

Audioverstärker und Peripheriegeräte

1 Audio-Pegel

1.1 Mic-Level

Unter den Audiosignalen ist der Mic-Level der schwächste Pegel zwischen -60 und -40 dBu¹ (0,8 bis 8 mV RMS). Schließt man ein Mikrofon an einen Line-Eingang an, wird der Ton kaum zu hören sein, da der Mikrofon-Pegel zu niedrig ist. Um das Mikrofon-Signal an den Line-Eingang zu legen, muss ein Vorverstärker dazwischen geschaltet werden.

Zur Verstärkung von Mikrofon-Signalen werden ausser Vorverstärkern verschiedene Geräte eingesetzt. Mischpulte (Mixer) sind vermutlich die bekanntesten und besitzen den Vorteil, dass sie mehrere Eingangssignale in einem einzigen Ausgang zusammenführen können.

1.2 Line-Level

Das Line-Signal (Keyboards, Synthesizer, Drum Machines) mit -6 bis +6 dBV² (0,5 bis 2,0 V RMS) ist erheblich grösser als ein Mikrofon-Signal. Schließt man eine Line-Quelle an einen Mic-Eingang an, wird der Ton zu laut oder gar verzerrt wiedergegeben, da das Line-Signal über dem zulässigen Wert des Mic-Eingangs liegt. Ein- und Ausgänge hochwertiger Mischpulte lassen sich meist zwischen Mic- und Line-Level umschalten.³

1.3 Instrument-Level (Hi-Z)

Ein Instrument-Input (Hi-Z) dient in erster Linie dem Anschluss von Gitarren und Bässen mit passiven Pickups. Instrumenteneingänge unterscheiden sich von Line-Eingängen durch eine besonders hohe Eingangsimpedanz (500 kΩ bis 1 MΩ) und eine höhere Eingangsempfindlichkeit.

Um eine E-Gitarre an einen Line-Eingang anzuschliessen, ist eine DI-Box für die Impedanzanpassung erforderlich. An einem einfachen Line-Eingang klingen Gitarren und Bässe kraftlos. Einige Verstärker besitzen integrierte Komponenten, die eine Umschaltung zwischen Line und Hi-Z ermöglichen.

Anm.: Signale auf Mic-Pegel haben eine geringe Spannung im Bereich von etwa 1 mV bis 20 mV und hohe Quell-Impedanzen; daher sind sie äusserst empfindlich gegen elektrische und elektromagnetische Störungen aus der Umgebung (z.B. Leuchtstofflampen, Motoren, Netzteile). Mikrofonkabel besitzen eine Abschirmung aus Kupfergeflecht. Zu empfehlen sind symmetrische Leitungen.

Signale auf Line-Pegel sind zwar stärker, allerdings sind die Impedanzen niedriger. Aus diesem Grunde sind Instrumentenkabel unempfindlicher, verlangen aber immer noch nach einer Abschirmung.

Speaker-Ausgänge sind niederohmig, die Ausgangssignale sind relativ stark. Geringe Einstreuun-

¹ 1 dBu = 0,775 V

² 1 dBV = 1 V

³ Dezibel-Rechner: <http://www.sengpielaudio.com/Rechner-db-volt.htm>

gen aus der Umgebung sind daher nicht problematisch. Ins Gewicht fallen vielmehr zusätzliche Widerstände, die durch Leiter, Stecker und Buchsen (Übergangswiderstände) entstehen. Speaker-Kabel sind in der Regel asymmetrisch und benötigen keine Schirmung.

2 Steckverbinder

2.1 XLR-Stecker

XLR-Steckverbinder (Cannon-Steckverbinder) gibt es in drei- bis siebenpoliger Ausführung. Inzwischen sind auch zehnpolige XLR-Steckverbinder mit Hochstromkontakten (16 A) erhältlich.

Für einen Mikrofon-Eingang wird in der Regel eine XLR-Buchse verwendet, so dass ein symmetrisches Kabel angeschlossen werden kann.

Fünfpolige XLR-Steckverbinder werden in der professionellen Tontechnik verwendet, um z. B. Stereosignale symmetrisch mit einer Leitung zu übertragen.

2.2 Klinkenstecker

Für einen Line-Eingang kommt eine Klinken-Buchse mit 6,35 mm (1/4") oder mit 3,5 mm in Frage. Über die 6,35 mm Klinke (auch "Audiojack" genannt) werden E-Gitarren oder andere elektrische Instrumente an Effektgeräte und Verstärker angeschlossen. Der typische Line-NF-Pegel für Klinkenstecker beträgt etwa -6 bis $+6$ dBV ($0,5$ bis $2 V_{eff}$).

Platzsparende Kombibuchsen (auch Combo-Buchsen genannt) besitzen in der Mitte eine Öffnung für den Klinkenstecker und am Rand die Kontakte für einen XLR-Stecker.

Bei den Klinkensteckern (engl. Audio Jack) gibt es nebst der Grösse drei unterschiedliche Typen, die sich durch die Anzahl ihrer Pole unterscheiden. Kabel für E-Gitarren sind meist mit einem TRS-Stecker ausgestattet.

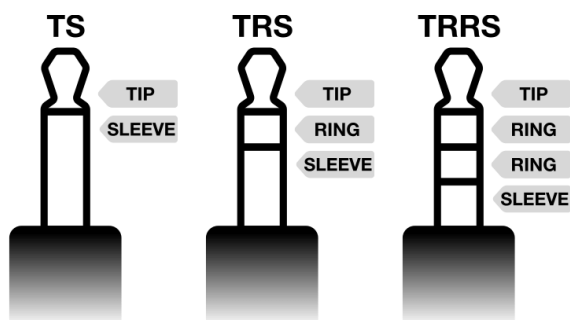


Abb. 1: Klinkenstecker⁴

- | | |
|-------------|--|
| TS | - Mono, asymmetrisch |
| TRS | - Mono, symmetrisch oder asymmetrisch
- Stereo, asymmetrisch
- Hin- und Rückweg beim Anschluss von Effektgeräten über ein einziges Kabel |
| TRRS | - Mono, symmetrisch oder asymmetrisch
- Stereo, asymmetrisch
- Zusatzkanal für Headset-Kabelmikrofone |

2.3 Cinch-Stecker

Für Phono-Eingänge (Phono Plug) und Lautsprecheranschlüsse (Speaker) werden oft Cinch-Stecker resp. -buchsen (engl. RCA Connector) verwendet. Die elektrische Belastbarkeit wird üblicherweise auf 30 VAC / 0,5 A ausgelegt.

⁴ <https://www.delamar.de/faq/audiokabel-38408/>

Bei Stereoverbindungen gilt: rechter Kanal = rot, linker Kanal = weiss.



Abb. 2: Audio-Steckverbinder

2.4 Prüfgeräte

Kabeltester dienen dazu, elektrische Verbindungen zu prüfen. Als Fehlerquellen kommen oft "kalte" Lötstellen und gebrochene oder abgerissene Litzen in Frage.



Abb. 3: Prüfgerät für Audioverbindungen

Tester für:

- XLR
- Klinke
- Cinch
- SpeakON
- MIDI (DIN, 5-polig)
- RJ45
- USB

Kabelschirme sind stets mit Sorgfalt mit der Steckermasse zu verbinden. Ob Schirme an beiden Enden eines Kabels mit Masse verbunden werden müssen, ist umstritten. Um sog. Brumm Schleifen zu vermeiden, muss der Schirm einseitig angeschlossen werden.

3 Transportable Verstärker

Unter einem transportablen Verstärker versteht man einen Verstärker, der nicht fest – z.B. in ein Rack – eingebaut ist, sondern sich leicht transportieren lässt. Einige dieser Modelle besitzen Rollen, so dass sie sich auf einer Bühne problemlos verschieben lassen.

3.1 Akustikverstärker

a) Transportable Akustikverstärker besitzen einen oder mehrere Eingänge für Mikrofone. In der Regel werden XLR-Buchsen verwendet. Gelegentlich kommen auch Kombibuchsen vor, so dass ausser dem XLR-Stecker auch ein Klinkenstecker benutzt werden kann. Ergänzt wird ein Akustikverstärker mit einem integrierten Lautsprecher.

b) Einige Akustikverstärker besitzen einen Instrumenten-Eingang, so dass eine E-Gitarre angeschlossen werden kann. In diesem Fall ist von einem "Akustik-Combo" die Rede. Auch bei diesem Verstärkertyp sind ein oder mehrere Lautsprecher (Tief- und Hochtöner) integriert.



Abb. 4: Akustik-Combo (Bi-Amp 60 W) mit Instrumenten- und Mic-Eingang⁵



Abb. 5: Akustik-Combo (2 x 50 W RMS) mit zwei Instrumenten- und zwei Mic-Eingängen⁶

3.2 Gitarren-Combo

Als Combo-Verstärker bezeichnet man transportable Gitarrenverstärker mit integrierten Lautsprechern. Ausser einem Vorverstärker mit Lautstärkeregler (Gain) enthalten Gitarrenverstärker einen Klangsteller (Equalizer), mit dem Bässe, Mitten und Höhen eingestellt werden.



Abb. 6: Hochwertiger Gitarren-Combo (100 W) Marshall JVM410C⁷



Abb. 7: Fender-Röhrenverstärker (85 W) mit zwei Instrumenten-Eingängen⁸

In vielen Geräten ist zudem eine Hallspirale (Federhall) zur Erzeugung des Nachhalls eingebaut. Vereinzelt stehen weitere Effekte wie Chorus und Tremolo zur Verfügung. Für Spezialeffekte wie das "Wah-Wah" kann bei einigen Modellen ein mehrstufiger Fußschalter angeschlossen werden.

⁵ <https://shop.musix.ch/de/Boss-Acoustic-Singer-Live-LT-212573.html>

⁶ <https://www.houseofsound.ch/marshall-as-100d-stereo-akkustik-combo.html>

⁷ <https://www.gear4music.ch/de/Gitarre-and-Bass/Marshall-JVM410C-100-Watt-4-Kanal-Rohrenverstärker-2-x-12-Combo-B-Ware/1KOB>

⁸ <https://www.houseofsound.ch/fender-65-twin-custom-15.html>

3.3 Verstärker ohne integrierte Lautsprecher

Selbstverständlich gibt es auch Gitarrenverstärker ohne eingebaute Lautsprecher. Die Lautsprecher sind in diesem Fall separat zu beschaffen und an den passenden Ausgang anzuschliessen. Hochwertige Verstärker besitzen meist Lautsprecherausgänge für unterschiedliche Impedanzen (4 Ω , 8 Ω , 16 Ω). Mit zunehmender Lautsprecherimpedanz sinkt aber die abgestrahlte Leistung.



Abb. 8: Röhrenverstärker (100 W) ohne integrierte Lautsprecher

oben: Marshall JVM2210H⁹

unten: Marshall 2555X Silver¹⁰



Abb. 9: Lautsprecherbox mit 12" Lautsprecher SC112 Studio Classic¹¹

Röhrenverstärker enthalten meist eine Gegentaktendstufe mit EL 34 Röhren, welche für den "klassischen britischen Sound" sorgen. Für den Vorverstärker werden oft Röhren des Typs ECC 83 eingesetzt. Vorteilhaft ist, dass defekte Röhren auch vom Nichtfachmann problemlos ersetzt werden können. Ausser Röhrenverstärkern sind heute vielfach Transistorverstärker (Solid-State-Amplifier) im Einsatz. Ihr Klang ist etwas heller und "digitaler". Ansonsten sind sie unempfindlicher als Röhrenverstärker und überhitzen weniger.

Weitere Informationen über Gitarrenverstärker finden sich bei:

<https://www.delamar.de/gitarre/fuer-anfaenger/gitarrenverstaerker-wissen/>

⁹ <https://www.gear4music.ch/de/Gitarre-and-Bass/Marshall-JVM210H-100W-Valve-Amp-Head/MI5>

¹⁰ <https://www.gear4music.ch/de/Gitarre-and-Bass/Marshall-2555X-Silver-Jubilee-Reissue-Valve-Head/16VG>

¹¹ <https://www.gear4music.ch/de/Gitarre-and-Bass/Marshall-SC112-Studio-Classic-1x12-Lautsprecher-box/2Q8Y>

4 PA-Anlagen

Eine PA-Anlage¹² ist eine Beschallungsanlage zur Wiedergabe von Sprache und Musik vor einem Publikum. Im Kontext beschränken wir uns auf die Bühnentechnik.

Die PA-Anlage besteht prinzipiell aus Verstärker, Lautsprechern und der Verkabelung und wird meist über ein Mischpult gesteuert, das mit den Endstufen verbunden wird. Die Verstärkerleistung liegt zwischen 100 W für Karaoke-Systeme bis 1 kW und mehr für Grossanlagen. Das Mischpult beinhaltet einen Vorverstärker (bei einigen Modellen auch einen Endverstärker) und besitzt nebst Mikrofon- und Instrumenteneingängen auch Anschlüsse für CD-Player oder andere Abspielgeräte. Hinzu kommen nach Bedarf Anschlüsse für Effektgeräte, Regelverstärker und Equalizer.



Mischer und Lautsprechersystem
Yamaha Stagepas 400BT¹³

Abb. 10: Transportable PA-Anlage

8-Kanal-Mischer mit
integrierter Ausgangsstufe (2 x 200 W)

Hi-Z-Schalter an Eingang 4 zum Anschluss
von E-Gitarren oder E-Bässen

Kleine PA-Systeme für Geburtstagsfeiern, Hochzeiten und Hausmusik bestehen aus ein bis zwei Subwoofern und zwei bis vier Mittel-Hochton-Lautsprechern. Große PA-Systeme, die auf Konzerten, Theatervorstellungen oder in Discos zum Einsatz kommen, bestehen aus mindestens vier Subwoofern und sechs Mittel-Hochton-Lautsprechern. Die Anzahl der Lautsprecher richtet sich nach dem Anlass, so dass auf großen Konzerten oftmals 40 und mehr Lautsprecher eingesetzt werden. Die Lautsprecher an den Bühnenseiten werden als linker und rechter PA-Wing bezeichnet.

Bei den Lautsprechern wird zwischen passiven und aktiven Systemen unterschieden. Werden aktive Lautsprecher verwendet, kann auf einen vorgeschalteten Endverstärker (Poweramp) verzichtet werden, weil die Signalverstärkung im Lautsprechersystem selbst erfolgt.

Zusätzlich zu den erforderlichen Lautsprechern werden bei Konzerten oft Monitore verwendet, die den Schall zu den Spielern lenken, so dass diese ihre eigenen Stimmen und Instrumente besser hören können.

¹² PA = Public Address

¹³ <https://www.gear4music.ch/de/PA-DJ-and-Lichttechnik/Yamaha-Stagepas-400BT-Tragbares-PA-System/2BAG>

5 Peripheriegeräte und Übertragungsleitungen

5.1 Mikrofone

Nicht zuletzt gehört dem richtigen Mikrofon unsere Aufmerksamkeit.

a) Kondensatormikrofone benötigen eine "Phantomspannung" von 12 bis 48 VDC, die an ein symmetrisches Mikrofonskabel gelegt wird. Die symmetrische Übertragung (engl. balanced) eines Signals sorgt für eine deutlich geringere Anfälligkeit für Störgeräusche. Insbesondere bei der Verwendung langer Kabelstrecken kann dies ausschlaggebend sein.

b) Dynamische Mikrofone werden von der Phantomspeisung nicht beeinflusst. Es gibt nämlich keine Spannungsdifferenz zwischen den beiden Signalleitern – somit ist die Spannung für dynamische Mikrofone "unsichtbar" (ein Phantom).

Als Universalmikrofon für Gesang und Instrumente eignet sich z.B. das Shure SM57¹⁴. Noch besser, aber doppelt so teuer, ist das Shure Beta 57A¹⁵. Beide Typen gehören zu den dynamischen Mikrofonen. Hinzu käme ein passendes Stativ wie bspw. das Gravity TMS 4322 B¹⁶.

5.2 Asymmetrische und symmetrische Übertragung

a) Bei asymmetrischer Übertragung gibt es eine signalführende Leitung (Hot Pin) und einen Schirm, der gleichzeitig als zweiter Pol und als Abschirmung gegen Fremdsignale dient.

Wenn keine Abschirmung notwendig ist – wie bspw. bei hochpegeligen und niederohmigen Lautsprecher-Stromkreisen – werden zwei gleichartige Adern als Plus- und als Massenleitung verwendet.

b) Bei einem Stereo-Kabel werden zwei unterschiedliche Signale (links und rechts) asymmetrisch in einem Kabel übertragen.

c) Bei symmetrischer Übertragung gibt es zwei Signalleiter, einen für die negative Phase (kalter Leiter) und einen für die positive Phase (heisser Leiter). Hinzu kommt eine äussere Abschirmung, die mit der Signalquelle (z.B. Mikrofon) und/oder der Signalsenke (z.B. Mischpult, Pre-amp) verbunden ist.

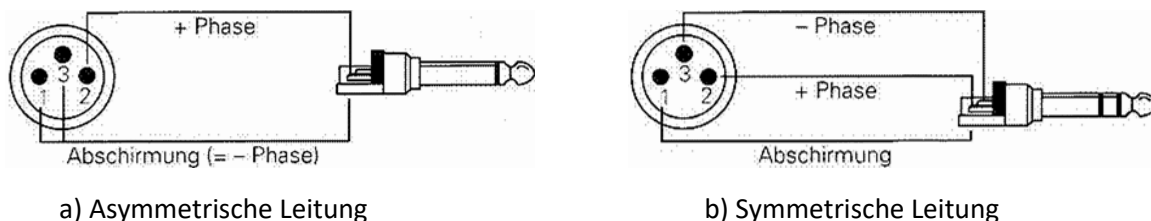


Abb. 11: Asymmetrische und symmetrische Übertragung

Neben "Masse" (M) und "Signal" (A) kommt bei der symmetrischen Übertragung eine weitere Ader hinzu, die das um 180° phasenverschobene Signal (B) führt. Ein Störsignal (S) wirkt sich

¹⁴ <https://shop.musix.ch/de/Shure-SM57-SM-57-LCE-12965.html>

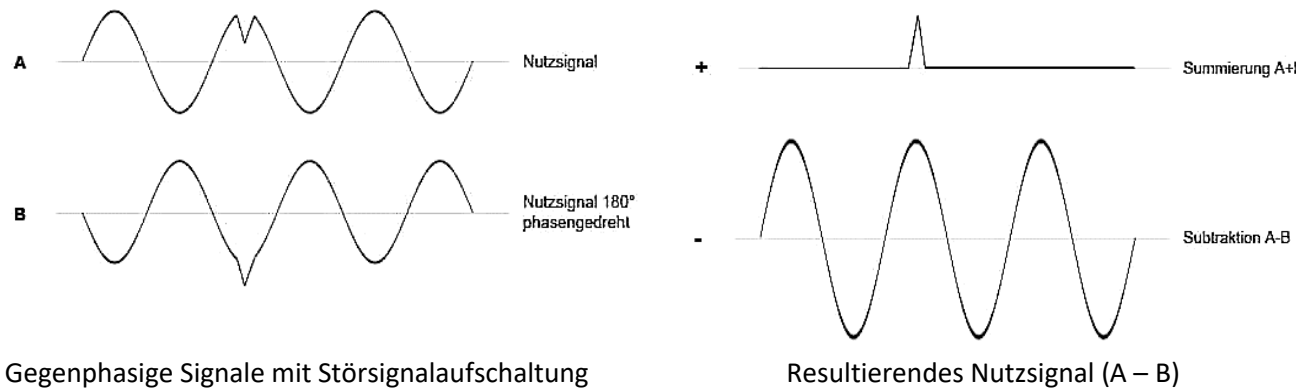
¹⁵ <https://shop.musix.ch/de/Shure-Beta-57A-66646.html>

¹⁶ <https://shop.musix.ch/de/Gravity-TMS-4322-B-210092.html>

auf beiden Adern gleichermaßen aus. Bei einer Summierung der Signale ($A + B$) bleibt lediglich das Störsignal übrig. Aus diesem Grunde werden die Signale subtrahiert. Das Ergebnis ist ein Nutzsignal ($A - B$) ohne Störgeräusche, welche bei der Subtraktion entfallen.

Algebraisch gilt bei der Subtraktion der beiden Signale:

$$(A + S) - (B + S) = A + S - B - S = A - (-A) = A + A = 2A$$



Gegenphasige Signale mit Störsignalaufschaltung

Abb. 12: Störfreies Nutzsignal bei der symmetrischen Übertragung¹⁷

5.3 DI-Box

Allgemein gilt, dass die Wandlung von symmetrisch in asymmetrisch und vice versa mit einer DI-Box¹⁸ erfolgt. Ein weiterer Vorteil ist, dass DI-Boxen hochohmige Quellen, etwa einen E-Bass, für niederohmige Mischpulteingänge optimieren und somit fehlende Hi-Z-Eingänge ersetzen.

DI-Boxen sind als passive und aktive Geräte verfügbar. Die passive Variante symmetriert mithilfe von Übertragern, welche die Signalquelle und die Signalsenke galvanisch trennen. Die aktive Variante beinhaltet eine Verstärkerschaltung und benötigt aus diesem Grunde eine Stromversorgung (interne Batterien oder eine aktivierte Phantomspeisung). Häufig ist neben einem Dämpfungsglied (Pad) auch ein Schalter namens "Ground Lift" vorhanden, der die Masseverbindung unterbrechen und damit Brummschleifen verhindern kann.

5.4 USB-Audio-Box

Um Musiksignale im PC zu verarbeiten wird eine Audio-Box zwischen Signalquelle (Mikrofon, Instrument) und PC geschaltet. Einige Modelle wie das Swissonic UA-2x2¹⁹ sind mit Kombibuchsen für XLR und Klinke ausgestattet. Ein Schalter ermöglicht die Umschaltung zwischen Line und Hi-Z, was insbesondere für den Anschluss einer E-Gitarre empfehlenswert ist. Ferner lässt sich die Phantomspeisung (48 V) ausschalten.

¹⁷ Bildquelle: <https://www.delamar.de/>

¹⁸ DI = Direkt Injection Box

¹⁹ https://www.thomann.de/gb/swissonic_ua_2x2.htm

6 Musikanlagen für Kleingruppen

Das Prinzipschema zeigt eine mögliche Zusammenstellung der benötigten Geräte für ein Trio mit zwei Musikinstrumenten und einem Vokal. Verstärker mit weniger als 50 W Ausgangsleistung sind für Musikinstrumente nicht zu empfehlen.

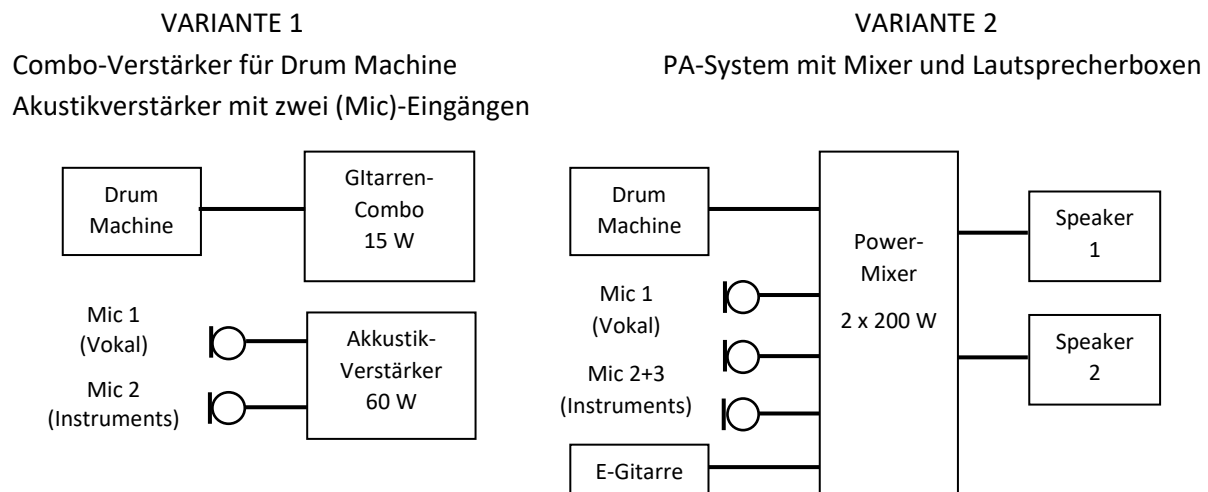


Abb. 13: Audio-Equipment für eine Jazz-Combo

7 Pegel und Bezugsgrößen

Als Bel [B] bezeichnet man den dekadischen Logarithmus eines Quotienten zweier gleichartiger Größen (Spannung, Leistung, Schalldruck). Meist werden die Werte in Dezibel [dB] angegeben.

Logarithmisches Verstärkungsmass für Leistungen:

$$A = \lg \frac{P_2}{P_1} \quad B = 10 \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ dB}$$

Logarithmisches Verstärkungsmass für Spannungen:

$$A = \lg \frac{U_2}{U_1} \quad B = 20 \lg \frac{U_2}{U_1} \text{ dB}$$

Beispiel:

$L = 20 \cdot \log U/U_0$ in dB, wobei U_0 den jeweiligen Referenzpegel darstellt.

Der analoge Audiopegel (L) in dB, der in der Tontechnik zum Einsatz kommt, unterscheidet zwischen unterschiedlichen Nominalpegeln, die jeweils der "Vollaussteuerung" (100 % von Spitzenwertanzeigern) entsprechen:

Europäischer Studiopegel (ARD Rundfunkpegel)	1,55 Volt = +6 dB _u
Internationaler Studiopegel (USA)	1,228 Volt = +4 dB _u
Homerecordingpegel (Consumergeräte)	0,316 Volt = -10 dB _v
Schalldruckpegel (bei der Hörschwelle)	$2 \cdot 10^{-5}$ Pa = 0 dB _{SPL}

In der Audiotechnik werden die dB-Angaben mit einem Index gekennzeichnet.

Der Index bei dBu kommt von "u = unloaded" und bei dBV von "V = voltage".

Der Leistungspegel (dBm) wird durch Normwiderständen festgelegt.

Fernmeldetechnik (Telefonie): $R = 600 \Omega$

HF-Technik: 50Ω oder 75Ω

Einheit mit Anhängsel (ITU)	Bedeutung	Schreibweise gemäß DIN, IEC, ISO
dBu	Spannungspegel mit der Bezugsgröße $\sqrt{600 \Omega \cdot 1 \text{ mW}} \approx 0,7746 \text{ V}$	$L_u(\text{re } 0,775 \text{ V}) = \dots \text{ dB}$
dBV	Spannungspegel mit der Bezugsgröße 1 V	$L_V(\text{re } 1 \text{ V}) = \dots \text{ dB}$
dB(A)	A-bewerteter Schalldruckpegel	$L_{pA}(\text{re } 20 \mu\text{Pa}) = \dots \text{ dB}$
	A-bewerteter Schalleistungspegel	$L_{WA}(\text{re } 1 \text{ pW}) = \dots \text{ dB}$
dBm	Leistungspegel mit der Bezugsgröße 1 mW	$L_P(\text{re } 1 \text{ mW}) = \dots \text{ dB}$
dBW	Leistungspegel mit der Bezugsgröße 1 W	$L_P(\text{re } 1 \text{ W}) = \dots \text{ dB}$
dBμ	Pegel der elektrischen Feldstärke mit der Bezugsgröße $1 \mu\text{V/m}$	$L_E(\text{re } 1 \mu\text{V/m}) = \dots \text{ dB}$

Abb. 14: dB-Bezeichnungen mit Effektivwert der Bezugsgröße

Kontrollfragen:

a) Was ist dBu?

Ein log. Spannungsverhältnis mit einer Bezugsspannung von: $U_0 = 0,775 \text{ Volt} \equiv 0 \text{ dBu}$

b) Was ist dBV?

Ein log. Spannungsverhältnis mit einer Bezugsspannung von: $U_0 = 1,0 \text{ Volt} \equiv 0 \text{ dBV}$

8 Bezugsquellen für Geräte

<https://www.houseofsound.ch/>

<https://www.gear4music.ch/>

<https://shop.musix.ch/>

<https://promusig.ch/>

<https://www.thomannmusic.ch/>

<https://www.musik-produktiv.ch/>

9 Verweise

9.1 Fachliteratur

Thomas Görne: Tontechnik (Hanser)

Frank Pieper: Das Effekte Praxisbuch (GC Carstensen)

Frank Pieper: Das P.A. Handbuch (GC Carstensen)

Andreas Ederhof: Das Mikrofonbuch (GC Carstensen)

Herbert Bernstein: Elektroakustik (Springer Vieweg)

9.2 Weblinks

<https://www.adt-audio.de/index.html>

<http://www.hifimuseum.de/steckverbinder-technik.html>