



# ...mach mal laut: Beschallung für Einsteiger

Über mich:

Jörn Nettingsmeier, Essen, 41 Jahre, aufgewachsen in Löhne, jetzt in Amsterdam

freiberuflicher Tonmeister und Meister für Veranstaltungstechnik

Musikstudium an der Folkwang-Hochschule in Essen

Informatikstudium an der Universität Duisburg-Essen

Ausbildung an der Handwerkskammer Köln.

Über Euch: ?



# Themenübersicht: Theorie I

- Was ist Schall?
- Von der Quelle zum Ohr
- Vom Schall zum elektrischen Signal... und zurück



# Themenübersicht: Praxis I

- Eigenschaften von Schallsignalen
- Schallsignale betrachten



# Themenübersicht: Theorie II

- Bestandteile einer Beschallungsanlage
- Das Mischpult – Aufbau und Signalfluss
- Anschlüsse und Signaltypen (Mic/Line/LS...) verstehen



# Themenübersicht: Praxis II

- Aufbau und Verkabelung einer Beschallungsanlage

# Themenübersicht: Theorie III

- Mikrofontypen
- Phantomspeisung
- Rückkopplung
- Klangbearbeitung mit Filtern
- Dynamikbearbeitung: der Kompressor
- Hall und Hallgeräte



# Themenübersicht: Praxis III

- Schlechter Klang, guter Klang, natürlicher Klang
- Klangbearbeitung in der Praxis
- Was kann schiefgehen?
  - Verzerrungen, Verfärbungen, Verschmierung, Rückkopplung

# Theorie I: Was ist Schall?



# Theorie I: Was ist Schall?

*Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.*



# Theorie I: Was ist Schall?

*Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.*

Aha.



# Theorie I: Was ist Schall?

*Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.*

*Welle?* - Da schwingt was. Wellen übertragen Energie, ohne Masse zu transportieren.

★ Experiment 1: Seil

# Theorie I: Was ist Schall?

*Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.*

*Medium?* - Meistens Luft, aber auch Wasser, Beton, eine Holzbalkendecke, ...

# Theorie I: Was ist Schall?

*Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.*

*mechanische Verformung?* - Auslenkung  
und/oder Druckschwankung

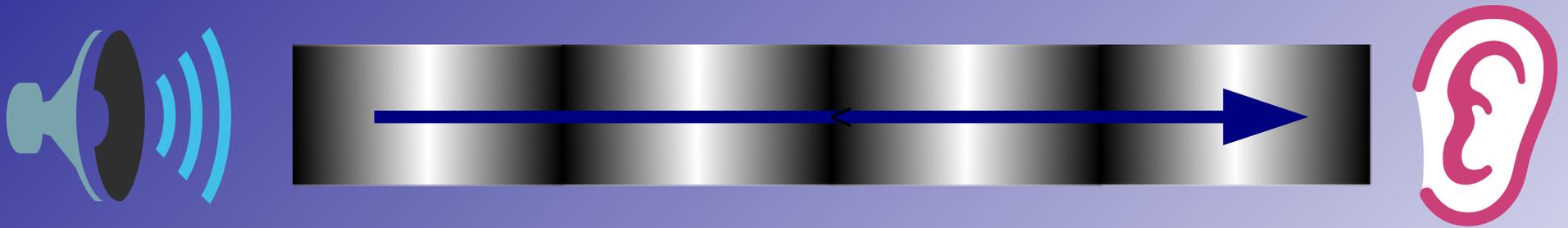
# Theorie I: Was ist Schall?

*Schall ist eine als Welle fortschreitende elastische mechanische Verformung eines Mediums.*

*Elastisch?* - Die Verformung ist nur vorübergehend, das Medium wird nicht dauerhaft verändert oder zerstört.

# Theorie I: Was ist Schall?

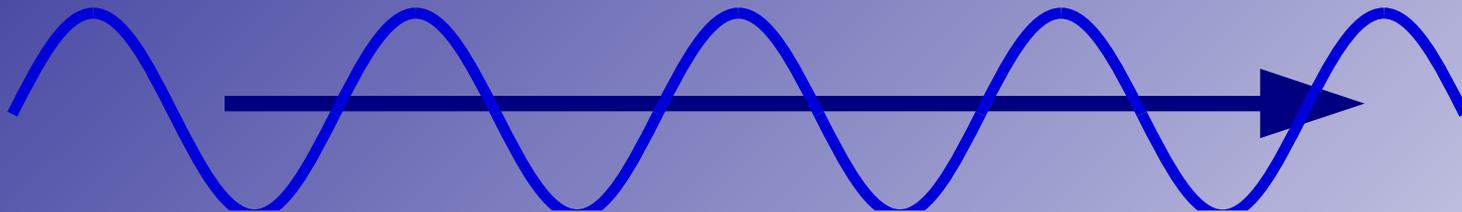
Schall in Luft ist eine periodische Druckschwankung in Ausbreitungsrichtung.



Der Fachbegriff ist *Längs-* oder *Longitudinalwelle*.

# Theorie I: Was ist Schall?

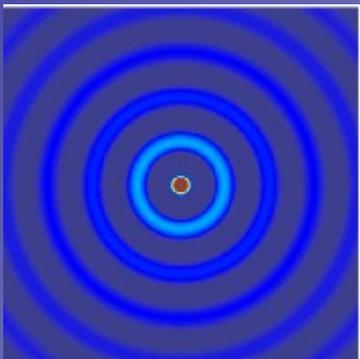
Eine klingende Saite oder ein geschlagenes Seil schwingt dagegen quer zur Ausbreitungsrichtung.



Das nennt man eine *Quer-* oder *Transversalwelle*.

# Theorie I: Von der Quelle zum Ohr

- Eine Schallquelle schwingt.
- Luftteilchen werden ausgelenkt, und es kommt zu Druckschwankungen, die sich kugelförmig ausbreiten: die Schallwelle.

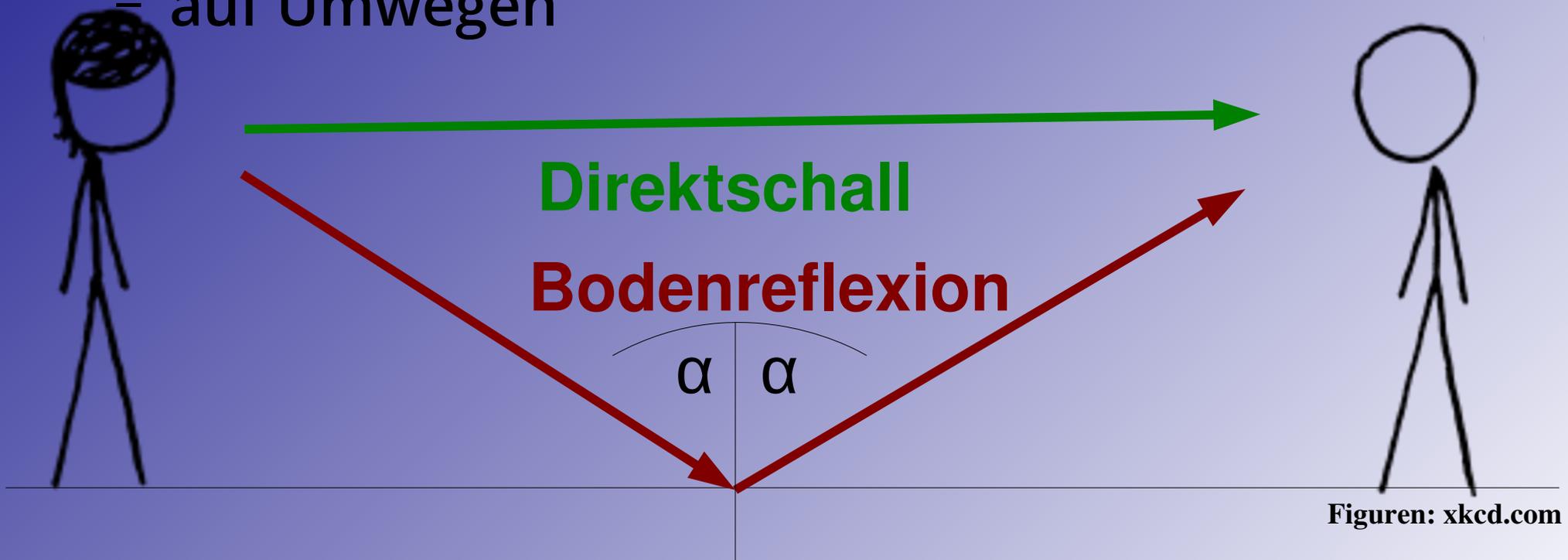


- Mit zunehmender Distanz wird der *Schallpegel* schwächer:

$$p = 1/r$$

# Theorie I: Von der Quelle zum Ohr

- Die Schallwelle erreicht das Ohr
  - auf direktem Weg
  - auf Umwegen

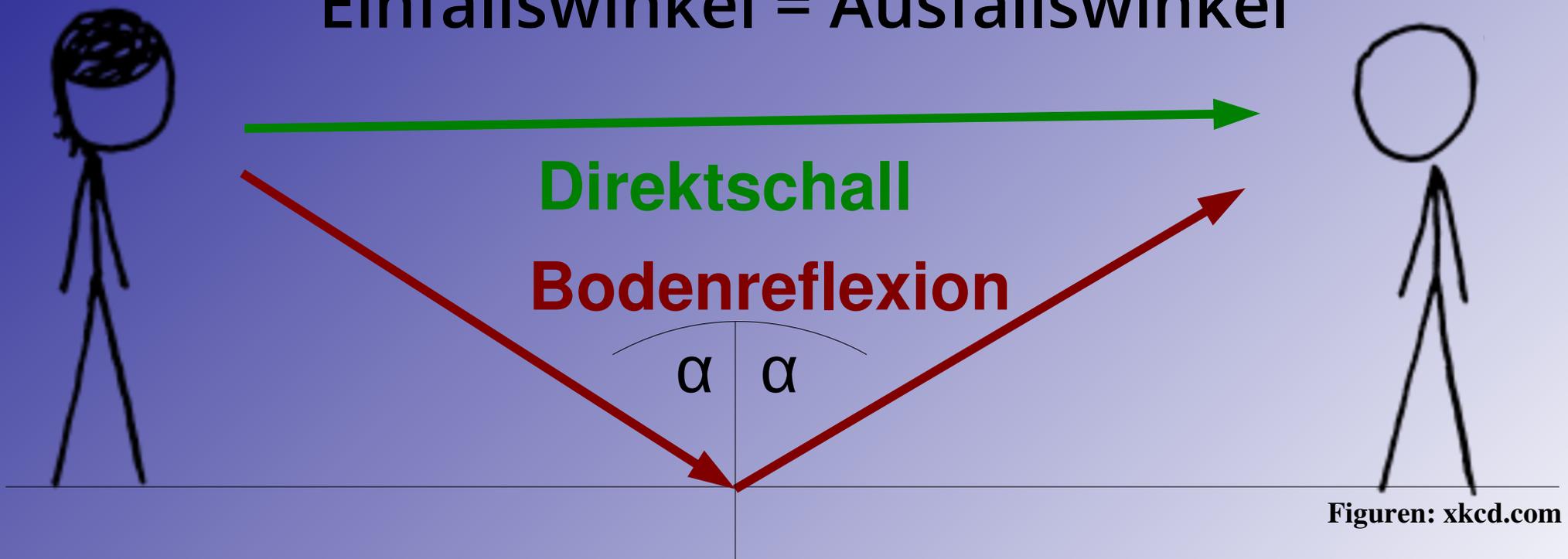


Figuren: xkcd.com

# Theorie I: Von der Quelle zum Ohr

- An glatten, schallharten Flächen werden Schallwellen wie Lichtstrahlen reflektiert.

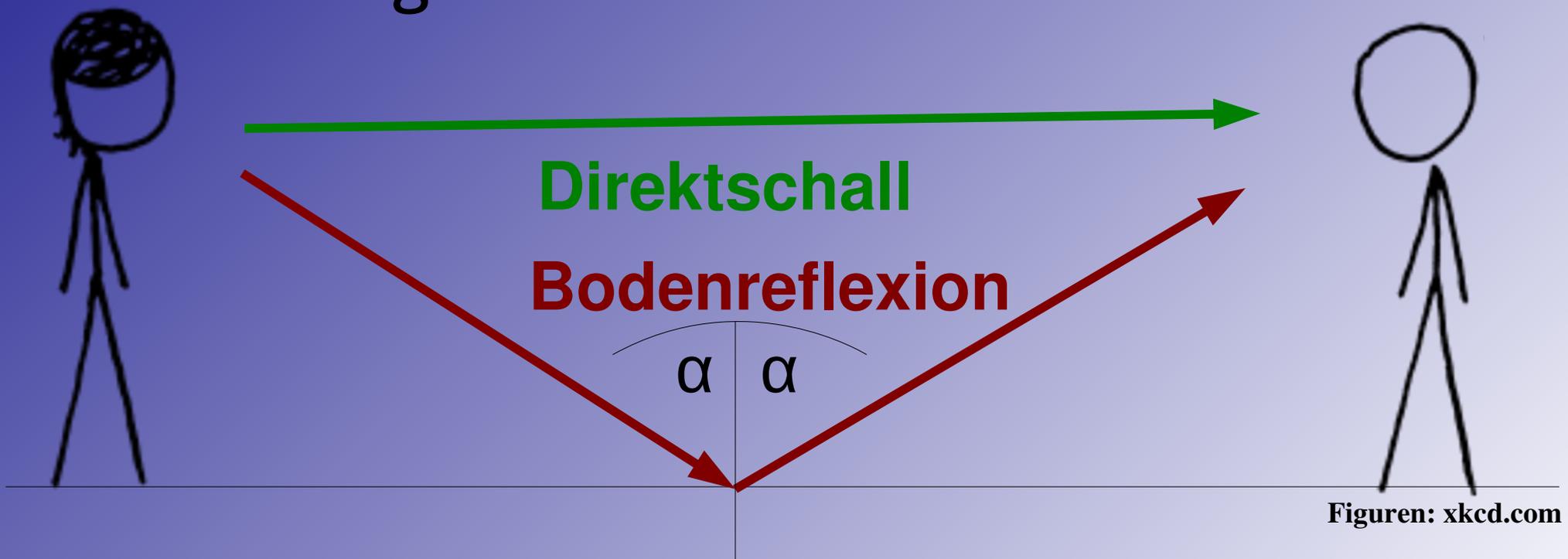
Einfallswinkel = Ausfallswinkel



Figuren: xkcd.com

# Theorie I: Von der Quelle zum Ohr

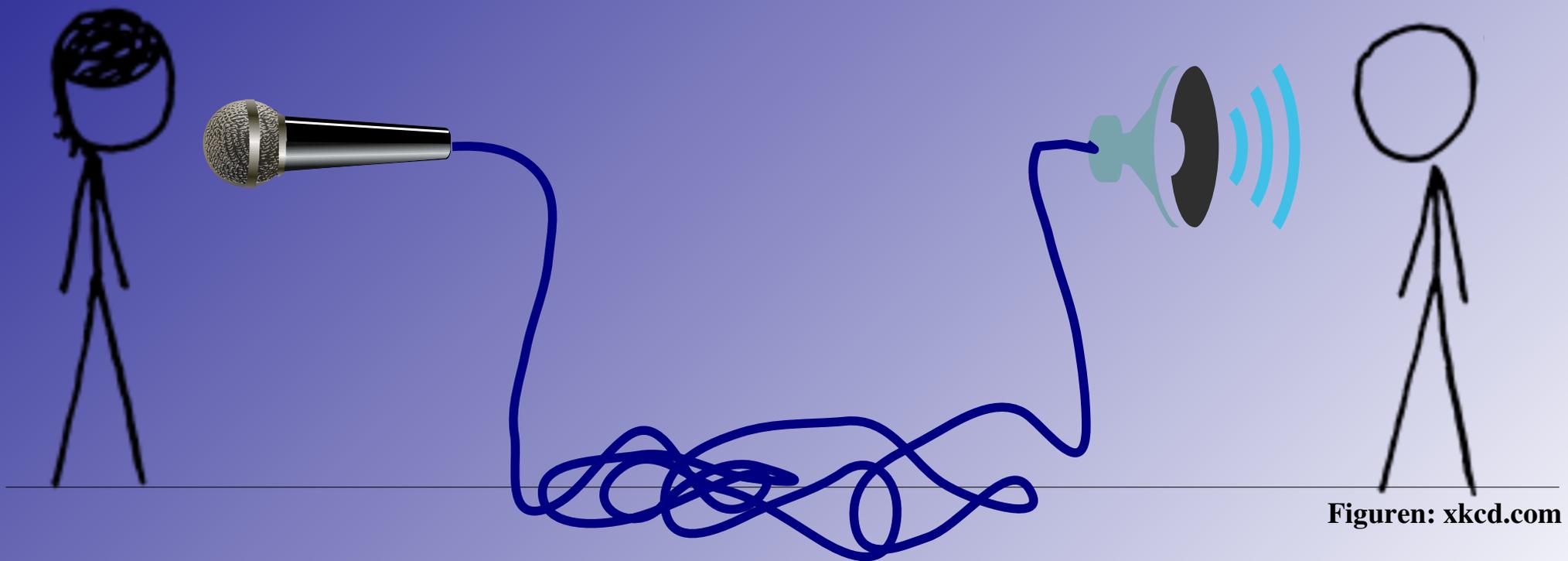
- Schall kann auch gebeugt, gestreut, und absorbiert werden. Mit diesen Vorgängen beschäftigt sich die *Akustik*.



Figuren: xkcd.com

# Theorie I: Von der Quelle zum Ohr

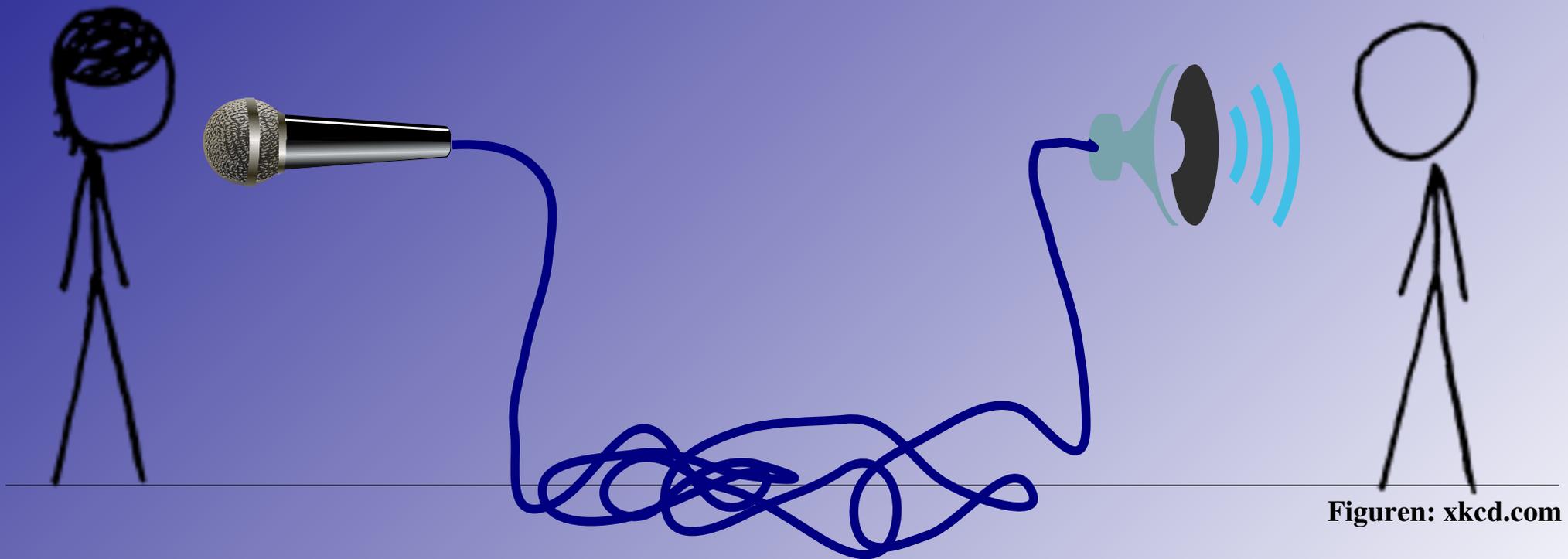
- Oft ist der Umweg des Schalls komplizierter:



Figuren: xkcd.com

# Theorie I: Vom Schall zum elektrischen Signal

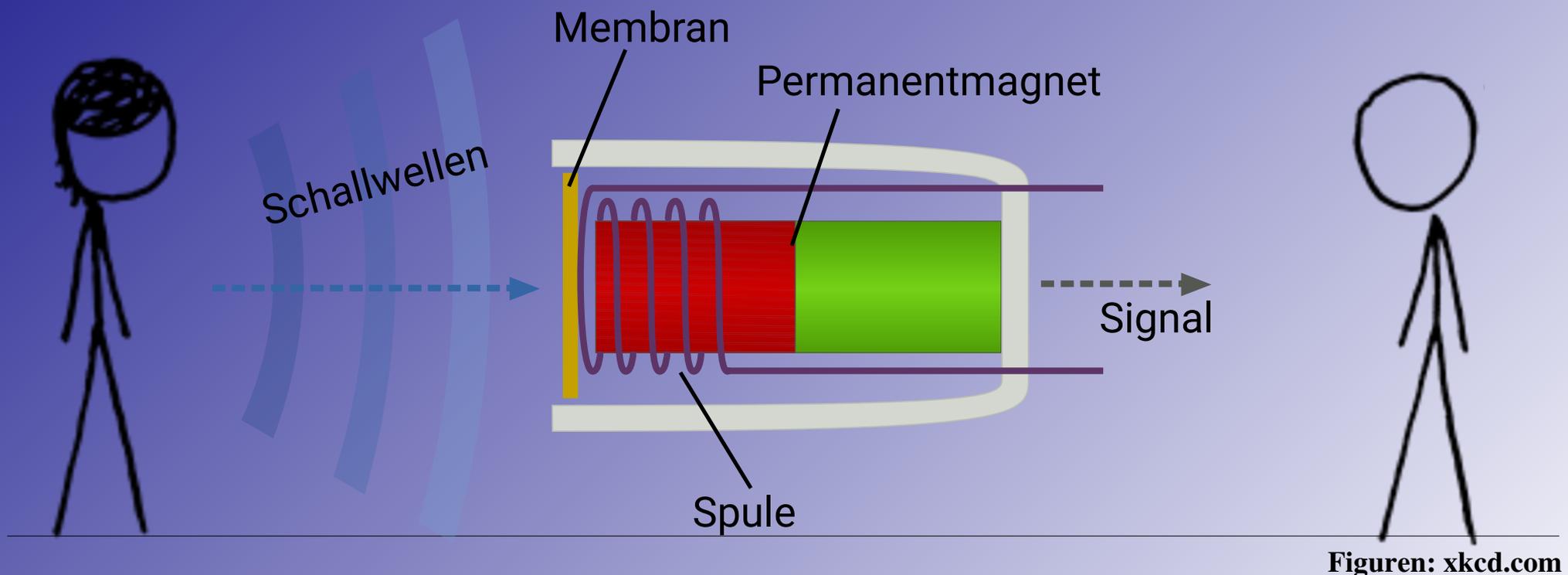
- Das Mikrofon wandelt die Luftbewegungen in eine elektrische Spannung um.



Figuren: xkcd.com

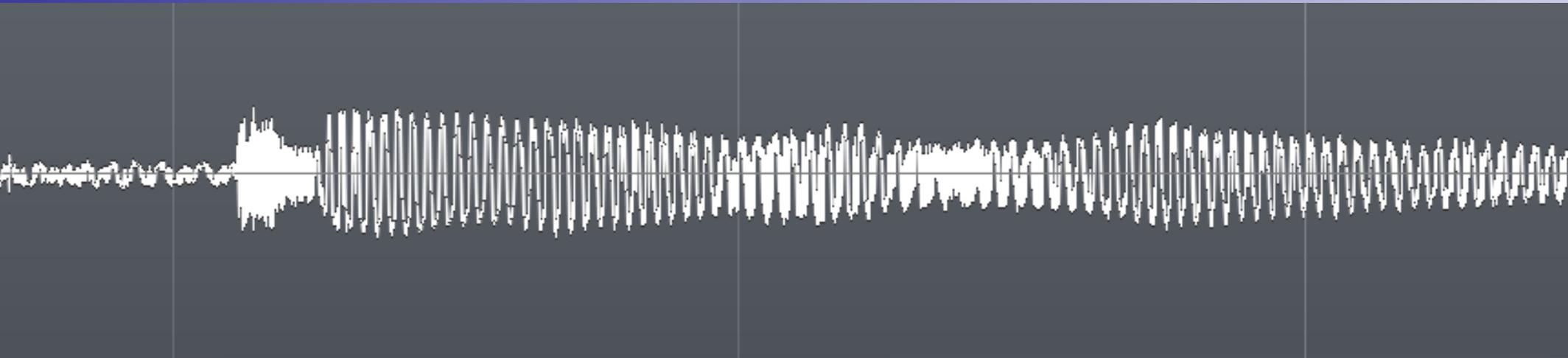
# Theorie I: Vom Schall zum elektrischen Signal

- Das Mikrofon wandelt die Luftbewegungen in eine elektrische Spannung um.



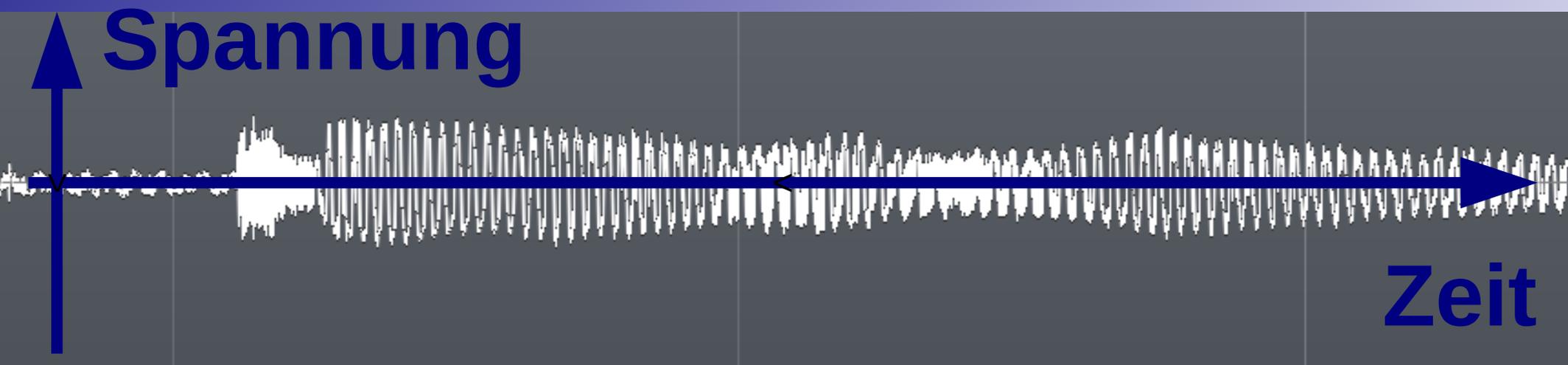
# Theorie I: Vom Schall zum elektrischen Signal

- Das Mikrofon wandelt die Luftbewegungen in eine elektrische Spannung um.
- Das sieht dann so aus:



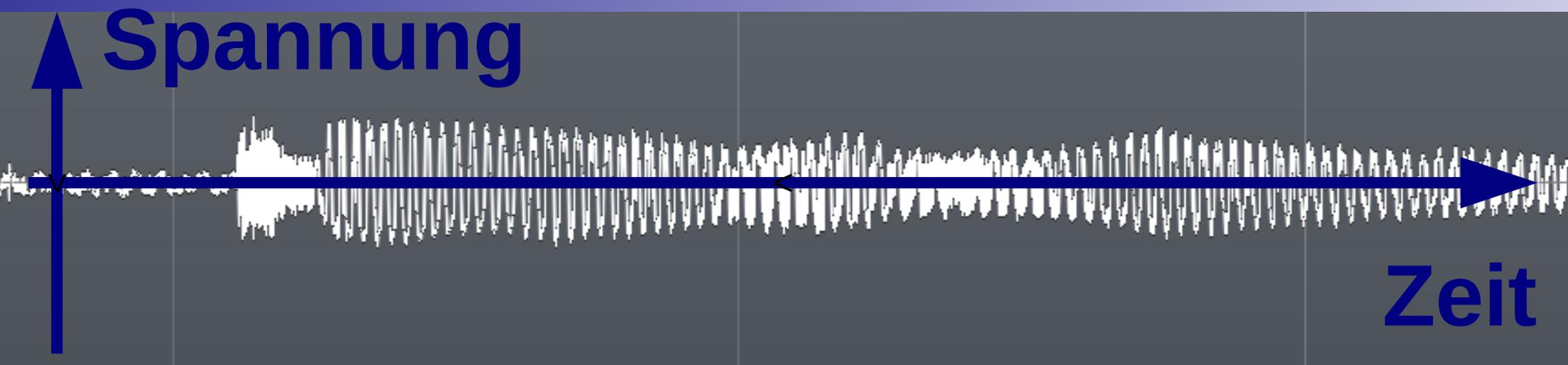
# Theorie I: Vom Schall zum elektrischen Signal

- Das Mikrofon wandelt die Luftbewegungen in eine elektrische Spannung um.
- Das sieht dann so aus:



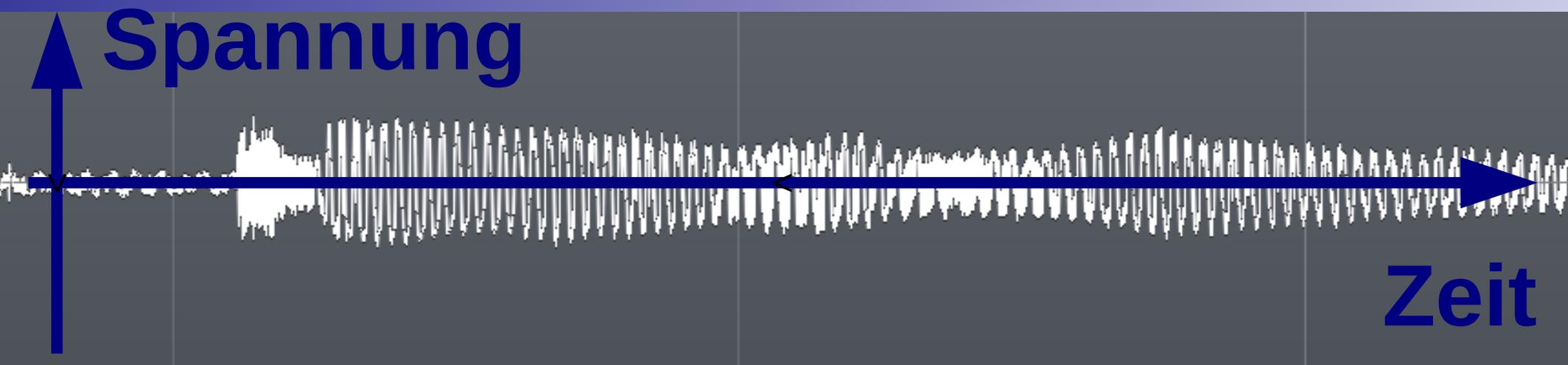
# Theorie I: Vom Schall zum elektrischen Signal... und zurück!

- Dieses elektrische Signal kann man verstärken und dann einen Lautsprecher antreiben, oder es kann gespeichert und später wiedergegeben werden.



# Theorie I: Vom Schall zum elektrischen Signal... und zurück!

- Diese *Wellenform* kann man entweder im Computer betrachten, oder man verwendet ein *Oszilloskop*, wie auf den folgenden Seiten.

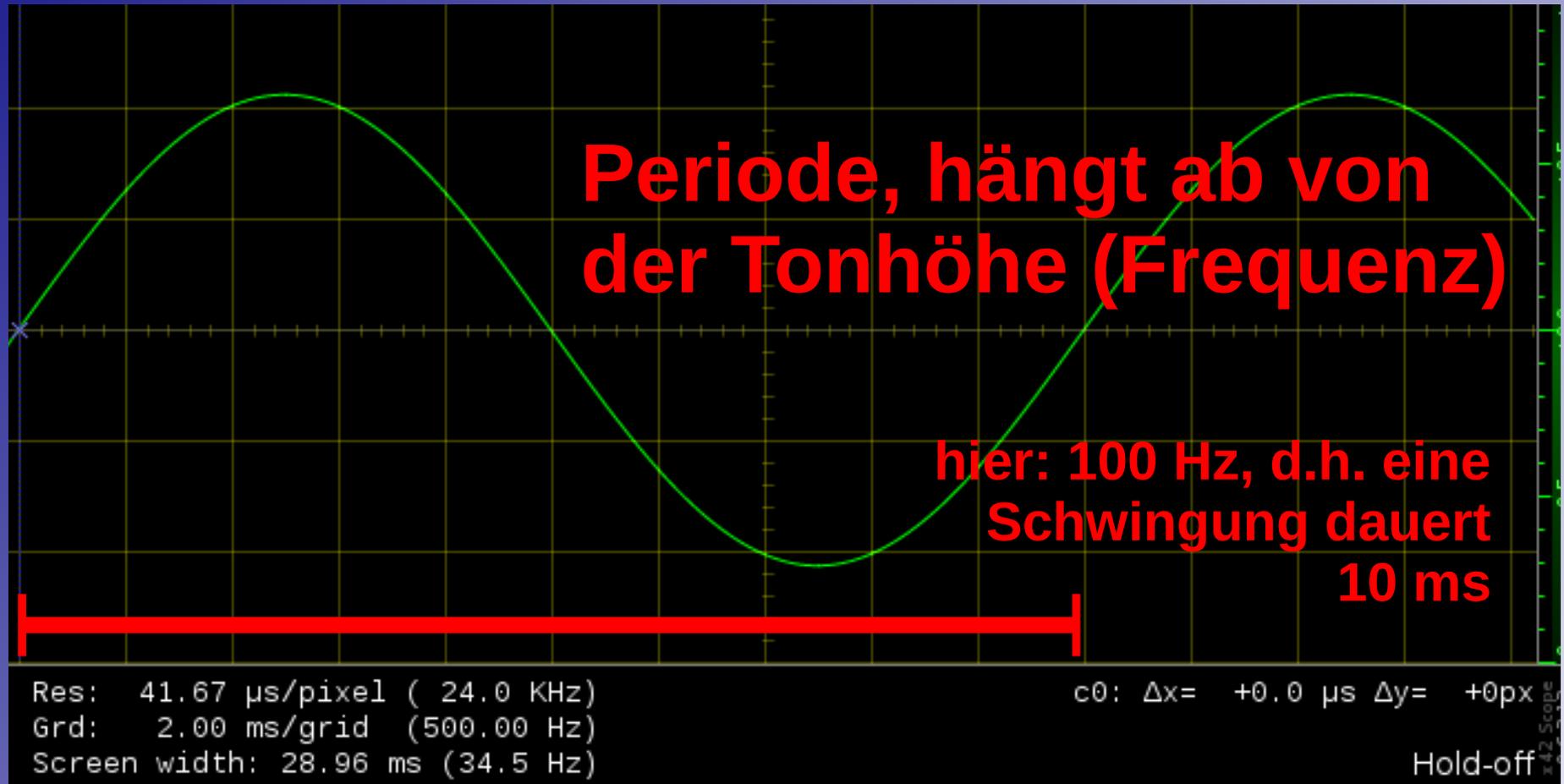


# Theorie I: Vom Schall zum elektrischen Signal... und zurück!

## ★ Experiment 2: Oszilloskop

# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

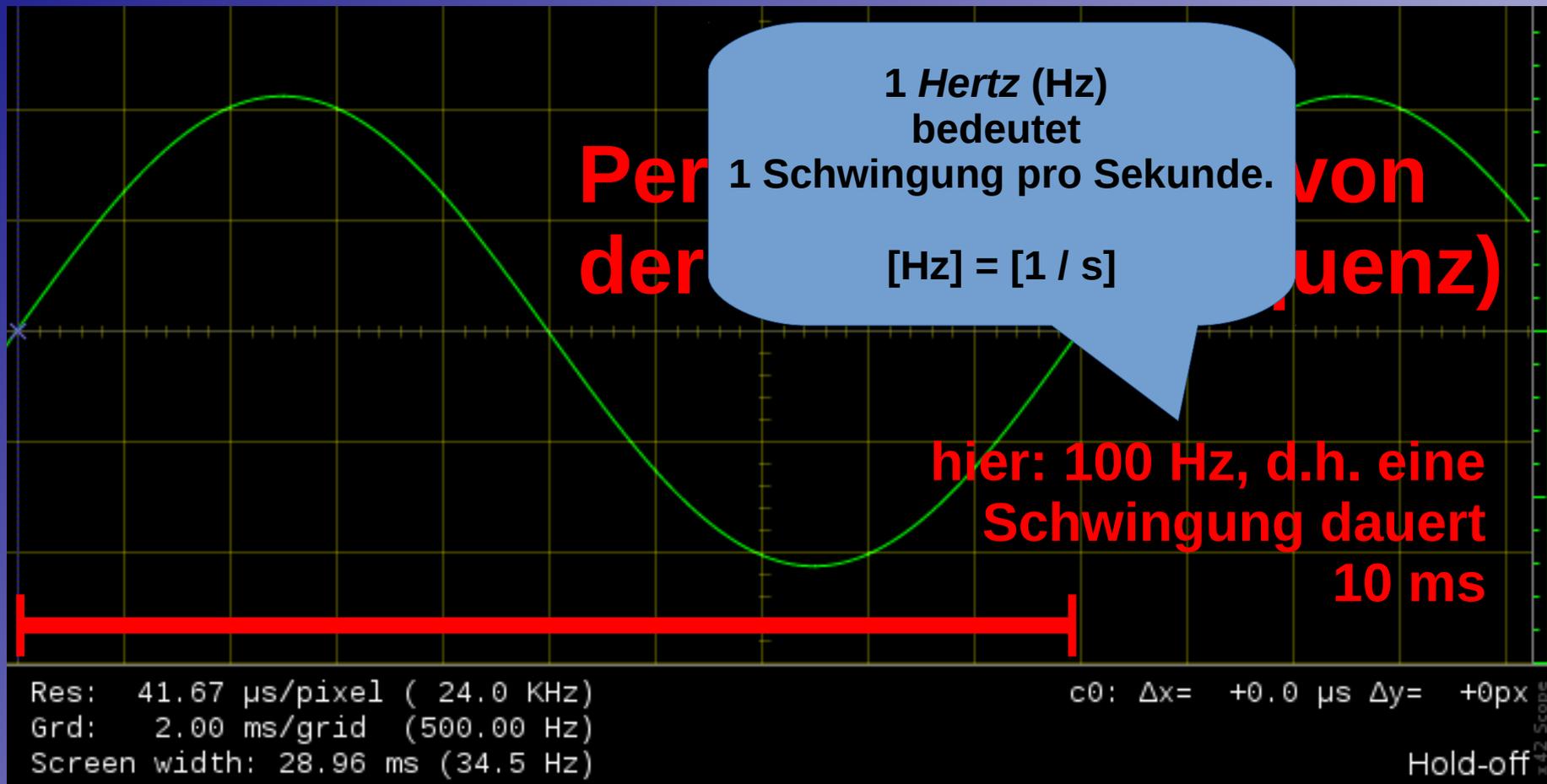
Spannung



Zeit

# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

Spannung

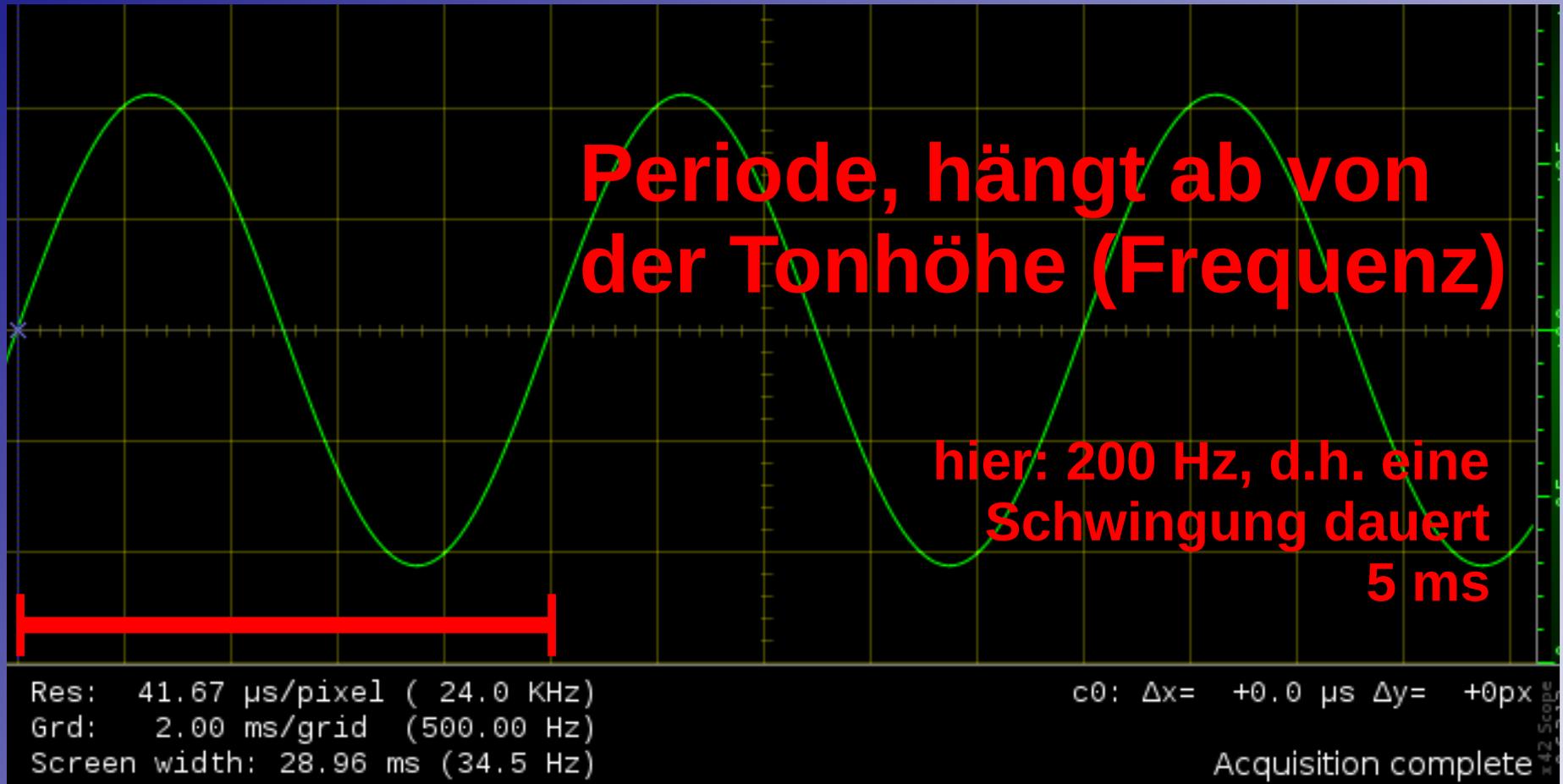


Zeit



# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

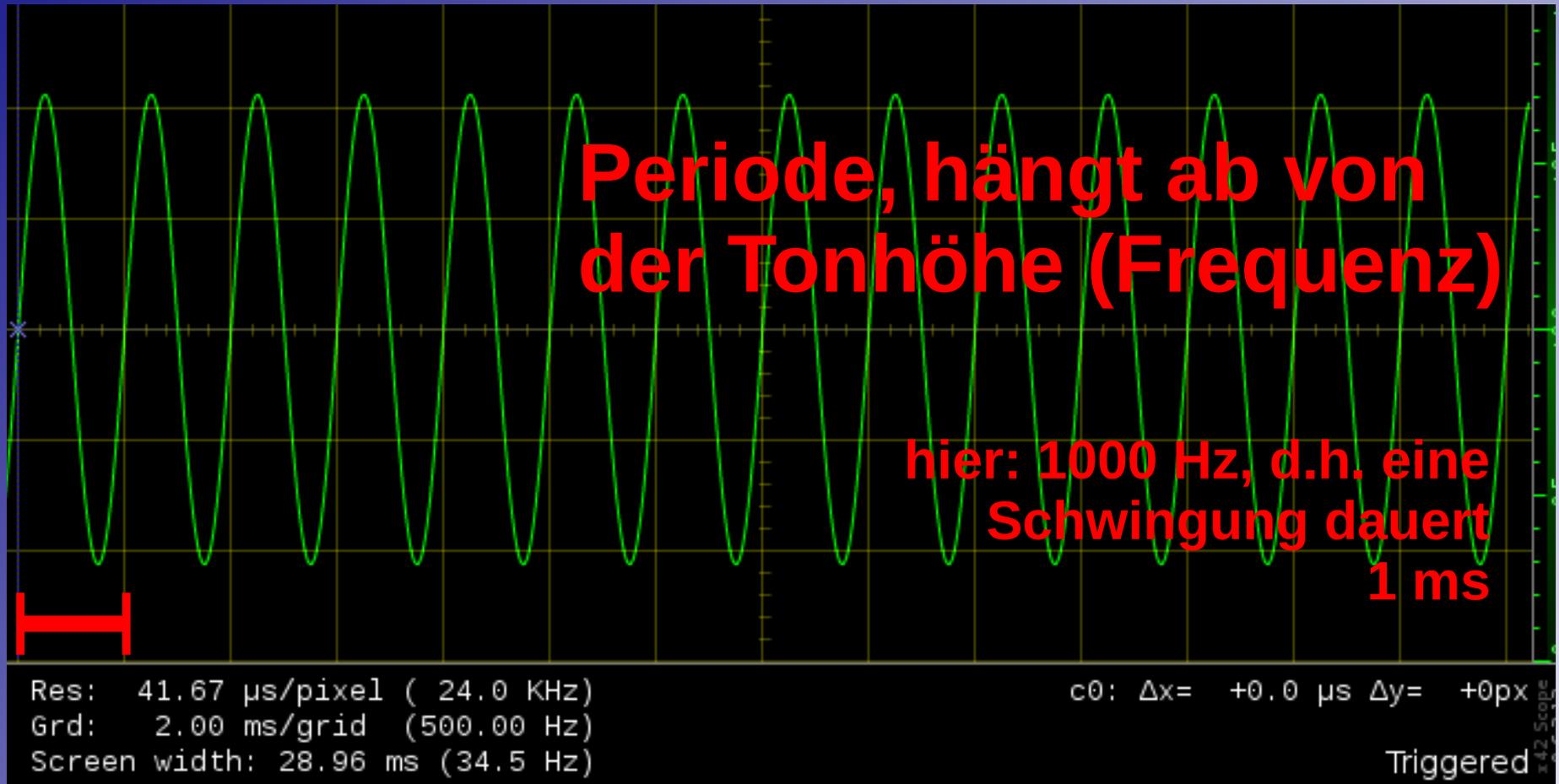
Spannung



Zeit

# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

Spannung



Zeit

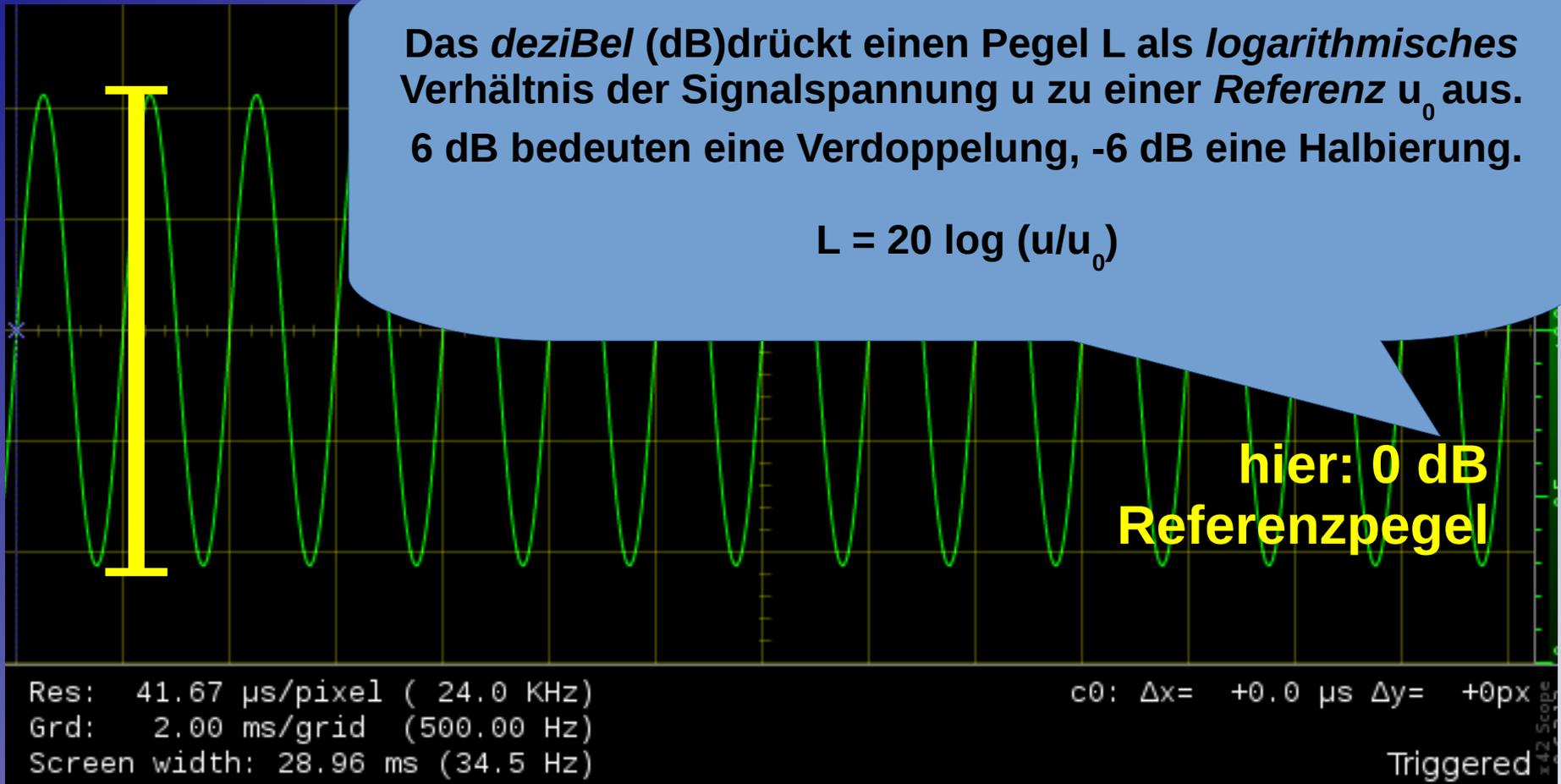


# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

Das *deziBel* (dB) drückt einen Pegel  $L$  als *logarithmisches* Verhältnis der Signalspannung  $u$  zu einer *Referenz*  $u_0$  aus. 6 dB bedeuten eine Verdoppelung, -6 dB eine Halbierung.

$$L = 20 \log (u/u_0)$$

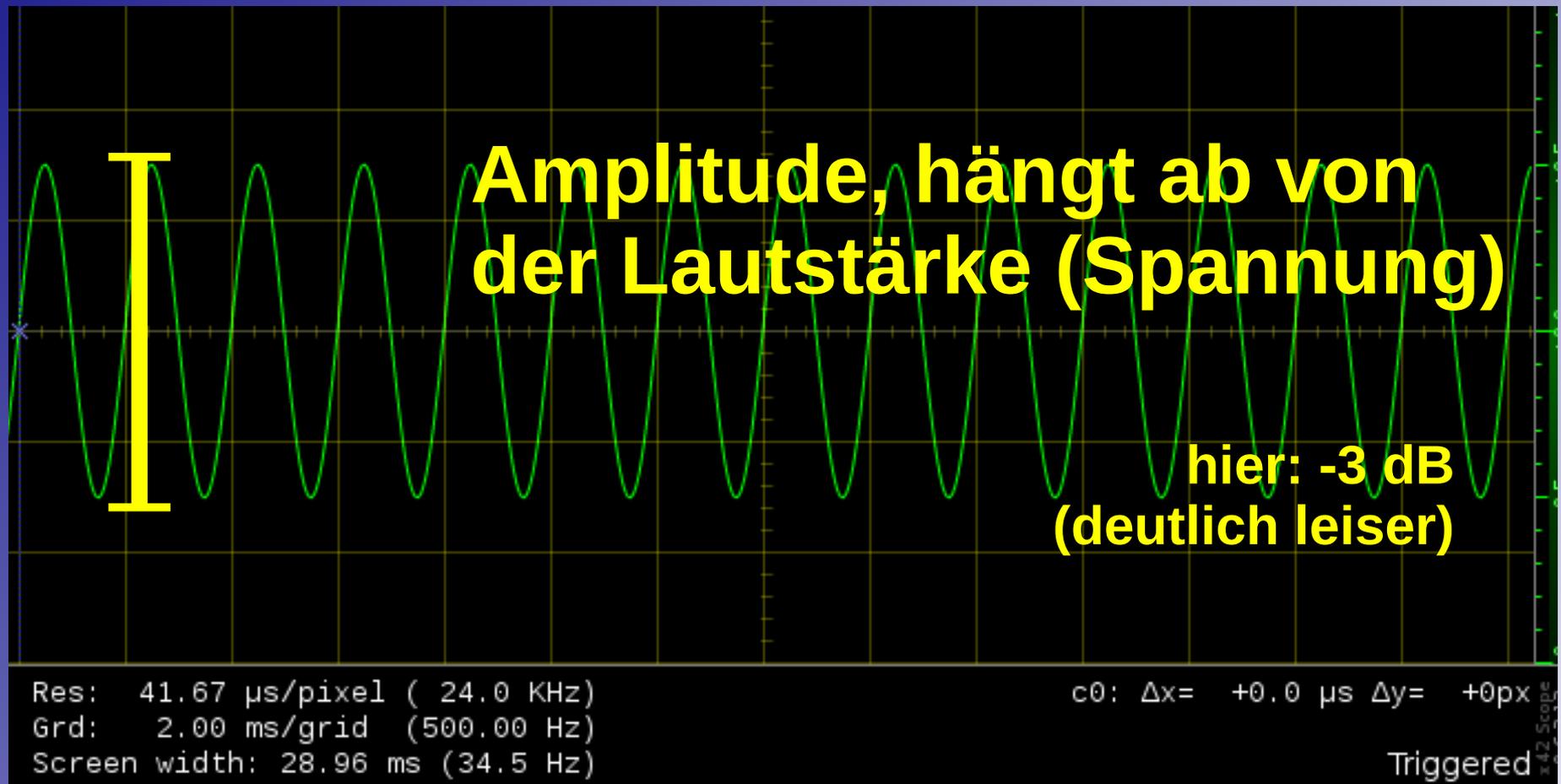
**hier: 0 dB  
Referenzpegel**



**Zeit**

# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

Spannung

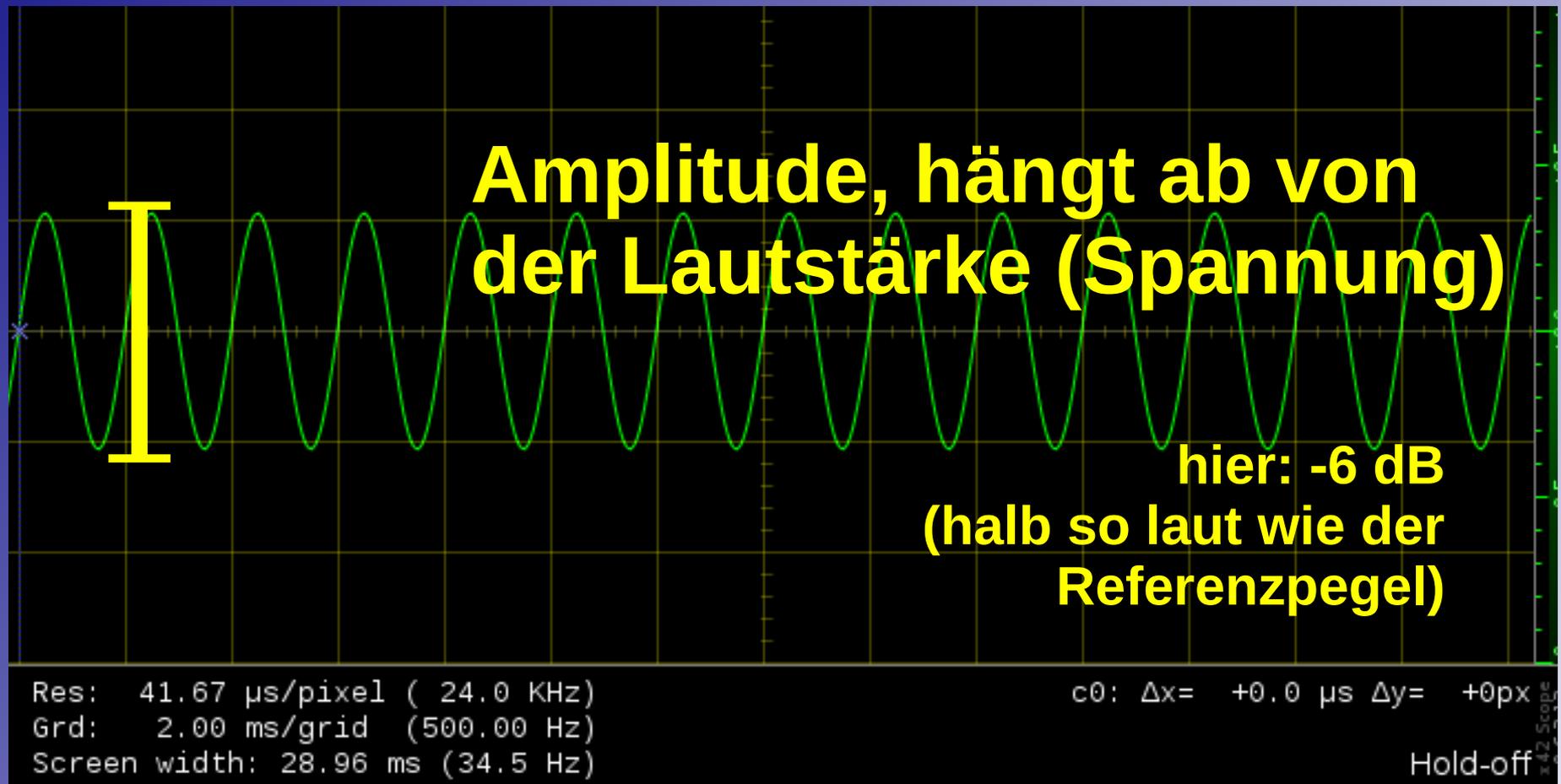


Zeit

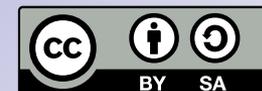


# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

Spannung



Zeit



# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

- Schallereignisse mit nur einer Frequenz heißen *Töne*.
- Ein Gemisch verschiedener Töne heißt *Klang*.  
Alle nicht-elektronischen Instrumente erzeugen stets Klänge aus *Grundton* und *Obertönen*.
- Töne und Klänge haben eine eindeutige *musikalische Tonhöhe*.

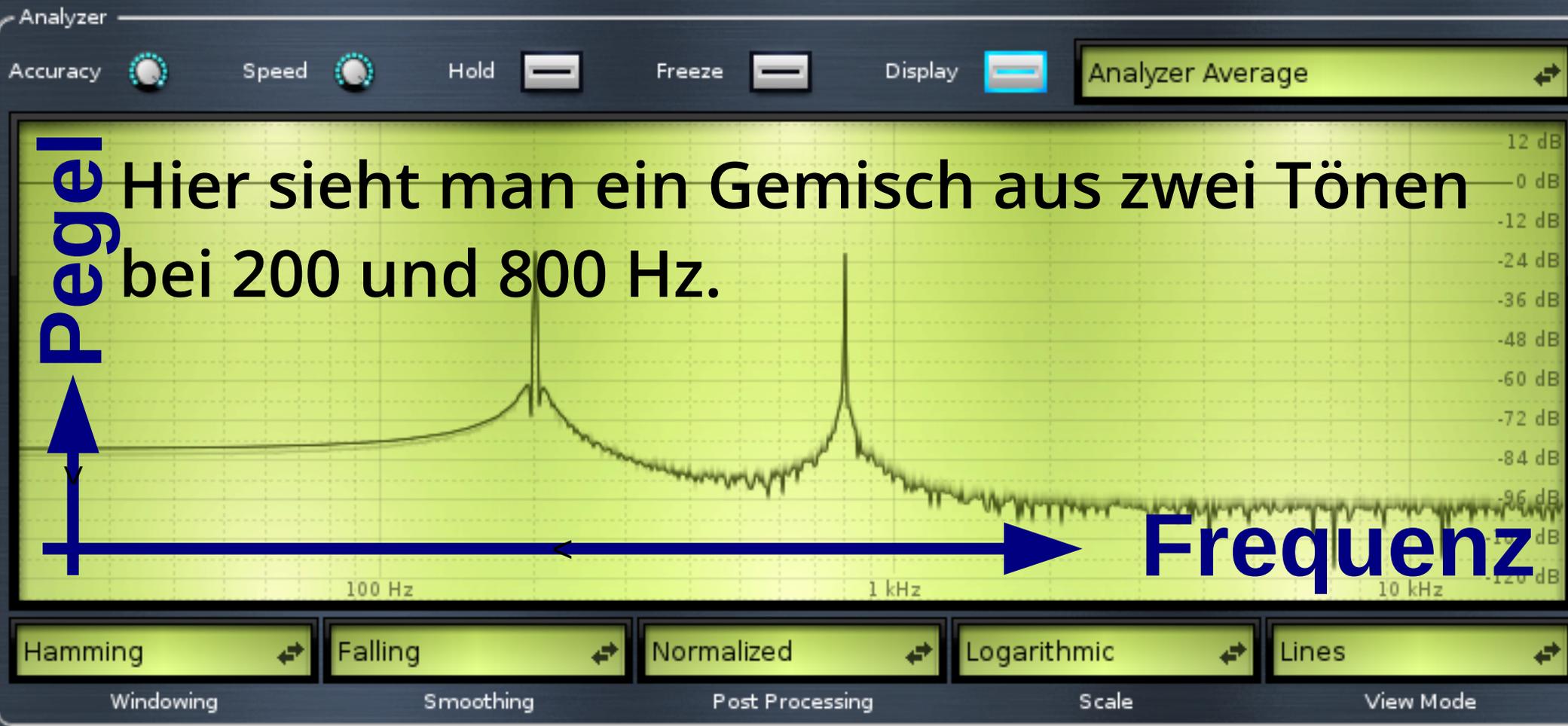
# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

- Schallereignisse ohne bestimmbare Tonhöhe heißen *Geräusche*. Ein andauerndes, unveränderliches Geräusch heißt *Rauschen*.

# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen



# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

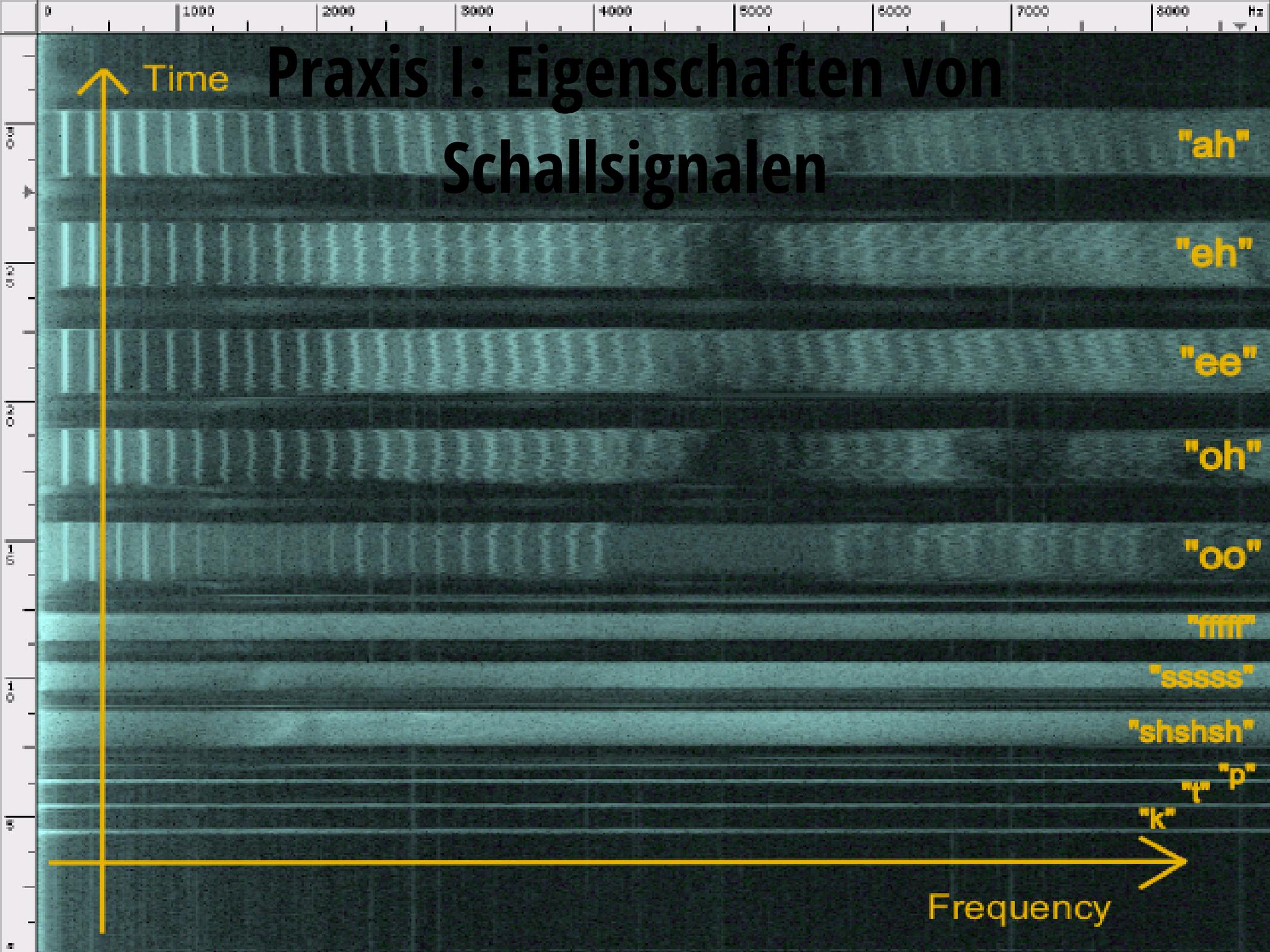


# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen



# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

## ★ Experiment 3: Analyzer



# Praxis I: Eigenschaften von Schallsignalen

Time

"ah"

"eh"

"ee"

"oh"

"oo"

"mmmm"

"sssss"

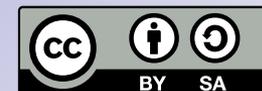
"shshsh"

"t" "p"

"k"

Frequency

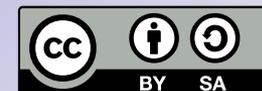
# Theorie II: Bestandteile einer Beschallungsanlage



# Theorie II: Bestandteile einer Beschallungsanlage

Signalquellen (an den Mischpulteingängen):

- Mikrofone
- Instrumente mit Ausgang, per DI-Box
- Zuspieler wie CD, Notebook, Tablet etc.



# Theorie II: Bestandteile einer Beschallungsanlage

Signalsenken (an den Mischpultsausgängen)

- Publikumlautsprecher (auch "P.A.")
- Monitorboxen für MusikerInnen
- immer mehr auch In-Ear-Monitorssysteme
- sonstige Lautsprecher (Foyer, Garderoben, Delays etc.)
- Aufnahmegerät / Ü-Wagen



# Theorie II: Bestandteile einer Beschallungsanlage

Zwischen Mischpult und Lautsprechern gibt es in der Regel noch eine Klangregelung in Form eines *30-Band-Equalizers*, *Prozessoren* zur Ansteuerung und zum Schutz der Lautsprecher, und zuletzt die Verstärker (im P.A.-Bereich *Endstufen* genannt).

# Theorie II: Bestandteile einer Beschallungsanlage

Zwischen Bühne und Mischpultplatz (auch: *front-of-house, FOH*) liegt ein dickes Kabel mit vielen einzelnen Signalleitungen in beide Richtungen, das *Multicore*.



# Theorie II: Bestandteile einer Beschallungsanlage

Zwischen Bühne und Mischpultplatz (auch: *front-of-house, FOH*) liegt ein dickes Kabel mit vielen einzelnen Signalleitungen in beide Richtungen, das *Multicore*.

Digitale Pulte haben oft auch ein digitales Multicoresystem, mit einem einzelnen CAT-Kabel, einem Paar Glasfasern oder Koax-Leitungen.

# Theorie II: Bestandteile einer Beschallungsanlage

Bei großen professionellen Konzerten gibt es einen Splitter, der jedes Mikrofon zusätzlich auf ein separates Monitormischpult sendet, das an der Bühne steht. Bei kleineren Konzerten wird der Monitormix vom FOH-Engineer mit den Aux-Wegen des Saalmischpults gefahren.

# Theorie II: Bestandteile einer Beschallungsanlage

Beispiel

Signalweg vom Sänger zum Publikum:

Mikrofon → Multicore → Mischpulteingang  
→ Kanalfader → Masterfader Master-  
Ausgang → EQ → Multicore → Prozessor →  
Endstufe → P.A.-Lautsprecher

# Theorie II: Bestandteile einer Beschallungsanlage

Beispiel

Signalweg vom Sänger zum Monitor:

Mikrofon → Multicore → Mischpulteingang  
→ Kanal-Aux-Regler → Aux-Master → Aux-  
Ausgang → EQ → Multicore → Prozessor →  
Endstufe → Bühnenmonitor

# Theorie II: Bestandteile einer Beschallungsanlage

Die Monitor-Aux-Sends greifen das Signal vor dem Fader ab (*pre-fader*). Die Mischerin kann also im Saal tun und lassen, was sie will, ohne dass sich der Monitormix für die Musiker ändert.



# Theorie II: Bestandteile einer Beschallungsanlage

Die Effekt-Aux-Sends liegen im Signalfluss hinter dem Fader (*post-fader*). Denn wenn die Mischerin ein Signal lauter macht, soll auch der Hall lauter werden, damit das Verhältnis das gleiche bleibt.

ALLEN&HEATH

GL2800

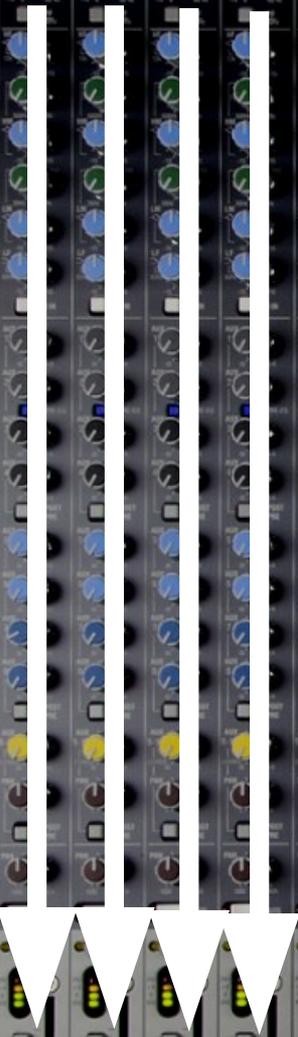
# Theorie II: Das Mischpult Aufbau und Signalfluss



# Theorie II: Das Mischpult Aufbau und Signalfluss

Ankommende Signale fließen von oben nach unten durch die *Eingangskanalzüge*.

Kennt man einen, kennt man alle.



# Theorie II: Das Mischpult Aufbau und Signalfluss

Vorverstärker

Klangregelung (parametrischer Equalizer)

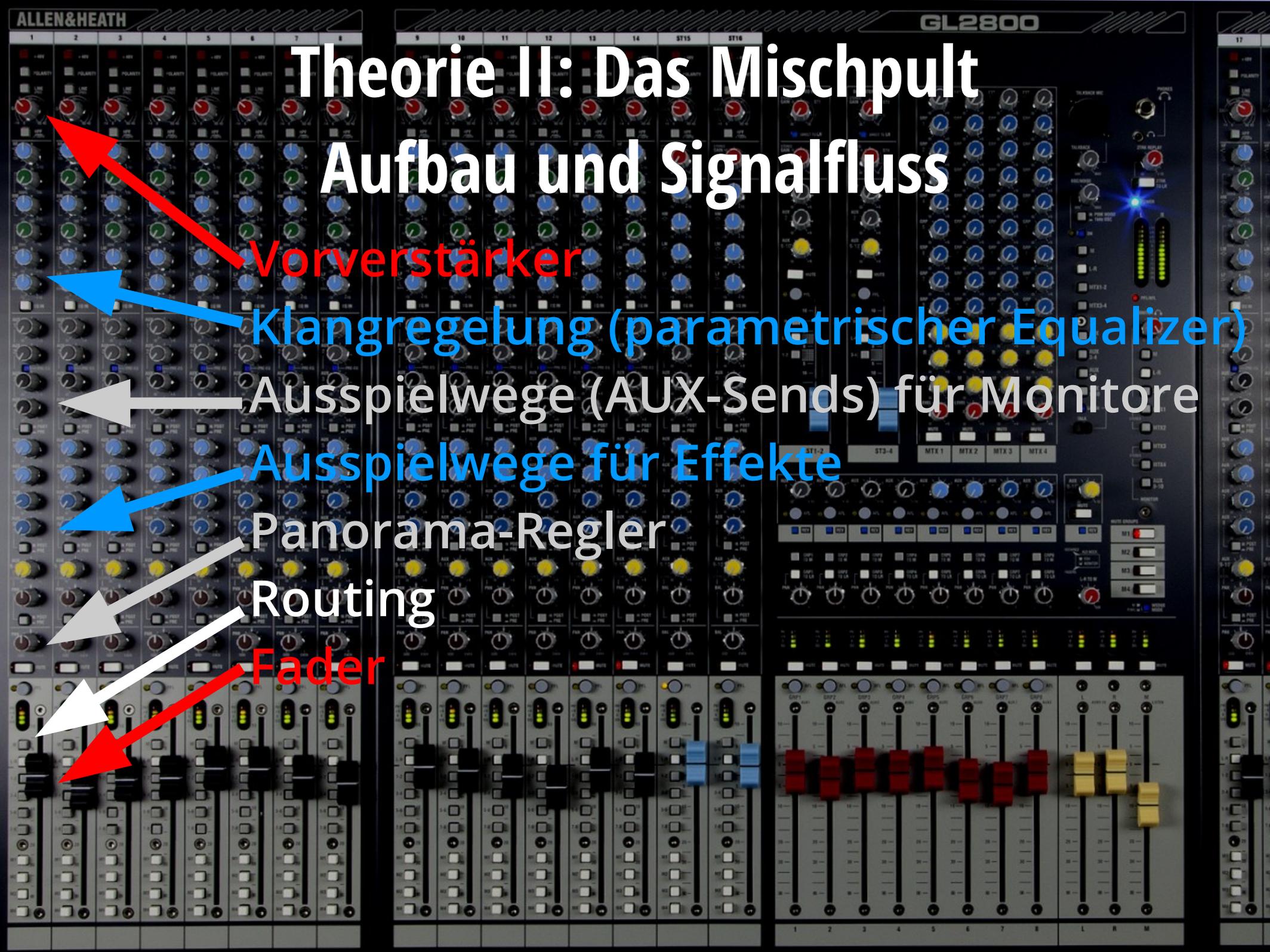
Ausspielwege (AUX-Sends) für Monitore

Ausspielwege für Effekte

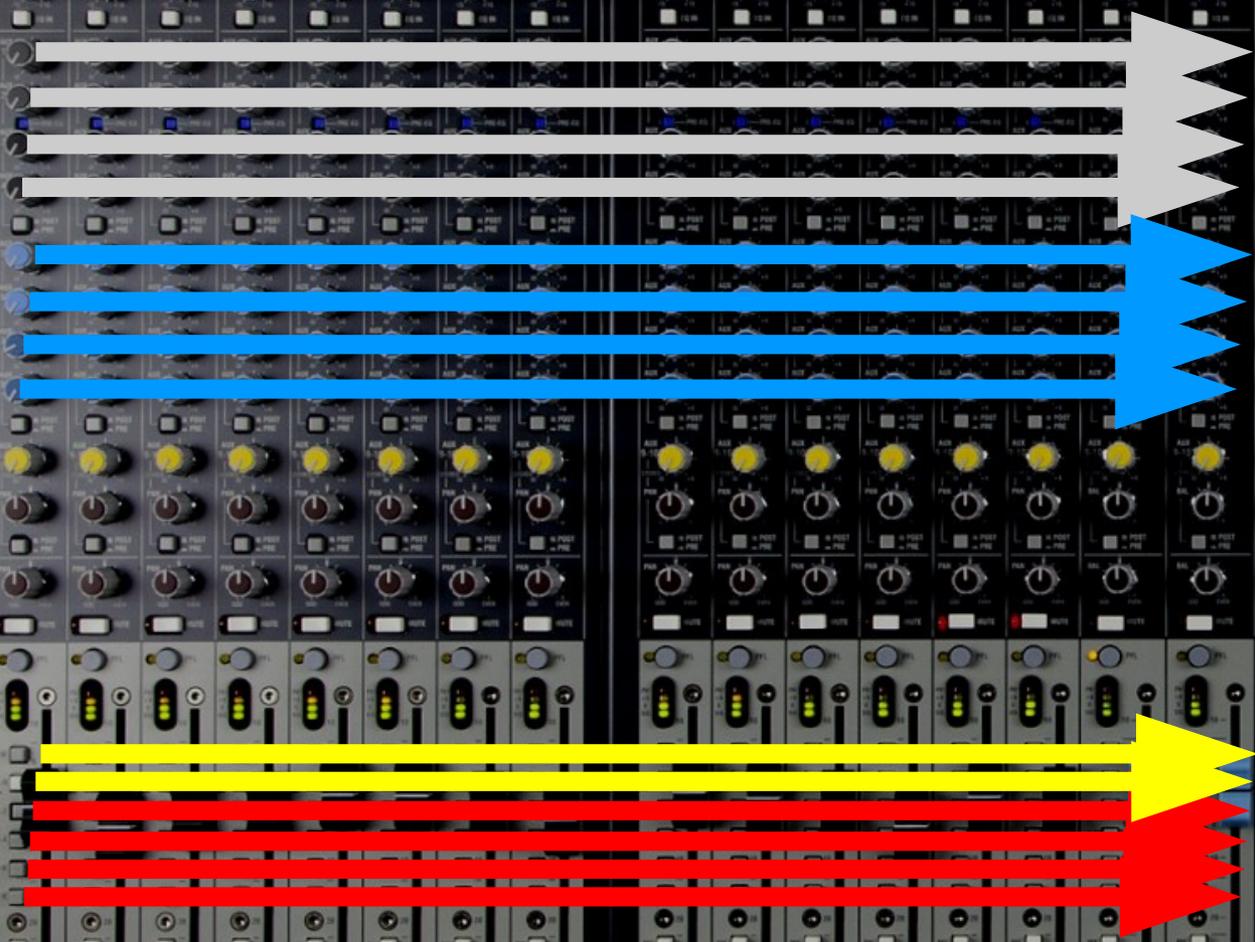
Panorama-Regler

Routing

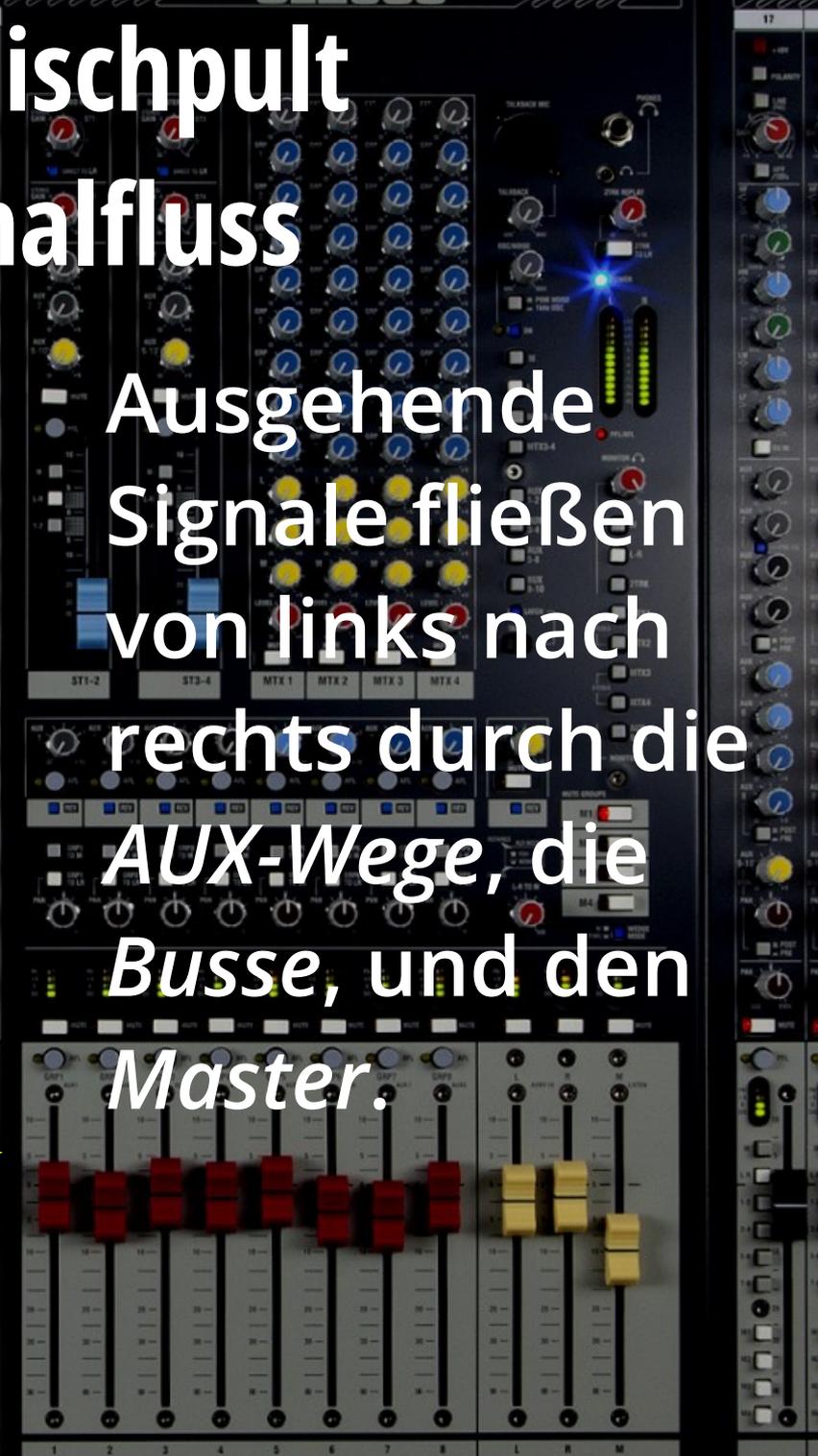
Fader



# Theorie II: Das Mischpult Aufbau und Signalfluss



Ausgehende  
Signale fließen  
von links nach  
rechts durch die  
*AUX-Wege*, die  
*Busse*, und den  
*Master*.

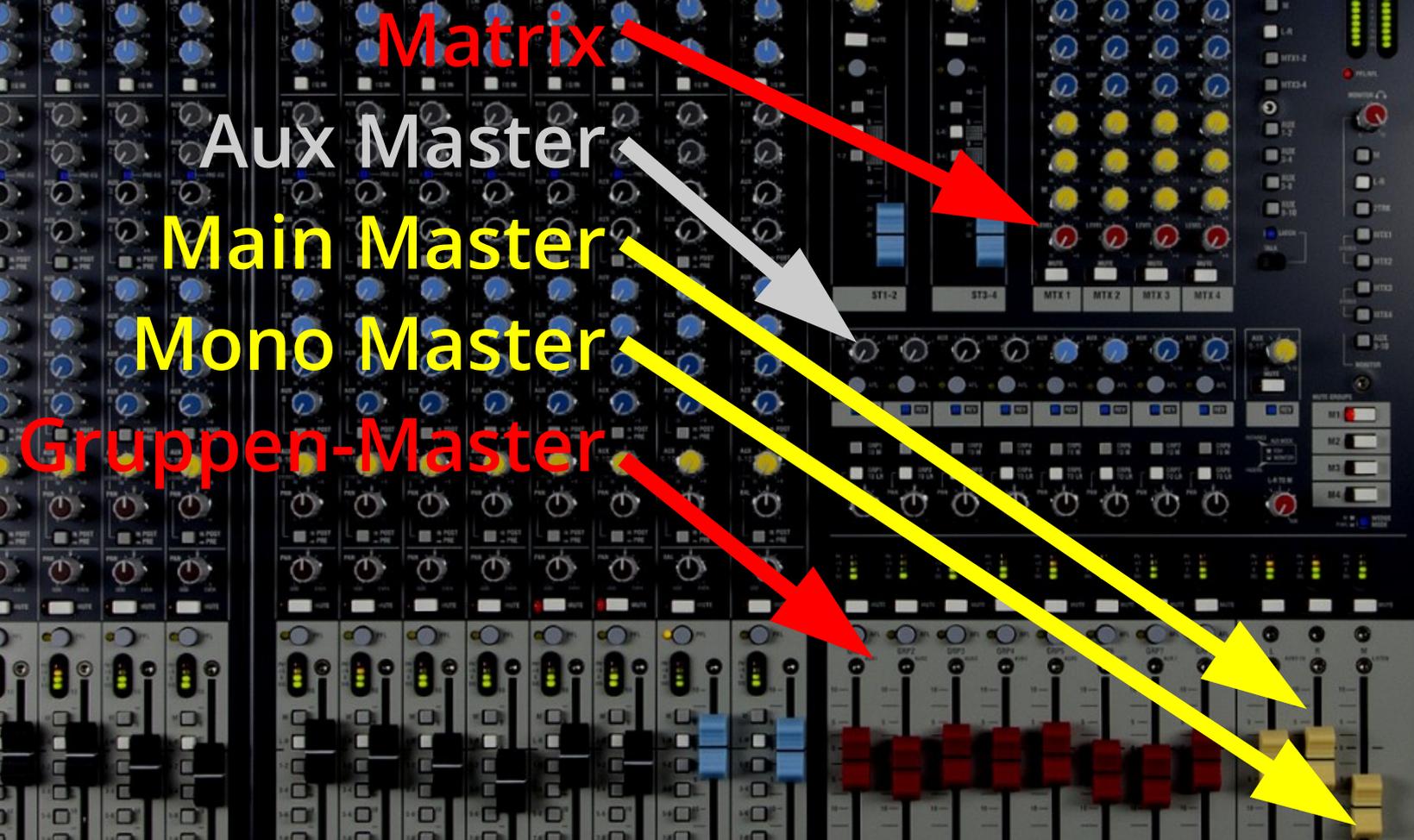




# Theorie II: Das Mischpult Aufbau und Signalfluss

In den AUX-Wegen und den Bussen werden die Signale summiert (gemischt). Für jeden Weg gibt es einen Master-Regler und einen entsprechenden Ausgang.

# Theorie II: Das Mischpult Aufbau und Signalfluss



# Theorie II: Anschlüsse und Signaltypen

Signale unterscheiden sich durch

- Pegel (Spannung):
  - *Mikrofonpegel* (-70 bis -20 dBu), < 1 mV – 0,1 V
  - *Line-Pegel* (-10 dBu bis +4dBu), 0,4 V – 2.1 V
  - *Lautsprecherpegel* (bis zu 100 V)
- Zweck:
  - Übertragung von *Information* (Spannungsanpassung)
  - Übertragung von *Leistung* (Stromanpassung)

*Nur Lautsprecherleitungen übertragen Leistung.*

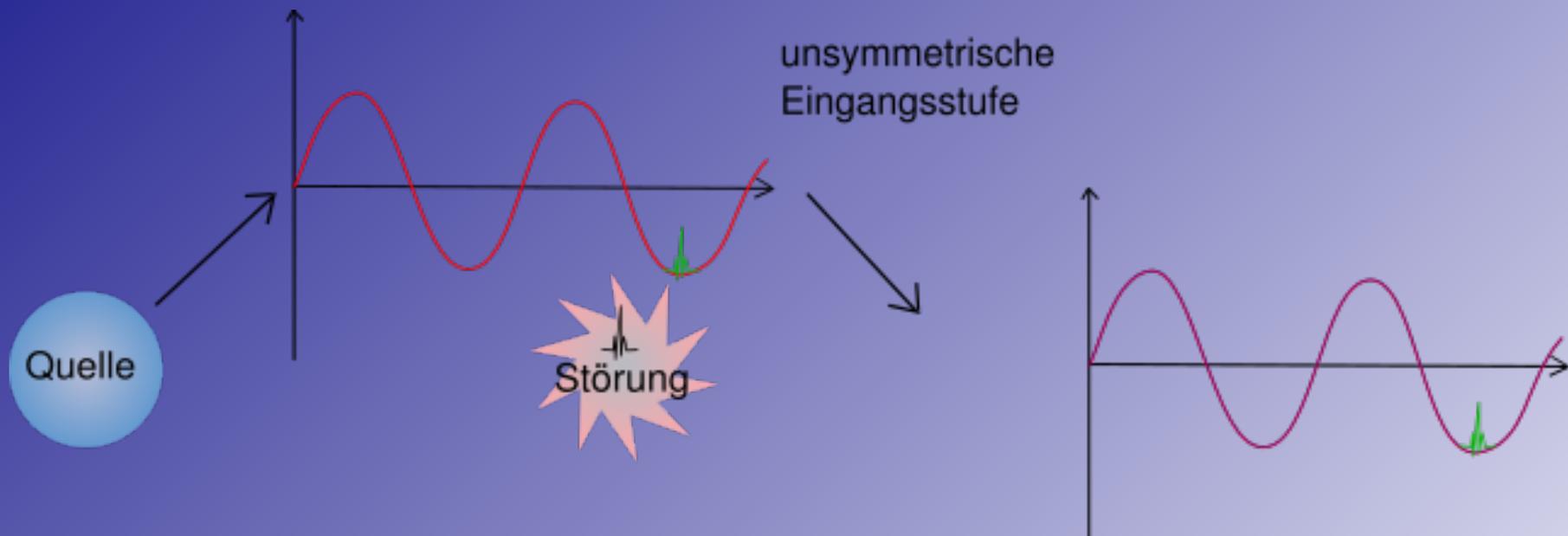
# Theorie II: Anschlüsse und Signaltypen

- Signale unterscheiden sich durch symmetrische (3 Leiter) oder unsymmetrische (2 Leiter) Signalführung



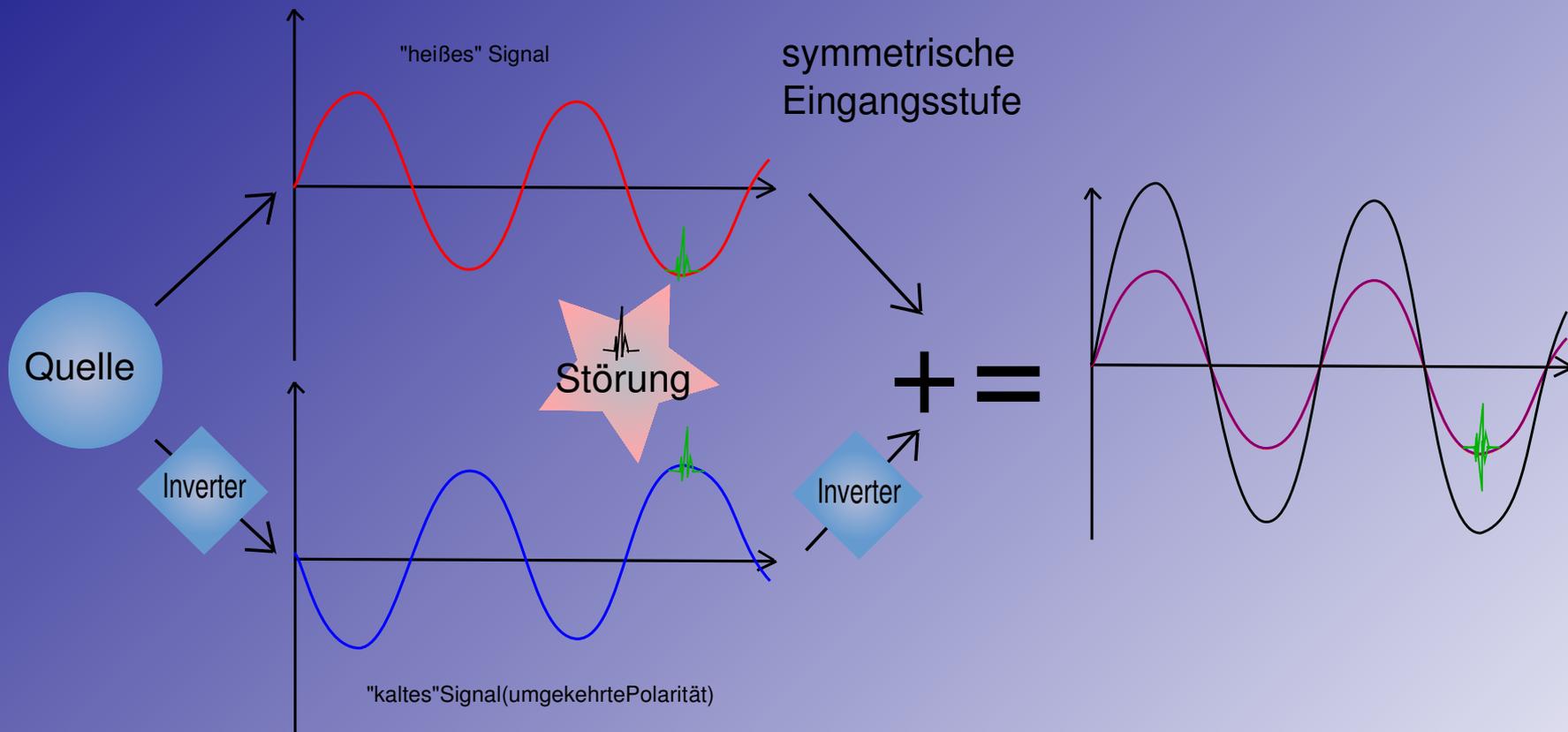
# Theorie II: Anschlüsse und Signaltypen

- Unsymmetrische Übertragung (z.B. durch ein Gitarrenkabel) ist empfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen.



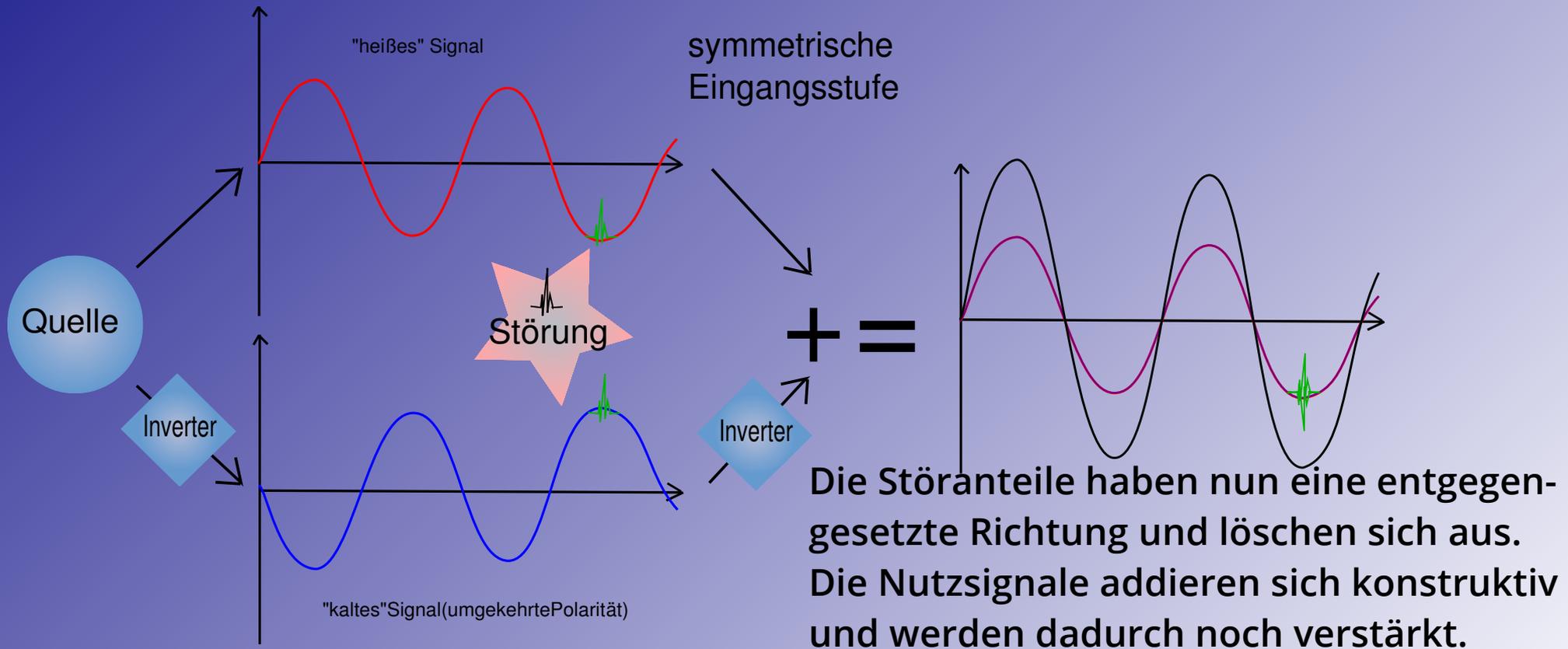
# Theorie II: Anschlüsse und Signaltypen

- Symmetrische Übertragungen sind auch auf langen Strecken unempfindlich gegen Störungen:



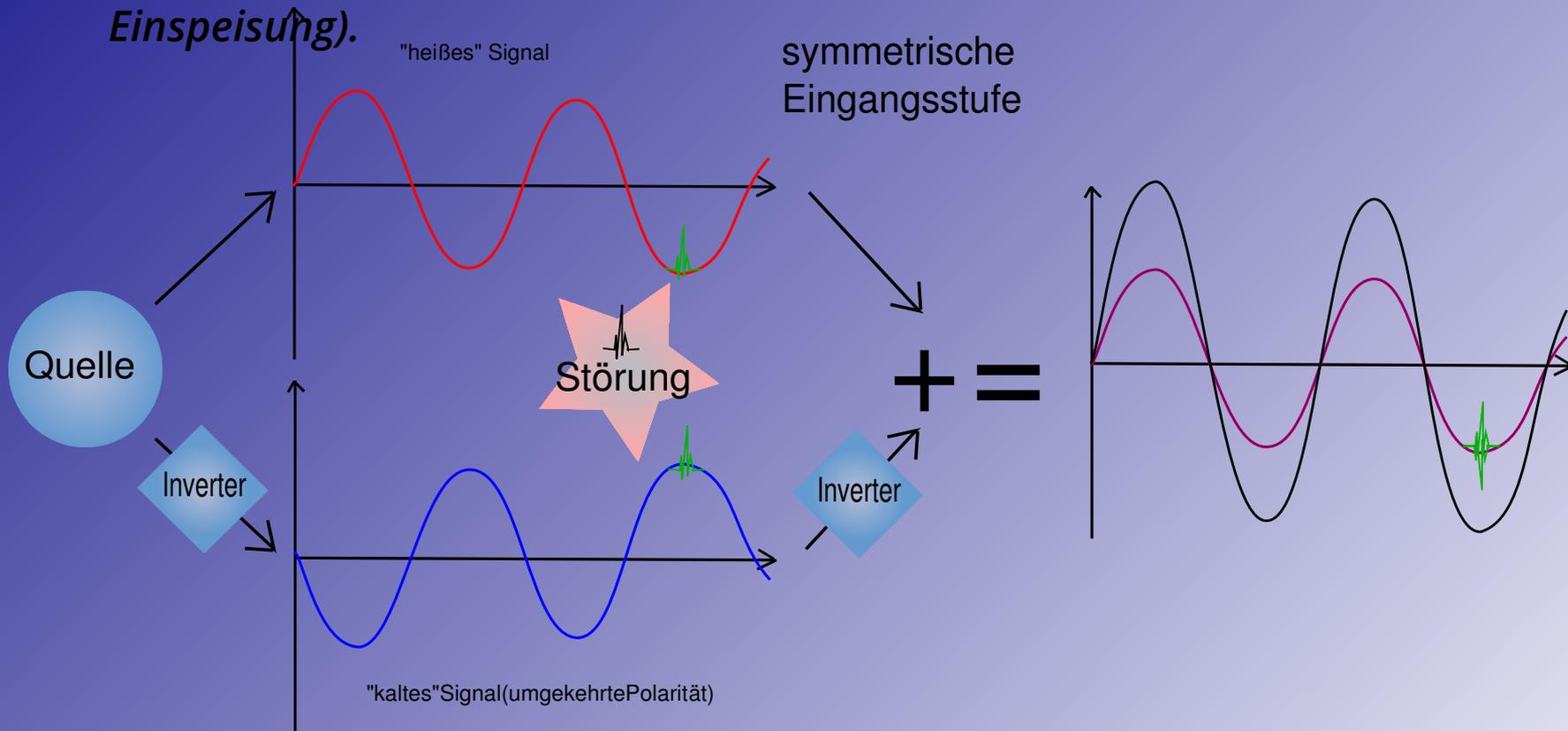
# Theorie II: Anschlüsse und Signaltypen

- Das Signal wird einmal normal ("heiss") und einmal mit umgekehrter Polarität ("kalt") übertragen. Am Empfänger wird die Polarität auf der kalten Seite wieder gedreht und die beiden Signale werden addiert.



# Theorie II: Anschlüsse und Signaltypen

Unsymmetrische Signale (z.B. aus einem Bass, Keyboard, oder einer akustischen Gitarre) müssen für eine störungsfreie Übertragung symmetriert werden. Dies ist die Aufgabe einer *DI-Box* ("direct injection", also "direkte Einspeisung").



# Theorie II: Anschlüsse und Signaltypen

- Gebräuchliche Steckertypen sind:
- XLR (Mic/Line, symmetrisch)
- TS-Klinke (Line, unsymmetrisch)
- TRS-Klinke (Line, symmetrisch)
- Speakon (LS, unsymmetrisch)



Speakons sind oft auch 4- und 8-polig  
(für aktiv getrennte Mehrweg-Systeme)



(Fotos: Neutrik)

# Praxis II: Aufbau und Verkabelung einer Beschallungsanlage



# Theorie III: Mikrofontypen

Man unterscheidet Mikrofone nach der Bauart

- *dynamisches Mikrofon*
- *Kondensatormikrofon*

und nach der Richtcharakteristik

- *Kugel*
- *Niere*
- *Superniere*
- *Keule (Richtrohr)*

# Theorie III: Mikrofontypen

Ein *dynamisches Mikrofon* (auch: Tauchspulenmikrofon) besteht aus einer Membran mit daran befestigter Spule, die in ein Magnetfeld eintaucht.

Bewegt sich die Membran, wird in der Spule eine Spannung *induziert*. Diese kann direkt verstärkt und hörbar gemacht werden.

# Theorie III: Mikrofontypen

Ein *Kondensatormikrofon* besteht aus einer metallbedampften Membran und einer Gegenelektrode, die zusammen einen *Kondensator* bilden.

Dieser ist entweder permanent geladen (“Elektret-Kondensatormikrofon”) oder wird durch eine angelegte *Phantomspeisung* von 48V vorgespannt.

# Theorie III: Mikrofontypen

Eintreffender Schall bewegt die Membran und ändert so den Abstand zur Gegenelektrode. Dies moduliert die Kapazität des Kondensators und damit die Spannung proportional zum Schallereignis.

Anders als beim dynamischen Mikrofon wird nur eine verschwindend geringe Leistung abgegeben. Daher muss das Signal noch im Mikrofon direkt hinter dem Kondensator impedanzgewandelt und verstärkt werden.

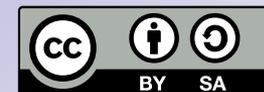
# Theorie III: Mikrofontypen

Dieser Verstärker bekommt seine Energie ebenfalls durch die Phantomspeisung, die am Mischpult zugeschaltet sein muss!



# Theorie III: Mikrofontypen

Neben der Art der Schallwandlung (dynamisch / Kondensator) unterscheidet man Mikrofone nach ihrer *Richtcharakteristik*.



# Theorie III: Mikrofontypen

Neben der Art der Schallwandlung (dynamisch / Kondensator) unterscheidet man Mikrofone nach ihrer *Richtcharakteristik*.

Ein Mikrofon, das (theoretisch) den Schall von überall empfängt, heisst *Kugel*. In der Praxis klingen auch Kugeln von vorn brillianter, die Charakteristik ist also frequenzabhängig. Kugeln kommen in der Beschallung fast nie zum Einsatz, denn sie neigen zu Rückkopplungen.

# Theorie III: Mikrofontypen

Neben der Art der Schallwandlung (dynamisch / Kondensator) unterscheidet man Mikrofone nach ihrer *Richtcharakteristik*.

Daher verwendet man auf der Bühne meistens *Nieren*. Sie nehmen den Schall von vorn am besten, von hinten gar nicht auf. Die Kunst bei Bau einer Niere liegt nicht in der Linearität des Frequenzgangs von vorn (das kann jeder, und das ist es, was Hersteller gern abdrucken), sondern in der Gleichmäßigkeit des Frequenzgangs in allen Richtungen.

# Theorie III: Mikrofontypen

Neben der Art der Schallwandlung (dynamisch / Kondensator) unterscheidet man Mikrofone nach ihrer *Richtcharakteristik*.



Eine Variante der Niere ist die *Superniere*. Sie ist an den Seiten noch unempfindlicher, hat aber hinten wieder eine kleine Nebenkeule, die gern für Rückkopplungen sorgt, wenn die Monitorbox direkt vor der Sängerin steht.

# Theorie III: Mikrofontypen

Neben der Art der Schallwandlung (dynamisch / Kondensator) unterscheidet man Mikrofone nach ihrer *Richtcharakteristik*.

*Richtrohre* haben eine Keulen-Charakteristik, d.h. sie unterdrücken seitlichen und hinteren Schall sehr stark. Dies wird aber durch sehr starke Verfärbungen erkauft. Daher sind Keulen für Musik ungebräuchlich und werden meist für Film- und Fernsehton eingesetzt (an der *“Tonangel”*.)

# Theorie III: Phantomspeisung

Beide Seiten einer symmetrischen Leitung werden über Entkopplungswiderstände auf 48V Spannung gelegt. Diese Spannung liegt also nicht zwischen heiss und kalt, sondern gegenüber der Schirmmasse an (*"Phantom"*!).

Dadurch fließt z.B. durch ein dynamisches Mikrofon kein schädlicher Strom, aber Geräte, die eine Speisespannung brauchen (Kondensatormikros oder aktive DI-Boxen), können sie leicht abgreifen.

# Theorie III: Phantomspeisung

Eine anliegende Phantomspeisung kann moderne, normgerechte Geräte niemals beschädigen.

Sie kann aber bei fehlerhaften Kabeln zu sehr lauten Knacksern führen.



Knackser können auch bei Aus- und Einschalten entstehen. Daher sollten entsprechende Kanäle stummgeschaltet werden, bevor Phantomspeisung ein- oder ausgeschaltet wird.

# Theorie III: Rückkopplung

Eine *Rückkopplung* entsteht, wenn ein verstärktes Signal aus Lautsprechern *lauter als der ursprüngliche Klang* zurück zu seiner Quelle gelangt (meist ein Mikrofon, aber oft auch ein Tonabnehmer einer Gitarre oder eines anderen akustischen Instruments). Dann wird der Ton wieder aufgenommen und erneut verstärkt, diesmal noch lauter.

Dies führt zu einem schnell anschwellenden Heulen oder Pfeifen.

# Theorie III: Rückkopplung



- Rückkopplungen können Hörschäden verursachen oder Lautsprecher beschädigen.

# Theorie III: Rückkopplung

Nach kurzer Zeit beginnt eine einzelne Frequenz zu dominieren, die etwas lauter ist als andere.

Je stärker einzelne Ausreißer im Frequenzgang, desto mehr Probleme.

# Theorie III: Rückkopplung

Man kann Rückkopplungen durch gezielte Absenkungen mit schmalbandigen Filtern bekämpfen (z.B. grafischer 30-Band-EQ).  
Noch wirkungsvoller ist oft die Nutzung der Mikrofon-Richtcharakteristik: ein koppelndes Mikrofon sollte mit seinem unempfindlichsten Bereich auf die Lautsprecherbox zeigen.

# Theorie III: Rückkopplung

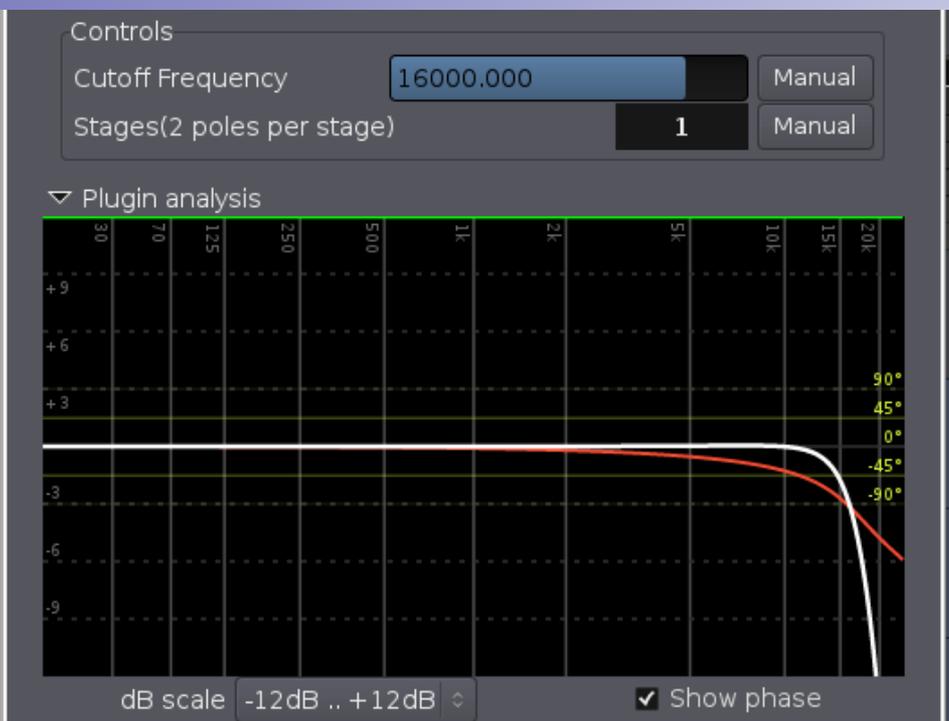
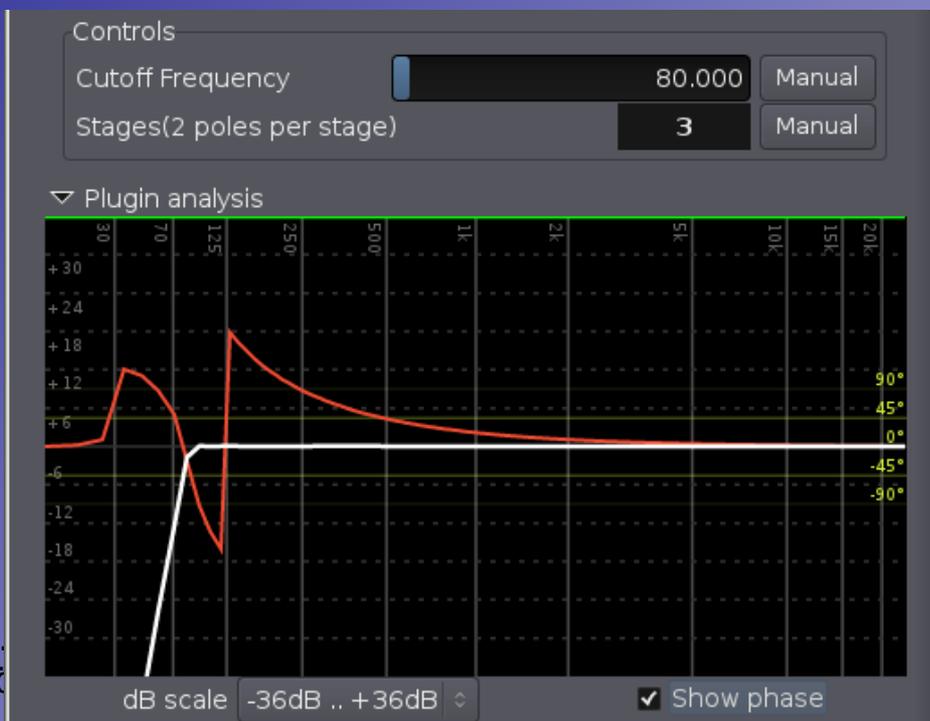
Tip Nr. 1: Je hochwertiger die Lautsprecher, Mikrofone und je besser der Raum, desto weniger Rückkopplungsprobleme.

Tip Nr. 2: Irgendwann wirds trotz Filter nicht mehr lauter, nur schlechter. Daher: wissen, wann man aufhört!

# Theorie III: Klangbearbeitung mit Filtern

Filter sind Klangregler. Sie erlauben die Beeinflussung bestimmter Frequenzbereiche.

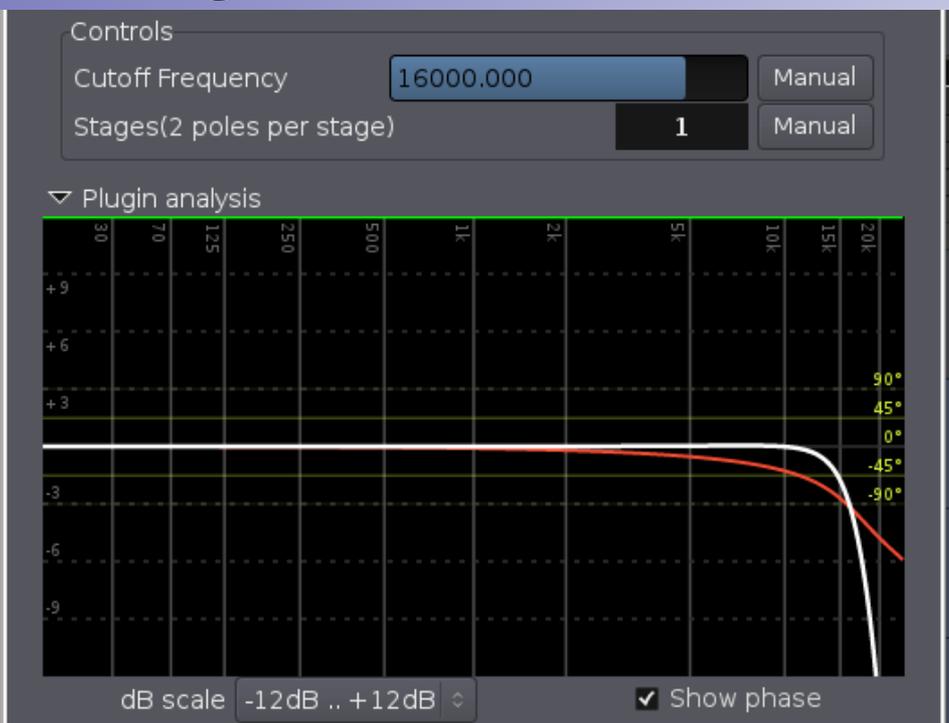
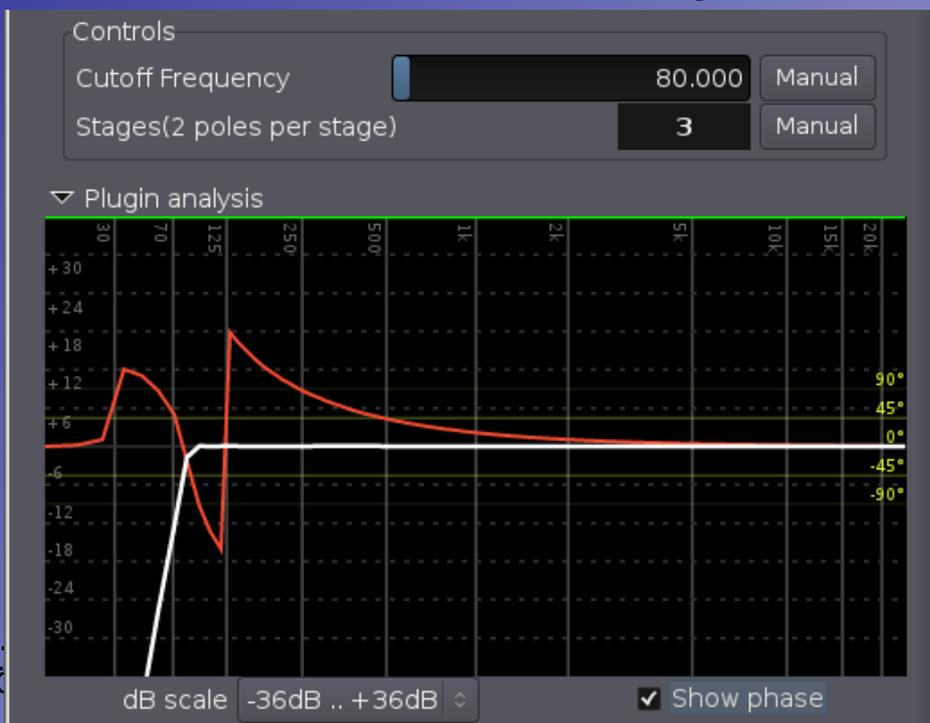
Die einfachsten Filter dämpfen alles unter- oder oberhalb ihrer Einsatzfrequenz (*Hochpass* und *Tiefpass*).



# Theorie III: Klangbearbeitung mit Filtern

Filter sind Klangregler. Sie erlauben die Beeinflussung bestimmter Frequenzbereiche.

Hochpässe werden als Rumpelfilter (Schritte, Handgeräusche am Mikro etc.) verwendet, Tiefpässe zum Eliminieren hochfrequenter Störungen (z.B. Radiosender).

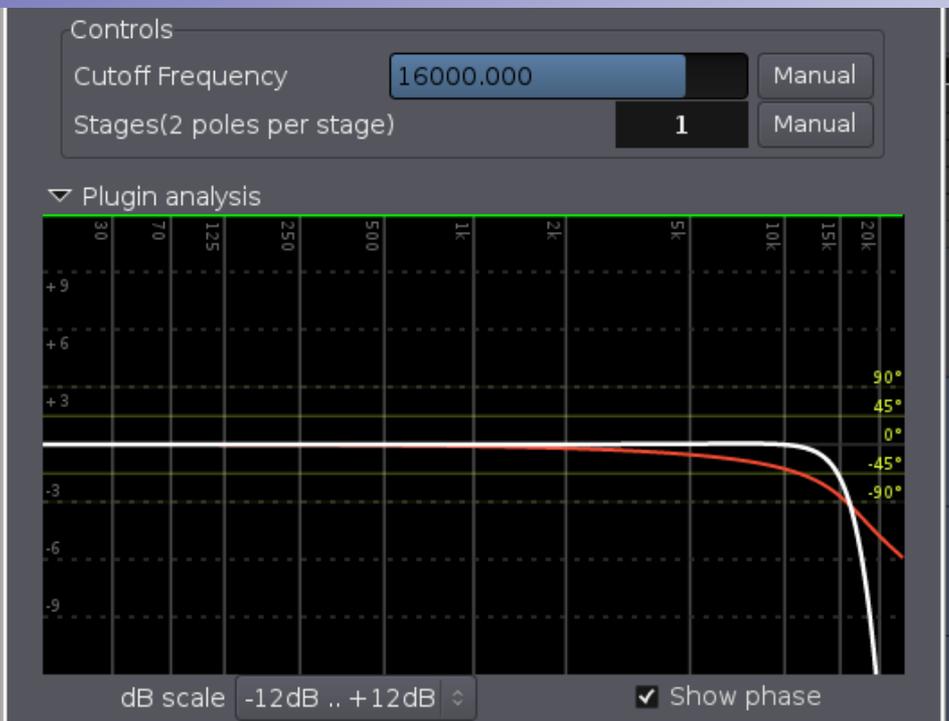
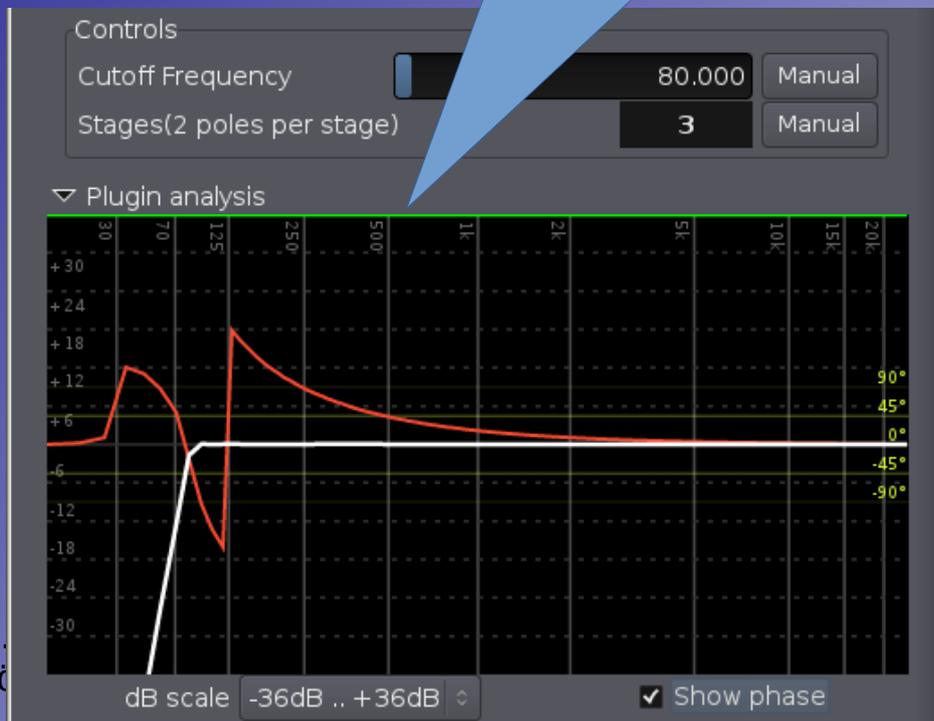


# Theorie III: Klangbearbeitung mit Filtern

Filter sind Klangregler. Sie erlauben die Beeinflussung bestimmter Frequenzen.

**Hochpass 3. Ordnung. Steilflankig, komplizierter Phasenverlauf**

Hochpässe (z.B. zum Entfernen von Handgeräuschen (Handy Mikro etc.) verwendet, Tiefpässe zum Eliminieren hochfrequenter Störungen (z.B. Radiosender).

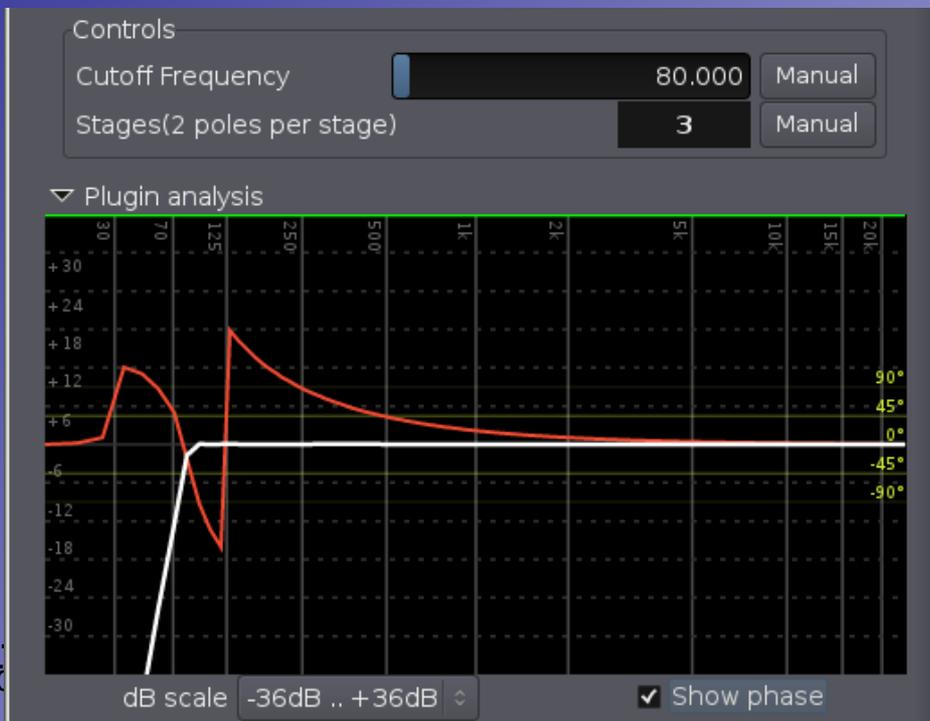


# Theorie III: Klangbearbeitung mit Filtern

Filter sind Klangregler. Sie erlauben die Beeinflussung bestimmter Frequenzbereiche.

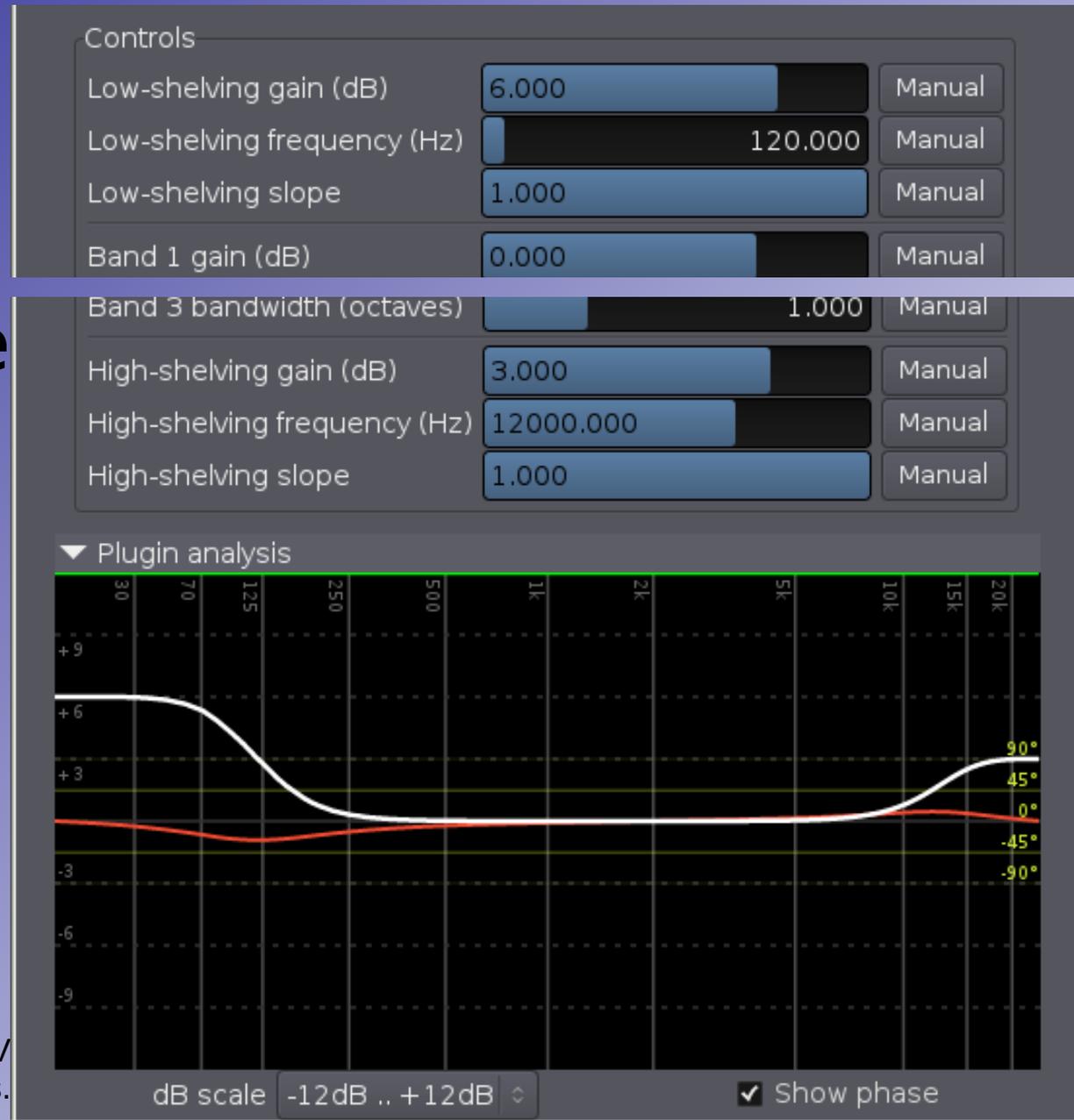
**Tiefpass 1. Ordnung. Weniger steil, aber auch weniger Phasenverschiebung**

Hochpass (z.B. zum Entfernen von Handgeräuschen am Mikro etc.), Tiefpässe zum Eliminieren hochfrequenter Störungen (z.B. Radiosender).



# Theorie III: Klangbearbeitung mit Filtern

- Die Höhen- und Tiefenregler an der Stereoanlage sind sogenannte Shelving- oder Kuhschwanzfilter.



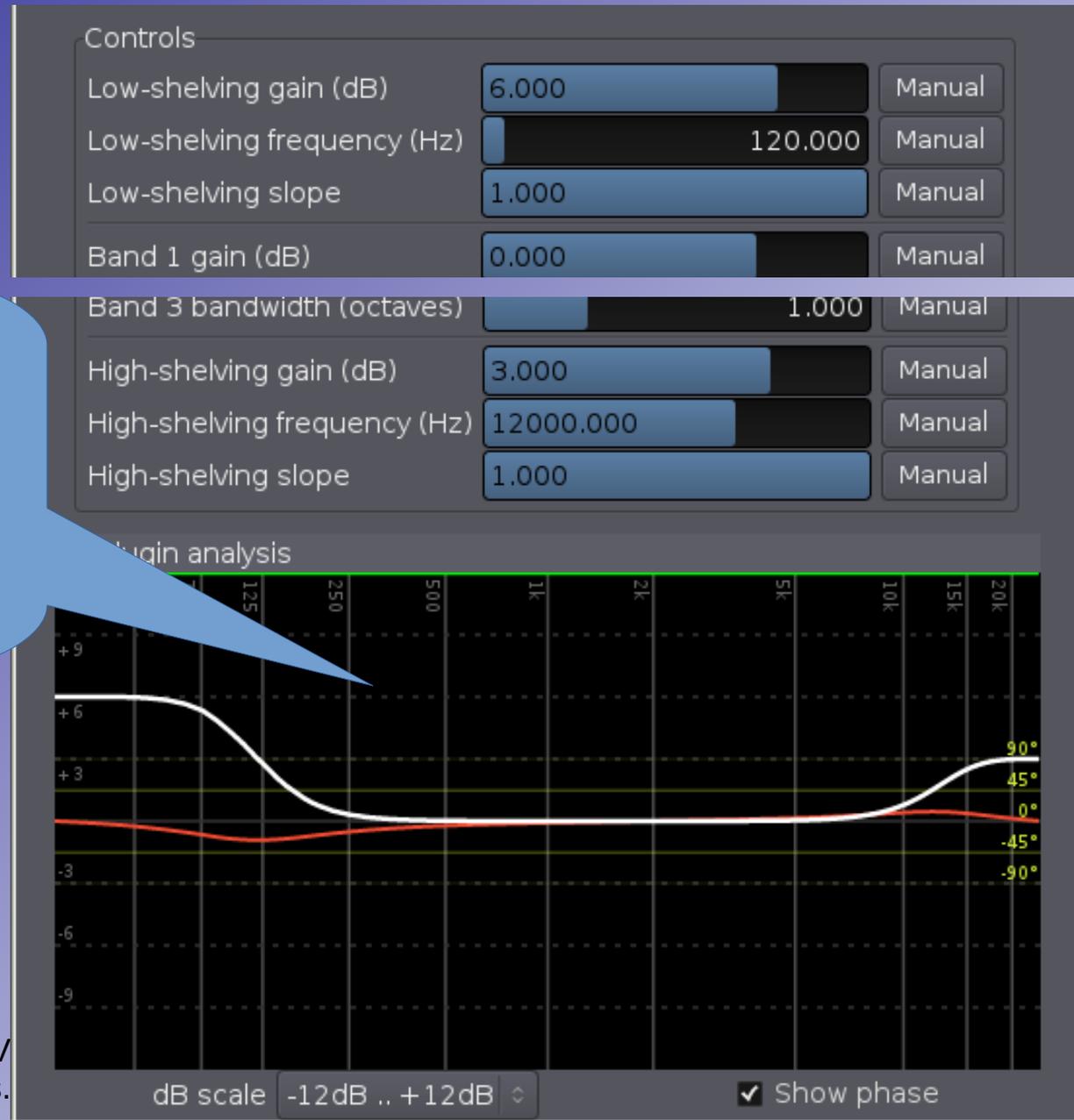
"...mach mal laut: Beschallung für Einsteiger" - V  
Jörn Nettingsmeier <nettings@stackingdwarves.>

# Theorie III: Klangbearbeitung mit Filtern

- Die Höhen- und Tiefenregler an

Anhebung von Bass- und Höhengshelf. Die typische "DJ-Badewanne".

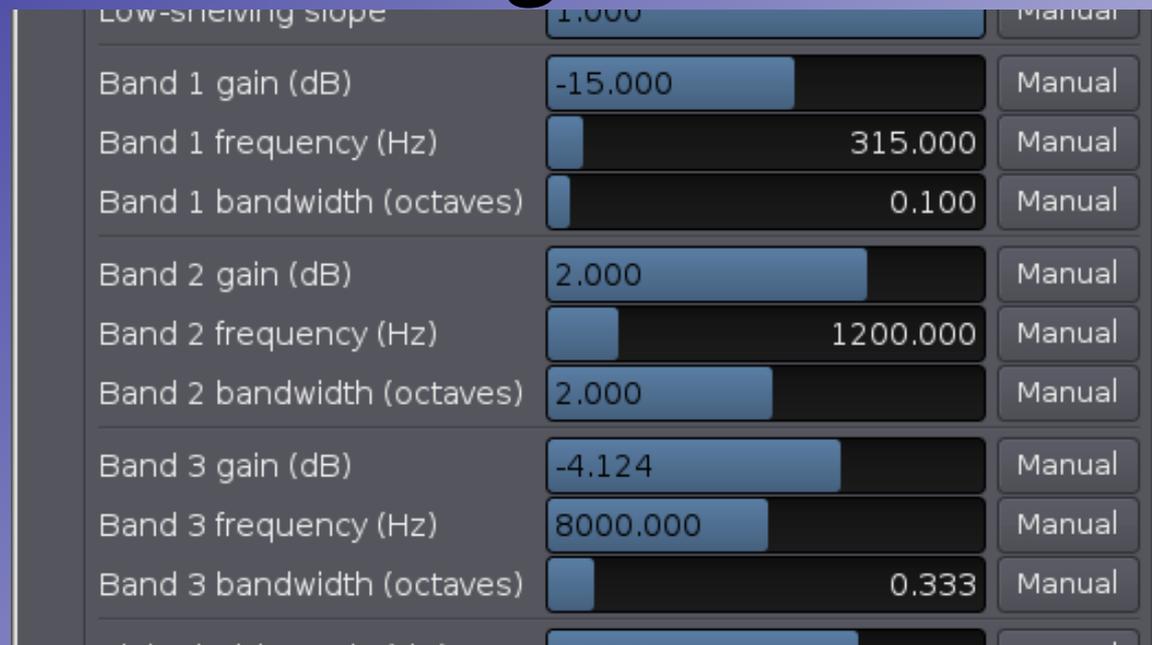
shelving each  
Kuhschwanz-  
filter.



"...mach mal laut: Beschallung für Einsteiger" - V  
Jörn Nettingsmeier <nettings@stackingdwarves.>

# Theorie III: Klangbearbeitung mit Filtern

- Die flexibelsten Filter sind die *parametrischen*. Sie erlauben die Einstellung von Frequenz, Level und *Bandbreite*.

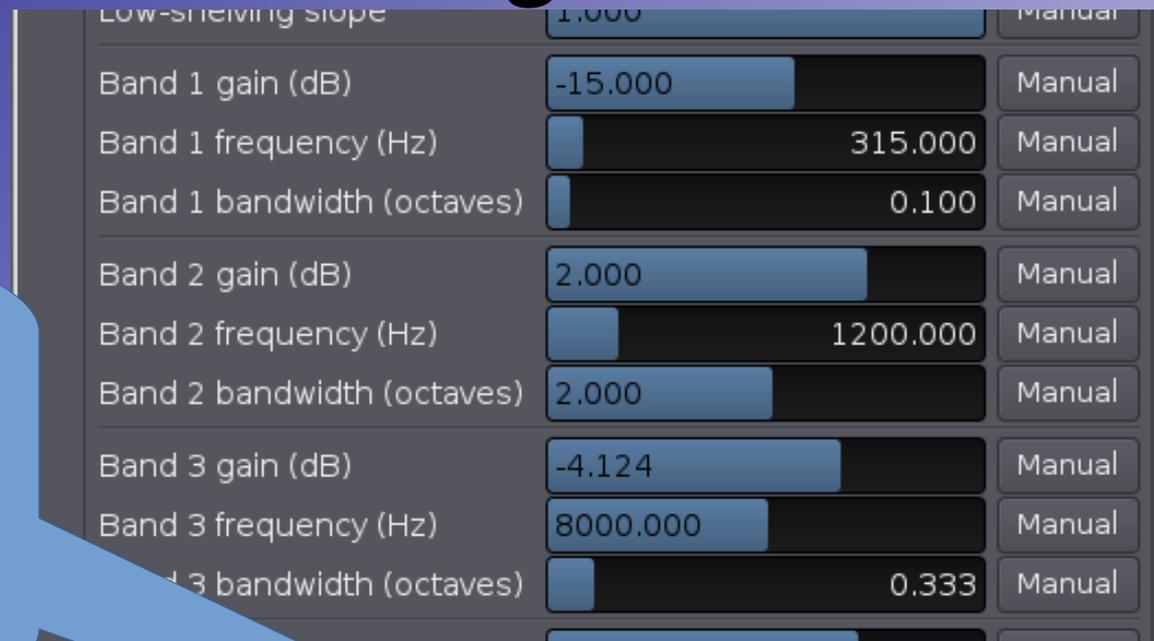


# Theorie III: Klangbearbeitung mit Filtern

- Die flexibelsten

1/3-Oktav-Absenkung bei 8,5 kHz, z.B. wegen einer Rückkopplung oder unangenehmer Zischlaute.

Frequenz, Level und *Bandbreite*.



# Theorie III: Klangbearbeitung mit Filtern

- Die flexibelsten Filterparameter sind die. Sie erlauben die Einstellung von Frequenz, Level und *Bandbreite*.

Sanfte Anhebung um 1,2 kHz ("Präsenz-anhebung"), bringt Instrumente "mehr nach vorn"



# Theorie III: Klangbearbeitung mit Filtern

- Die flexiblen Filter sind *parametrischen*. Sie erlauben die Einstellung von Frequenz, Level und *Bandbreite*.

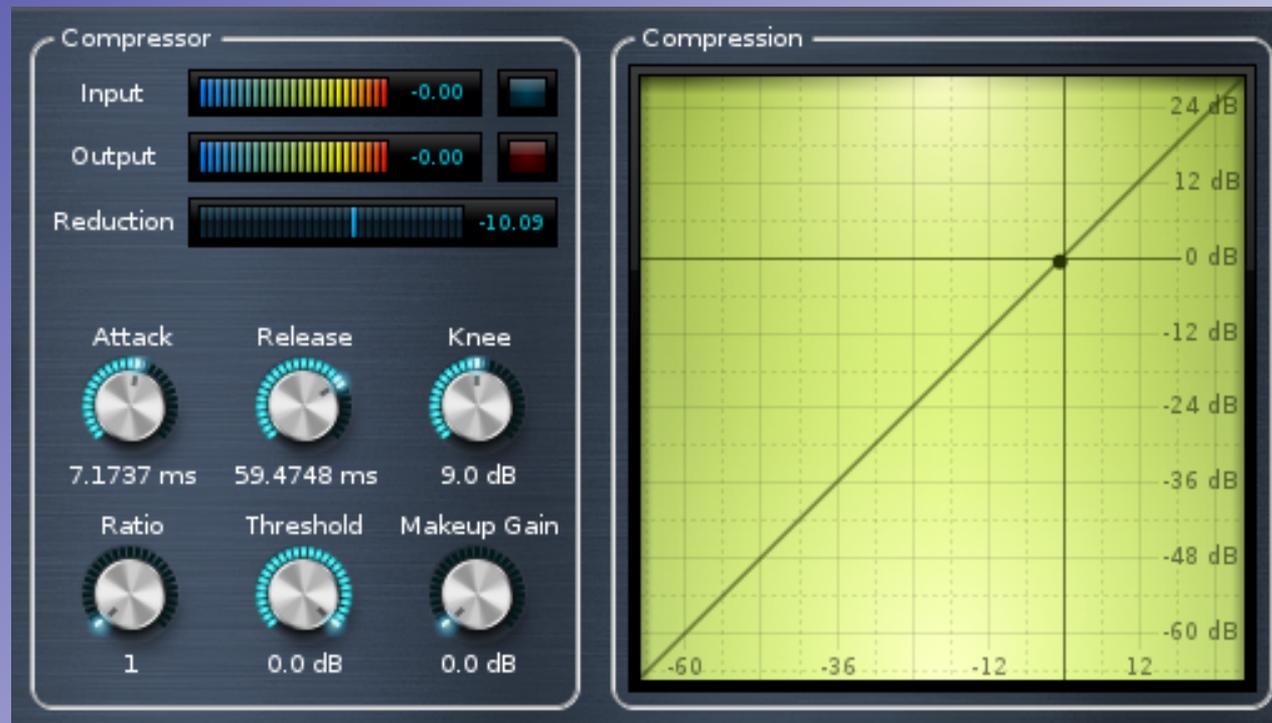
Sehr schmalbandige Absenkung bei 315 Hz (*“Notchfilter”*), zur Bekämpfung einer Rückkopplung.



# Theorie III: Dynamikbearbeitung

Ein *Kompressor* ist ein automatischer Lautstärkereger.

Wenn das Signal eine bestimmte Schwelle (engl. *threshold*) überschreithet, wird in einem bestimmten Verhältnis (*ratio*) der Ausgang abgeschwächt.



# Theorie III: Dynamikbearbeitung

Ein *Kompressor*  
Lautstärkere...

Die Übertragungskurve im neutralen Zustand: Eingangssignal gleich Ausgangssignal.

Wenn das Signal eine bestimmte Schwelle (engl. *threshold*) überschreithet, wird in einem bestimmten Verhältnis (*ratio*) der Ausgang abgeschwächt.



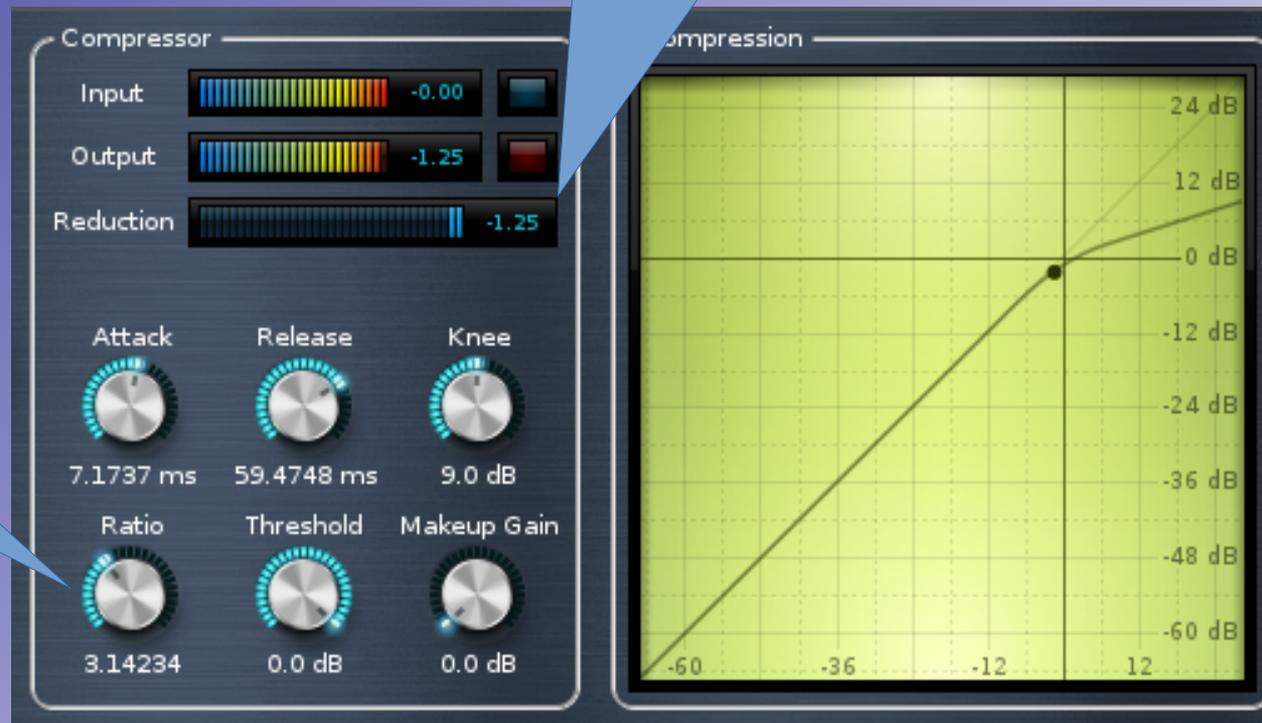
# Theorie III: Dynamikbearbeitung

Ein *Kompressor* ist ein automatischer Lautstärkeregler.

Man sieht, dass das Signal leicht abgeschwächt wird.

Das Kompressionsverhältnis wird auf 3:1 eingestellt.

in einem bestimmten Verhältnis (*ratio*) der Ausgang abgeschwächt.



# Theorie III: Dynamikbearbeitung

Ein *Kompressor* ist ein automatischer Lautstärkeregelner.

Nun wird die Schwelle verringert.

überschreitet wird in einem bestimmten Verhältnis (*ratio*) der Ausgang abgeschwächt.

Die Absenkung wird deutlich spürbar.



# Theorie III: Dynamikbearbeitung

Ein *Kompressor* ist Lautstärkeregler.

Der Ausgangspegel ist wieder so hoch wie zu Beginn, aber die leisen Teile sind im Verhältnis lauter.

Optional kann nun die Gesamt-lautstärke wieder angehoben werden (*make-up gain*).

Ausgang abgeschwächt.

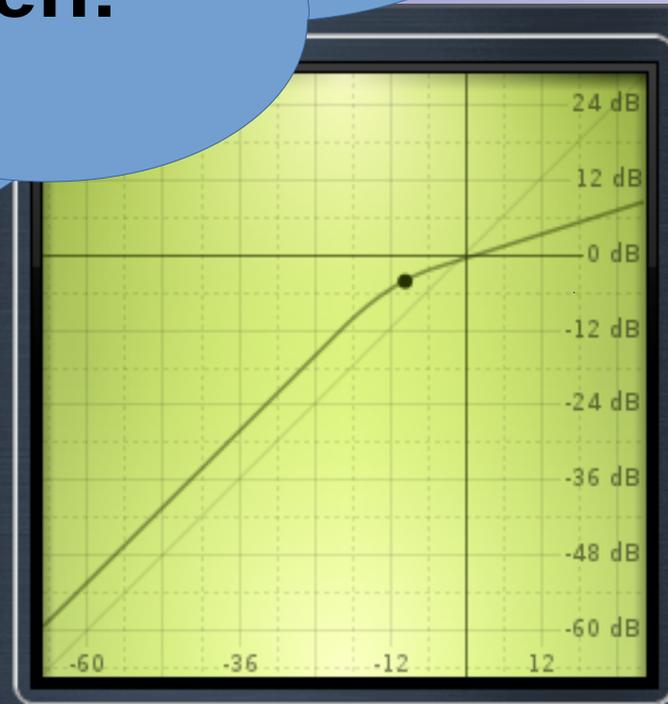




**Komprimierte Signale  
mit Makeup-Gain sind  
sehr viel anfälliger für  
Rückkopplungen!**

nun die  
Lautstärke wieder  
angehoben werden  
(*make-up gain*).

Ausgang  
abgeschwächt.

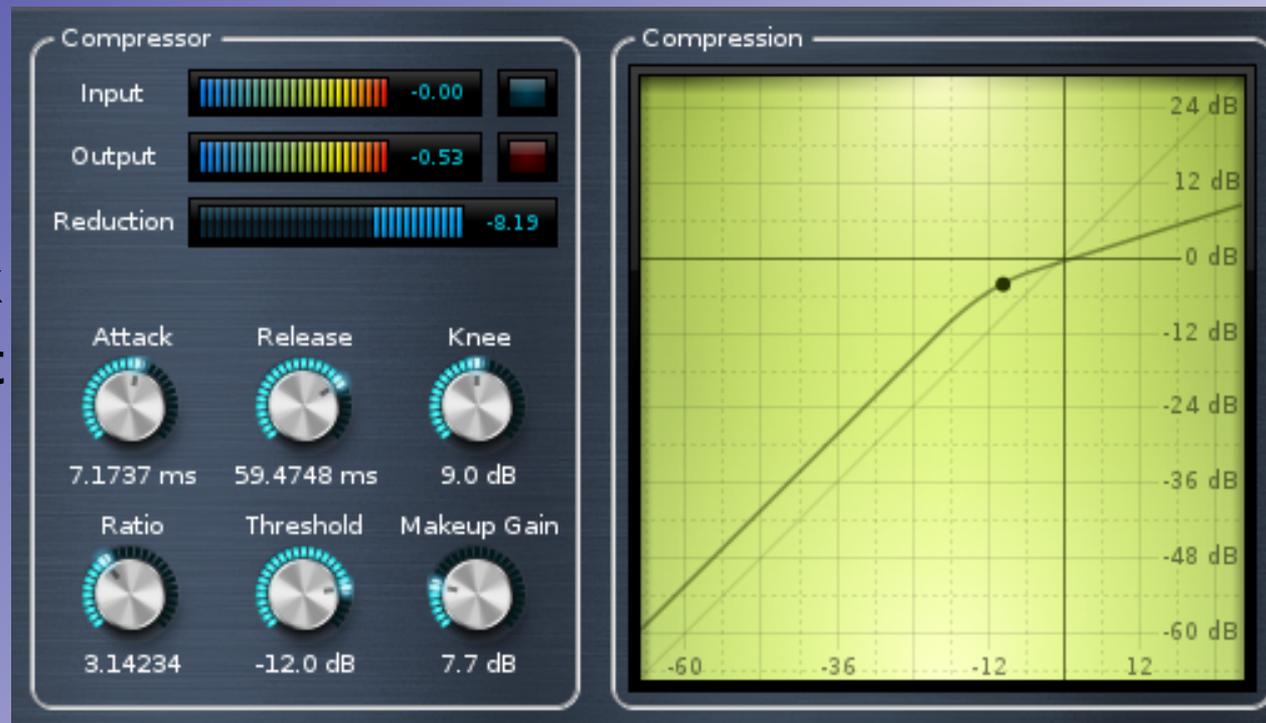


# Theorie III: Dynamikbearbeitung

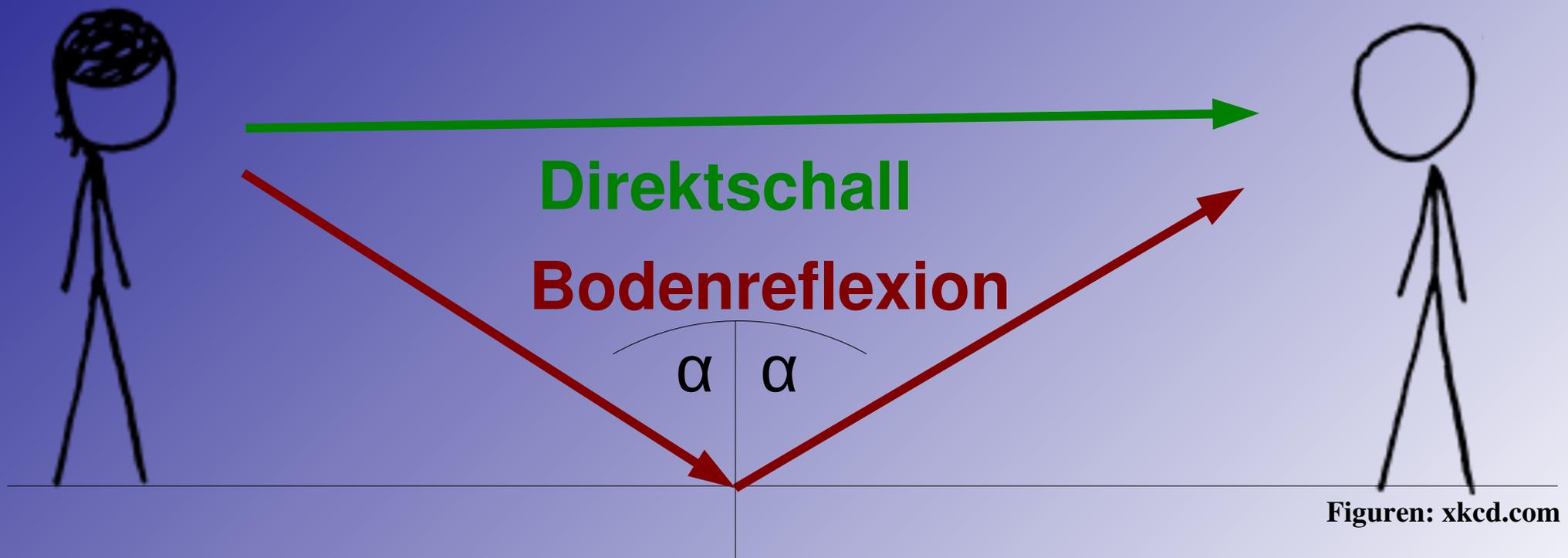


Ein falls eingestellter Kompressor kann störend “pumpen”, d.h. hörbare Lautstärkeschwankungen erzeugen.

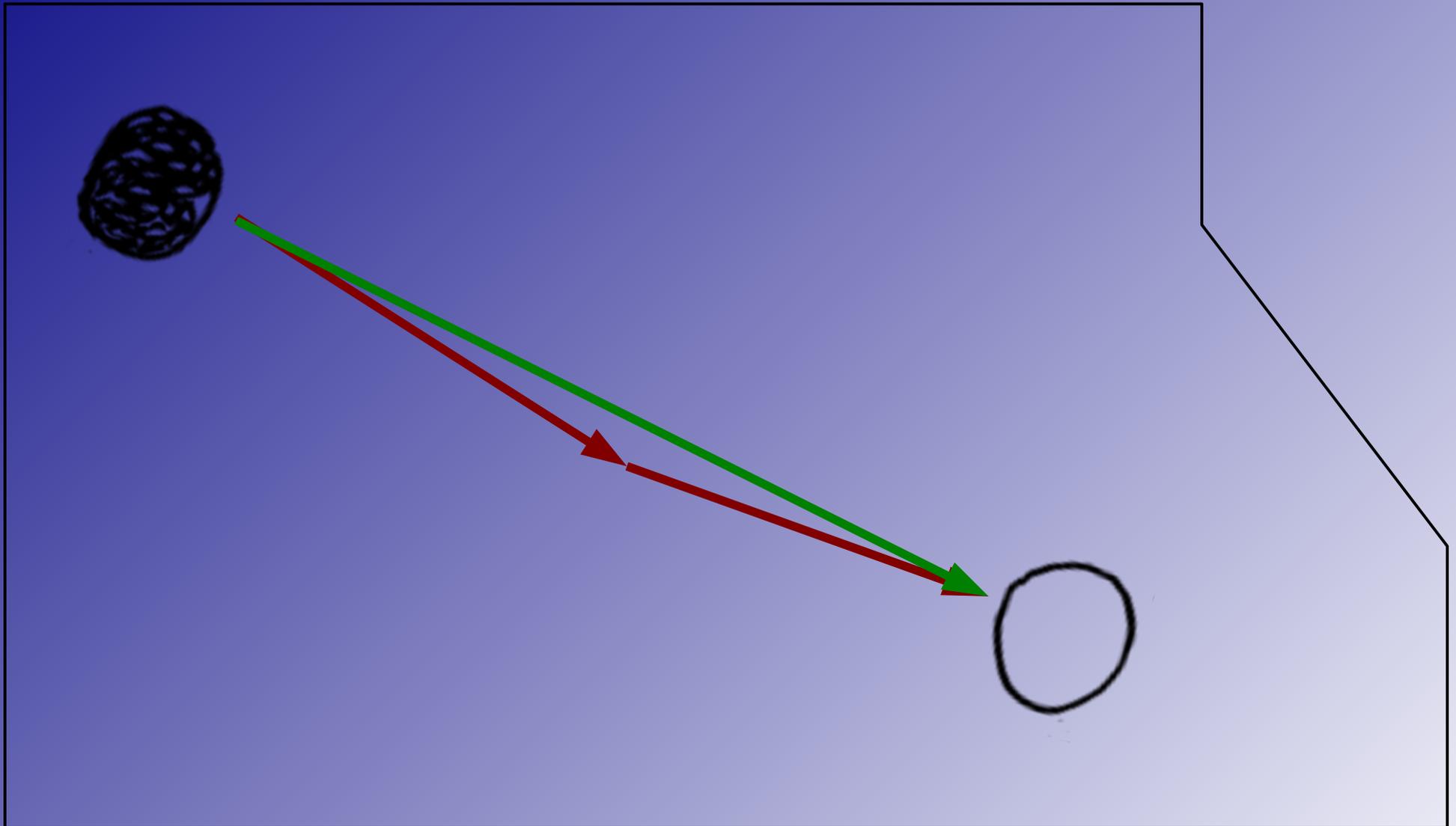
Je nach Quelle (Drums, Stimme, Bass) kann die Reaktionsgeschwindigkeit (*attack*), die Trägheit (*release*) und die Schärfe des Einsetzens (*hard knee/soft knee*) angepasst werden.



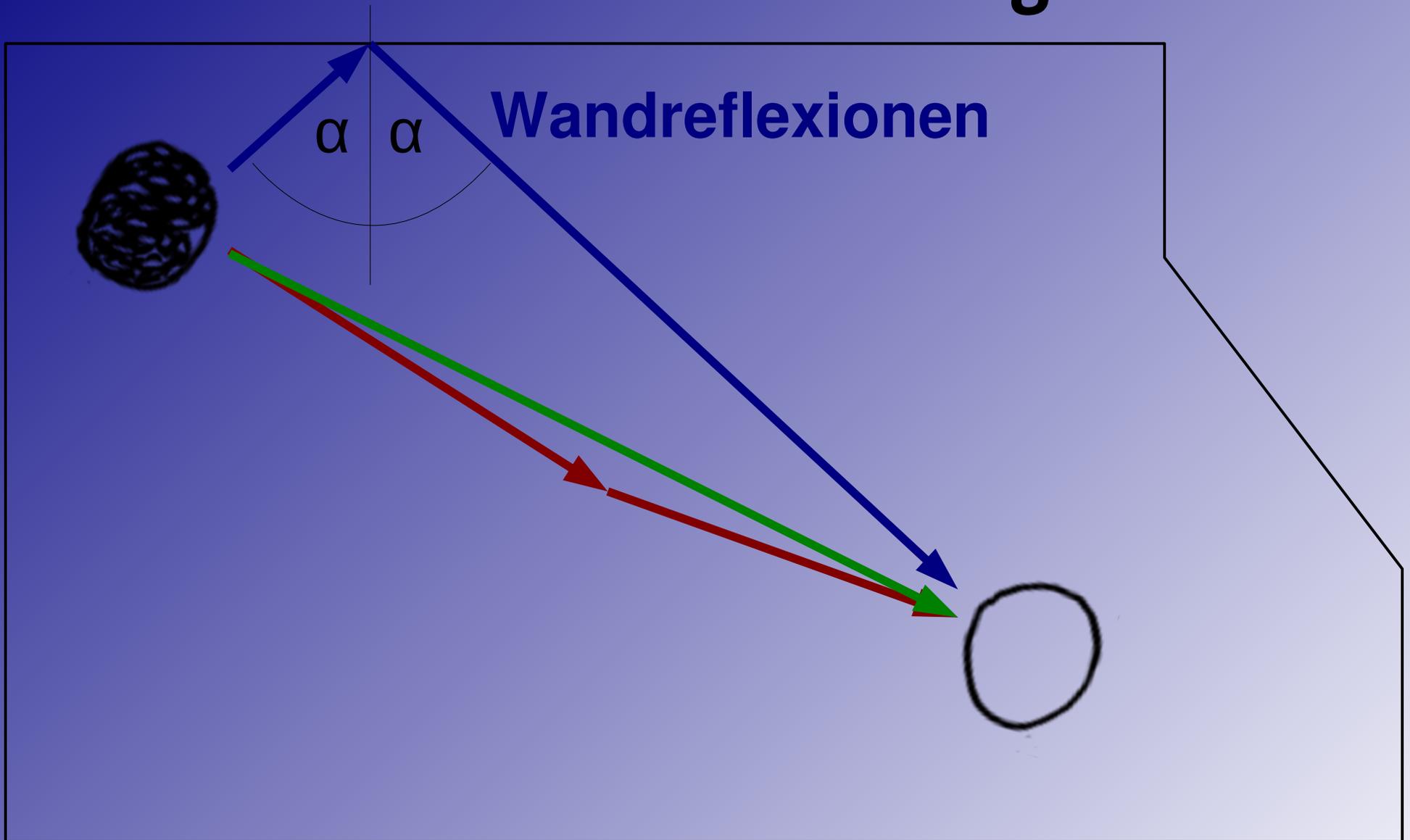
# Theorie III: Hall und Hallgeräte



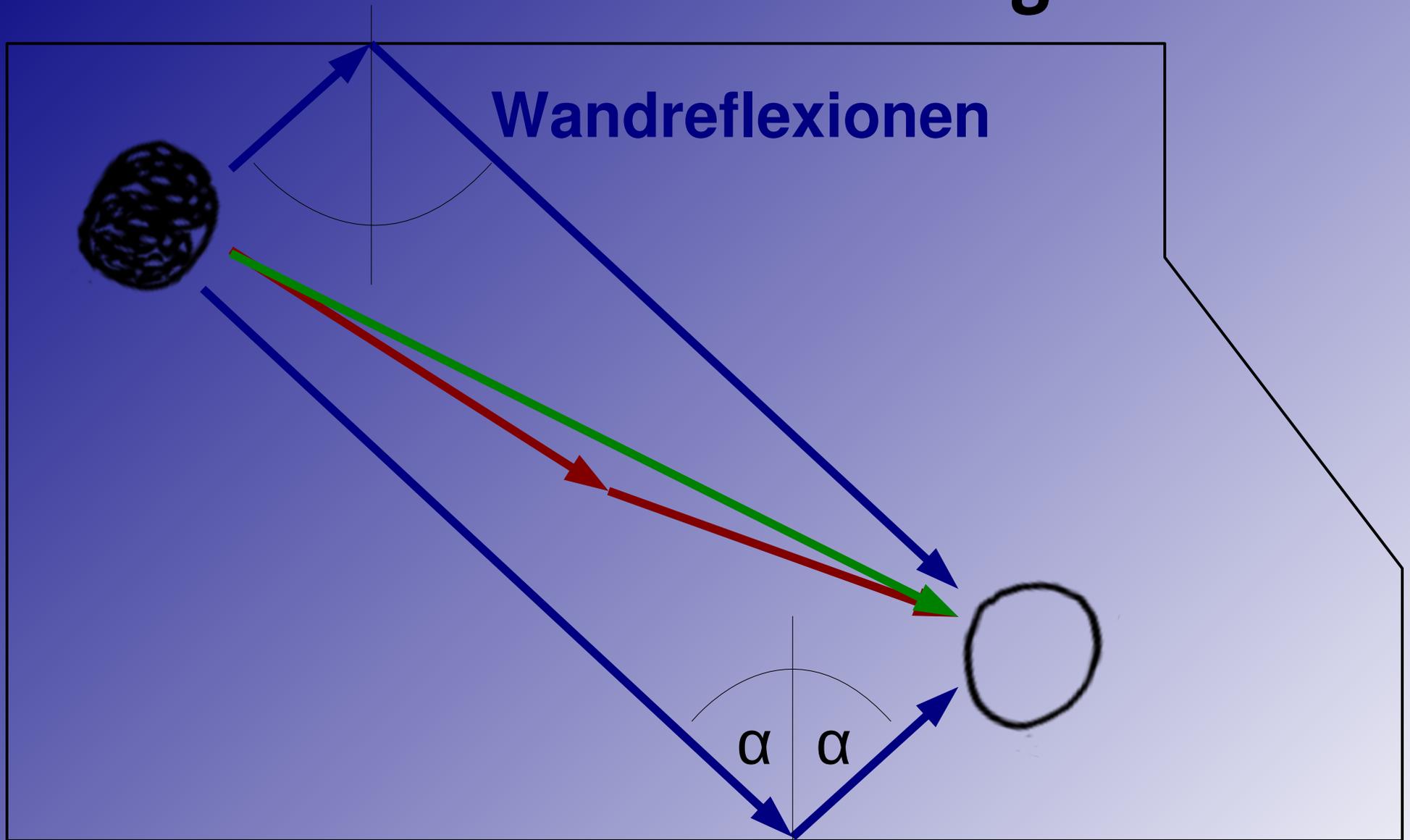
# Theorie III: Hall und Hallgeräte



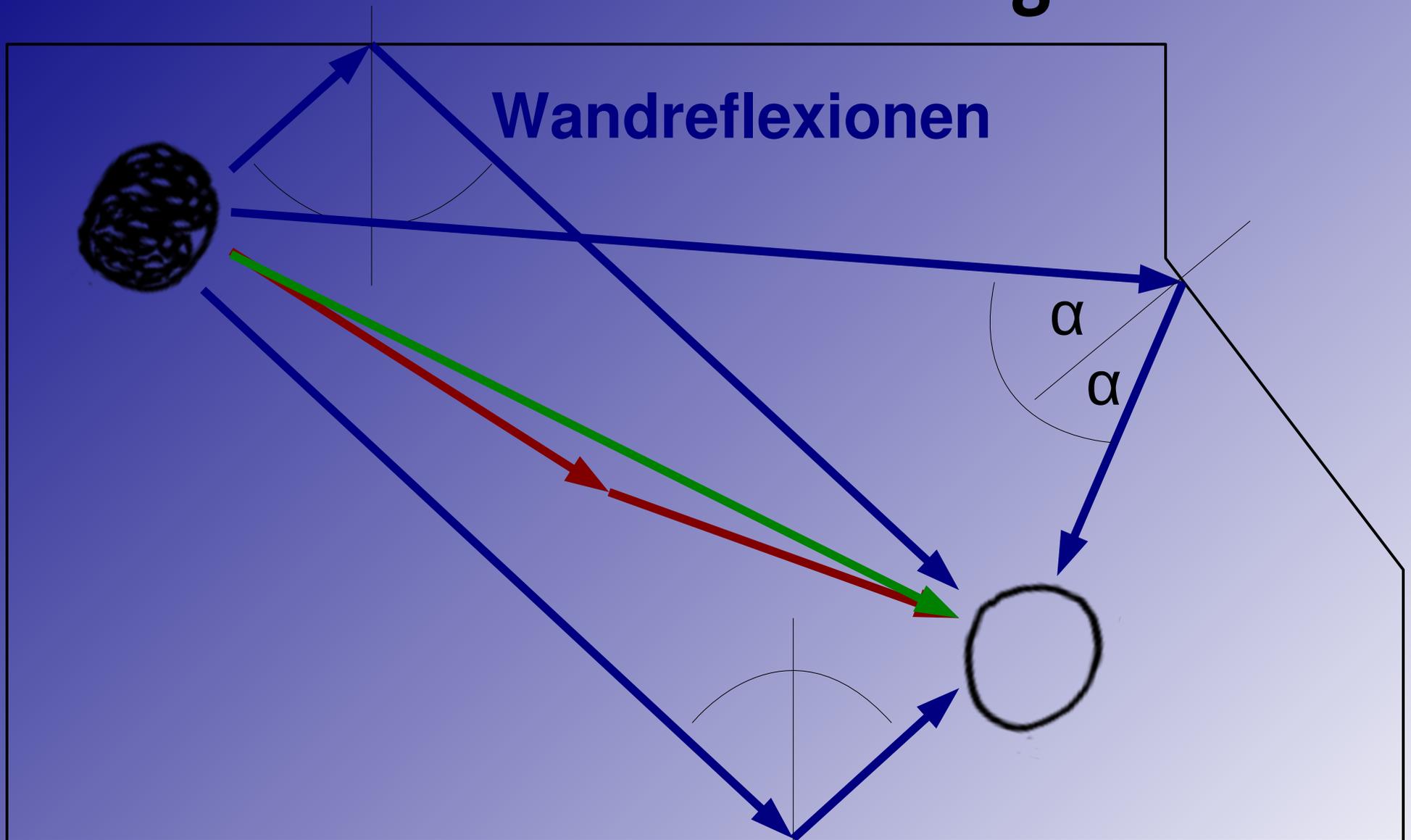
# Theorie III: Hall und Hallgeräte



# Theorie III: Hall und Hallgeräte

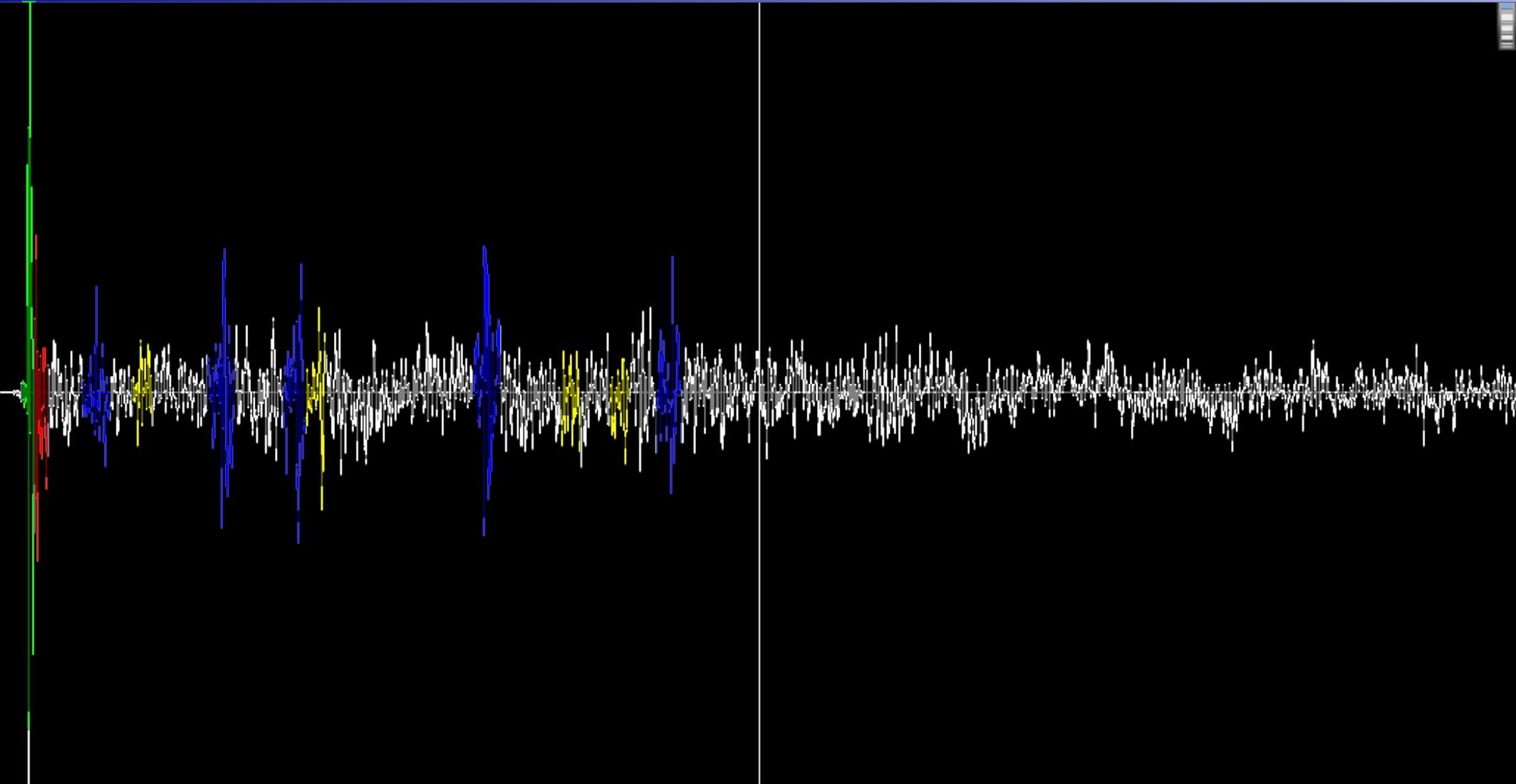


# Theorie III: Hall und Hallgeräte

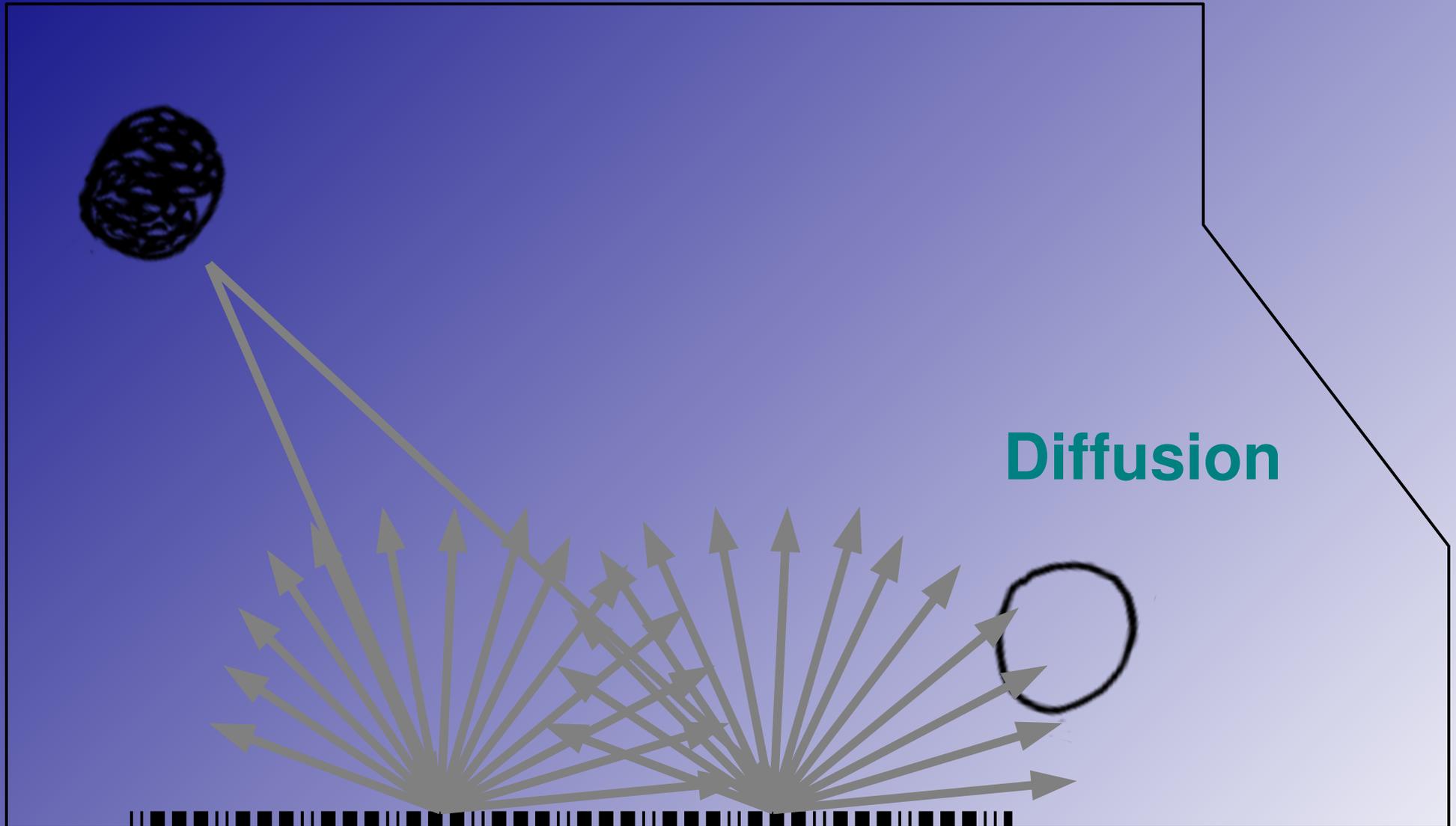




# Theorie III: Hall und Hallgeräte



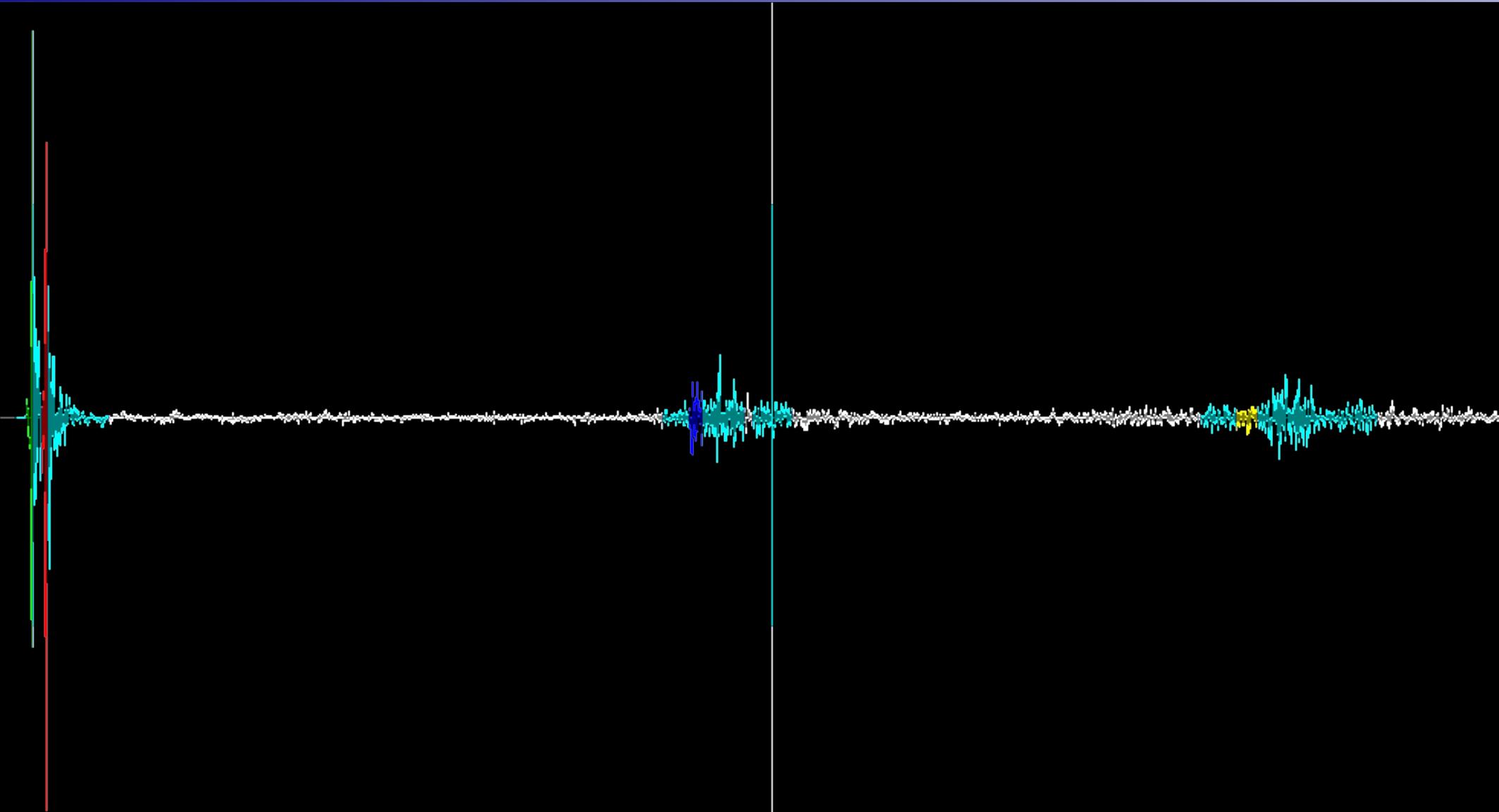
# Theorie III: Hall und Hallgeräte



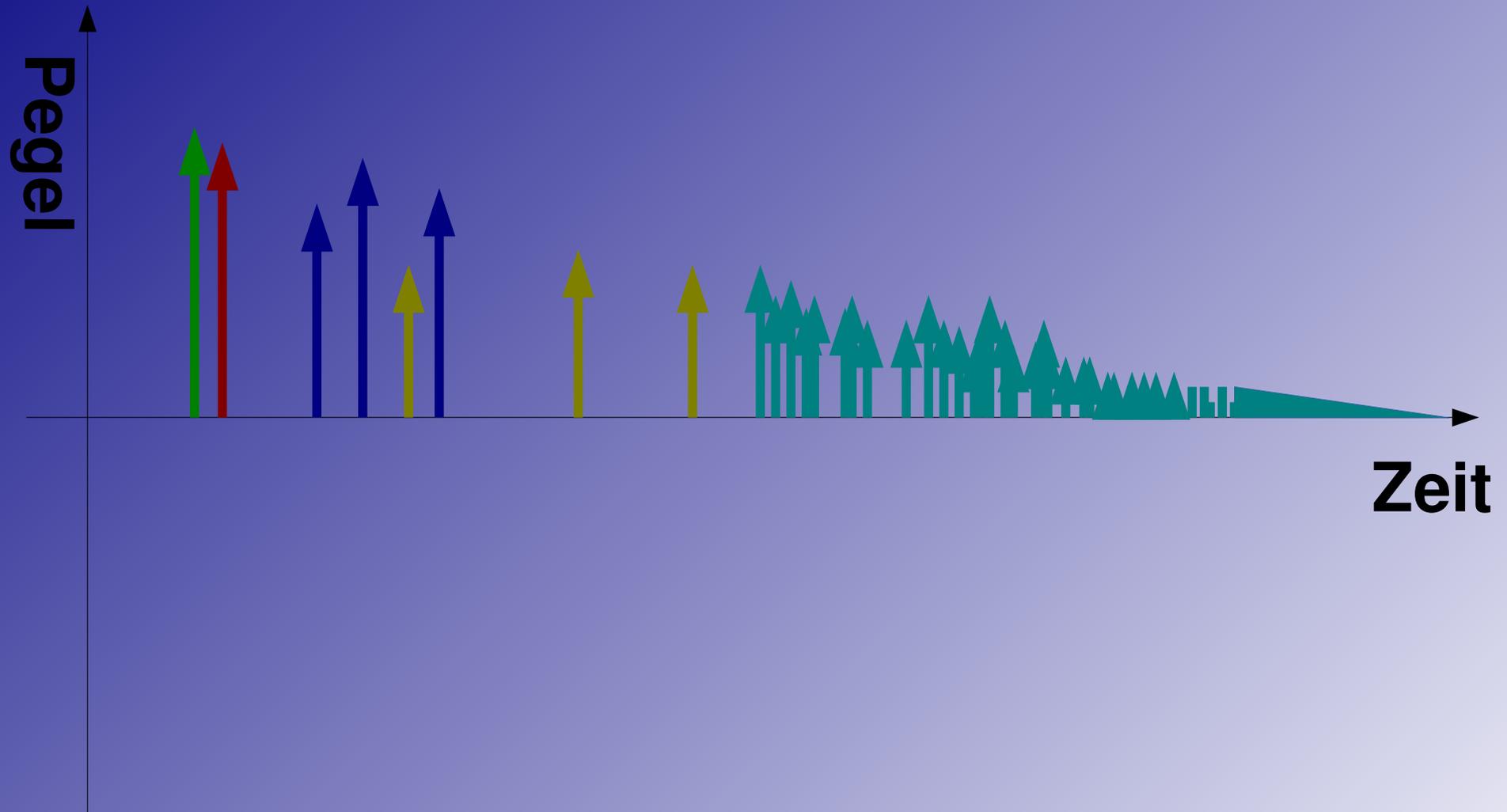
# Theorie III: Hall und Hallgeräte



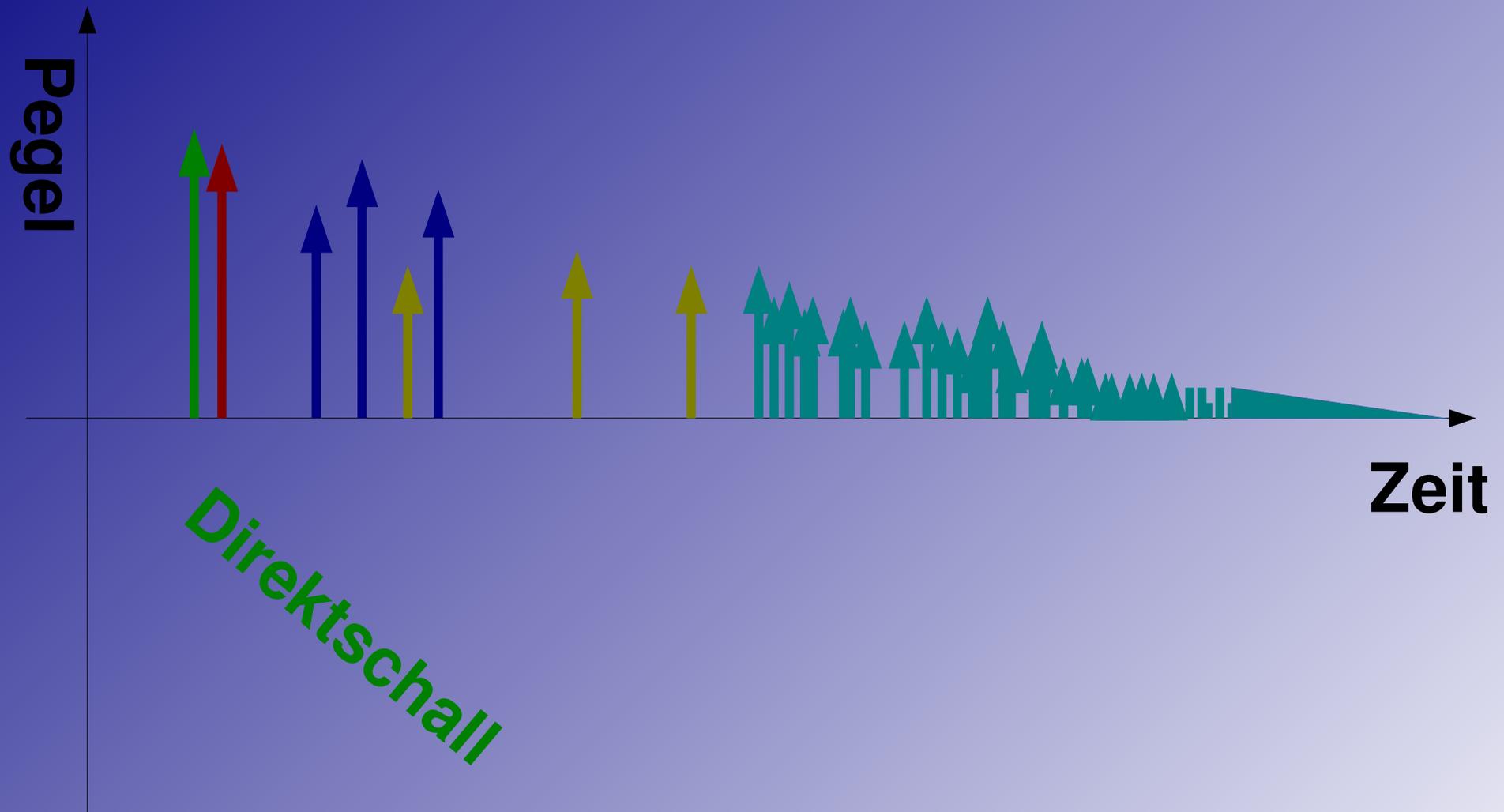
# Theorie III: Hall und Hallgeräte



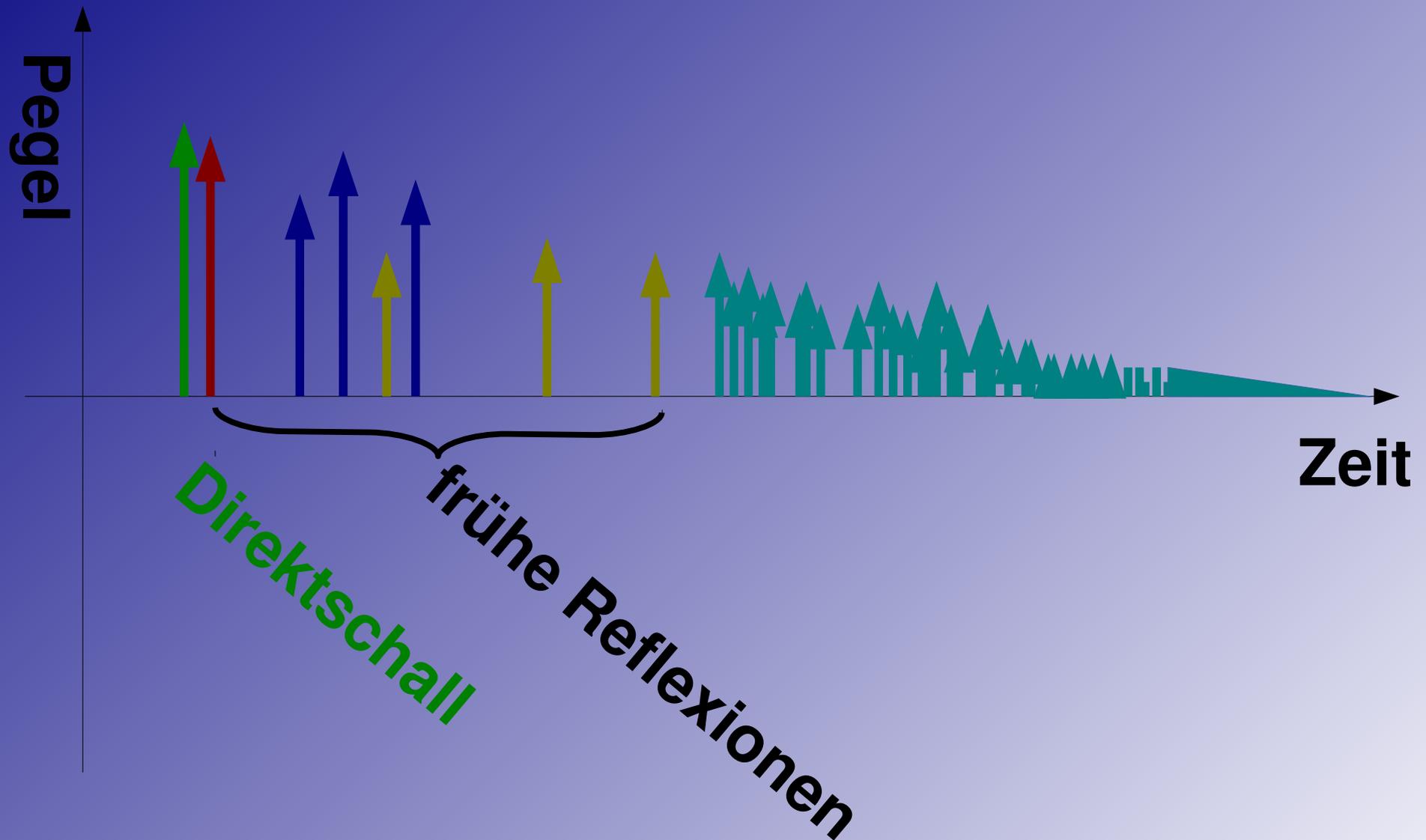
# Theorie III: Hall und Hallgeräte



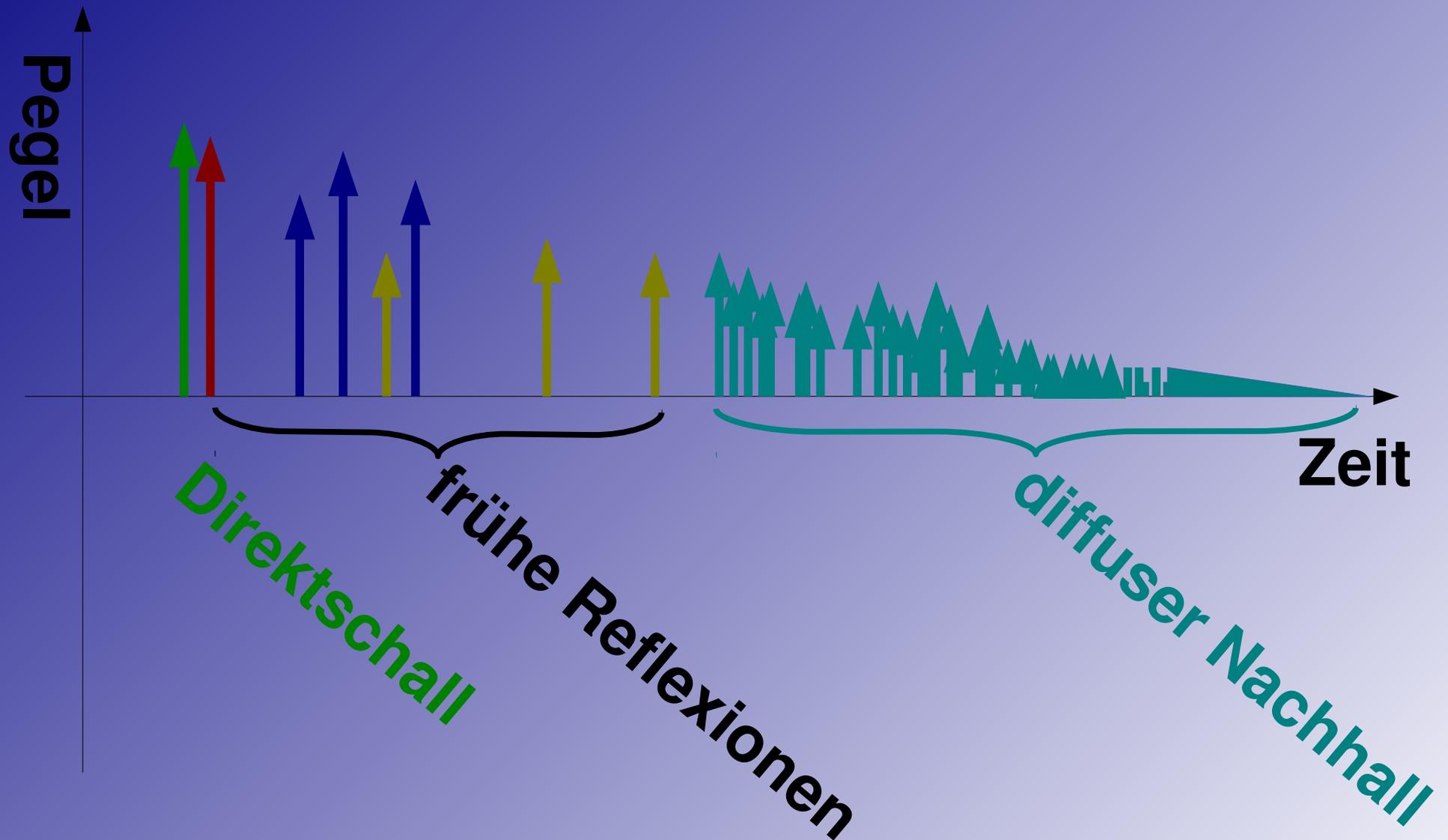
# Theorie III: Hall und Hallgeräte



# Theorie III: Hall und Hallgeräte



# Theorie III: Hall und Hallgeräte



# Theorie III: Hall und Hallgeräte

## Wahrnehmung von Reflexionen:

**0-15ms:** Fusion zu einem auditiven Ereignis,  
Verstärkung, aber: starke Verfärbung  
(Kammfilter)

**15-25ms:** Fusion zu einem auditiven Ereignis,  
Verstärkung, weniger Verfärbung

**>25ms:** Echos!

*(Angaben ungefähr, Literaturwerte schwanken je nach Versuchsaufbau und Individuum.)*

# Theorie III: Hall und Hallgeräte

