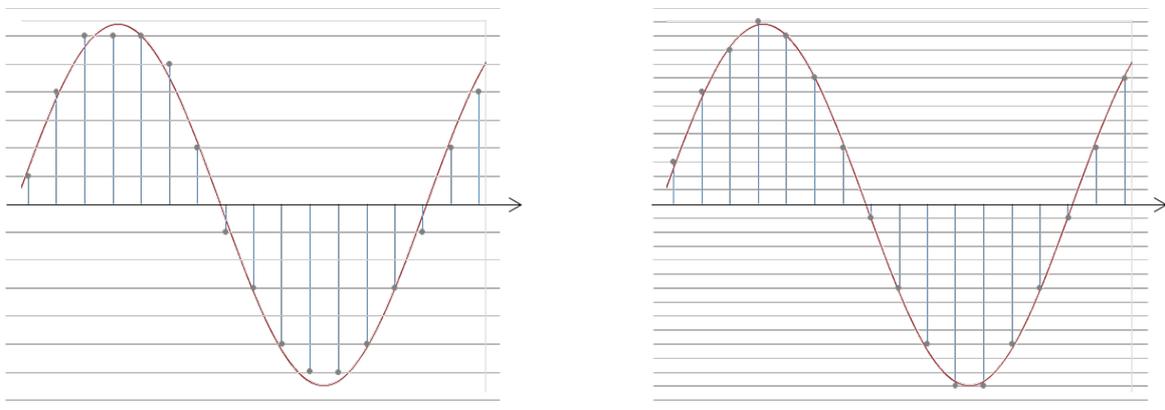


Abbildung 5: Digitalisierung mit verschiedenen Auflösungen, links: niedrigere Auflösung, rechts: höhere Auflösung

Außenohrübertragungsfunktion (auch HRTF, engl. head related transfer function): Die Außenohrübertragungsfunktion beschreibt die Übertragungseigenschaften des Außenohres in Abhängigkeit von der [Frequenz](#) und des Schallquellenortes. In der Außenohrübertragungsfunktion sind nicht nur die Übertragungseigenschaften der [Ohrmuschel](#) enthalten. Sie erfasst vielmehr den akustisch wirksamen Einfluss der gesamten äußeren Geometrie einer Versuchsperson, bestehend aus Oberkörper, Schulter, Kopf und äußerem Ohr. Die Außenohrübertragungsfunktion ist aufgrund der jeweiligen Abmessungen der äußeren Geometrie sowie des Ohrkanals individuell sehr unterschiedlich.

Die **monaurale Außenohrübertragungsfunktion** ist das Verhältnis zwischen dem [Schalldruck](#) bei einer beliebigen Schalleinfallrichtung, bezogen auf den Schalldruck bei Schalleinfall aus einer Bezugsschalleinfallrichtung. In der Regel wird als Bezugsschall eine [ebene Schallwelle](#) von vorn angenommen ([horizontaler Schalleinfallswinkel](#) $\varphi = 0^\circ$, [vertikaler Schalleinfallswinkel](#) $\delta = 0^\circ$).

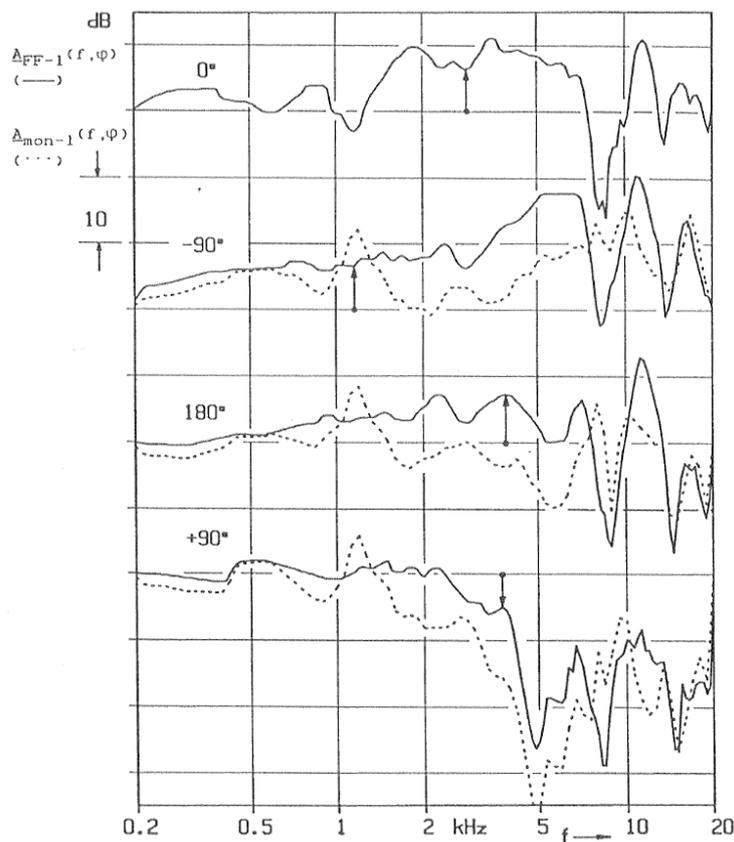


Abbildung 6: Gemessene Außenohrübertragungsfunktion (durchgezogene Linie: Freifeld, gestrichelte Linie: monaurale Übertragungsfunktion) des linken Ohres einer Versuchsperson für die vier Hauptschalleinfallrichtungen in der Horizontalebene (aus Genuit: Ein Modell zur Beschreibung von Außenohrübertragungseigenschaften, Dissertationsschrift, 1984)

AVAS (Acoustic Vehicle Alerting System): AVAS (Acoustic Vehicle Alerting System): AVAS ist ein akustisches Warnsystem, das in geräuscharme, elektrifizierte Fahrzeuge eingebaut wird. Die künstlich erzeugten Geräusche werden bei geringen Geschwindigkeiten abgestrahlt, um Verkehrsteilnehmer zu warnen. Bei höheren Geschwindigkeiten sind die Abrollgeräusche der Reifen und die Windgeräusche laut genug, so dass keine künstlichen Warngeräusche benötigt werden. In vielen Ländern ist die Verwendung eines akustischen Warnsystems für Elektro- und Hybridfahrzeuge gesetzlich vorgeschrieben, wobei sich die Vorgaben unterscheiden. So liegt beispielsweise die Grenzggeschwindigkeit, bis zu der das AVAS aktiv sein muss, in Europa und China bei 20 km/h und in den USA bei 30 km/h.

Bark: siehe [Frequenzgruppen](#)

Beamforming: Mithilfe von Beamforming-Algorithmen, wie dem Delay-and-Sum-Algorithmus, können [Mikrofon-Arrays](#) für die Schallquellen-lokalisierung eingesetzt werden. Durch die unterschiedliche Weglänge von einer Schallquelle zu den einzelnen [Mikrofonen](#) des Arrays ergeben sich [Phasen-](#) und Amplitudenunterschiede bei den aufgezeichneten Zeitsignalen. Diese Phasen- und Amplitudenunterschiede können für Punkte in einem definierten Abstand vor dem Array berechnet werden. Mithilfe der berechneten Unterschiede werden die gemessenen Mikrofonsignale für jeden Punkt korrigiert. Bei einer nachfolgenden Summation addieren sich die Anteile von Geräuschquellen, die tatsächlich in diesem Punkt liegen, konstruktiv auf, während sich Anteile von Quellen an anderen Orten fast auslöschen.

Die korrigierten und aufsummierten Zeitsignale können zum Beispiel einer Pegelanalyse unterzogen werden. Der Pegel kann dann als Farbe kodiert über ein Bild der Schallquelle gelegt werden. Die Betrachtung dieser Quellkartierungen erlaubt die intuitive Schallquellelokalisierung und eine effektive Geräuschoptimierung.



Abbildung 7: Schallquellenlokalisierung mithilfe des Beamformings

Beschleunigungssensor (auch Beschleunigungsaufnehmer): Mithilfe von Beschleunigungssensoren lassen sich die Beschleunigungen (Vibrationen) von Messobjekten messen. Meist werden piezoelektrische Beschleunigungssensoren eingesetzt. Bei diesen Sensoren wird durch die Beschleunigung einer Masse, die an ein Piezoelement gekoppelt ist, eine elektrische Ladung erzeugt. Durch eine integrierte Schaltung wird die Ladung in ein Spannungssignal umgewandelt, das durch ein Aufnahmegerät erfasst werden kann. Piezo-elektrische Beschleunigungssensoren eignen sich besonders gut für Messungen von Signalen, bei denen sich die Beschleunigung über der Zeit relativ schnell verändert.

Für eine korrekte Messung der Beschleunigung ist die Ankopplung des Beschleunigungssensors an das Messobjekt essentiell. In der Praxis stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, z. B. Magnet, Wachs, Klebstoff und Verschraubung. Die Auswahl der Ankopplung hat unmittelbare Auswirkungen auf den [Frequenz](#)bereich, der mit dem Sensor messbar ist.



Abbildung 8: Beschleunigungsaufnehmer

Betriebsschwingformanalyse (auch ODS, engl. operating deflection shape analysis): Die Betriebsschwingformanalyse analysiert das Schwingverhalten einer Struktur in einem bestimmten Betriebszustand. Zur Ermittlung der Betriebsschwingformen werden die Schwingungen während des Betriebs an verschiedenen Punkten gemessen.

Bei diesen Messungen ist es entscheidend, nicht nur den Betrag der Amplituden am jeweiligen Messpunkt, sondern auch die [Phasen](#)beziehung der Messsignale untereinander zu erfassen. Die Ergebnisse der Betriebsschwingformanalyse können z. B. mithilfe einer entsprechenden Software animiert dargestellt werden. Diese Form der Visualisierung erleichtert die Interpretation der Betriebsschwingformen erheblich.

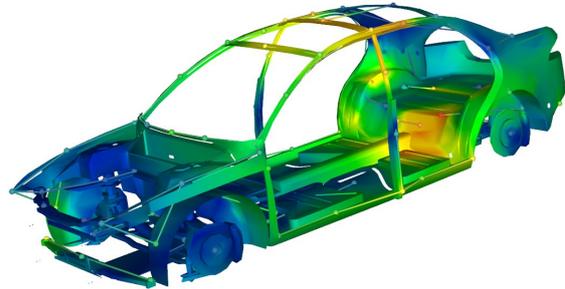


Abbildung 9: ODS-Visualisierung am 3D-Modell

Beugung von Schallwellen: Treffen [ebene Wellen](#) auf ein Hindernis, das gleich groß oder kleiner als ihre [Wellenlänge](#) λ ist, entstehen Kugelwellen. Diese breiten sich nach allen Seiten gleichmäßig aus. Der Schall wird somit durch das Hindernis gebeugt, so dass er auch in den geometrischen Schallschatten des Hindernisses gelangt und hörbar ist.

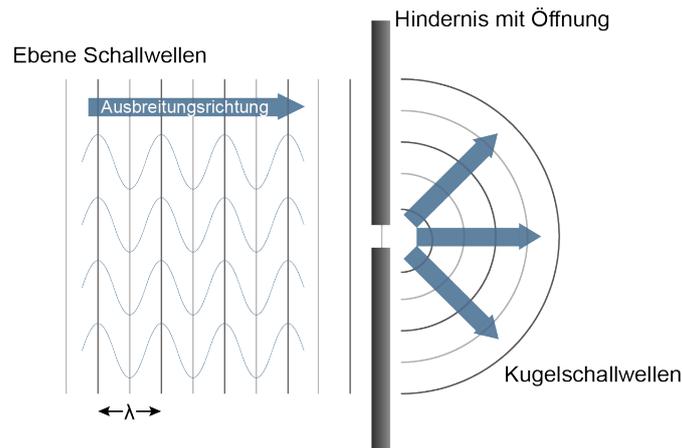


Abbildung 10: Beugung von Schallwellen an einer runden Öffnung

Bewerteter Schalldruckpegel: siehe [Schalldruckpegel](#)

Binaural: beidohrig, mit beiden Ohren, beide Ohren betreffend

Binaural setzt sich aus zwei lateinischen Wörtern zusammen: „bi“ für zwei und „auris“ für Ohr.

Binaural Hören: Beim binauralen Hören wertet das Gehör z. B. die [interauralen Unterschiede](#) aus.

Das binaurale Hören erlaubt es,

- den Ursprungsort einer Geräuschquelle zu erkennen,
- Geräuschquellen aus unterschiedlichen Richtungen zu trennen und
- ungewünschte Geräusche teilweise zu unterdrücken.

Binaurale Messtechnik: Mithilfe der [binauralen](#) Messtechnik kann erreicht werden, dass der Hörer beim Abhören einer Aufnahme die Schallsituation so wahrnimmt, als befände er sich im originalen [Schallfeld](#). Dies gelingt, weil binaurale Aufnahmen die für das [binaurale Hören](#) nötigen Signalanteile aufweisen. Binaurale Aufnahmen können z. B. mit einem [Kunstkopf](#) aufgezeichnet werden.



Abbildung 11: Kunstkopf HMS IV

BNC-Steckverbindung: Die BNC-Steckverbindung dient der Verbindung von [Koaxialkabeln](#). BNC-Stecker besitzen einen Bajonettverschluss, so dass sich die Verbindung nicht unbeabsichtigt lösen kann.



Abbildung 12: BNC-Stecker

Cavum conchae: siehe [Ohrmuschel](#)

CAN (Controller Area Network): Der CAN-Bus ist ein serielles Bussystem, das die verschiedenen Steuergeräte eines Fahrzeugs vernetzt. Er wurde entwickelt, um Kabelbäume zu reduzieren und somit Kosten und Gewicht einzusparen. Der CAN-Bus besteht aus einer Zweidraht-Datenleitung, an die über kurze Stichleitungen alle Komponenten angeschlossen sind. Die Standardisierung der Kommunikation zwischen den Steuereinheiten durch das CAN-Protokoll ermöglicht außerdem eine Funktionsüberwachung. Beim CAN-Bus werden die Daten durch die Buspegel CAN_High und CAN_Low übertragen. Das Signal der CAN_Low-Leitung ist zu dem der CAN_High-Leitung redundant invertiert. Diese gegenseitige Potenzialänderung führt zu einer hohen elektrischen Störsicherheit.

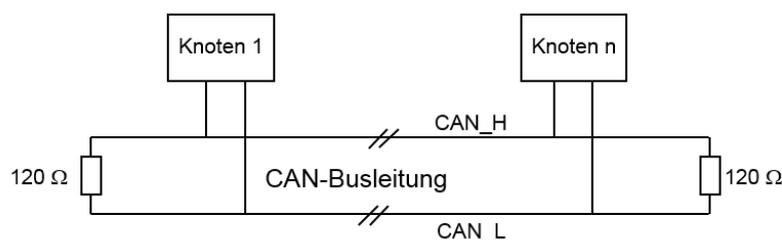


Abbildung 13: Schematische Darstellung eines CAN-Busses

Die CAN-Bus-Daten werden in einer hersteller- und fahrzeugspezifischen Form übertragen. Daher wird für die Extraktion einer bestimmten Information aus dem Datenstrom eine entsprechende Datenbank benötigt. Standardmäßig werden diese mit einer Datenbank-Software der Firma Vector Informatik (USA: Vector CANtech Inc., Japan: Vector Japan Co. Ltd.) verwaltet und in einer Datei im DBC-Format abgelegt.

CAN FD (CAN with Flexible Data Rate): CAN FD ist eine Erweiterung des ursprünglichen [CAN](#)-Bus-Protokolls mit flexibler Datenrate und wurde entwickelt, um die gestiegenen Ansprüche an die Datengenauigkeit, Übertragungsraten und Zykluszeiten zufriedenzustellen. CAN FD erhöht die verwendbare Datenrate sowie die Nutzdatenlänge deutlich.

Cinch-Steckverbindung: Die Cinch-Steckverbindung dient der Verbindung von [Koaxialkabeln](#). Die Übertragung ist unsymmetrisch und daher sehr störanfällig.



Abbildung 14: Cinch-Stecker

Cocktail-Party-Effekt: Der Cocktail-Party-Effekt ist eine Eigenschaft des menschlichen Gehörs. Er ermöglicht es, sich in störschallerfüllter Umgebung, wie einer Cocktail-Party, auf eine einzelne Schallquelle zu konzentrieren. Dabei wird mithilfe der [binauralen](#) Signalverarbeitung aus einer Anzahl von Signalquellen eine einzelne selektiert und die ungewünschten Störgeräusche ausgeblendet. Auf diese Weise kann z. B. die Sprachverständlichkeit erheblich verbessert werden.

Daisy Chain: Bei einer Daisy-Chain-Verkabelung werden die Hardware-Komponenten in Serie (hintereinander) miteinander verbunden.

Datenübertragungsrate (auch Datentransferrate oder Bitrate): Die Datenübertragungsrate gibt die Datenmenge an, die innerhalb einer Zeiteinheit von einem System digital übertragen werden kann. Die Datenübertragungsrate wird in der Einheit *Bit pro Sekunde (Bit/s)* angegeben, bzw. bei größeren Datenmengen in *kilo-, Mega- oder Gigabit pro Sekunde* usw..

D/A-Wandler (auch Digital-Analog-Umsetzer): Ein D/A-Wandler setzt die diskreten Informationen des [Digitalsignals](#) in ein [Analogsignal](#) um, das einem analog arbeitenden Gerät (z. B. einem Lautsprecher) kontinuierlich bereitgestellt werden kann. D/A-Wandler sind integrale Bestandteile digitaler Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik.

Dezibel: Das *Bel* ist eine Hilfseinheit. Es kennzeichnet den dekadischen Logarithmus vom Verhältnis zweier gleichartiger Größen.

In der Akustik haben die verwendeten Größen oft Wertebereiche über mehrere Zehnerpotenzen (z. B. der vom Menschen wahrnehmbare [Schalldruck](#) von ca. 10^{-5} Pa bis 10^2 Pa). Die Angabe als logarithmische Verhältnisgröße reduziert den Wertebereich und vereinfacht die Darstellung sowie die Interpretation der Größen (siehe auch [Schalldruckpegel](#)). Die Angabe als logarithmische Größe wird nicht nur für den Schalldruck, sondern auch für die [Schallintensität](#) und die [Schallleistung](#) verwendet.

In der Regel wird das *Dezibel (dB)* verwendet, also der zehnte Teil eines Bels.

Dichotisch: Bei der dichotischen Schalldarbietung (z. B. über Kopfhörer) unterscheiden sich die Signale für das linke und das rechte Ohr (im Gegensatz zur [diotischen](#) Schalldarbietung). Bei binauralen Aufnahmen handelt es sich um dichotische Signale.

Diffusfeld: siehe [Schallfeld](#)

Diffusfeldentzerrung: Die Diffusfeldentzerrung ist ein digitales [Filter](#), mit dessen Hilfe eine [binaurale](#) Aufnahme so verändert werden kann, dass sie mit einer Mess[mikrofon](#)aufnahme kompatibel ist. Ein hohes Maß an Kompatibilität wird allerdings nur dann erreicht, wenn bei der Aufnahme tatsächlich ein [diffuses Schallfeld](#) vorhanden war, also ein Schallfeld mit gleichwahrscheinlichem Schalleinfall aus allen Richtungen.

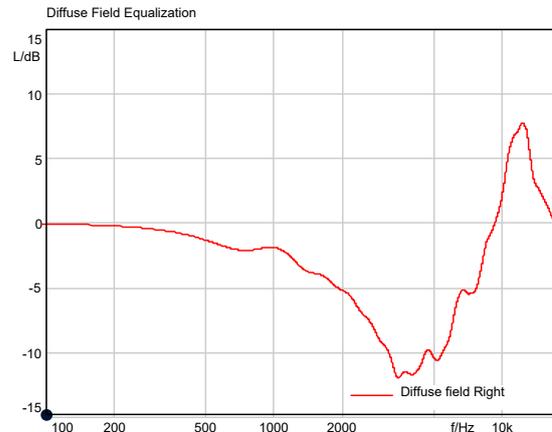


Abbildung 15: Diffusfeldentzerrung für ein Kunstkopfmesssystem HMS IV (rechtes Ohr)

Diffusität: Die Diffusität ist eine raumakustische Eigenschaft. Sie ist ein Maß für die Intensitätsverteilung des [reflektierten](#) Schalls einer Quelle im Raum. Räume mit einer ausgeglichenen Diffusität führen oft zu einem besseren Hörerlebnis. Eine höhere Vielfalt der Reflexionsmöglichkeiten, z. B. gekrümmte Flächen, vergrößert die Diffusität eines Raumes.

Digitaler Signalprozessor (auch DSP): Ein digitaler Signalprozessor bearbeitet [digitale Signale](#) mittels der digitalen Signalverarbeitung. DSPs werden in der digitalen Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik eingesetzt z. B. in Soundkarten und [MP3](#)-Playern.

Digitalsignal: Ein Digitalsignal ist ein Signal, das sowohl wert- als auch zeitdiskret vorliegt. Ein Digitalsignal wird aus einem [Analogsignal](#) erzeugt, indem dieses an vorgegebenen Zeitpunkten abgetastet wird (daher zeitdiskret). Die Häufigkeit dieser Abtastung wird durch die [Abtastrate](#) vorgegeben. Zusätzlich kann das Digitalsignal nur abgestufte Werte annehmen (daher wertdiskret). Wie viele unterschiedliche Werte das Signal annehmen kann, wird durch die [Auflösung](#) definiert. Die Digitalisierung eines Analogsignals erfolgt mittels eines [A/D-Wandlers](#).

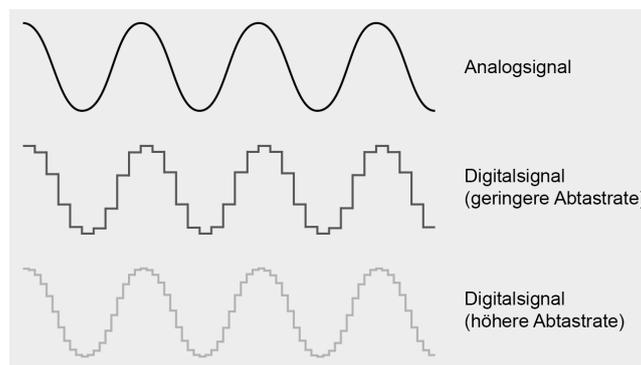


Abbildung 16: Digitalsignal – abgetastet mit geringerer bzw. höherer Abtastrate

Diotisch: Bei der diotischen Schalldarbietung (z. B. über Kopfhörer) werden für das linke und das rechte Ohr identische Signale wiedergegeben (im Gegensatz zur [dichotischen](#) Schalldarbietung).

Direktschall: Der Direktschall ist der Schall, der auf direktem Weg (also ohne [Reflexionen](#)) als erstes am Empfänger (z. B. Ohr des Hörers) eintrifft. Der Direktschall beeinflusst maßgeblich die Richtungsbestimmung beim menschlichen Hören.

Doppler-Effekt: Der Doppler-Effekt bei der Schallübertragung tritt auf, wenn sich die Schallquelle, der Empfänger oder beide relativ zum Übertragungsmedium bewegen. Dadurch verändert sich der Abstand zwischen Sender und Empfänger eines Signals und das Signal wird gestaucht bzw. gedehnt. Diese Stauchung oder Dehnung verändert die [Wellenlänge](#) und somit die [Frequenz](#). Verringert sich der Abstand zwischen Sender und Empfänger, erhöht sich die Frequenz für den Empfänger (siehe Abbildung). Vergrößert sich der Abstand zwischen Sender und Empfänger, verringert sich die Frequenz für den Empfänger.

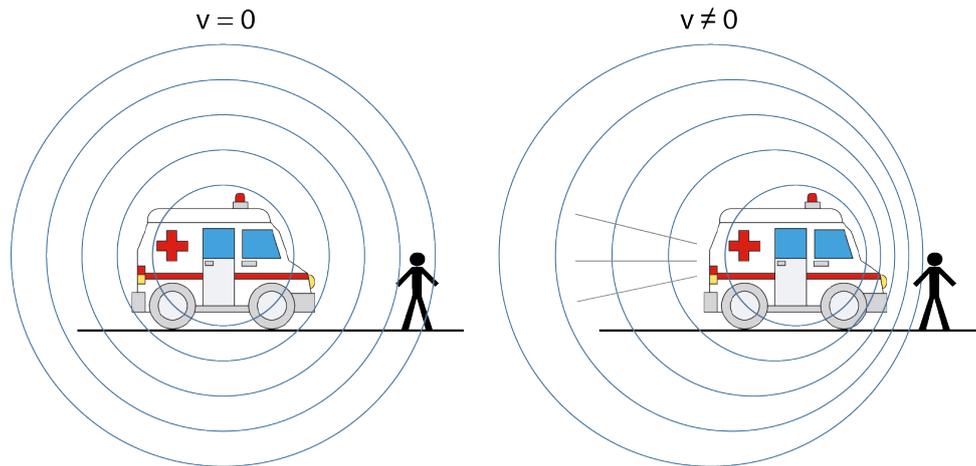


Abbildung 17: Schallausbreitung bei stehendem Fahrzeug (links), Schallausbreitung bei einem fahrenden Fahrzeug (rechts)

Drehschwingungen: Drehschwingungen sind rotatorische Schwingungen um eine Drehachse. Unerwünschte Drehschwingungen werden häufig durch Drehungleichförmigkeiten hervorgerufen und können zu deutlichen Einschränkungen der empfundenen Produktqualität führen oder auch auf einen möglichen Defekt hinweisen. Bei Verbrennungsmotoren erzeugen z. B. Drehungleichförmigkeiten der Kurbelwelle verursacht durch den Hubvorgang der Kolben die Drehschwingungen. Aber auch bei Elektromotoren können Drehschwingungen auftreten. Diese werden z. B. hervorgerufen durch Drehmomentwelligkeit (Torque-Ripple), also ein periodischer Anstieg und Abfall des Drehmoment-Outputs während der Drehung.

D-Sub-Steckverbindung: Die D-Sub-Steckverbindung ist ein weitverbreitetes Steckersystem für serielle Schnittstellen. Für eine sichere Verbindung kann der D-Sub-Stecker häufig mit der Buchse verschraubt werden. Die 9-polige D-Sub-Steckverbindung wird z. B. als Schnittstelle zur Aufzeichnung der Informationen von einem [CAN](#)-Bus eingesetzt.



Abbildung 18: 9-polige D-Sub-Steckverbindung

Dynamikbereich (auch Dynamikumfang oder nur Dynamik): Der Dynamikbereich zeigt den nutzbaren Amplitudenbereich an, in dem sich das Nutzsignal bewegen kann. Nach unten begrenzt das [Grundrauschen](#) den Dynamikbereich. Signale, die einen geringeren [Schalldruckpegel](#) aufweisen, werden durch das Grundrauschen des Systems verdeckt. Nach oben begrenzt das Erreichen der

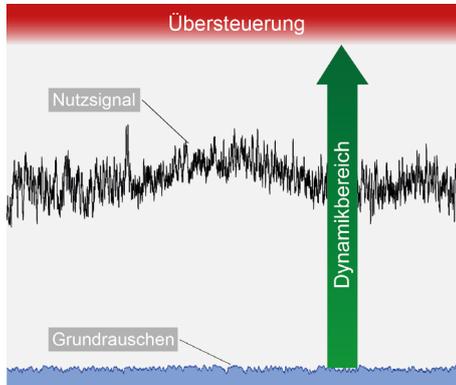


Abbildung 19: Dynamikbereich (schematische Darstellung)

maximalen Aussteuerung den Dynamikbereich. Überschreitet der Schalldruckpegel eines Signals diese Grenze, kommt es zur [Übersteuerung](#). Für die Bestimmung des Dynamikbereichs, z. B. eines Messsystems, existiert kein normiertes Berechnungsverfahren. Der ermittelte Dynamikbereich hängt sehr stark von der verwendeten Analysebandbreite ab. Bei der Angabe des Dynamikbereichs sollte daher stets die Analysebandbreite mit angegeben werden. Der Begriff Dynamikbereich wird manchmal fälschlicherweise synonym zum [Signal-Rauschabstand](#) verwendet.

Echo (auch Wiederhall): Ein Echo ist eine diskrete Schallreflexion, die mit starker Verzögerung beim Hörer eintrifft. Durch die Verzögerung hört der Mensch die Reflexion nicht mehr als [Nachhall](#) des ursprünglichen Schalls. Stattdessen wird die Reflexion als ein separates [Hörereignis](#) wahrgenommen. Ein Echo tritt nur auf, wenn der reflektierte Schall ausreichend stark verzögert wurde. Der erforderliche zeitliche Abstand zwischen [Direktschall](#) und Reflexion heißt Echoschwelle. Die Echoschwelle besitzt keinen festen Wert, sondern ist abhängig vom Klangcharakter des Schalls und vom Pegel der Reflexion. Wird der Schall mit einer kleineren Verzögerung als der Echoschwelle reflektiert, wird er als Nachhall wahrgenommen.

Effektivwert (auch RMS, engl. root mean square): Der Effektivwert U_{eff} ist der [quadratische Mittelwert](#) einer zeitlich veränderlichen Größe, wie dem [Schalldruck](#). Der Maximalwert und der Kurvenverlauf des Signals bestimmen den Effektivwert.

Für einen Sinuston mit dem Maximalwert \hat{u} gilt: $U_{eff} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$

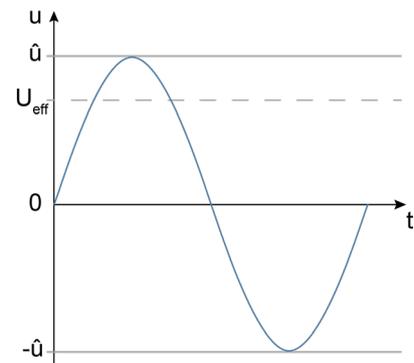


Abbildung 20: Effektivwert eines Sinustons

Eigenfrequenz: Die Eigenfrequenz ist eine akustische Eigenschaft eines schwingfähigen Systems. Sie ist die [Frequenz](#), mit der das System nach einer einmaligen [Anregung](#) schwingt. Ein System mit mehreren [Freiheitsgraden](#) kann mehrere Eigenfrequenzen besitzen. Jede Eigenfrequenzen besitzt eine zugehörige Eigenform – auch Eigenmode genannt. Diese Eigenform ist ein bestimmtes Schwingungsmuster, das das Bauteil bei der Schwingung mit dieser Frequenz zeigt.

Empfindlichkeit: Die Empfindlichkeit ist eine wichtige Kenngröße eines [Sensors](#). Sie bestimmt den Übertragungsfaktor, mit dem die Messgröße, z. B. [Schalldruck](#), in eine elektrische Spannung umgewandelt wird. Je höher die Empfindlichkeit ist, desto höher ist die Ausgangsspannung bei gleicher Messgröße. Die Empfindlichkeit von [Mikrofonen](#) wird meist in der Einheit *Millivolt pro Pascal* ($\frac{mV}{Pa}$) angegeben. Die Empfindlichkeit von [Beschleunigungssensoren](#) wird z. B. in der Einheit $\frac{mV}{g}$ oder $\frac{mV}{m/s^2}$ angegeben.

Entzerrung: Die Entzerrung ist ein digitales [Filter](#), das die [Klangfarbe](#) eines Geräusches verändert. Die Entzerrung eines Messsignals dient der Linearisierung des Frequenzgangs (siehe auch: [Freifeldentzerrung](#), [Diffusfeldentzerrung](#))

Erdschleife: siehe [Masseschleife](#)

Fade (auch Blenden oder Fading): Die Nutzung eines Fades reduziert Störgeräusche, wie Knacksen am Signalanfang und -ende, die beim Abspielen von Geräuschdateien entstehen können.

Einblenden (auch Fade-in): Der [Schalldruckpegel](#) des Signals wird über einen gewissen Zeitraum angehoben.

Ausblenden (auch Fade-out): Der Schalldruckpegel des Signals wird über einen bestimmten Zeitraum abgesenkt.

Überblenden (auch Crossfade): Das Überblenden ist eine Kombination aus Einblenden und Ausblenden. Das Überblenden kann genutzt werden, wenn eine Geräuschdatei mehrmals hintereinander oder wenn verschiedene Dateien direkt nacheinander abgespielt werden.

Fensterfunktion: Eine Fensterfunktion wichtet in der digitalen Signalverarbeitung einzelne Signalabschnitte vor der Verarbeitung. Fensterfunktionen werden z. B. bei der [FFT](#)-Analyse genutzt, um den [Leakage](#)-Effekt zu reduzieren. Dazu wird jeder Signalabschnitt zunächst mit einer Fensterfunktion, die zum Rand hin gegen Null geht, multipliziert. Dies bewirkt, dass die Endpunkte des Signalabschnitts aufeinanderliegen und ein kontinuierlicher Signalverlauf ohne Unstetigkeitsstellen entsteht.

Allerdings verändert die Verwendung einer Fensterfunktion das resultierende [Frequenzspektrum](#) und stellt daher immer einen Kompromiss dar. Da die Wahl der Fensterfunktion Auswirkungen auf das Ergebnis der Analyse hat, muss eine Fensterfunktion ausgewählt werden, die für die jeweilige Anwendung geeignet ist. Für viele Anwendungen eignet sich das Hann-Fenster, weil es eine gute Frequenzauflösung bietet und gleichzeitig den [Leakage](#)-Effekt sehr gut reduziert.

Andere Fensterfunktionen sind für spezielle Anwendungen optimiert. Zum Beispiel besitzt das Flat-Top-Fenster eine hohe Amplitudengenauigkeit und eignet sich daher für Kalibrierungsanwendungen.

Weitere Fensterfunktionen wurden z. B. hauptsächlich dazu entwickelt, eng beieinanderliegende Frequenzen zu separieren. Um eine geeignete Fensterfunktion für eine bestimmte Anwendung zu finden, kann das Zeitsignal in mehreren Durchläufen mit verschiedenen Fensterfunktionen untersucht werden.

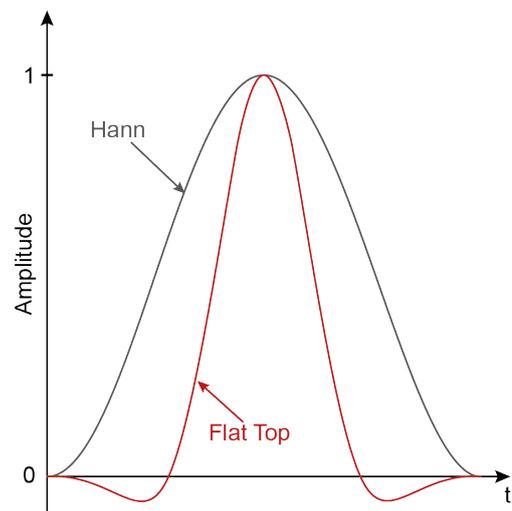


Abbildung 21: Hann- und Flat-Top-Fenster dargestellt im Zeitbereich

Filter: Ein Filter verändert die Amplitude bzw. die [Phasen](#)lage eines Signals in Abhängigkeit von dessen [Frequenz](#). Die [Übertragungsfunktion](#) eines Filters beschreibt dessen Wirkung auf das Eingangssignal. In analogen Schaltkreisen können Filter mithilfe von elektrischen Widerständen, Spulen und Kondensatoren realisiert werden. Liegt das Signal in digitaler Form vor, kommen digitale Filter zum Einsatz. Digitale Filter können durch ein sequentielles Programm mit einem Signalprozessor implementiert werden. Sie werden in IIR-Filter und FIR-Filter unterteilt.

IIR-Filter: IIR-Filter sind Filter mit unendlicher Impulsantwort (Infinite Impulse Response), diese Filter enthalten immer einen Rückkopplungsanteil (rekursive Filter). Ein Vorteil der IIR-Filter sind die höheren [Filtergüten \(also stärkere Selektivität\)](#), die mit ihnen möglich sind. Zusätzlich ist die absolute [Gruppenlaufzeit](#) (Latenz) durch IIR-Filter relativ gering. Allerdings ist für IIR-Filter kein linearer Phasengang realisierbar, d. h. unterschiedliche Frequenzen durchlaufen das Filter unterschiedlich schnell.

FIR-Filter: FIR-Filter sind Filter mit einer endlichen Impulsantwort (Finite Impulse Response). In den meisten Fällen sind es Filter ohne Rückkopplungsanteil (nicht-rekursive Filter). FIR-Filter können linearphasig realisiert werden, d. h. unterschiedliche Frequenzen durchlaufen das Filter gleich schnell. Dafür ist die absolute [Gruppenlaufzeit](#) (Latenz) relativ groß.

Weiterhin können Filter entsprechend ihrer Übertragungscharakteristik unterteilt werden:

Hochpassfilter: Hochpassfilter lassen nur die in einem Signal enthaltenen hohen Frequenzen passieren. Frequenzen, die unterhalb einer bestimmten Grenzfrequenz f_g liegen, werden durch ein Hochpassfilter abgeschwächt bzw. aus dem Signal herausgefiltert. Mit einem Hochpassfilter lassen sich z.B. Gleichspannungsanteile reduzieren.

Tiefpassfilter: Tiefpassfilter lassen nur die in einem Signal enthaltenen tiefen Frequenzen passieren. Frequenzen, die oberhalb einer bestimmten Grenzfrequenz f_g liegen, werden durch ein Tiefpassfilter abgeschwächt bzw. aus dem Signal herausgefiltert. Tiefpassfilter werden z. B. zur Vermeidung des [Aliasing](#) eingesetzt.

Bandpassfilter: Bandpassfilter lassen nur die Frequenzen innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs (Frequenzband um die [Mittelfrequenz](#) f_m) passieren. Frequenzen unter- und oberhalb des Durchlassbereichs werden abgeschwächt bzw. aus dem Signal herausgefiltert.

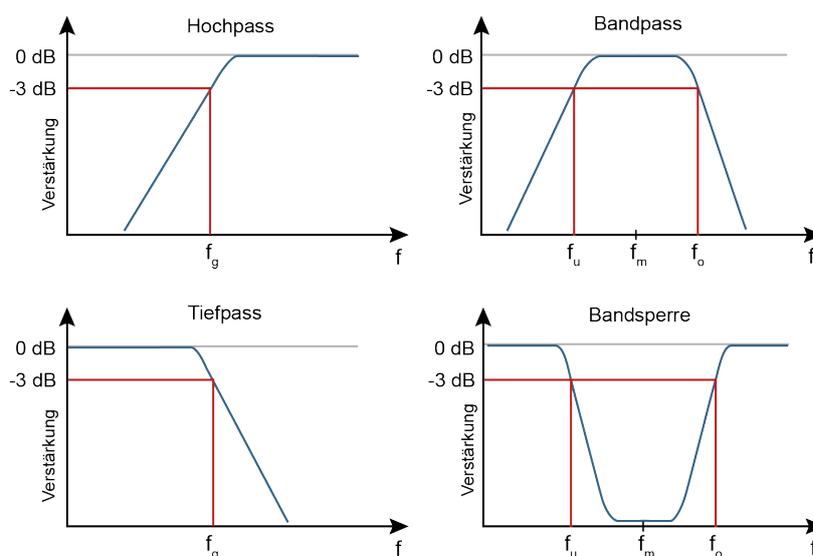


Abbildung 22: Übertragungscharakteristik von Hochpass, Tiefpass, Bandpass und Bandsperre (schematisch)

Bandstopfilter (auch Bandsperre): Bandstopfilter lassen alle Frequenzen bis auf diejenigen eines bestimmten Frequenzbereichs (Frequenzband um die Mittenfrequenz f_m) passieren. Frequenzen innerhalb des Durchlassbereichs werden abgeschwächt bzw. aus dem Signal herausgefiltert. Mithilfe von Bandstopfilter können Störgeräusche mit einer festen Frequenz abgeschwächt bzw. aus einem Signal entfernt werden.

Die [Übertragungsfunktion](#) eines Filters wird durch den Durchlassbereich und den Sperrbereich bestimmt. Alle Frequenzen innerhalb des Durchlassbereichs sollen möglichst ungedämpft übertragen werden, während die Frequenzen des Sperrbereichs unterdrückt werden sollen. Die Grenzfrequenz bildet die Grenze zwischen Durchlass- und Sperrbereich. Bei einem Bandpass- bzw. Bandstopfilter stellt die Differenz zwischen oberer und unterer Grenzfrequenz (f_o , f_u) die Bandbreite des Filters dar:

$$\text{Bandbreite} = \text{obere Grenzfrequenz } f_o - \text{untere Grenzfrequenz } f_u$$

Filter werden mithilfe der Filtergüte und der Filterordnung quantifiziert:

Filtergüte: Die Filtergüte Q beschreibt die Selektivität eines Filters. Die Filtergüte eines Bandpass- bzw. Bandstopfilters wird durch den Quotienten aus der [Mittenfrequenz](#) und der Bandbreite des Filters angegeben: $Q = \frac{\text{Mittenfrequenz}}{\text{Bandbreite}}$. Bei einer festen Mittenfrequenz bedeutet somit eine hohe Filtergüte eine kleine Bandbreite (das Filter arbeitet sehr selektiv), während eine geringe Filtergüte eine große Bandbreite bedeutet (das Filter beeinflusst einen großen Frequenzbereich).

Filterordnung: Die Filterordnung hängt mit der Flankensteilheit der Übertragungsfunktion eines Filters zusammen. Die Flankensteilheit kennzeichnet den Übergang zwischen Durchlass- und Sperrbereich. Umso höher die Flankensteilheit, umso schneller erfolgt der Übergang. Bei einem Hoch- bzw. Tiefpassfilter erster Ordnung beträgt die Flankensteilheit 6 dB/Oktave . Bei einem Filter zweiter Ordnung beträgt die Flankensteilheit 12 dB/Oktave usw. Zu beachten ist, dass mit steigender Filterordnung nicht nur die Filterflanken steiler werden. Zusätzlich kommt es mit steigender Filterordnung auch zu Schwankungen im Durchlassbereich. Diese Welligkeit (engl. ripple) sind ein unerwünschter Nebeneffekt realer Filter bei hohen Filterordnungen.

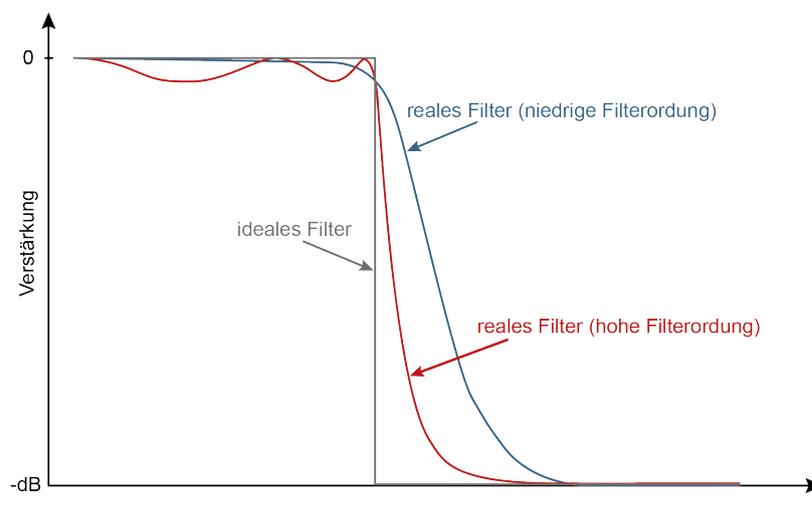


Abbildung 23: Filter mit unterschiedlichen Filterordnungen (schematisch)

Fourier-Transformation: Die Fourier-Transformation beruht auf einem von J. B. J. Fourier formulierten, mathematischen Theorem. Dieses Theorem besagt, dass jede periodische Signalform als Überlagerung diskreter periodischer Sinus- und Cosinusschwingungen mit unterschiedlicher [Frequenz](#) und Amplitude dargestellt werden kann.

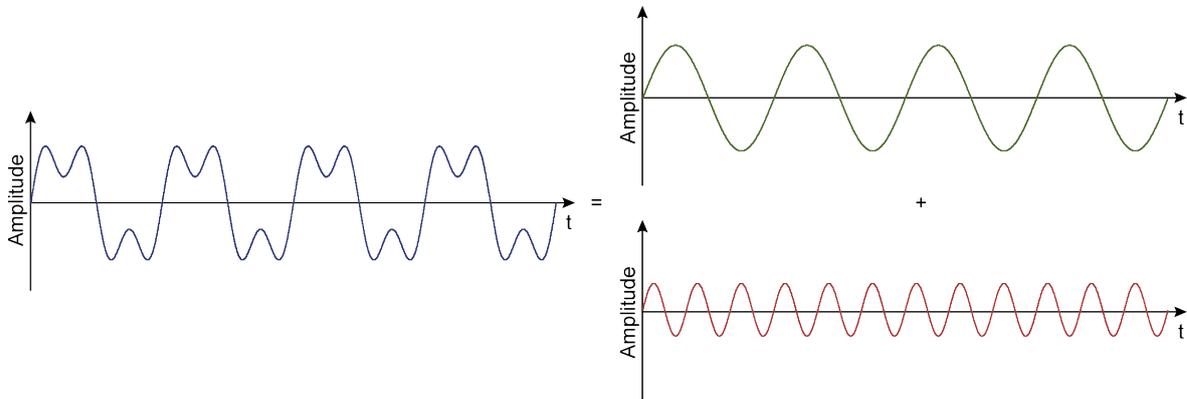


Abbildung 24: Periodisches Summensignal (blau) und enthaltene Frequenzanteile (grün und rot)

Mithilfe der Fourier-Transformation wird das [Frequenzspektrum](#) eines Signals berechnet, d.h. das Signal wird aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich transformiert.

DFT: Ein äquidistant abgetastetes, zeitdiskretes Zeitsignal kann mithilfe der DFT (engl. discrete Fourier Transformation) untersucht werden. Die DFT bildet ein endliches Signal, das periodisch fortgesetzt wird, auf ein diskretes, periodisches [Frequenzspektrum](#) ab.

FFT: Bei der FFT (engl. Fast Fourier Transformation) handelt es sich um einen optimierten Algorithmus zur effizienten Berechnung der DFT. Auch für die Berechnung der FFT muss das Signal vor der Transformation zeitlich zerlegt werden. Dazu wird das ursprüngliche Signal in mehrere Blöcke mit jeweils N Abtastwerten aufgeteilt (siehe auch [Leakage](#) und [Fensterfunktion](#)). Die Blocklänge N muss bei der FFT einer Zweierpotenz entsprechen, also $N = 2^m$.

DFT und FFT sind Analysen mit konstanter Bandbreite, d. h. die Frequenzstützstellen sind auf einer linearen Frequenzskala äquidistant verteilt, auf der logarithmischen Skala liegen sie bei hohen Frequenzen näher zusammen.

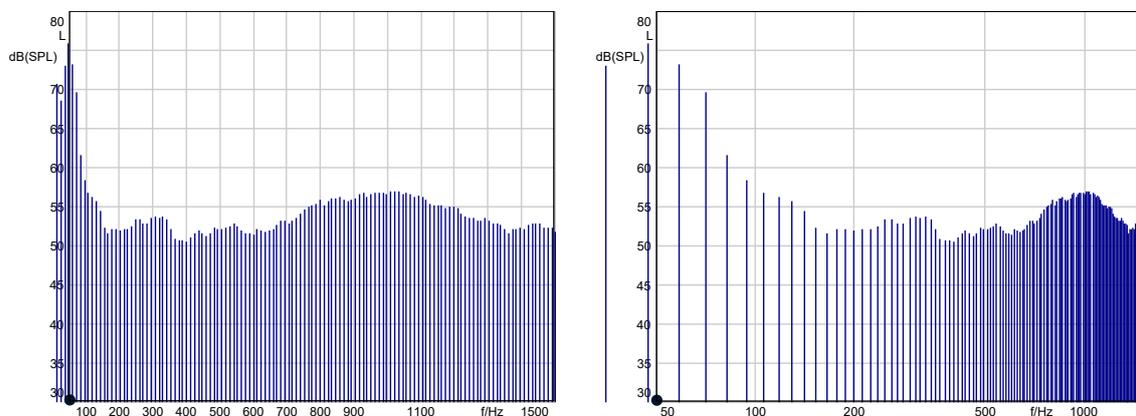


Abbildung 25: Frequenzstützstellen einer FFT (links: lineare Frequenzachse, rechts logarithmische Frequenzachse)

Die Frequenzauflösung Δf in Hz ergibt sich aus der [Abtastrate](#) und der ausgewählten Blocklänge:

$$\Delta f = \frac{\text{Abtastrate}}{\text{Blocklänge}}$$

Freifeld: siehe [Schallfeld](#)

Freifeldentzerrung: Die Freifeldentzerrung ist ein digitales [Filter](#), mit dessen Hilfe eine binaurale Aufnahme so verändert werden kann, dass sie mit einer Messmikrofonaufnahme kompatibel ist. Ein hohes Maß an Kompatibilität wird allerdings nur dann erreicht, wenn bei der Aufnahme tatsächlich [Freifeld](#)bedingungen herrschten. Für Kunstköpfe von HEAD acoustics bedeutet das: Schalleinfall im Freifeld, von vorn aus mindestens 3 m Entfernung, in Ohrkanalhöhe.

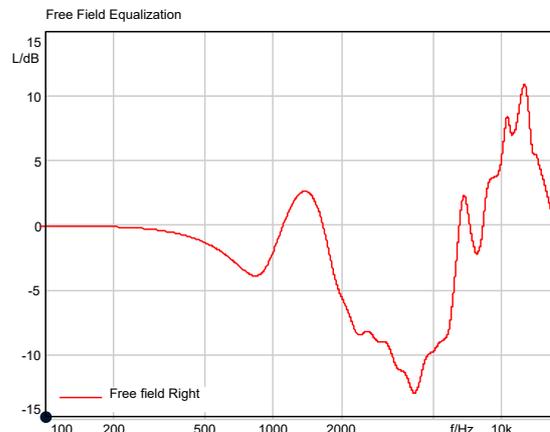


Abbildung 26: Freifeldentzerrung für ein Kunstkopfmesssystem HMS IV (rechtes Ohr)

Freiheitsgrad (auch DOF, engl. degree of freedom): Generell stellen die Freiheitsgrade die Zahl der Parameter eines Systems dar, die unabhängig voneinander variiert werden können. In der Mechanik bezeichnet Freiheitsgrad die Anzahl der unabhängigen Bewegungsmöglichkeiten eines Systems. Ein freier Punkt hat im Allgemeinen sechs Freiheitsgrade: drei Freiheitsgrade der Translation (X-, Y-, Z-Richtung) und drei Freiheitsgrade der Rotation (Rollen, Nicken, Gieren).

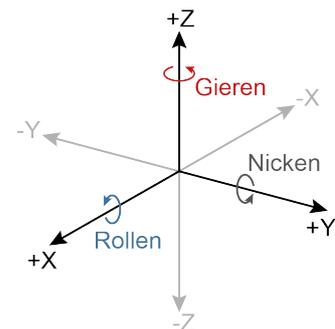


Abbildung 27: Sechs Freiheitsgrade

Frequenz: Die Frequenz zeigt, wie viele [Wellenlängen](#) der Schall in einer Sekunde durchläuft. Je schneller die Schwingung erfolgt, desto höher ist die Frequenz und desto höher ist die wahrgenommene [Tonhöhe](#). Die Frequenz wird in der Einheit [Hertz](#) (Hz) angegeben und sie ist umgekehrt proportional zur Wellenlänge. Für akustische Signale sind Frequenz und Wellenlänge über die [Schallgeschwindigkeit](#) miteinander verknüpft:
$$\text{Frequenz} = \frac{\text{Schallgeschwindigkeit}}{\text{Wellenlänge}}$$

Das menschliche Ohr kann Schall nur innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs wahrnehmen. Die tiefste hörbare Frequenz beträgt ca. 20 Hz. Die höchste hörbare Frequenz liegt meist zwischen 16 kHz und 20 kHz. Sie ist stark abhängig vom Alter des Hörers. Mit zunehmendem Lebensalter sinkt die obere Grenzfrequenz der hörbaren Frequenzen merklich ab.

Frequenzbewertung: siehe [Schalldruckpegel](#)

Frequenzgruppen (auch engl. critical bands): Verschiedene Experimente und [Hörversuche](#) haben ergeben, dass das menschliche Gehör Schallreize, deren [Frequenzen](#) nahe beieinander liegen, in Frequenzbändern zusammenfasst. Diese Bänder werden Frequenzgruppen genannt. Der hörbare Frequenzbereich wurde von K. E. Zwicker in 24 Frequenzgruppen mit der Einheit *Bark* aufgeteilt. Die Frequenzgruppenbreite in Hz nimmt mit der Frequenz zu.

Frequenzgruppe [Bark]	Frequenz [Hz]
0	0
1	100
2	200
3	300
4	400
5	510
6	630
7	770
8	920
9	1080
10	1270
11	1480
12	1720
13	2000
14	2320
15	2700
16	3150
17	3700
18	4400
19	5300
20	6400
21	7700
22	9500
23	12000
24	15500

Tabelle 1: Frequenzgruppen nach Zwicker

Eine andere Einteilung der Frequenzgruppen beschreibt die ERB-Skala (engl. Equivalent Rectangular Bandwidth). Die Breite der Frequenzgruppen auf der ERB-Skala ist schmäler als die Breite der Frequenzgruppen auf der Bark-Skala.

Frequenzspektrum: Das Frequenzspektrum, oder einfach das Spektrum, gibt den [Schalldruckpegel](#) der verschiedenen [Frequenzen](#) an, aus denen ein Geräusch besteht. Das Frequenzspektrum eines Zeitsignals kann mithilfe der [Fourier-Transformation](#) berechnet werden.

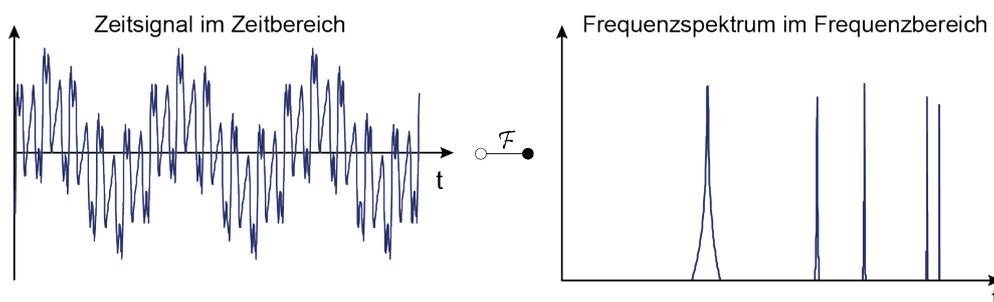


Abbildung 28: Zeitsignal im Zeitbereich und die Fouriertransformierte im Frequenzbereich

Gehörriichtig: Die Übertragung von Schallsignalen erfolgt gehörrichtig, wenn sie pegel-, richtungs-, entfernungs- und [klangfarben](#)getreu wahrgenommen wird. Dazu müssen die [Schalldruck](#)signale, die beim Abhören einer Aufnahme am Trommelfell entstehen, vergleichbar sein mit den Schalldrucksignalen, die im Original[schallfeld](#) am Trommelfell entstanden wären.

Gehörgerecht: Gehörgerechte Analysen beinhalten eine Signalverarbeitung, die dem menschlichen Hören nachempfunden ist. Dazu werden Algorithmen entwickelt und verwendet, die die Beziehung zwischen akustischen Stimuli und den beim Menschen hervorgerufenen Sinneseindrücken modellieren. Mittels gehörgerechter Analysen kann somit das menschliche Hörempfinden berücksichtigt werden, das den entscheidenden Faktor bei der Bewertung von Schallereignissen darstellt.

Geräuschcharakter: Der Geräuschcharakter gibt das auditive Profil eines Geräusches wieder ohne die Berücksichtigung von produktspezifischen Informationen. Somit beschreibt der Geräuschcharakter im Gegensatz zur [Geräuschqualität](#) die rein auditive Wahrnehmung, bei der ausschließlich die sensorischen Aspekte einbezogen werden. Andere Faktoren, wie die Erwartungshaltung oder der Kontext, bleiben dabei unberücksichtigt. Dies kann dazu führen, dass ein Geräusch mit einem grundsätzlich angenehmen Geräuschcharakter, dennoch eine schlechte Geräuschqualität besitzt, da es als unpassend zum Produkt wahrgenommen wird.

Geräuschdesign: Mit Geräuschdesign bezeichnet man die Analyse, Gestaltung und Bearbeitung von Produktgeräuschen zur Optimierung der [Geräuschqualität](#). Ein Ziel des Geräuschdesigns kann z. B. sein, das Geräuschbild einem vorgegebenen Markensound anzupassen oder mithilfe des Produktgeräusches eine bestimmte Produktqualität zu vermitteln. Hierbei ist es in vielen Fällen sinnvoll, zunächst die digitalisierten Geräusche am Computer zu modifizieren. Diese digital durchgeführten Modifikationen können z. B. in [Hörversuchen](#) überprüft werden. Auf diese Weise lassen sich wünschenswerte Zielgeräusche definieren, die im weiteren Verlauf z. B. durch mechanische Veränderungen am Produkt erreicht werden.

Geräuschqualität: Die Geräuschqualität beschreibt den perceptiven Eindruck, der durch ein Geräusch hervorgerufen wird. Ein Geräusch mit guter Geräuschqualität entspricht den Erwartungen des Benutzers und wird nicht als störend empfunden. Ein solches Geräusch erzeugt positive Assoziationen bezüglich des Produktes und verbessert somit die Gesamtwahrnehmung der Produktqualität. Ein Geräusch mit schlechter Geräuschqualität hingegen erfüllt nicht die Erwartungen des Benutzers und wird als unangenehm, störend oder lästig empfunden. Ein solches Geräusch erzeugt negative Assoziationen und wird als zum Produkt unpassend empfunden. Meist werden das Ge-

räusch und dessen Geräuschqualität intuitiv zur Beurteilung der Produktqualität und -funktionalität herangezogen. Dabei wird eine mangelnde Geräuschqualität häufig mit mangelnder Produktqualität gleichgesetzt. Zur Beurteilung der Geräuschqualität muss immer auch der Kontext betrachtet werden, da die Geräuschqualität nicht losgelöst vom Kontext existiert. Der Unterschied zwischen guter und schlechter Geräuschqualität lässt sich nicht bzw. nicht allein durch den [Schalldruckpegel](#) definieren.



Grundrauschen: Das Grundrauschen ist die Summe aller unerwünschten Signale, die während einer Messung auftreten. Jedes elektroakustische System liefert mehr oder weniger starke, selbsterzeugte Störschalle, die das Nutzsignal überlagern. Diese Störschalle können zum einen durch die Netzfrequenz und zum anderen durch die Bauteile selbst hervorgerufen werden.

Gruppengeschwindigkeit: Die Gruppengeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit, mit der Energie oder Informationen bei der Schallausbreitung übertragen werden können. Betrachtet man ein Wellenpaket, d.h. eine Überlagerung von Einzelwellen mit unterschiedlichen [Frequenzen](#), ist die Gruppengeschwindigkeit die Geschwindigkeit, mit der das Maximum der [Hüllkurve](#) eines Wellenpakets fortschreitet. Die Einzelwellen des Wellenpakets breiten sich jeweils mit der [Phasengeschwindigkeit](#) aus. Die Gruppengeschwindigkeit kann unter Umständen stark von der Phasengeschwindigkeit abweichen.

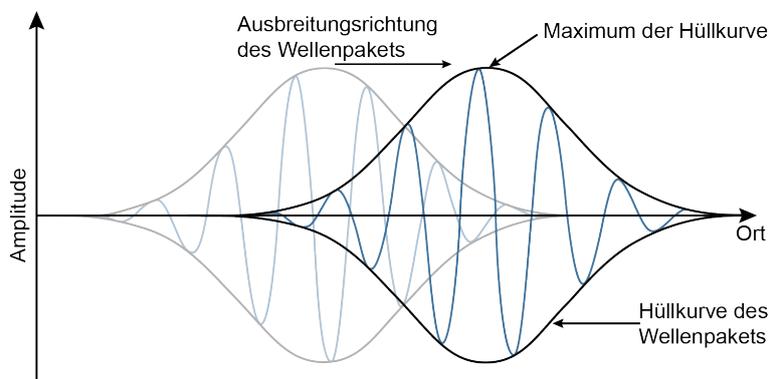


Abbildung 29: Gruppengeschwindigkeit eines Wellenpakets

Gruppenlaufzeit: Die Gruppenlaufzeit ist die Verzögerung der [Hüllkurve](#) eines Signals beim Durchlaufen eines Systems, z. B. eines [Filters](#). Ist die Gruppenlaufzeit konstant, besitzt das System einen linearen [Phasengang](#) und alle [Frequenzen](#) durchlaufen das System mit derselben Verzögerung. Ist die Gruppenlaufzeit stattdessen frequenzabhängig, besitzt das System keinen linearen Phasengang, d. h. unterschiedliche Frequenzen durchlaufen das System unterschiedlich schnell.

Hallraum: In einem Hallraum lässt sich ein diffuses [Schallfeld](#) realisieren. Er ist so aufgebaut, dass im Idealfall an jedem Ort derselbe [Schalldruck](#) herrscht und somit die Schallenergie gleichmäßig im Raum verteilt ist. Um zu verhindern, dass die Wände eines Hallraums Schallenergie absorbieren, werden sie aus schallharten Materialien gefertigt. So wird erreicht, dass die [Schallwellen](#) an den Wänden zu einem hohen Anteil [reflektiert](#) werden. Zur Vermeidung von [Resonanzen](#) sind Wände und Decken des Hallraums nicht parallel ausgerichtet. Weiterhin werden sogenannte Diffusoren im Raum verteilt, an denen die Schallwellen in alle Richtungen verteilt werden. Die hohe Diffusität bewirkt, dass die Schallwellen in einem Hallraum aus allen Richtungen gleichzeitig einfallen und so kein gerichteter Schalldruck vorhanden ist. Hallräume besitzen einen starken [Nachhall](#) und eine lange Nachhallzeit. In einem Hallraum kann z. B. der [Schallabsorptionsgrad](#) von Dämmmaterialien sowie die [Schalleistung](#) von Geräuschquellen bestimmt werden.

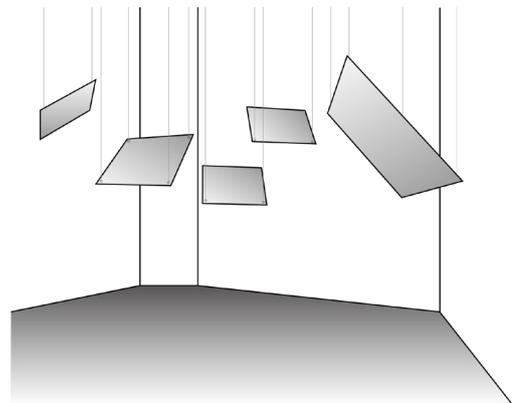


Abbildung 30: Hallraum mit Diffusoren

Harmonische: Harmonische sind ganzzahlige Vielfache einer Grundfrequenz. Töne, wie sie z. B. durch Musikinstrumente erzeugt werden, sind in der Regel harmonisch komplexe Klänge, d. h. neben dem Grundton, also dem Ton mit der niedrigsten Frequenz, erklingen auch verschiedene ganzzahlige Vielfache des Grundtons.

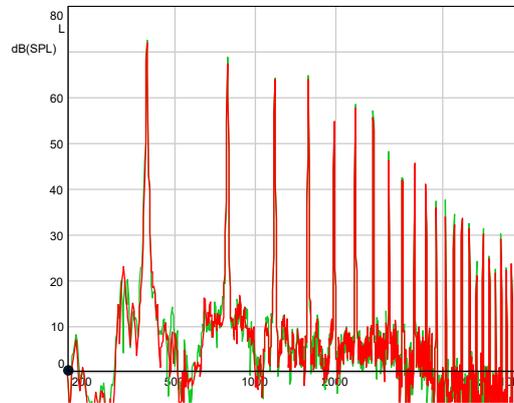


Abbildung 31: Gemittelte FFT eines Klangs mit Harmonischen

HDF (HEAD acoustic Data Format): Das HDF-Format dient der Speicherung von HEAD acoustics-Datensätzen in einer Datei. In einer HDF-Datei können mehrkanalige Zeitsignale, aber auch Analyseergebnisse abgespeichert werden – beispielsweise ein Frequenzspektrum. Eine HDF-Datei besteht immer aus einem Dateikopf in Klarschrift, der verschiedene deskriptive Einträge enthält. Hierzu gehören z. B. Informationen über die Art des abgelegten Datensatzes, die Kanalzahl, die Kanalnamen und die Einheiten. Auf den Dateikopf folgt der Datensatz, also die eigentlichen Inhalte der Datei, z. B. die Zeitdaten. Diese sind nicht in Klarschrift abgelegt, sondern können nur mithilfe von entsprechenden Software-Applikationen gelesen werden.

Die normalerweise verwendete Dateinamenerweiterung für HDF-Dateien ist .hdf. Für HDF-Dateien, die bestimmte Funktionen erfüllen, wurden und werden aber auch andere Dateinamenerweiterungen verwendet. Solche Dateien können meist in *.hdf umbenannt und geöffnet werden.

- .dat: Diese Dateien beinhalten Zeitsignalaufnahmen und wurden z. B. mit HEAD NoiseBook erzeugt. Es allerdings gibt auch (sehr alte) DAT-Dateien, die kein HDF-Format darstellen.
- .fft: Diese Dateien beinhalten Frequenzspektren, die durch die Software-Applikation ACQUA erzeugt werden. In diesem Format werden z. B. die individuellen [Entzerrungen](#) der Kunstköpfe von HEAD acoustics erzeugt und zur Verfügung gestellt.
- .equ: Diese Dateien enthalten ebenfalls Informationen über Entzerrungen. So werden z. B. die Standard-Entzerrungen für die diversen binauralen Aufnehmer in ArtemiS SUITE als EQU-Datei zur Verfügung gestellt.

HEADlink: HEADlink ist die Spezifikation einer Schnittstelle zur elektrischen Übertragung von Daten, zur Bereitstellung einer Versorgungsspannung und zur Synchronisation. Üblicherweise werden 8-polige [LEMO](#)-Steckverbindungen und entsprechende Kabel für die Übertragung verwendet. Mittels HEADlink werden Module der HEAD/ab-Serie untereinander verbunden. Weiterhin besitzen SQuadriga II und SQuadriga III HEADlink-Schnittstellen, so dass diese untereinander und mit HEAD/ab-Systemen verbunden werden können.



Abbildung 32: HEADlink-Buchsen

Helix: siehe [Ohrmuschel](#)

Hertz: Hertz (Hz) ist die Einheit zur Angabe der [Frequenz](#), also der Anzahl der sich wiederholender Vorgänge pro Sekunde an. Es gilt: $1\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$

Horizontalebene: siehe [Kopfbezogenes Koordinatensystem](#)

Hörereignis: Wird ein physikalisches Schallereignis durch einen Menschen auditiv wahrgenommen, spricht man von einem Hörereignis. Ein Hörereignis kann durch verschiedene Eigenschaften charakterisiert werden (z.B. die [Klangfarbe](#) oder die zeitliche Struktur). Die Wahrnehmung verschiedener Schallereignisse als Hörereignis wird in der [Psychoakustik](#) z. B. mithilfe von [Hörversuchen](#) untersucht.



Hörfläche: Die Hörfläche ist ein [Frequenz-](#) und [Schalldruckpegel](#)bereich, der durch das menschliche Gehör wahrgenommen werden kann. Die Hörfläche ist nach unten durch die Ruhehörschwelle und nach oben durch die Schmerzgrenze begrenzt.

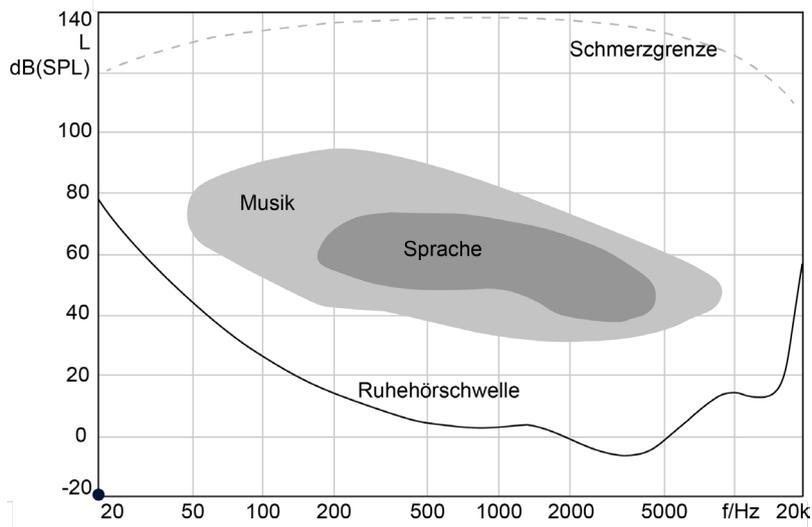


Abbildung 33: Hörfläche

Ruhehörschwelle: Die Ruhehörschwelle ist der kleinste, gerade noch wahrnehmbare Schalldruckpegel. Die Ruhehörschwelle ist frequenzabhängig und steigt zu hohen und tiefen Frequenzen stark an. Die höchste Sensitivität des menschlichen Gehörs liegt zwischen 2 kHz und 5 kHz. Signale bei tieferen und höheren Frequenzen müssen einen deutlich höheren Schalldruck aufweisen, um noch wahrnehmbar zu sein. Die Hörschwelle kann sich über die Lebenszeit verändern. Insbesondere hohe Frequenzen werden von älteren Menschen immer schlechter wahrgenommen. Zusätzlich hat das [Schallfeld](#) Einfluss auf den Verlauf der Ruhehörschwelle. In der ISO 389 sind unterschiedliche Ruhehörschwellen für Freifeld und Diffusfeld definiert.

Schmerzgrenze: Als Schmerzgrenze wird der Schalldruckpegel bezeichnet, der vom Hörenden als schmerzhaft empfunden wird. Die Schmerzschwelle kann aufgrund der hohen Belastung für die Versuchsperson und der möglichen Hörschäden nicht eindeutig bestimmt werden. Sie ist weniger stark frequenzabhängig als die Hörschwelle und liegt ungefähr zwischen 120 dB und 140 dB. Dies entspricht Schalldrücken zwischen 20 und 200 Pa.

Hörversuch (auch engl. jury test): Mit Hörversuchen wird die Wahrnehmung von Schallereignissen unter definierten Bedingungen untersucht. Das Ziel ist es, einen Zusammenhang zwischen dem Schallreiz und dem [Hörereignis](#) herzustellen. Hörversuche bilden die Grundlage für [psychoakustische](#) Untersuchungen. Darüber hinaus sind Hörversuche ein wichtiges Werkzeug, um die [Geräuschqualität](#) von Produkten zu überprüfen und zu verbessern. Mithilfe von Hörversuchen kann überprüft werden, ob die Geräusche, die ein Produkt erzeugt, von den späteren Kunden akzeptiert bzw. ob die Erwartungen der Kunden erfüllt werden. Um valide Ergebnisse durch einen Hörversuch zu erhalten, muss dieser sorgfältig geplant und ausgewertet werden.



Abbildung 34: Hörversuch mit mehreren Teilnehmern

HRTF: siehe [Außenohrübertragungsfunktion](#)

Hüllkurve (auch Einhüllende): Die Hüllkurve ist die Kurve, die die Maxima einer periodischen Schwingung miteinander verbindet. Ist das Signal sinusförmig moduliert, ist die Hüllkurve eine Sinuskurve. Bei einem unmodulierten Sinuston ist die Hüllkurve eine Gerade.

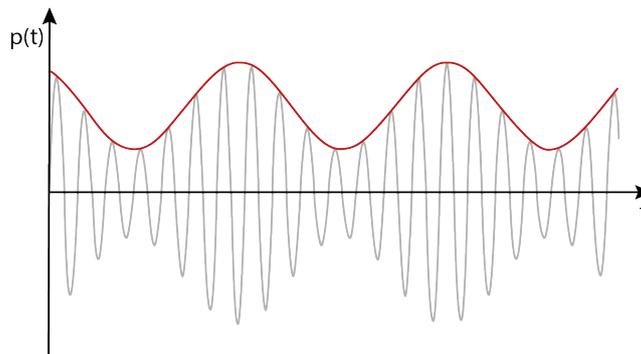


Abbildung 35: Amplitudenmodulierter Sinuston (grau) mit Hüllkurve (rot)

ICP® (integrated circuit piezoelectric)¹: ICP®-[Sensoren](#) verfügen über eine eingebaute, piezoelektrische Elektronik mit einem [Impedanzwandler](#). Der Impedanzwandler transformiert das Messsignal in ein Signal mit niedrigerer Impedanz, das auch ohne störarme Spezialkabel verlustarm über große Strecken übertragen werden kann. ICP®-Sensoren benötigen zum Betrieb einen konstanten Gleichstrom, der durch das Messgerät zur Verfügung gestellt werden muss. Der Versorgungsstrom und das Sensorsignal können gemeinsam über ein einfaches [Koaxialkabel](#) übertragen werden.

¹ ICP® ist ein eingetragenes Warenzeichen von PCB Piezotronics.

ID-Entzerrung: Die ID-[Entzerrung](#) ist ein digitales [Filter](#) zur Entzerrung von binauralen Aufnahmen.

Ausgehend von einer systemtheoretischen Beschreibung des Außenohres beinhaltet die ID-Entzerrung ausschließlich die Korrektur der richtungsunabhängigen Parameter, d. h. die von der [Cavum conchae](#)-Höhlung und dem Ohrkanaleingang erzeugten Resonanzen. Da diese Entzerrung nur die richtungsunabhängigen Veränderungen korrigiert, wird sie ID-Entzerrung (Independent of Direction) genannt.

Die ID-Entzerrung wird für alle Schallfeldsituationen verwendet, in denen weder [Freifeld](#)- noch [Diffusfeld](#)bedingungen vorherrschen.

In der Praxis ist die ID-Entzerrung binauraler Sensoren für die meisten Anwendungsfälle geeigneter als die FF- oder DF-Entzerrung.

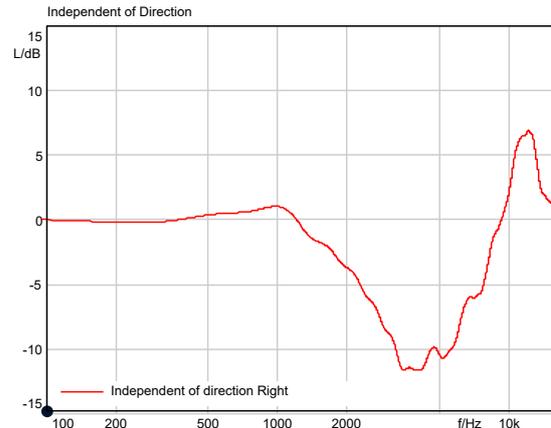


Abbildung 36: ID-Entzerrung

Impedanz: Die Impedanz ist ein Maß für die Widerstände, die der Ausbreitung von Wellen in einem bestimmten Medium entgegenstehen. Je größer der Impedanzunterschied zwischen zwei Medien ist, desto mehr Energie wird beim Übergang einer Welle vom einen in das andere Medium reflektiert.

Impulshammer: Ein Impulshammer ist ein Hammer mit einem [Kraftsensor](#), mit dem die Kraft des eingebrachten Impulses gemessen wird. Ein solcher Hammer kann verwendet werden, um die akustischen Eigenschaften einer Struktur zu bestimmen. Dazu wird die Struktur mit dem Impulshammer zu Schwingungen angeregt und mit [Beschleunigungssensoren](#) und [Mikrofonen](#) der [Körperschall](#) bzw. der abgestrahlte [Luftschall](#) gemessen. Durch das gleichzeitige Messen der mit dem Hammer eingeleiteten Kraft und den induzierten Beschleunigungen bzw. [Schalldrücken](#) an den verschiedenen Messpunkten kann das Übertragungsverhalten des Bauteils bestimmt werden.



Abbildung 37: Impulshammer

Interaurale Differenzen: Interaurale Differenzen sind Unterschiede zwischen den Signalen des linken und rechten Ohrs des Hörers:

Interaurale Pegeldifferenzen (engl. interaural level difference, ILD): Dies sind Unterschiede zwischen den [Schalldruckpegeln](#) der beiden Ohrsignalen, die durch [Beugung](#), [Reflexion](#) und Abschattung durch den Kopf entstehen.

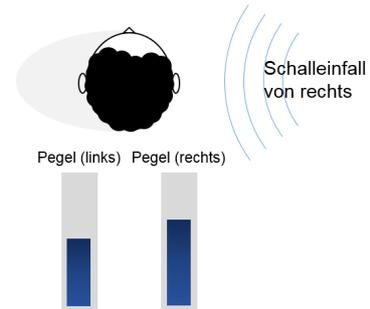


Abbildung 38: Interaurale Pegeldifferenzen

Interaurale Laufzeitdifferenzen (engl. interaural time differences, ITD): Interaurale Laufzeitunterschiede charakterisieren die Verzögerung zwischen den beiden Ohrsignalen beim Auftreffen von Schallwellen. Je weiter die Schallquelle aus der [Medianebene](#) heraustritt, desto größer ist die Laufzeitdifferenz.

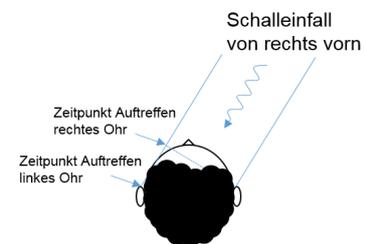


Abbildung 39: Interaurale Laufzeitdifferenzen

Interferenz von Schallwellen: Überlagern sich [Schallwellen](#) kann es zu deren Interferenz kommen, dabei addieren sich die Amplituden der Schallwellen. Die Amplitude der resultierenden Welle ist von der [Phasen](#)differenz der interferierenden Schallwellen abhängig. Trifft ein Wellenberg auf ein Wellental, kommt es zu destruktiver Interferenz, d. h. die Welle wird ausgelöscht. Trifft ein Wellenberg auf einen Wellenberg, kommt es zu konstruktiver Interferenz, d. h. die Welle wird verstärkt.

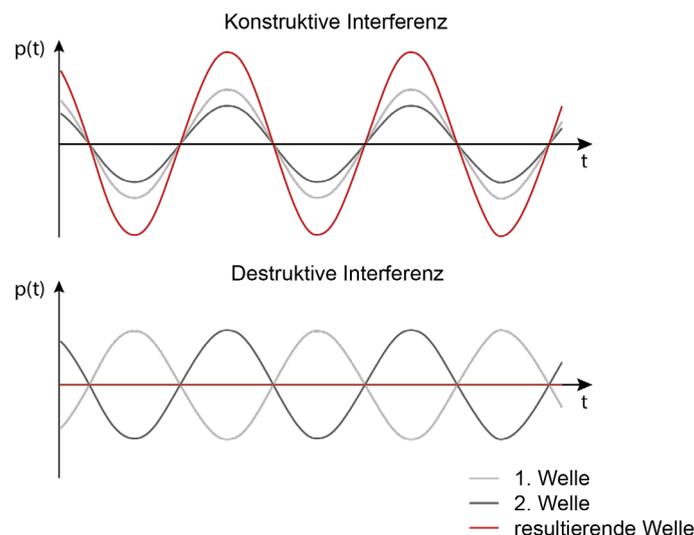


Abbildung 40: Konstruktive und destruktive Interferenz

Jitter: Als Jitter wird eine unerwünschte Schwankung eines digitalen Signals bezeichnet. Jittereffekte können verschiedene Ursachen und Auswirkungen haben. Im Folgenden werden zwei Beispiele erläutert.

- Schwankung im Übertragungstakt können zu Schwankungen bei der Abtastung eines Signals führen (also einem Jitter der [Abtastrate](#)). Wenn der Zeitpunkt der Abtastung schwankt, wird ein Amplitudenwert zu einem Zeitpunkt dargestellt, am dem er im Original nicht vorhanden war. Dies kann den Klang der Aufnahmen verfälschen.
- Jittereffekte können außerdem durch eine zu geringe Abtastrate verursacht werden. Die folgende Abbildung zeigt die Abtastung eines Pulssignals mit zwei unterschiedlichen Abtastraten. Die Abtastrate in der oberen Abbildung ist höher als die in der unteren. Zur Bestimmung der Zeit Δt zwischen zwei Pulsen werden die Abtastpunkte gezählt, die zwischen zwei aufeinander folgenden 0→1-Sprüngen liegen, und durch die jeweilige Abtastrate geteilt.

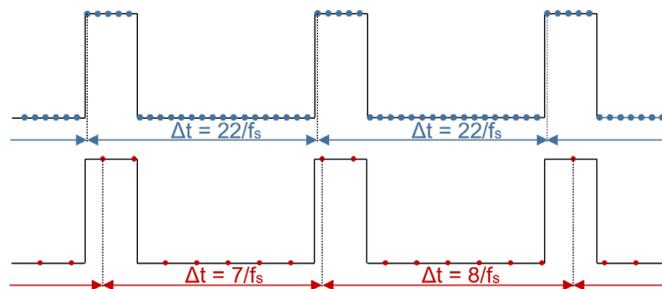


Abbildung 41: Mit unterschiedlichen Abtastraten abgetastetes Pulssignal

In der unteren Abbildung ergibt sich für Δt einmal $7/f_s$ und einmal $8/f_s$, obwohl der Abstand der ansteigenden Flanken äquidistant ist. Der berechnete momentane Wert für Δt springt also zwischen zwei oder mehr Werten hin und her. Diese Schwankung durch eine zu geringe Abtastrate wird ebenfalls als Jitter bezeichnet.

Klangfarbe: Die Klangfarbe eines Geräusches wird durch die spektrale und zeitliche Energieverteilung bestimmt. So kann sich die Klangfarbe z. B. von zwei Musikinstrumenten deutlich unterscheiden, obwohl sie beide dieselbe Note spielen. Dies liegt an der unterschiedlichen Verteilung der Energie auf die Grundfrequenz und die [Harmonischen](#) sowie eine unterschiedliche zeitliche Struktur der erzeugten Klänge.

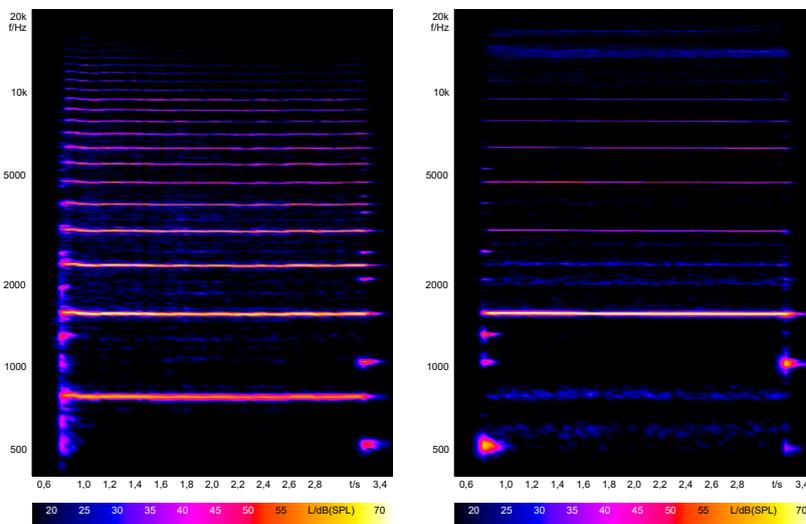


Abbildung 42: Spektrogramm derselben Note, gespielt von zwei unterschiedlichen Instrumenten (links: Trompete, rechts Flöte)

Klinke / Klinkenstecker: Der Klinkenstecker wird häufig für den Anschluss von Kopfhörern verwendet. In der Klinkenbuchse befinden sich Kontaktfedern, die gleichzeitig der Übertragung des Audiosignals sowie der mechanischen Sicherung der Steckverbindung dienen. Je nach Anzahl der Pole hat der Klinkenstecker außer der Spitze und dem Schaft noch einen (manchmal auch zwei) Zwischenringe.

Klinkenstecker werden mit verschiedenen Schaftdurchmessern hergestellt: üblich sind Durchmesser von 3,5 mm und 6,35 mm.

Klinkenstecker mit einem Schaftdurchmesser von 3,5 mm werden auch Miniklinke genannt. Klinkenstecker mit einem Schaftdurchmesser von 6,35 mm werden auch große Klinke genannt.



Abbildung 43: Klinkenstecker

Klirrfaktor: Der Klirrfaktor ist ein Maß für die [nichtlinearen Verzerrungen](#) eines ursprünglich reinen Sinustons. Er berücksichtigt die unerwünschten Geräuschanteile, deren [Frequenzen](#) ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz sind, und beschreibt deren Anteil am Gesamtsignal. Der Klirrfaktor wird als Verhältniszahl in % angegeben. Oft wird der Klirrfaktor mit THD (Total Harmonic Distortion) gleichgesetzt. Dies ist nicht vollständig korrekt:

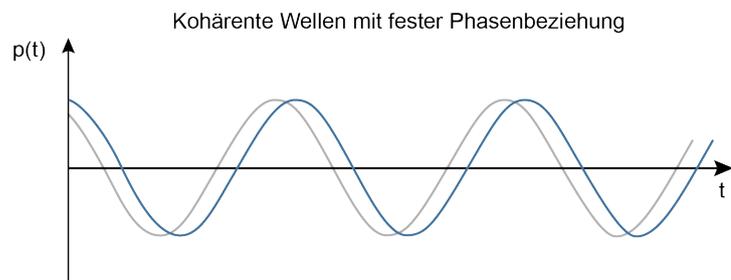
Klirrfaktor: Verhältnis Harmonische zu Gesamtsignal

THD: Verhältnis Harmonische zu Grundschwingung

Grundsätzlich sind Klirrfaktor und THD also nicht identisch, sind aber für kleine Werte vergleichbar.

Koaxialkabel (auch Koaxkabel): Koaxialkabel sind zweipolige Kabel mit einem Innen- und einem Außenleiter. Der Aufbau des Kabels ist konzentrisch, so dass der Außenleiter den Innenleiter umhüllt. Zwischen dem Innen- und dem Außenleiter befindet sich eine isolierende Schicht. Durch den konzentrischen Aufbau schirmt der Außenleiter den signalführende Innenleiter gegen Störstrahlung von außen ab. Für Koaxialkabel werden häufig [Cinch](#)- bzw. [BNC](#)-Steckverbindungen verwendet.

Kohärenz: Kohärente [Schallwellen](#) besitzen eine feste [Phasen](#)beziehung zueinander. Die Kohärenz von Schallwellen ist die Voraussetzung für das anhaltende Auftreten von [Interferenz](#). Schallquellen, deren Phasenbeziehung nicht konstant ist, werden als inkohärent bezeichnet.



Die Kohärenzfunktion in der Signalanalyse zeigt die lineare Abhängigkeit zweier Signale. Mithilfe der Kohärenzfunktion kann z. B. die Ähnlichkeit zwischen Eingangs- und Ausgangssignal nach dem Durchlaufen einer Übertragungsstrecke bestimmt werden. Ein hohes Kohärenzmaß bedeutet eine hohe Abhängigkeit zwischen Eingangs- und

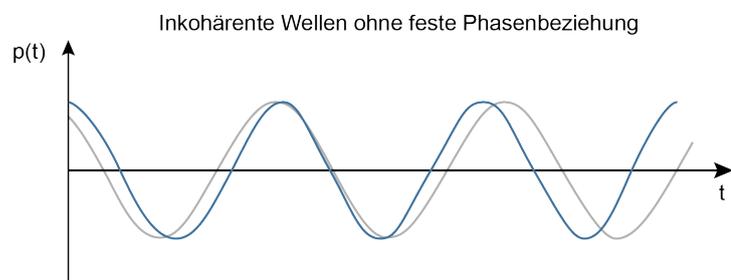


Abbildung 44: Kohärente und inkohärente Schallwellen

Ausgangssignal. Störsignale wie [Rauschen](#) und [nichtlineare Verzerrungen](#) verringern die Kohärenz zwischen Ein- und Ausgangssignal, was zu einem niedrigen Kohärenzmaß führt.

Kopfbezogenes Koordinatensystem: Im kopfbezogenen Koordinatensystem steht die **Medianebene** senkrecht, mittig auf der Ohrkanalachse, der Verbindungsstrecke zwischen den beiden Ohren. Die **Horizontalebene** liegt auf der Ohrkanalachse parallel zum Boden und senkrecht zur Medianebene. Die Auslenkung einer Schallquelle in der Horizontalebene wird durch den horizontalen Schalleinfallswinkel φ beschrieben (auch Azimutwinkel genannt). Der horizontale Schalleinfallswinkel ist positiv bei Auslenkung im Uhrzeigersinn. Eine Erhebung der Schallquelle aus der Horizontalebene wird über den vertikalen Schalleinfallswinkel δ angegeben (auch Elevationswinkel genannt). Der vertikale Schalleinfallswinkel ist positiv bei Auslenkung nach oben. Der Ort einer Schallquelle bezogen auf den Ursprung des kopfbezogenen Koordinatensystems wird durch die folgenden Angaben definiert:

- Entfernung r
- horizontaler Schalleinfallswinkel φ
- vertikaler Schalleinfallswinkel δ

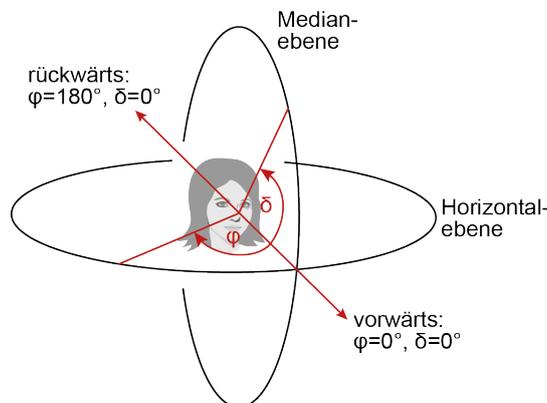


Abbildung 45: Kopfbezogenes Koordinatensystem

Körperschall: Körperschall ist ein Schwingungsvorgang in festen Körpern. Der Schall entsteht durch die mechanische **Anregung** eines Körpers und durchläuft diesen als Körperschall. Reiner Körperschall kann vom Menschen nicht gehört, aber körperlich wahrgenommen werden. Bei der Umwandlung von Körperschall in Luftschall wird Körperschallenergie teilweise an der Oberfläche durch Vibration der Struktur als Luftschall abgegeben.

Kunstkopf: Ein Kunstkopf dient der **binauralen** Geräuschaufzeichnung. Er besteht aus einer Kopfnachbildung, in deren Ohren jeweils ein **Mikrofon** platziert ist (meist am Eingang des Gehörgangs). Die aktuellen Kunstkopfmodellen von HEAD acoustics besitzen eine vereinfachte äußere Geometrie. Diese Geometrie verändert das Schallfeld so wie ein Mensch mit durchschnittlicher äußerer Geometrie.



Abbildung 46: Kunstkopf HMS IV

Lautheit: Die [psychoakustische](#) Lautheit ist die Empfindungsgröße des menschlichen Lautstärkeempfindens. Mithilfe dieser Größe soll das menschliche Empfinden der Lautstärke von akustischen Signalen auf einer linearen Skala abgebildet werden, so dass ein doppelt so laut empfundener Ton einen doppelt so hohen Lautheitswert aufweist. Die Einheit der Lautheit ist *son*e (von sonare, lateinisch: klingen). Ein Sinuston der [Frequenz](#) 1 kHz mit einem [Schalldruckpegel](#) von 40 dB hat per Definition eine Lautheit von 1 *son*e. Die spezifische Lautheit zeigt die Verteilung der Lautheit über den [Frequenzgruppen](#).

Die Lautheit ist in verschiedenen Normen standardisiert (DIN 45631/A1, ISO 532-1, ISO 532-2, ISO 532-3 und ANSI S3.4 2007).

Lautstärkepegel: Das Lautstärkeempfinden des menschlichen Gehörs ist frequenzabhängig. Zu hohen bzw. niedrigen [Frequenzen](#) sinkt die Empfindlichkeit des Gehörs. Daher rufen Schallereignisse mit gleichem [Schalldruckpegel](#) aber unterschiedlicher Frequenz beim Menschen nicht immer die gleiche Lautstärkeempfindung hervor. Der Lautstärkepegel mit der Einheit *phon* ist ein Vergleichsmaß. Er gibt an, welchen Schalldruckpegel in dB(SPL) ein 1-kHz-Sinuston haben müsste, um eine vergleichbare Lautstärkeempfindung hervorzurufen wie das zu bewertende Schallereignis. Bei einem Sinuston mit einer Frequenz von 1 kHz entspricht der Schalldruckpegel in dB immer dem Lautstärkepegel in *phon*. Sinustöne mit anderen Frequenzen und Geräusche benötigen andere Schalldruckpegel, um den gleichen Lautstärkeindruck wie ein 1-kHz-Sinuston hervorzurufen.

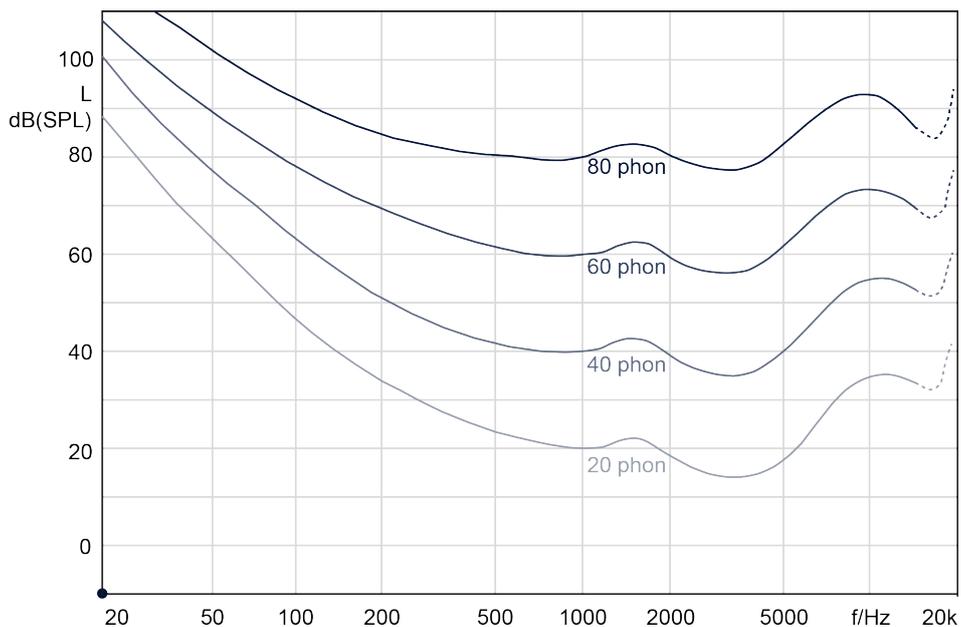


Abbildung 47: Kurven vergleichbarer Lautstärkeempfindung nach ISO 226:2003

Beispiele: Ein 1-kHz-Sinuston mit 80 dB Schalldruckpegel besitzt einen Lautstärkepegel von 80 *phon*. Ein 50-Hz-Sinuston, der genauso laut wahrgenommen wird wie ein 1-kHz-Sinuston mit 80 dB, muss mit einem deutlich höheren Schalldruckpegel wiedergegeben werden (über 100 dB); erst dann wird der 50-Hz-Ton genauso laut empfunden wie der 1-kHz-Sinuston mit 80 dB. Der so im Pegel angehobene 50-Hz-Ton besitzt einen Lautstärkepegel von 80 *phon*.

Leakage (auch Leck-Effekt): Der Leakage-Effekt tritt auf, wenn die Blocklänge der [FFT](#) nicht einem ganzzahligen Vielfachen der untersuchten Schwingung entspricht. Bei der FFT muss das Zeitsignal in Blöcke zerschnitten werden. Bei der Analyse dieser Blöcke wird eine periodische Fortsetzung des Zeitsignals impliziert, d. h. es wird angenommen, dass das Signal durch Aneinanderreihung des Datenblocks unendlich oft wiederholt werden kann. Dies ist in der Realität aber nur selten der Fall, stattdessen ist der Signalpegel am Anfang und Ende des Signals verschieden. Durch das Aneinanderreihen entstehen mithin Unstetigkeiten. Diese führen im resultierenden Spektrum zu einer Aufweitung der Spektrallinien. Das Ausfließen der Signalenergie zu benachbarten [Frequenzen](#) der Originalfrequenz wird als Leakage oder Leck bezeichnet. Das berechnete Spektrum zeigt daher nicht das tatsächliche Spektrum des ursprünglichen Signals, sondern eine verlaufene Version.

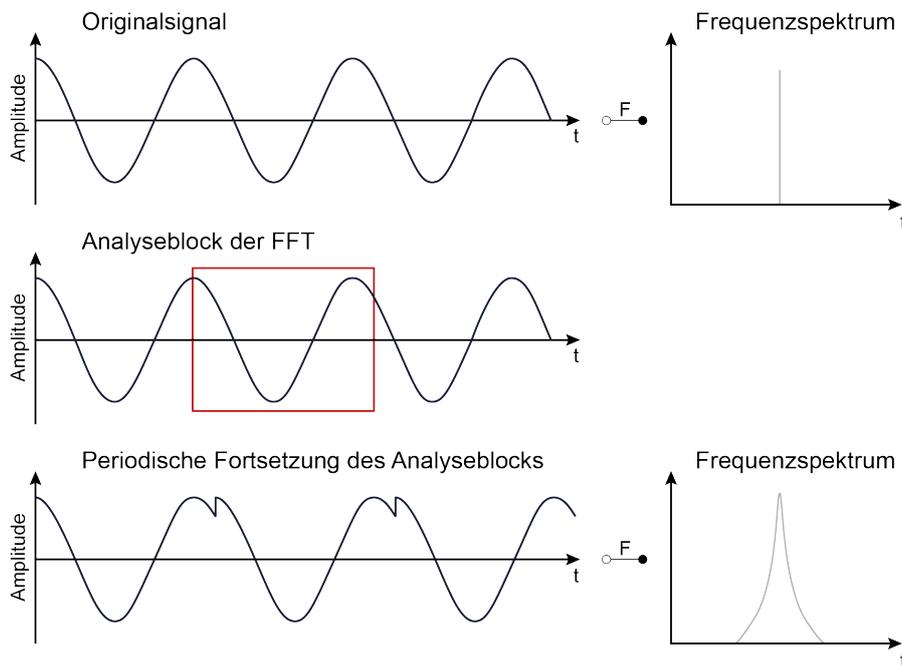


Abbildung 48: Leakage-Effekt

Durch geeignete Fensterung mit einer [Fensterfunktion](#) kann dieser Effekt jedoch reduziert werden.

LEMO: LEMO ist ein Hersteller von speziellen Steckverbindungen und entsprechenden Kabeln. LEMO-Stecker besitzen ein Verbindungssystem mit einer Selbstverriegelung, die ein unabsichtliches Lösen der Verbindung verhindert. Die Steckverbindungen und Kabel von LEMO sind in unterschiedlichen Größen und Eigenschaften verfügbar. Über ein LEMO-Kabel und entsprechende Steckverbindungen können sowohl Daten als auch Spannungen übertragen werden.

Lokalisation einer Schallquelle: Bei der Lokalisation einer Schallquelle wird deren Richtung und Entfernung (jeweils bezogen auf den Hörer) bestimmt. Die Schallquellen in seiner Umgebung kann der Mensch mithilfe des [binauralen Hörens](#) lokalisieren.

Luftschall: Luftschall ist der Schall, der sich über die Luft ausbreitet. Eine schwingende, von Luft umgebene Schallquelle regt benachbarte Luftmoleküle an, diese geraten dadurch in Schwingungen und regen wiederum benachbarte Luftmoleküle an. Die Schwingungen setzen sich so als longitudinale Wellen in der Luft fort. Das menschliche Gehör kann Luftschall mit einer [Frequenz](#) von etwa 20 Hz bis 20 kHz wahrnehmen.

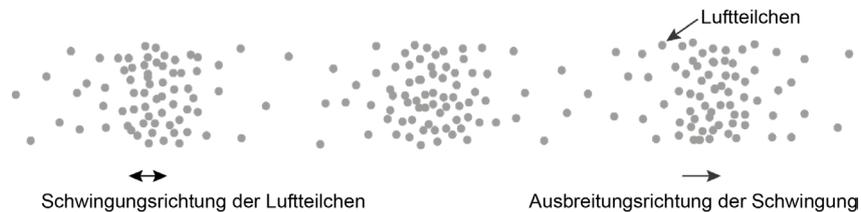


Abbildung 49: Ausbreitung von Luftschall

Maskierung: siehe [Verdeckung](#)

Masseschleife (auch Erdschleife oder Brummschleife): Masseschleifen treten auf, wenn die Erdung von verbundenen Geräten an unterschiedlichen Massepfaden erfolgt. Bei einer Spannungsdifferenz im Erdpotential wird ein Stromfluss verursacht, was eine Störspannung bewirkt. Im Wechselspannungsnetz enthält diese Störspannung die Netzfrequenz (50 Hz oder 60 Hz) und einen mehr oder weniger hohen Anteil an deren [Harmonischen](#). Masseschleifen können vermieden werden, indem alle Geräte an dem gleichen Potentialausgleichspfad angeschlossen werden.

Medianebene: siehe [Kopfbezogenes Koordinatensystem](#)

Messbereich: Der Messbereich eines Aufnahmegeräts bestimmt den Wertebereich, in dem die durch den [Sensor](#) übermittelten Werte korrekt aufgezeichnet werden. Stehen mehrere Messbereiche zur Verfügung, muss ein geeigneter ausgewählt werden:

- **So groß wie nötig:** Der Messbereich muss so groß wie nötig sein, damit das zu erwartende Messsignal und auch möglicherweise auftretende Pegelspitzen [unverzerrt](#) aufgezeichnet werden können.
- **So klein wie möglich:** Andererseits sollte der Messbereich so klein wie möglich gewählt werden, um ein Messsignal mit einem guten [Signal-Rauschabstand](#) zu erhalten. In der Praxis muss also der niedrigste numerische Messbereich eingestellt werden, in dem keine Übersteuerungen auftreten und die Aufnahme den höchsten Signalpegel aufweist.

Mikrofon: Mikrofone sind [Sensoren](#), die die [Schalldruck](#)schwankungen der Luft in elektrische Signale umwandeln. Auf dem Markt werden Mikrofone mit verschiedenen Wandlertypen angeboten. In der Messtechnik üblich sind Kondensator- und Elektretmikrofone.

Kondensatormikrofon: Das Kondensatormikrofon besitzt eine dünne Membran, die elektrisch isoliert vor einer Metallplatte (Gegenelektrode) montiert ist. Diese Anordnung entspricht einem Plattenkondensator mit einer definierten elektrischen Kapazität. Schallwellen versetzen die Membran in Schwingen, wodurch sich der Abstand der Membran und der Metallplatte und somit die Kapazität des Kondensators verändert. Wird der Kondensator über einen hochohmigen Widerstand mit einer Vorspannung aufgeladen, können diese Kapazitätsschwankungen in ein elektrisches Spannungssignal umgewandelt werden. Die Vorspannung wird auch Polarisationsspannung genannt. Um ein Kondensatormikrofon betreiben zu können, wird ein Messgerät benötigt, das eine entsprechende Polarisationsspannung zur Verfügung stellen kann.

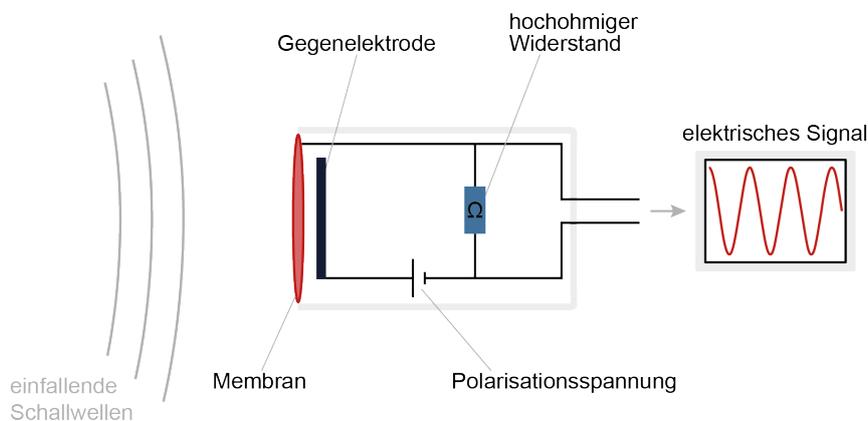


Abbildung 50: Schematischer Aufbau eines Kondensatormikrofons

Elektretmikrofon: Das Elektretmikrofon ist ein spezielles Kondensatormikrofon mit einer auf der Gegenelektrode aufgetragene Elektretschicht. Diese weist eine konstante, elektrische Ladung auf, die die Spannung für die Polarisation liefert. Ein Elektretmikrofon benötigt daher keine externe Polarisationsspannung.

MEMS-Mikrofon: MEMS-Mikrofone (Micro Electro Mechanical System) sind sehr kleine Mikrofone, die auf elektronischen Platinen eingesetzt werden. Die Vorteile der MEMS-Mikrofone liegen vor allem in den kleinen Abmessungen, der geringen Leistungsaufnahme und der kostengünstigen Produktion. MEMS-Mikrofone werden daher z. B. in Verbindung mit Mobiltelefonen oder in [Mikrofon-Arrays](#) eingesetzt.

Mikrofon-Array: Ein Mikrofon-Array besteht aus einer Vielzahl von [Mikrofonen](#), die in einem definierten Muster zueinander angeordnet sind. Es werden zweidimensionale Arrays angeboten, wie Spiral-Arrays und Ring-Arrays oder Arrays mit zufallsverteilten Mikrofonen, und auch dreidimensionale Arrays sind möglich, z. B. Kugel-Arrays.

Mikrofon-Arrays können beim [Beamforming](#) eingesetzt werden. Die Größe und der Aufbau eines Arrays haben unmittelbaren Einfluss auf den [Frequenz](#)bereich beim Beamforming. Je größer das Array (bzgl. des Abstands der Mikrofone), desto niedriger ist die untere Grenzfrequenz und je kleiner der Abstand zwischen den Mikrofonen ist, umso höher liegt die obere Grenzfrequenz.



Abbildung 51: Spiral-Array

Mittelung: Die Mittelung dient der Bestimmung eines Mittelwerts einer definierten Zahlenmenge. Die Berechnung des Mittelwerts kann auf unterschiedliche Art erfolgen. Die bekannteste Methode zur Berechnung eines Mittelwertes ist die **arithmetische Mittelung**, für die alle Werte der Zahlenmenge aufsummiert und durch die Anzahl der Werte geteilt werden: $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$.

Bei der Mittelung von [Schalldruckpegel](#) darf die arithmetische Mittelung nicht direkt angewendet werden, da der Schalldruckpegel eine logarithmierte Verhältnisgröße ist. Die Schalldruckpegel müssen zuerst wieder in [Schalldrücke](#) umgewandelt werden, die dann arithmetisch gemittelt und erneut zu einem Schalldruckpegel umgerechnet werden. Diese Art der Mittelung wird auch **energetische Mittelung** genannt.

Weitere Mittelwertbildungen sind:

Quadratische Mittelung (auch RMS, engl. root mean square): Für die quadratische Mittelung werden die Quadrate aller Werte aufsummiert und durch ihre Anzahl geteilt. Anschließend wird für diesen Wert die Quadratwurzel berechnet: $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2}$. Der quadratische Mittelwert bewertet die größeren Zahlen der Zahlenmenge stärker als der arithmetische Mittelwert.

Geometrische Mittelung: Bei der geometrischen Mittelung wird ein Mittelwert mithilfe der n-ten Wurzel aus dem Produkt aller Werte der Zahlenmenge bestimmt: $\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i}$. Das geometrische Mittel ist kleiner oder gleich dem arithmetischen Mittel. Diese Mittelungsart bewertet die größeren Zahlen einer Zahlenmenge weniger stark.

Gleitende Mittelung: Der gleitende Mittelwert wird iterativ für einen definierten Abschnitt berechnet. Dann wird der betrachtete Abschnitt überlappend verschoben, d. h. der erste Wert wird aus dem betrachteten Ausschnitt getilgt, stattdessen der erste Wert nach dem Ausschnitt einbezogen und ein neuer Mittelwert berechnet usw. Die gleitende Mittelung dient z. B. der Glättung von Zeitsignalen. Häufig wird bei der Berechnung des gleitenden Mittelwerts eine zusätzliche Gewichtung verwendet, so wird eine gewichtete Glättung der Datenreihe erreicht.

Exponentielle Mittelung (auch exponentielle Glättung): Die exponentielle Mittelung gewichtet die Datenpunkten eines Zeitsignals exponentiell abnehmend. So fallen jüngere Datenpunkte stärker ins Gewicht als weiter zurückliegende. Durch diese Art der Gewichtung werden starke Ausschläge von einzelnen Datenpunkten immer deutlicher abgeschwächt, je weiter sie zurückliegen.

Mittenfrequenz: Die Mittenfrequenz f_m ist das [geometrische Mittel](#) der unteren (f_u) und oberen Grenzfrequenz (f_o) eines Frequenzbands: $f_m = \sqrt{f_u \cdot f_o}$

Auf einer logarithmischen Frequenzskala befindet sich die Mittenfrequenz auf halber Strecke zwischen den beiden Grenzfrequenzen. Bei einem [Bandpassfilter](#) erreicht die [Übertragungsfunktion](#) bei der Mittenfrequenz ihr Maximum.

Modalanalyse (auch experimentelle Modalanalyse EMA): Die experimentelle Modalanalyse ist eine Methode zur Analyse der dynamischen Eigenschaften von linearen, zeitinvarianten Strukturen.

Dazu werden die modalen Parameter ([Eigenfrequenz](#), [Eigenform](#) und Dämpfung) bestimmt, die wiederum mittels geeigneter Softwareapplikationen aus gemessenen Übertragungsfunktionen berechnet werden können. Zur Bestimmung der Übertragungsfunktionen wird die zu untersuchende Struktur z. B. mit einem [Impulshammer](#) oder einem Shaker angeregt. Die Zeitsignale der anregenden Kraft und die Reaktion des Systems auf die eingebrachte Kraft werden gleichzeitig gemessen und danach ausgewertet.

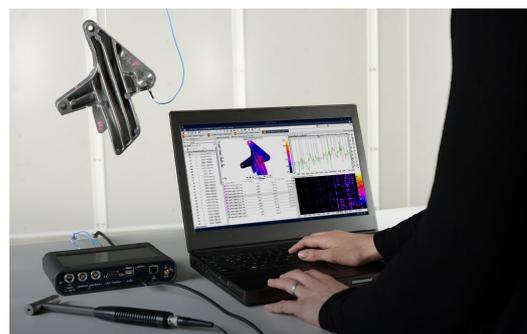


Abbildung 52: Modalanalyse an einer Drehmomentstütze

Modulation: Wird ein Trägersignal mit einem weiteren Signal überlagert spricht man von einem modulierten Signal. Dabei ist die [Frequenz](#) des Modulationssignals typischerweise niedriger als die Trägerfrequenz. Ein Signal kann amplitudenmoduliert oder frequenzmoduliert sein. Ein amplitudenmoduliertes Signal (siehe Abbildung) verändert in Abhängigkeit von der Modulationsfrequenz seine Lautstärke. Der Modulationsgrad bestimmt, wie stark die Amplitude des modulierten Trägersignals beeinflusst wird, also wie groß die Lautstärkeänderungen sind.

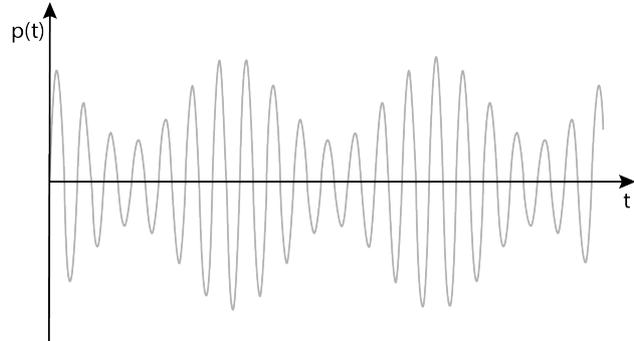


Abbildung 53: Amplitudenmoduliertes Sinussignal

Ein frequenzmoduliertes Signal verändert in Abhängigkeit von der Modulationsfrequenz seine [Tonhöhe](#). Der Frequenzhub, also der

Unterschied zwischen der höchsten und niedrigsten Momentanfrequenz, bestimmt, wie stark die Frequenz des modulierten Trägersignals verändert wird. Beispiele für frequenzmodulierte Signale sind das Vibrato bei Streichinstrumenten und die amerikanische Polizeisirene.

Bei niedrigen Modulationsfrequenzen, d.h. langsamen Änderungen, kann das menschliche Gehör der Änderung folgen und das Geräusch wird als schwankend wahrgenommen (→ [Schwankungsstärke](#)). Steigt die Modulationsfrequenz, kann das menschliche Gehör der Änderungen nicht mehr folgen und das Signal wird als rau wahrgenommen (→ [Rauigkeit](#)). Wird die Modulationsfrequenz weiter erhöht, empfindet das menschliche Gehör die Modulation nicht mehr als rau. Stattdessen wird das Geräusch als stetig wahrgenommen – eventuell mit veränderter Klangfarbe.

Monaural: einohriges Hören

MP3: MP3 ist ein Verfahren zur verlustbehafteten Kompression von Audiodaten. Bei der Umwandlung werden nur die Signalanteile gespeichert, die tatsächlich für den Menschen wahrnehmbar sind. Signalanteile, die z. B. durch andere Anteile [verdeckt](#) und nicht hörbar sind, werden nicht gespeichert. Dies führt zu einer starken Datenreduktion bei einer kaum verringerten, wahrgenommenen Audioqualität. Die Datenreduktion bietet viele Vorteile bei der Speicherung und Übertragung von Audiodateien (weniger Speicherplatz und geringere Datenrate). Obwohl weiterentwickelte Verfahren für die Datenreduktion bei Audiosignalen verfügbar sind, ist MP3 noch sehr verbreitet. Audiodateien, die mit dem MP3-Verfahren komprimiert wurden, tragen die Dateinamen-Erweiterung .mp3.

Nachhall: Nachhall entsteht durch wiederholte [Schallreflexionen](#) in begrenzten Räumen. In Räumen mit wenig absorbierenden Flächen, wie Kirchen oder Schwimmhallen, ist der Nachhall besonders groß. Im Gegensatz dazu wird in Räumen, deren Wände mit schallabsorbierenden Materialien ausgekleidet sind, kein Nachhall erzeugt. In einem Raum mit viel Nachhall ist die Sprachverständlichkeit deutlich beeinträchtigt. Für ein gelungenes Musikerlebnis sollte der Raum allerdings ein gewisses Maß an Nachhall produzieren. Das optimale Maß ist dabei abhängig von der Musikrichtung. Der Nachhall kann über die Nachhallzeit quantifiziert werden. Die **Nachhallzeit T_{60}** ist die Zeit, in der der [Schalldruckpegel](#) nach Verstummen der Schallquelle um 60 dB abnimmt. Die Auswertung der Nachhallzeit und deren [Frequenzabhängigkeit](#) gibt Auskunft, ob sich ein Raum für Sprach- und Musikdarbietungen eignet.

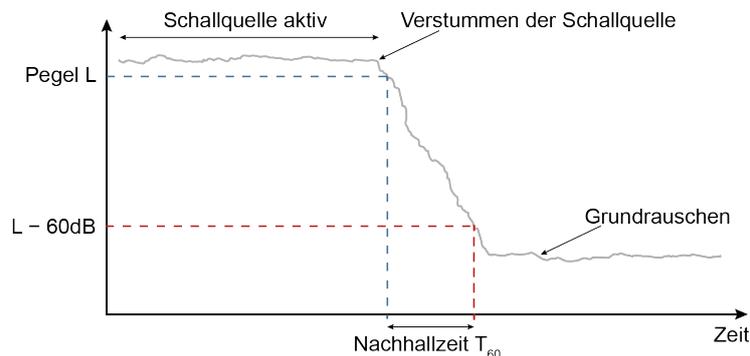


Abbildung 54: Bestimmung der Nachhallzeit

NVH: Die Abkürzung NVH steht für Noise, Vibration, Harshness. NVH ist ein Sammelbegriff für hör- bzw. fühlbare Schwingungen. „Noise“ steht für den hörbaren [Luftschall](#), „Vibration“ für den fühlbaren [Körperschall](#) und „Harshness“ für den Übergangsbereich zwischen 20 Hz und 100 Hz , in dem der Mensch die Schwingungen sowohl hören als auch fühlen kann. Generell beeinflussen die NVH-Eigenschaften eines Produkts den Kunden bei der Beurteilung der Gesamt-Produktqualität. Mit NVH-Maßnahmen werden die Maßnahmen bezeichnet, die der Verbesserung des akustischen Komforts dienen sollen.

OBD-2: OBD steht für On Board Diagnostics und ist ein Fahrzeugdiagnosesystem. Es wurde 1988 durch das California Air Resources Board eingeführt und dient der kontinuierlichen Überwachung aller abgasbeeinflussenden Systeme in Fahrzeugen. Auftretende Fehler werden dem Fahrer durch eine Kontrollleuchte mitgeteilt und können über genormte Schnittstellen ausgelesen werden. Da die übertragenen Größen der Standardisierung unterliegen, sind sie herstellerunabhängig kodiert. Nach der Einführung wurde das OBD-System weiterentwickelt, die zweite Entwicklungsstufe wird OBD-2 genannt. Die Schnittstelle ist eine 16-polige Buchse, die in einem Radius von 1 m um den Fahrersitz zugänglich sein muss. Über spezielle OBD-2-Kabel können die auf der Buchse bereitgestellten Daten ausgelesen werden. Dazu gehören z. B. die aktuelle Motordrehzahl und die Fahrzeuggeschwindigkeit.

Ohrmuschel (auch Pinna): Die Ohrmuschel ist der Teil des menschlichen Ohres, der außen am Kopf liegt. Der äußere Rand der Ohrmuschel wird als Helix bezeichnet, der innere, näher am Gehörgang gelegene Rand als Antihelix. Die Vertiefung der Ohrmuschel vor dem Ohrkanaleingang wird als Cavum conchae bezeichnet.

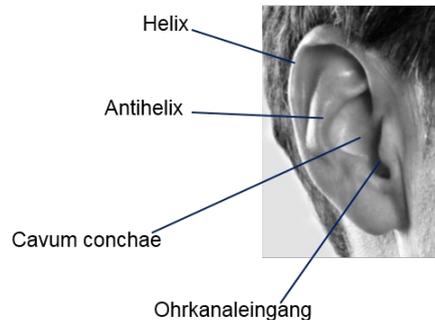


Abbildung 55: Verschiedene Teile der Ohrmuschel

Oktavpegelanalyse (auch Oktavspektrum): Eine Oktave ist ein Frequenzbereich, dessen obere Grenzfrequenz das Doppelte der unteren Grenzfrequenz beträgt. Um ein Oktavspektrum zu berechnen, wird das zu analysierende Signal zunächst durch eine digitale Filterbank aus parallel geschalteten oktavbreiten [Filtern](#) aufgesplittet. Dann wird für jedes Teilsignal der Pegel bestimmt und in Abhängigkeit von der [Mittenfrequenz](#) des jeweiligen Oktavfilters dargestellt.

Terzpegelanalyse (auch 1/3-Oktavanalyse oder Terzspektrum): Für die Bestimmung eines Terzspektrums werden Terzfilter verwendet. Diese Filter unterteilen die Oktavbänder nochmals in drei Teile.

Oktav- bzw. Terzfilter besitzen keine konstante absolute, aber eine konstante relative Bandbreite, d. h. die Mittenfrequenzen der Filter sind auf einer logarithmischen Frequenzskala äquidistant verteilt. Um die menschliche Wahrnehmung nachzubilden, sind die terzbreiten Filter besonders gut geeignet, weil die Breite der Terzfilter oberhalb von 500 Hz ungefähr der Breite der [Frequenzgruppen](#) entspricht.

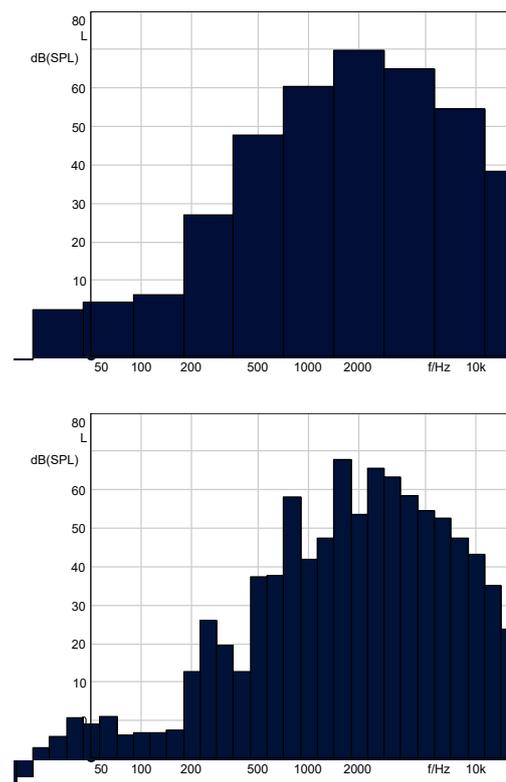


Abbildung 56: Oktavanalyse (oben) und Terzanalyse (unten) desselben Zeitsignals

Ordnungsanalyse: Die Drehzahl des Motors spielt bei der Entwicklung von ordnungsbezogenen Geräuschen die wichtigste Rolle: Bestimmte, je nach Drehwinkel erzeugte Schallemissionen wiederholen sich nach jeder Umdrehung, so dass die dadurch verursachten, periodischen Schwingungen in ihrer Frequenz mit der Umdrehungsfrequenz des Motors, beziehungsweise deren Vielfachen, übereinstimmen. Frequenzen, die der Motordrehzahl oder deren Vielfachen entsprechen, werden als Ordnungen bezeichnet. Die erste Ordnung ist identisch mit der Frequenz der Motordrehzahl, die zweite Ordnung entspricht der Frequenz der ersten Ordnung multipliziert mit dem Faktor 2 usw. Bei der Ordnungsanalyse wird der Pegel oder der Pegelverlauf dieser Ordnungen berechnet.

Eine drehzahlabhängige FFT-Analyse (links) zeigt den Pegelverlauf einer Geräuschdatei in Abhängigkeit von der Drehzahl (x-Achse) als auch in Abhängigkeit von der Frequenz (y-Achse). Das heißt, ein solches Spektrum ermöglicht dem Betrachter, den Pegel für eine bestimmte Drehzahl

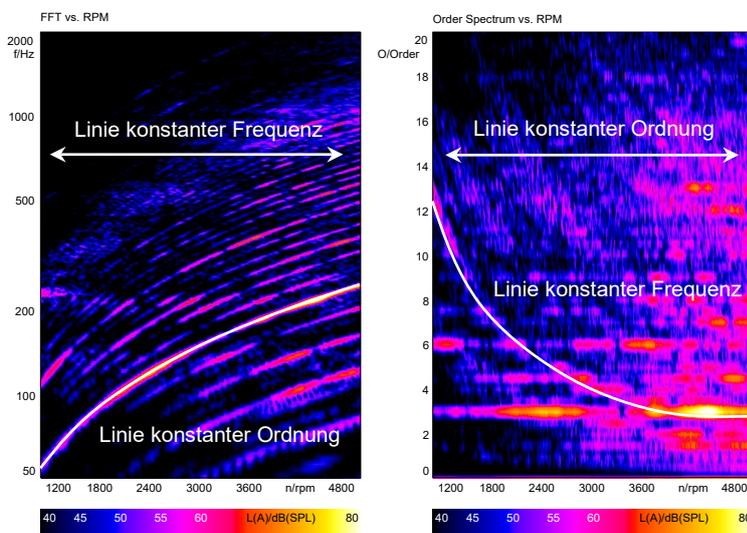


Abbildung 57: Vergleich von FFT- und Ordnungsanalyse

und Frequenz abzulesen. Ein drehzahlabhängiges Ordnungsspektrum (rechts) zeigt ebenfalls die Drehzahl auf der x-Achse. Auf der y-Achse wird aber nicht die Frequenz in Hz dargestellt, sondern die Drehzahlfrequenz und deren Vielfache, d. h. die Ordnungen. Die Frequenzachse wird dazu entsprechend der momentanen Drehzahl verzerrt, so dass die Ordnungen jetzt nicht mehr als Kurven, sondern als gerade Linien im Diagramm dargestellt werden. Das Diagramm zeigt also den Pegel in Abhängigkeit von der Drehzahl und der Ordnung an.

Bei Geräuschen von Drehstrommotoren ergibt sich häufig ein Ordnungsspektrum, das neben den üblichen, proportional zur Drehzahl verlaufenden Ordnungen weitere Frequenzen enthält. Dazu gehören die Schaltfrequenz des Umrichters und Seitenbänder, die diese Frequenz umgeben. Die Frequenzen dieser Seitenbänder werden durch die Drehfeldfrequenz des Drehstrommotors bestimmt. Da sich die Drehfeldfrequenz proportional zur Motordrehzahl ändert, bildet sich bei steigender Drehzahl das dargestellte fächerförmige Muster mit ansteigenden und fallenden Frequenzen, also positive und negative Ordnungen relativ zur Schaltfrequenz des Umrichters (links). Für die vereinfachte Auswertung der Ordnungspegel dieser Geräuschanteile bietet ArtemiS SUITE die Verwendung eines Frequenzversatzes bei der Ordnungsberechnung an (rechts).

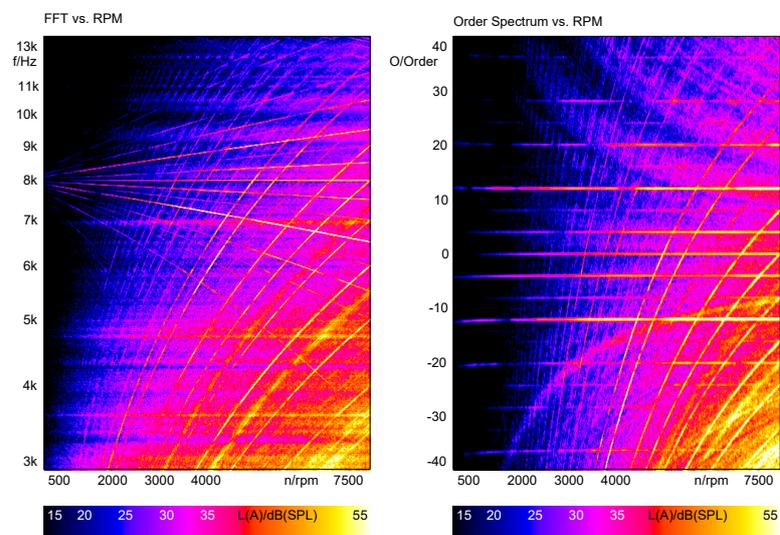


Abbildung 58: Ordnungsfächer eines Elektroantriebs (links), Ordnungsspektrum berechnet mit Frequenzoffset von 8kHz (rechts)

Phase: Mit der Phase wird der Schwingungszustand eines periodischen Signals gekennzeichnet. Die Phase wird in Winkelgrad angegeben. Der Begriff **Phasenlage** bezieht sich auf den Zusammenhang von zwei periodischen Schwingungen: Zwei Schwingungen mit übereinstimmender [Frequenz](#) aber nicht zeitgleich stattfindenden Nulldurchgängen besitzen eine gegeneinander verschobene Phasenlage.

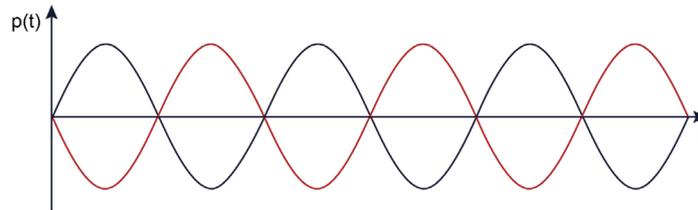


Abbildung 59: Zwei Sinusschwingungen mit um 180° verschobener Phasenlage

Unter der Phasengeschwindigkeit versteht man die Geschwindigkeit, mit der sich eine bestimmte Schwingungsphase fortpflanzt.

Psychoakustik: Die Psychoakustik untersucht den Zusammenhang zwischen den physikalischen Größen eines Schallereignisses und dem hervorgerufenen [Hörereignis](#). Dazu werden physikalische Größen wie [Schalldruckpegel](#), [Frequenz](#) und [Modulationsgrad](#) auf [gehörgerechte](#) Parameter abgebildet. Im Gegensatz zu den physikalischen Größen sollen diese psychoakustischen Parameter die menschliche Empfindung linear abbilden. Das heißt, eine Verdoppelung der psychoakustischen Größe entspricht einer Verdoppelung der entsprechenden Hörempfindung. Dies erleichtert die Interpretation der Analyseergebnisse in Bezug auf die Wirkung auf das menschliche Gehör. Zu den psychoakustischen Größen gehören die [Lautheit](#), die [Schärfe](#), die [Rauigkeit](#), die [Schwankungsstärke](#) und die [Tonhaltigkeit](#).

Quantisierung: Die Quantisierung dient zusammen mit der Abtastung der Digitalisierung eines [analogen Signals](#). Durch die Abtastung des analogen Signals mit einer definierten äquidistanten [Abtastrate](#) erfolgt die Umwandlung in ein zeitdiskretes Signal; durch die Quantisierung mit einer definierten äquidistanten [Auflösung](#) erfolgt die Umwandlung in ein wertediskretes Signal. Durch die Quantisierung hervorgerufene Unterschiede zwischen dem analogen Originalsignal und dem resultierenden [Digitalsignal](#) erzeugen unerwünschte Störsignale. Diese werden als Quantisierungsrauschen bezeichnet. Das Quantisierungsrauschen kann durch eine hohe Abtastrate und eine hohe Auflösung reduziert werden.

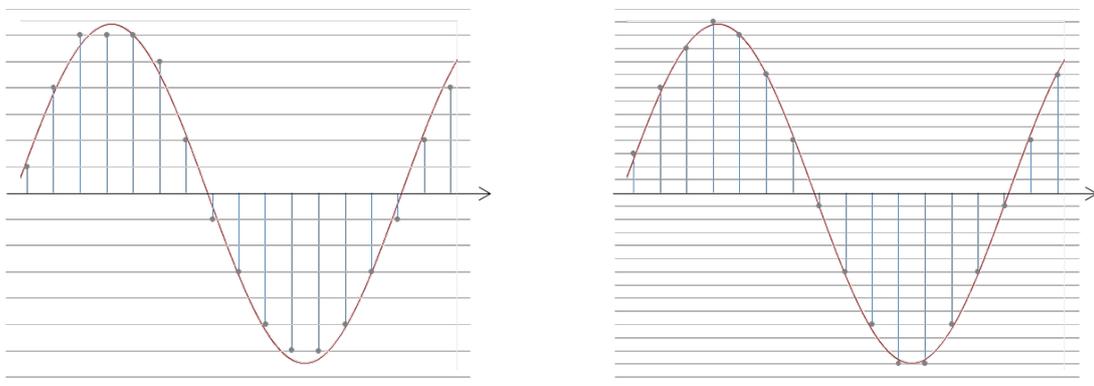


Abbildung 60: Quantisierung eines Analoignals mit niedrigerer Auflösung (links) und höherer Auflösung (rechts)

Rauigkeit: Die Rauigkeit ist ein [psychoakustischer](#) Parameter, der bei frequenz- und amplitudenmodulierten Signalen wahrgenommen wird, wenn die [Modulationsfrequenz](#) zwischen 20 und 300 Hz liegt. Die Einheit der Rauigkeit ist *asper* (lateinisch: rau). Einem Sinuston von 1 kHz mit einem Pegel von 60 dB, der mit einer Modulationsfrequenz von 70 Hz und einem Modulationsgrad von 1 amplitudenmoduliert ist, wird die Rauigkeit 1 *asper* zugeschrieben. Mit ansteigender Rauigkeit werden Immissionsgeräusche als zunehmend aggressiv und lästig empfunden.

Rauschen: Bei Rauschen handelt es sich um ein Geräusch, das aus einer Überlagerung vieler [Schallwellen](#) mit unterschiedlicher Amplitude und [Frequenz](#) besteht. Bei der Messung oder Übertragung von Schall auftretendes Rauschen ist in den meisten Fällen unerwünscht und wird als ein Störgeräusch betrachtet. Es gibt allerdings auch Anwendung, in denen Rauschsignale gezielt eingesetzt werden (z. B. bei der Bestimmung von [Übertragungsfunktionen](#)).

Weißes Rauschen: Weißes Rauschen entsteht bei stochastischen Prozessen. Es besitzt eine frequenzunabhängige spektrale Leistungsdichte, d. h. der Pegel ist über den gesamten Frequenzbereich konstant. Trotz der gleichverteilten Energie wird weißes Rauschen vom Menschen als ein stark höhenbetontes Geräusch wahrgenommen.

Bei einer Analyse mit konstant verteilten Frequenzstützstellen (z. B. [FFT](#)) verläuft die Pegelkurve einen frequenzunabhängig. Bei einer Analyse, deren Bandbreite in Hz zu hohen [Frequenzen](#) hin zunimmt (z. B. [Terzspektrum](#)), steigt die Pegelkurve zu hohen Frequenzen hin an.

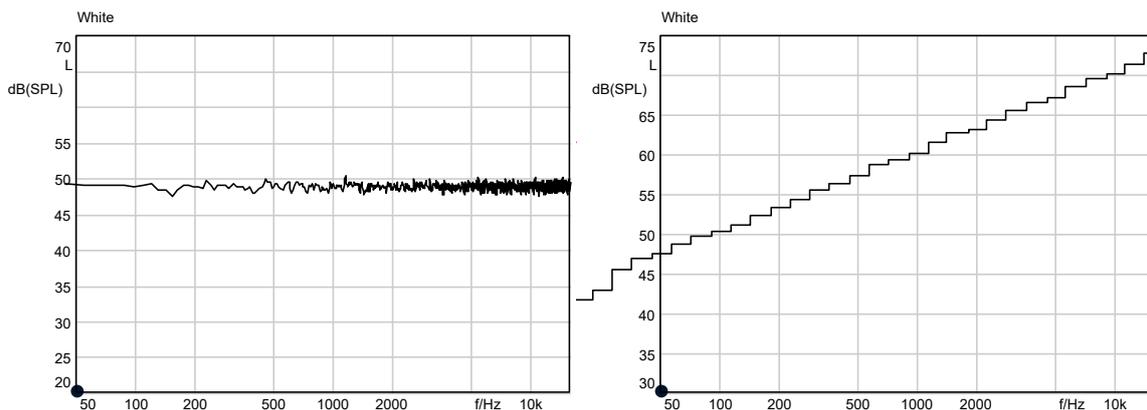


Abbildung 61: Weißes Rauschen, links FFT-Analyse, rechts: Terzpegelanalyse

Pseudozufallsrauschen: Mit Pseudozufallsrauschen kann das Spektrum von weißem Rauschen approximiert werden. Am Computer mithilfe von deterministischen Zufallsgeneratoren erzeugtes Rauschen ist nicht wirklich zufällig. Man spricht daher von Pseudozufallsrauschen, da es aus deterministischen Gesetzmäßigkeiten entstanden ist.

Rosa Rauschen (auch 1/f-Rauschen): Rosa Rauschen ist ein Rauschen, dessen Amplitude mit steigender [Frequenz](#) mit 3 dB pro [Oktave](#) abnimmt, anders ausgedrückt rosa Rauschen besitzt die selbe Energie pro konstanter relativer Bandbreite. Bei einer Analyse mit konstant verteilten Analysestützstellen (z. B. [FFT](#)) fällt die Kurve daher zu hohen Frequenzen hin ab. Bei einer Analyse, die keine konstante absolute, aber eine konstante relative Bandbreite besitzt (z. B. [Terzspektrum](#)), ergibt sich approximativ ein frequenzunabhängiger Kurvenverlauf (die gleiche Leistung in jedem Filterband). Der Abfall der Leistung des rosa Rauschens zu hohen Frequenzen hin wird durch die breiter werdenden [Filter](#) (in Hz) der Terzpegelanalyse kompensiert.

Rosa Rauschen wird vom Menschen als ein Geräusch wahrgenommen, bei dem alle Frequenzbereiche als etwa gleich laut empfunden werden.

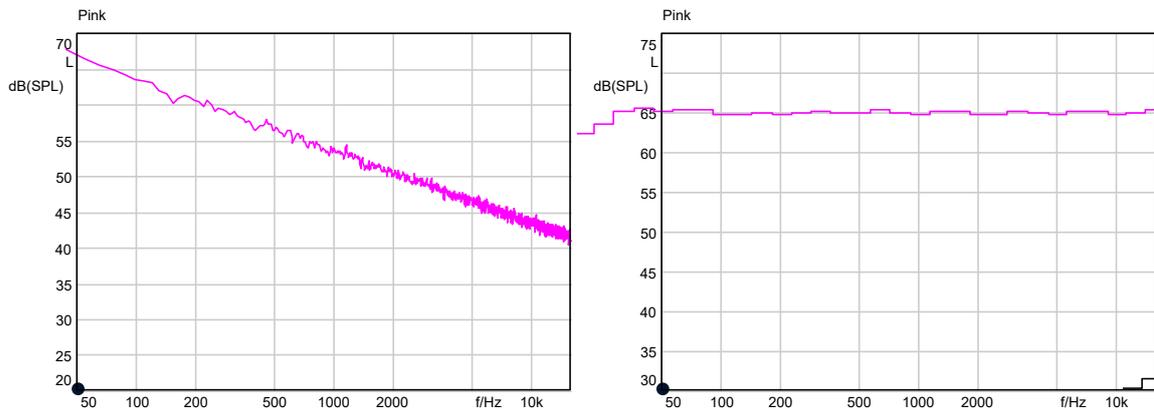


Abbildung 62: Rosa Rauschen, links FFT-Analyse, rechts: Terzpegelanalyse

Gleichmäßig verdeckendes Rauschen: Das gleichmäßig verdeckende Rauschen ist ein breitbandiges Rauschen, das bei normalhörenden Personen eine frequenzunabhängige [Mithörschwelle](#) erzeugt. Dieses Rauschen wird z. B. für [psychoakustische Hörversuchen](#) zur Untersuchung von [Verdeckungseffekten](#) verwendet.

Reflexion von Schallwellen: [Schallwellen](#) breiten sich von der Schallquelle aus, bis sie auf ein Hindernis treffen, z. B. eine Wand. Je nach Beschaffenheit dieses Hindernisses wird ein Teil der Schallenergie durch das Hindernis zurückgeworfen, ähnlich wie bei der Reflexion eines Lichtstrahls, der auf einen Spiegel fällt. Der Einfallswinkel einer Welle ist immer gleich dem Reflexionswinkel.

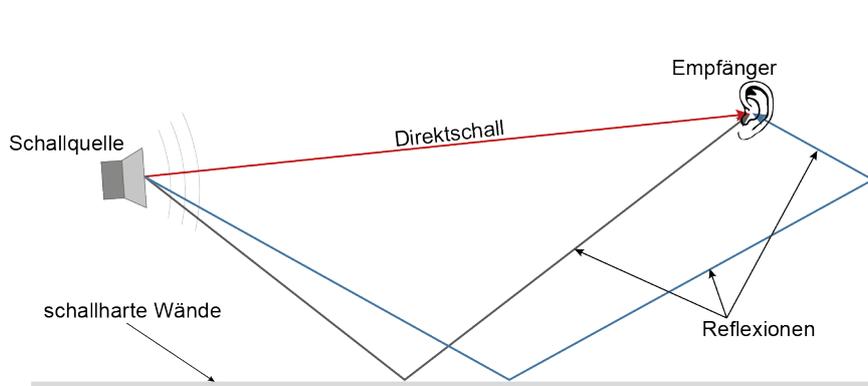


Abbildung 63: Reflexion von Schallwellen

Reflexionsarmer Raum: Ein reflexionsarmer Raum ist ein Raum, dessen Wandbekleidung so ausgelegt ist, dass störende [Reflexionen](#) erst bei Wellenlänge auftreten, die gleich oder länger als eine bestimmte [Wellenlänge](#) sind. Die Schallreflexionen werden dazu durch Verkleidung der Wände mit [schallabsorbierenden](#) Materialien reduziert. Diese Materialien wandeln die Schallenergie des auftreffenden Schalls in Wärmeenergie um. Da die Wände, die Decke und der Boden den Schall nicht reflektieren, entspricht das [Schallfeld](#) im reflexionsarmen Raum einem Freifeld. Aus diesem Grund wird ein reflexionsarmer Raum auch als Freifeldraum bezeichnet.

Resonanz: Wird ein schwingfähiges System nahe seiner [Eigenfrequenz](#) bzw. einem ganzzahligen Vielfachen davon angeregt, erreicht die Amplitude der erzwungenen Schwingung ein Maximum. Dies wird als Resonanz bezeichnet.

Resonanz tritt zum Beispiel auf, wenn Schall im Frequenzbereich von 2 kHz bis 4 kHz auf das menschliche Ohr trifft. Die Eigenverstärkung des eintreffenden Schalls durch den Gehörgang kann bis zu 20 dB betragen.

RJ45-Steckverbindung (auch Westernstecker): Die RJ45-Steckverbindung wird für die Datenübertragung in Netzwerken eingesetzt. Der RJ45-Stecker verfügt über acht Steckkontakte.



Abbildung 64: RJ45-Stecker

Schallabsorption: Schallabsorption vermindert Schallenergie, z. B. durch Umwandlung in Wärme. Schallabsorbierende Materialien werden unter anderem eingesetzt, um [Schallreflexionen](#) zu vermindern und so den [Nachhall](#) in Räumen zu reduzieren. Die schallabsorbierenden Eigenschaften eines Materials werden durch den frequenzabhängigen **Schallabsorptionsgrad** quantitativ beschrieben.

Schalldruck: Der Schalldruck \tilde{p} beschreibt die Druckschwankung in einem Schallübertragungsmedium. Er ist eine Wechselgröße, die um den statischen Druck des umgebenden Mediums (z. B. Luftdruck) oszilliert. Der Schalldruck ist gewöhnlich sehr viel kleiner als der statische Luftdruck.

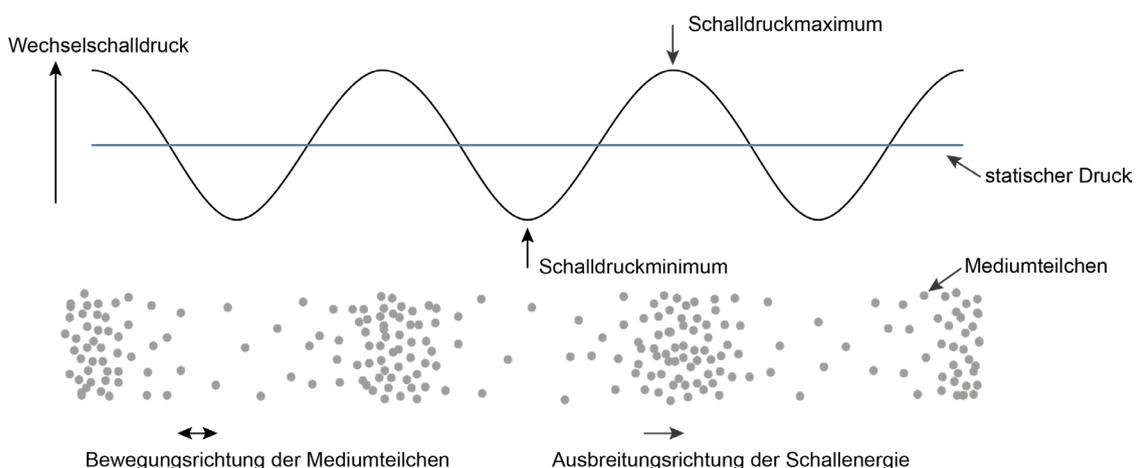


Abbildung 65: Entstehung von Wechselschalldruck

Die Einheit des Schalldrucks ist Pascal mit dem Einheitenzeichen Pa. Der Schalldruck ist eine skalare, also eine ungerichtete Größe. Der Schalldruck einer Kugelschallwelle nimmt mit wachsendem Abstand r zur Schallquelle mit $1/r$ ab. Der Schalldruck einer Kugelschallwelle halbiert sich somit bei einer Verdoppelung des Abstands.

Schalldruckpegel (engl. sound pressure level, SPL):

Die [Schalldrücke](#), die vom menschlichen Gehör wahrgenommen werden können, erstrecken sich über einen sehr großen Wertebereich. Zwischen der [Hörschwelle](#) und der [Schmerzschwelle](#) liegen mehrere Zehnerpotenzen. Um diesen großen Bereich besser handhaben zu können, wird die logarithmische Darstellung bevorzugt. Aus dem Schalldruck \tilde{p} wird daher der logarithmische Schalldruckpegel L bestimmt:

$$L = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{\tilde{p}}{p_0} \right) \text{ mit } p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

Der Schalldruckpegel wird in der Einheit [Dezibel](#) mit dem Einheitenzeichen dB angegeben. Der Referenzwert beträgt 0 dB für einen 1-kHz-Sinuston. Dies entspricht einem [Schalldruck](#) von $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$. Eine Verdoppelung der Amplitude des Schalldrucks führt zu einem Anstieg beim Schalldruckpegel von 6 dB.

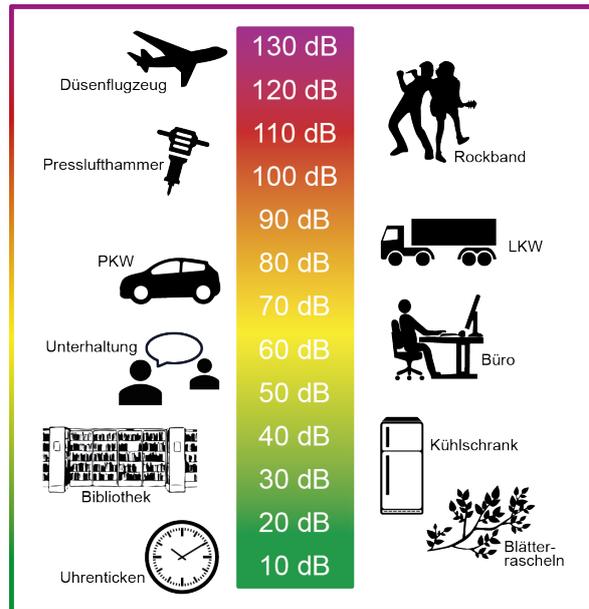


Abbildung 66: Dezibel-Skala für Schalldruckpegel¹

¹ Die angegebenen Schalldruckpegel sind nur Richtwerte. Der tatsächliche Schalldruck, der das Ohr erreicht, ist nicht nur abhängig von der Schallquelle, sondern auch von der Entfernung zum Empfänger!

Bewerteter Schalldruckpegel: Das menschliche Ohr empfindet Töne mit gleichem Schalldruck aber unterschiedlichen [Tonhöhen](#) unterschiedlich laut. Dieser frequenzabhängige Empfindlichkeitsverlauf des menschlichen Ohrs kann durch Bewertungsfilter nachgebildet werden. In der Praxis sowie in Gesetzen und Verordnungen, z. B. zum Lärmschutz, wird fast ausschließlich die A-Bewertungskurve verwendet. Obwohl sie ursprünglich nur für leise Geräusche vorgesehen war, wird die A-Bewertung inzwischen auch für lautere Geräusche verwendet. Bei hohen Schalldruckpegeln und zur stärkeren Berücksichtigung tieffrequenter Geräuschanteile kommt auch die C-Bewertung zum Einsatz. Eine bewertete Pegelanalyse, z. B. unter Verwendung des A-Filters, zeigt als Ergebnis dann den A-bewerteten Schalldruckpegel.

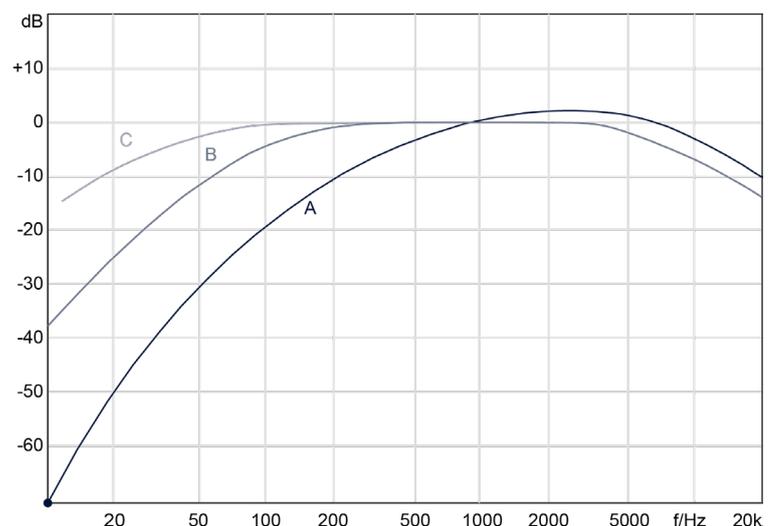


Abbildung 67: Bewertungsfilter

Schallfeld: Ein Bereich, in dem sich [Schallwellen](#) ausbreiten, wird als Schallfeld bezeichnet.

Freifeld: Im Freifeld breitet sich Schall ungestört ohne [Reflexionen](#) und [Beugung](#) aus. Der empfangene Schalldruck wird allein durch den [Direktschall](#) einer Schallquelle bestimmt. In der Regel wird das Freifeld durch einen [reflexionsarmen Raum](#) realisiert. Messungen im Freifeld ermöglichen es, die Eigenschaften einer Schallquelle zu untersuchen, ohne dass störende Einflüsse des Raumes, beispielsweise Reflexionen, das Ergebnis verfälschen.

Diffusfeld: Das Diffusfeld ist ein Schallfeld mit statistisch gleich wahrscheinlichem Schalleinfall aus allen Richtungen. In einem idealen Diffusfeld herrscht an jedem Ort derselbe [Schalldruck](#) mit Ausnahme des Bereiches direkt um die Schallquelle und direkt vor den Wänden. Ein Diffusfeld kann in [Hallräumen](#) erzeugt werden. In diesen Räumen wird ein großer Anteil der Schallwellen reflektiert, so dass sich die Schallenergie gleichmäßig im Raum verteilt.

Die Begriffe Freifeld und Diffusfeld beschreiben die akustischen Eigenschaften eines Raumes bzw. einer Umgebung. Diese Eigenschaften sind abhängig vom jeweiligen Raum aber nicht von der Schallquelle.

Schallintensität: Die Schallintensität ist die Schallenergie, die pro Zeiteinheit durch ein Flächenelement hindurchtritt. Sie ergibt sich aus dem Produkt von [Schalldruck](#) und [Schallschnelle](#). Die Schallintensität ist also eine vektorielle Größe und besitzt somit sowohl Betrag als auch Richtung. Sie kennzeichnet den Energiefluss in einem [Schallfeld](#). Die Schallintensität einer [Kugelschallwelle](#) nimmt mit wachsendem Abstand r zur Schallquelle mit $1/r^2$ ab. So reduziert sich die Schallintensität bei einer Verdoppelung des Abstands durch die Vervierfachung der Kugeloberfläche auf ein Viertel des ursprünglichen Wertes.

Die Einheit der Schallintensität ist *Watt pro Fläche* (W/m^2). Gebräuchlich ist

auch die Angabe des Schallintensitätspegels in *dB*: $L_I = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$ mit $I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$

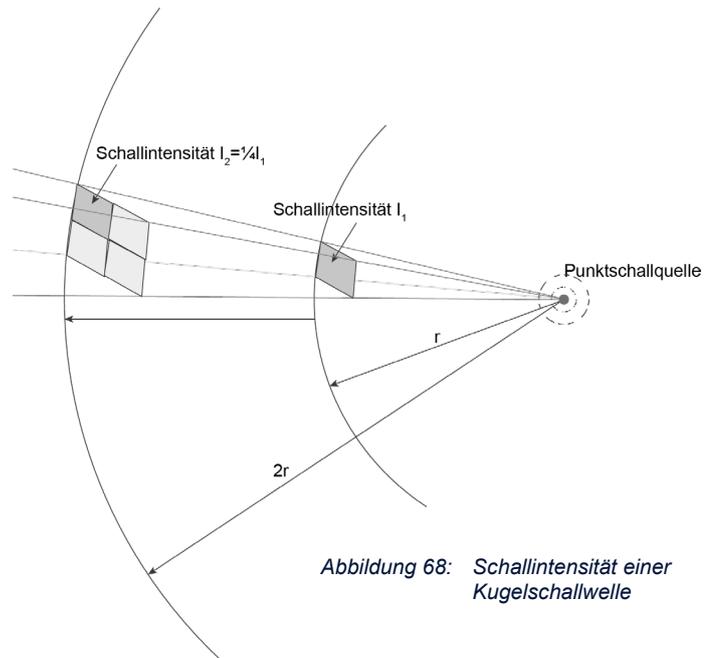


Abbildung 68: Schallintensität einer Kugelschallwelle

Schallintensitätssonde: Schallintensitätssonden dienen der Messung der [Schallintensität](#), wobei die Schallintensität nur indirekt durch die gleichzeitige Messung von [Schalldruck](#) p und [Schallschnelle](#) u bestimmt werden kann. Um diese beiden Größen zu bestimmen, stehen zwei Sondentypen zur Verfügung: PU-Sonden und PP-Sonden. Die PP-Sonden, auch Druckgradienten-Sonden genannt, messen mittels zweier dicht nebeneinander montierter [Mikrofone](#) den Schalldruck p an zwei verschiedenen Stellen im [Schallfeld](#). Durch lineare Näherung kann aus diesen beiden Schalldruckwerten der Druckgradient bestimmt werden. Aus dem wiederum durch Integration die Schallschnelle berechnet wird. Die weniger üblichen PU-Sonden messen die Schallschnelle u direkt. Der [Schnellesensor](#) besteht aus zwei dicht nebeneinander liegenden, erhitzten Drähten. Die durch die Schallschnelle verursachte Temperaturdifferenz an diesen Drähten verbunden mit einer Veränderung des elektrischen Widerstandes liefert ein Messsignal proportional zur Schallschnelle. Zum Messen des Schalldrucks p ist in die PU-Sonde außerdem ein Mikrofon eingebaut.

Schalleistung: Die Schalleistung kennzeichnet die Energie, die eine Schallquelle pro Zeiteinheit abgibt. Die Schalleistung beschreibt somit die Quellstärke einer Schallquelle und nicht das [Schallfeld](#). Im Gegensatz zum [Schalldruck](#) und der [Schallintensität](#) ist die Schalleistung einer Schallquelle unabhängig von der Entfernung zur Quelle. Die Einheit der Schalleistung ist *Watt (W)*. Gebräuchlich ist auch die Angabe des Schalleistungspegels in [dB](#): $L_P = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)$ mit $P_0 = 10^{-12} W$

Schallwelle: Schall verbreitet sich in einem Medium als Welle aus Druckschwankungen, die durch die Schwingungen der Mediumteilchen entstehen. Die schwingenden Teilchen des Schallübertragungsmediums, z. B. Luft, wandern bei der Schallausbreitung nicht weiter, sie führen nur eine Schwingungsbewegung um ihre Ruhelage aus. Mit der Welle wird lediglich die Energie des Schalls weitergetragen. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Ausbreitung der Energie vollzieht, ist die **Schallgeschwindigkeit**. In Luft bei 20 °C beträgt die Schallgeschwindigkeit 343 m/s. Die Geschwindigkeit, mit der die Mediumteilchen um ihre Ruhelage schwingen, wird als **Schallschnelle** bezeichnet, sie entspricht nicht der Schallgeschwindigkeit.

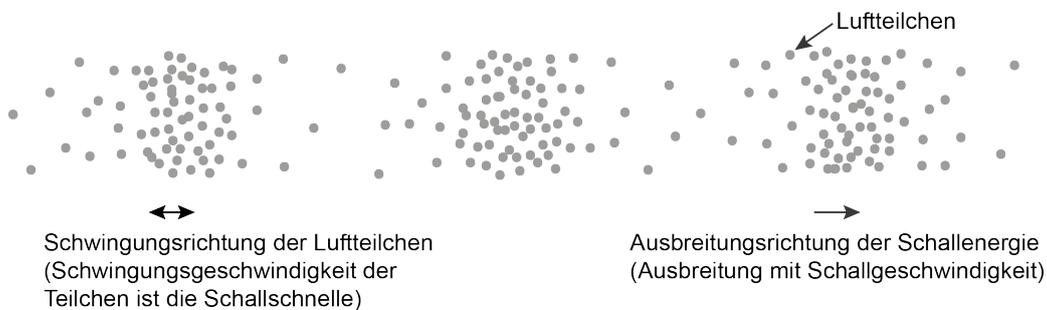


Abbildung 69: Ausbreitung einer longitudinalen Schallwelle im Medium Luft

In Gasen und Flüssigkeiten breitet sich Schall als Longitudinalwelle aus, die Schwingungsrichtung der Mediumteilchen ist dabei identisch zur Ausbreitungsrichtung des Schalls. In Festkörpern treten neben den Longitudinalwellen auch Transversalwellen auf. Bei Transversalwellen schwingen die Teilchen quer zur Ausbreitungsrichtung.

Schallwellen können [reflektiert](#), [gebeugt](#) und [absorbiert](#) werden.

Ebene Welle: Im ebenen [Schallfeld](#) breitet sich der Schall in Form von ebenen Wellen nur in einer Raumrichtung aus. Ebene Schallwellen sind dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenfronten Ebenen sind, die senkrecht zur Ausbreitungsrichtung liegen.

Kugelwelle: Im Kugelschallfeld breiten sich die Schallwellen in Form einer Kugel aus. Schreitet die Welle fort, verteilt sich die Energie der Kugelwelle auf eine immer größere Fläche. Daher verringert sich die Schallenergie bezogen auf die Flächeneinheit mit größer werdender Entfernung von der Schallquelle. Im Kugelschallfeld werden Nahfeld und Fernfeld unterschieden. (Nahfeld: Abstand zur Schallquelle ist deutlich kleiner als die [Wellenlänge](#); Fernfeld: Abstand zur Schallquelle ist deutlich größer als die Wellenlänge). Im Nahfeld versetzt die schwingende Oberfläche einer Schallquelle den angrenzenden Teil des Mediums in Schwingungen, das Medium wird sowohl als Ganzes bewegt (Blindleistung), als auch komprimiert und entspannt. Im Fernfeld bildet sich die typische Schallwelle aus, in der die Bewegung des Mediums nur noch zu Kompression und Entspannung führt. Der Übergang zwischen Nah- und Fernfeld erfolgt kontinuierlich. Je weiter sich die Kugelwelle von der Schallquelle entfernt, desto ähnlicher werden Kugelwellen ebenen Wellen.

Schärfe: Die [psychoakustische](#) Schärfe ist eine Empfindungsgröße, die durch hochfrequente Anteile in einem Geräusch verursacht wird. Die Einheit der Schärfe ist *acum* (lateinisch: scharf). Die Schärfe soll die menschliche Empfindung linear abbilden, d. h. eine Verdoppelung des acum-Wertes entspricht einer Verdoppelung der Schärfeempfindung. Der Wert *1 acum* ist einem Schmalbandrauschen bei *1 kHz* mit einer Bandbreite von *160 Hz* ([Frequenzgruppen](#)breite) und einem Pegel von *60 dB* zugeordnet. Die Berechnung der Schärfe ist in der DIN 45692 standardisiert.

Schwankungsstärke: Die Empfindung Schwankungsstärke entsteht durch Signalschwankungen mit sehr geringen [Modulation](#)sfrequenzen. Das Maximum dieser [psychoakustischen](#) Größe liegt bei Modulationsfrequenzen um *4 Hz*. Die Einheit der psychoakustischen Schwankungsstärke ist *vacil* (von *vacillare*, lateinisch: schwanken). Der Wert *1 vacil* wird durch einen 1-kHz-Sinuston mit einem Pegel von *60 dB* und einer Modulationsfrequenz von *4 Hz* erreicht.

Schwebung: Eine Schwebung entsteht bei der Überlagerung zweier Sinusschwingungen, deren [Frequenzen](#) sich nur geringfügig unterscheiden. Durch den kleinen Frequenzunterschied ist die [Phasenlage](#) der beiden Schwingungen nicht konstant. Dies führt dazu, dass sich die Momentanwerte der beiden Schwingungen manchmal verstärken, manchmal abschwächen und so die resultierende Schwingung eine an- und abschwellende Amplitude besitzt. Das menschliche Gehör nimmt nur einen Ton wahr, dessen Lautstärke periodisch zu- und abnimmt.

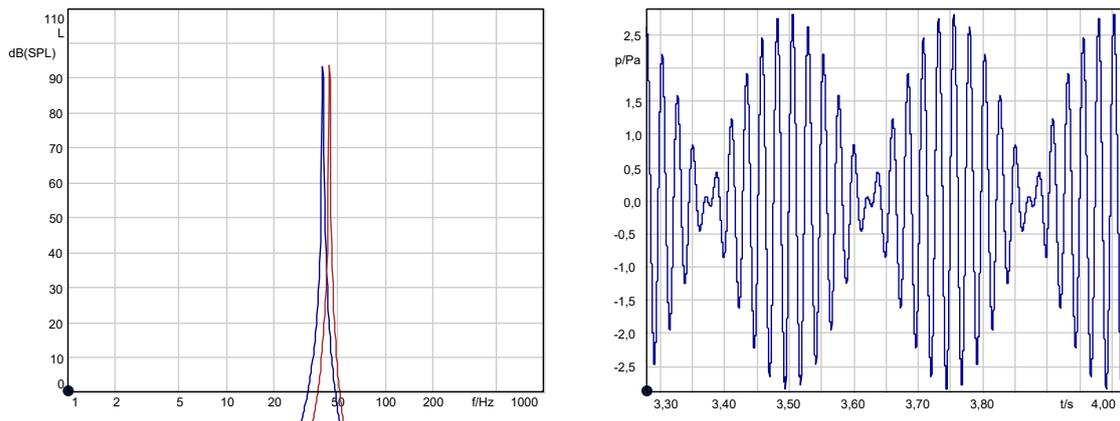


Abbildung 70: Frequenzspektrum zweier Sinustöne mit geringem Frequenzunterschied (links), Zeitsignal der resultierenden Schwingung mit Schwebung (rechts)

Sensor (auch Aufnehmer): Ein Sensor ist ein technisches Bauteil, das eine bestimmte physikalische Größe erfassen und in ein elektrisches Signal umwandeln kann. Beispiele: Das [Mikrofon](#) ist ein Sensor zur Erfassung des [Schalldrucks](#), der [Beschleunigungssensor](#) ist ein Sensor zur Erfassung der Beschleunigung.

Signalart: Zeitsignale lassen sich in verschiedene Signalarten unterteilen. Zur Charakterisierung der Signalart werden verschiedene Begriffe verwendet. Einige sind im Folgenden erläutert:

stationäre Signale: Zeitsignale werden als stationär bezeichnet, wenn sie sich innerhalb der Messdauer nur unwesentlich verändern. So ist zum Beispiel das Geräusch einer Konstantfahrt auf ebener Fahrbahn ein stationäres Signal. Für die Analyse von stationären Signalen können über der Zeit gemittelte Analysefunktionen eingesetzt werden. (z. B. gemittelte [FFT](#)).

instationäre Signale (auch transientes Signal): Ein instationäres Zeitsignal verändert sich während der Messung. Das Geräusch einer Vorbeifahrt ist ein instationäres Signal. Da sich instationäre Signale über der Zeit verändern, sollte für die Analyse solcher Signale eine zeitabhängige Analysefunktion verwendet werden (z. B. FFT über Zeit).

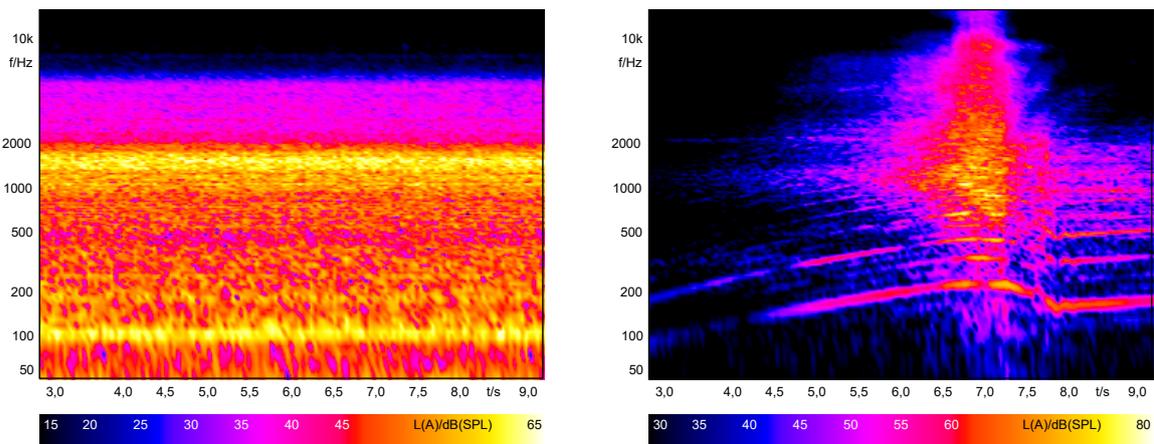


Abbildung 71: Stationäres Signal (Konstantfahrt, links) und instationäres Signal (Vorbeifahrt, rechts)

stochastische Signale: Stochastische Signale besitzen einen stochastischen, zeitlichen Verlauf. Weißes und rosa [Rauschen](#) sind Beispiele für technische, stochastische Signale. Stochastische Geräusche werden häufig durch Strömungen verursacht. Beispiele für stochastische Geräusche, die in der Natur auftreten, sind Wasserrauschen und Windrauschen.

impulshaltige Signale: Signale, die sich innerhalb kurzer Zeit stark verändern, werden impulshaltig genannt. So ist zum Beispiel ein Knall ein impulshaltiges Signal. Ein Beispiel für ein periodisches, impulshaltiges Signal ist das Nagelgeräusch eines Diesel-Verbrennungsmotors.

Signal-Rauschabstand (auch Signal-Rauschverhältnis (S/R), Störabstand oder signal to noise ration, S/N): Der Signal-Rauschabstand charakterisiert die technische Qualität eines Nutzsignals, das durch ein ungewünschtes Signal z.B. [Rauschen](#) gestört ist. Er ist definiert als das Verhältnis der mittleren Leistung des Nutzsignals zur mittleren Rauschleistung. Eine gute Aufnahmequalität ist gewährleistet, wenn der Signal-Rauschabstand ausreichend groß ist und sich das Nutzsignal deutlich vom störenden Rauschsignal abhebt.

Soundscape: Soundscape steht für eine akustische Umgebung, wie sie von einer Person wahrgenommen und erlebt wird. Die Wahrnehmung von Soundscapes und die Reaktionen sind in hohem Maße kontextabhängig. Soundscapes sind ein vielschichtiges Phänomen und können daher nicht mit einer einzigen Zahl beschrieben werden. Um Soundscapes aufzeichnen und analysieren zu können, werden z. B. [Kunstkopf](#)-Aufnahmen benötigt (nach ISO 12913-2).



Soundwalk: Der Soundwalk ist eine empirische Methode, die in-situ durchgeführt wird, d. h. bei einem Spaziergang in einer bestimmten akustischen Umgebung. Beim Soundwalk konzentrieren sich die Teilnehmer auf das Hören. So können kontextsensitive Daten über [Soundscapes](#) erhoben werden.



Spektrum: siehe [Frequenzspektrum](#)

S/PDIF: S/PDIF (Sony/Philips Digital Interface) spezifiziert eine Schnittstelle zur Übertragung von digitalen, mehrkanaligen Audiosignalen. Die Übertragung erfolgt unidirektional. Üblicherweise werden [Cinch-Steckverbindungen](#) und [Koaxialkabel](#) mit einem Wellenwiderstand von 75 Ohm verwendet. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Daten optisch über [TOSLINK](#) zu übertragen.

Stehende Welle: Eine stehende Welle ist eine Welle, deren Schwingungsknoten (Nulldurchgänge) und Schwingungsmaxima immer am selben Ort bleiben. Sie entsteht durch die Überlagerung von zwei gegenläufigen Wellen derselben [Frequenz](#) und Amplitude, also zum Beispiel durch eine Schallwelle und deren gegenläufige [Reflexion](#).

Tonhaltigkeit: Geräusche werden als tonal wahrgenommen, wenn einzelne Töne oder schmalbandiges [Rauschen](#) enthalten sind. Unerwünschte, tonale Geräusche werden als störender empfunden als vergleichbare Geräusche ohne tonale Komponenten. Im Gegensatz dazu kann eine Erhöhung der Tonalität bei erwünschten und angenehmen Geräuschen wie Musik zu einer Verbesserung der [Geräuschqualität](#) führen. Ein 1-kHz-Sinuston mit 40 dB erhält den Wert $1 \text{ } tu_{HMS}$ ((aus dem Englischen: tonality unit according to the Hearing Model of Sottek). Das Berechnungsverfahren für die [psychoakustische](#) Tonhaltigkeit ist z.B. im IT-Akustikstandard ECMA-418-2 beschrieben.

Tonhöhe: In der physikalischen Akustik entspricht die Tonhöhe der [Frequenz](#) eines Tons. Bei einem Klang mit einem Grundton und verschiedenen ausgeprägten [Harmonischen](#) entspricht die Tonhöhe der Frequenz des Grundtons. Die wahrgenommene, [psychoakustische](#) Tonhöhe von Sinustönen wird auch Verhältnistonhöhe genannt und in der Einheit *mel* angegeben.

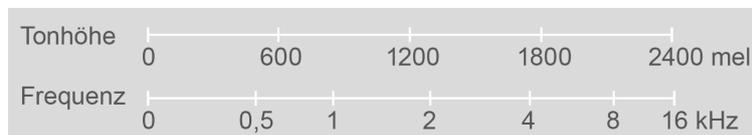


Abbildung 72: Wahrgenommene Tonhöhe und Frequenz nach Zwicker

Ein Ton mit hoher Frequenz wird als hoher Ton empfunden, ein Ton mit niedriger Frequenz als tiefer Ton. Die Verhältnistonhöhe ist ungefähr proportional zur [Frequenzgruppen](#)einteilung in Bark.

TOSLINK-Steckverbindung: Die TOSLINK-Steckverbindung ist ein Verbindungssystem für die optische Signalübertragung mit Lichtwellenleitern. Ein Vorteil der optischen Signalübertragung mit Lichtwellenleitern ist, dass damit eine Potenzialtrennung der Gerätekompnenten erreicht wird und somit [Masseschleifen](#) vermieden werden. Lichtwellenleiter sind außerdem unempfindlicher gegenüber elektrischen und magnetischen Störeinflüssen.



Abbildung 73: TOSLINK-Stecker

Transferfunktion: siehe [Übertragungsfunktion](#)

Transferpfadanalyse: Für die Geräuschoptimierung ist nicht nur die Kenntnis der Anregungssignale wichtig. Entscheidend ist auch, wie die verschiedenen Geräuschanteile über die einzelnen Übertragungspfade zum Gesamtgeräusch beitragen. Das Ziel der Transferpfadanalyse ist die genaue Untersuchung und Beschreibung der einzelnen [Körperschall](#)- und [Luftschall](#)-Übertragungspfade eines Systems, z. B. die Übertragungspfade vom Motor zum Fahrzeuginnenraum eines Pkws. Bei der binauralen Transferpfadanalyse werden die [Übertragungsfunktionen](#) des Luft- und Körperschalls jeweils für das linke und rechte Ohr des Hörers bestimmt. Insbesondere der Körperschall-Übertragungspfad setzt sich meist aus mehreren Übertragungspfaden zusammen. Für ein Fahrzeug lässt sich der Körperschallübertragungspfad vom Motor in den Fahrzeuginnenraum meist aus drei Übertragungsfunktionen zusammensetzen: Übertragung der Motorlager, scheinbare Masse der Karosserie, akustische Übertragungsfunktion zum Ohr des Fahrers.

Überabtastung: Allgemein bezeichnet die Überabtastung die Abtastung eines Zeitsignals mit einer höheren [Abtastrate](#) als nach dem [Abtasttheorem](#) gefordert. Bei der Akquise von Drehzahlinformationen in Form von Pulskanälen bedeutet eine Überabtastung, dass die Pulskanäle mit einer höheren Abtastrate abgetastet werden als die parallel aufgezeichneten Audiosignale.

Übersprechen: Der Begriff Übersprechen steht für die gegenseitige Beeinflussung eigentlich unabhängiger Signalkanäle.

Beim elektrischen Übersprechen kann das Signal eines Kabels z. B. induktiv auf das Signal eines anderen Kabels eingekoppelt werden. Durch eine entsprechende Abschirmung der Kabel kann das elektrische Übersprechen reduziert werden.

Ein anderes Beispiel, bei dem unerwünschtes Übersprechen auftritt, ist die Wiedergabe von binauralen Aufnahmen mittels zweier Lautsprecher. Im Gegensatz zu der Wiedergabe mit Kopfhörer überlagern sich bei der Lautsprecherwiedergabe die abgestrahlten [Schallfelder](#). Dies führt dazu, dass das rechte Ohr auch Signalanteile empfängt, die ursprünglich für das linke Ohr bestimmt waren und umgekehrt. Digitale [Filter](#) können für eine definierte Position im Wiedergaberaum das Übersprechen kompensieren.

Übersteuerung: Wenn ein Eingangssignal Werte besitzt, die außerhalb des [Dynamikbereichs](#) des Aufnahmegeräts liegen, kommt es zur Übersteuerung des Signals. Typischerweise werden Werte, die über den möglichen Wertebereich hinausgehen, in einem digitalen System auf den höchstmöglichen Wert reduziert. Der Kurvenverlauf wird somit abgeschnitten (engl. clipping).

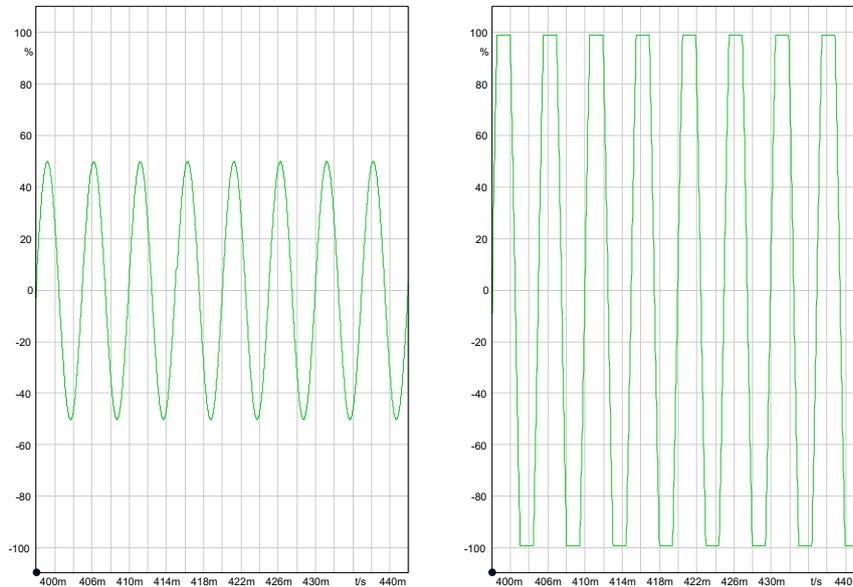


Abbildung 74: Korrekt ausgesteuerte Aufnahme eines Sinuston (links), übersteuerte Aufnahme eines Sinuston (rechts)

Das aufgezeichnete Signal ist [verzerrt](#) und entspricht nicht mehr dem ursprünglichen Eingangssignal.

Übersteuerungsreserve: Die Übersteuerungsreserve ist ein Bereich zwischen dem Nennpegel und dem höchsten Pegel, der [verzerrungsfrei](#) verarbeitet werden kann. Die Übersteuerungsreserve dient dazu, eventuell auftretende Pegelspitzen ohne [Übersteuerung](#) aufzeichnen zu können. Bei Geräten von HEAD acoustics beträgt die Übersteuerungsreserve **6 dB**.

Übertragungsfunktion (auch Transferfunktion): Die Übertragungsfunktion beschreibt den Zusammenhang zwischen einem in ein lineares, dynamisches System eingebrachten Eingangssignal und dem dadurch angeregten Ausgangssignal im Frequenzbereich. Die für die [Modalanalyse](#) benötigten Übertragungsfunktionen können z. B. bestimmt werden, indem die Zeitsignale der anregenden Kraft und die Reaktion des Systems auf die eingebrachte Kraft gleichzeitig gemessen werden.

Verdeckung (auch Maskierung): Die Verdeckung führt dazu, dass das menschliche Gehör ein vorhandenes Geräusch nicht oder nur sehr leise wahrnehmen kann, da es durch ein anderes Geräusch überdeckt wird.

Bei der spektralen Verdeckung beeinflussen sich gleichzeitig auftretende Geräuschanteile, die innerhalb einer [Frequenzgruppe](#) liegen. Der Anteil mit dem höchsten Pegel macht die Anteile mit ähnlicher [Frequenz](#) aber deutlich niedrigerem Pegel unhörbar. Durch eine Vergrößerung des Frequenzabstandes kann der Effekt der spektralen Verdeckung reduziert werden.

Bei der temporalen Verdeckung wird ein leiseres Geräusch maskiert, das kurz vor bzw. nach einem sehr lauten Geräusch auftritt. Dabei erstreckt sich die Nachverdeckung über einen sehr viel größeren Zeitabschnitt als die Vorverdeckung. Die genaue Dauer der Vor- und Nachverdeckung ist abhängig vom [Schalldruckpegel](#) und der Dauer des Maskierers.

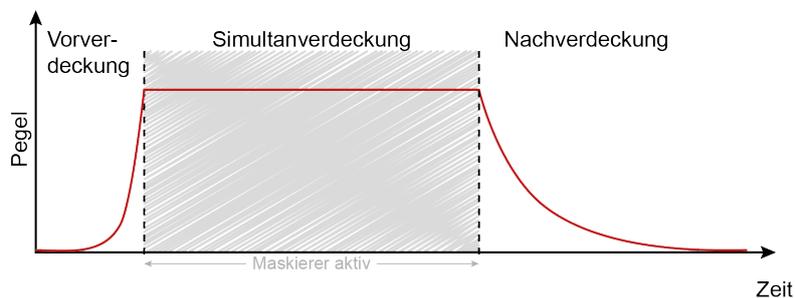


Abbildung 75: Temporale Verdeckung

Die akustische Verdeckung kann negative Folgen haben, weil Geräusche, die wichtige Informationen enthalten, verdeckt und unhörbar werden. Andererseits kann fehlende Verdeckung unerwünschte Geräusche hörbar machen. Dies kann z.B. bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen auftreten, bei denen das maskierende Geräusch des Verbrennungsmotors wegfällt. So werden Geräuschprobleme beispielsweise von Nebenaggregaten hörbar, die bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor nicht aufgefallen sind.

Verzerrung: Durch eine Verzerrung wird ein Eingangssignal verändert, so dass das Ausgangssignal dem Eingangssignal nicht mehr vollständig entspricht. Es werden lineare und nichtlineare Verzerrungen unterschieden:

lineare Verzerrung: Bei der linearen Verzerrung wird nur die Amplitude eines Signals verändert, nicht aber die ursprüngliche Signalform. Eine frequenzabhängige Dämpfung eines Signals ist ein Beispiel für eine lineare Verzerrung.

nichtlineare Verzerrung: Bei der nichtlinearen Verzerrung wird die Signalform verändert, auf diese Weise entstehen [Frequenzen](#), die im ursprünglichen Signal nicht vorhanden waren. Nichtlineare Verzerrungen entstehen z. B. bei der [Übersteuerung](#) einer Aufnahme. Der [Klirrfaktor](#) ist ein Maß für die nichtlinearen Verzerrungen.

WAVE: Das WAVE-Format ist ein Dateiformat zur digitalen Speicherung von Audiodaten. Eine WAVE-Datei enthält neben den Audiodaten Informationen über deren Format, beispielsweise über die [Abtastrate](#). Die Dateinamenerweiterung einer WAVE-Datei lautet .wav. WAVE-Dateien sind im Gegensatz zu [MP3](#)-Dateien unkomprimiert und daher relativ groß. Die maximale Dateigröße von WAVE-Dateien ist auf 4 GB beschränkt.

Wellenlänge: Die Wellenlänge λ einer [Schallwelle](#) ist der kleinste Abstand zweier Punkte gleicher [Phase](#), also z.B. zwei Nulldurchgänge, die in derselbe Richtung durchlaufen werden.

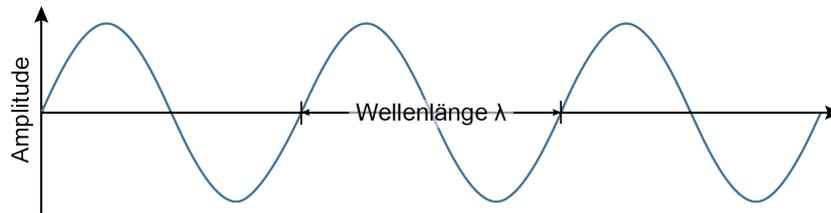


Abbildung 76: Wellenlänge λ

Die Wellenlänge ist umgekehrt proportional zur [Frequenz](#) der Welle, d. h. je höher die Frequenz, desto kleiner ist die Wellenlänge. Die folgende Tabelle listet die Wellenlänge von Schallwellen verschiedener Frequenzen auf (in trockener Luft bei 20 °C).

Frequenz	Wellenlänge
114 Hz	3 m
1,14 kHz	30 cm
11,43 kHz	3 cm

XLR-Steckverbindung: Die XLR-Steckverbindung ist eine elektrische Steckverbindungen für den Einsatz im Audibereich. Sie wird z. B. für analoge Signale in professionellen Audiosystemen, digitale [AES/EBU](#)-Audiosignale und auch für die Stromversorgung eingesetzt. XLR-Steckverbinder verfügen über drei bis sieben Pole. Im Gegensatz zu [Cinch](#)- und [Klinkenstecker](#) besitzt die XLR-Steckverbindung eine Verriegelung.



AdobeStock | #328927469

Abbildung 77: dreipolige XLR-Steckverbinder

Zeitbewertung: Die Zeitbewertung ist eine [exponentielle Glättung](#) des Schalldruckpegels mit einer bestimmten Zeitkonstante. Die verwendete Zeitkonstante beeinflusst die späteren Analyseergebnisse. Grundsätzlich gilt: je größer die Zeitkonstante, desto stärker die Glättung. Bei [instationären](#) und [impulshaltigen](#) Signalen ist der Einfluss besonders deutlich. Eine Zeitbewertung wird u. a. bei der Darstellung des [Schalldruckpegels](#) über der Zeit verwendet.

In der DIN EN 61672:2014-07 sind zwei Zeitkonstanten beschrieben:

Schnell: Integrationszeit: 125 ms

Langsam: Integrationszeit: 1000 ms

Das zeitliche Auflösungsvermögen des menschlichen Gehörs ist allerdings deutlich feiner. Für eine Signalanalyse, die die menschlichen Signalverarbeitung besser repräsentiert, sollte daher eine kürzere Integrationszeit (ca. 2 ms) verwendet werden.

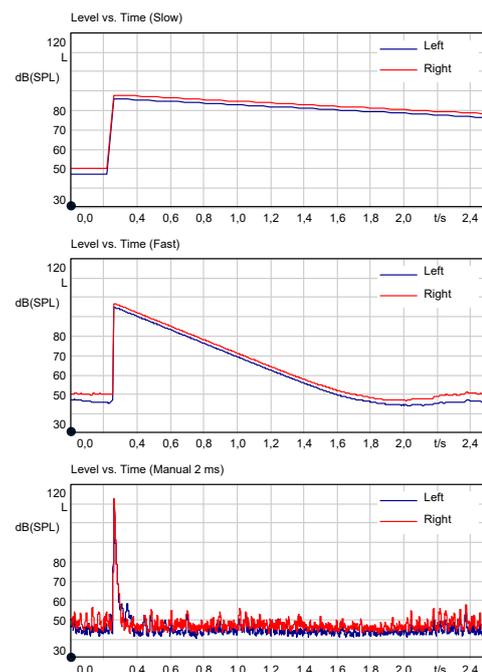


Abbildung 78: Pegelanalyse eines impulshaltigen Signals mit unterschiedlichen Integrationszeiten