



# Unterschiede zwischen dem Hören von natürlichen Schallsignalen, Stereo-LautsprecherSignalen und Kopfhörersignalen

Stellen Sie die Unterschiede zwischen dem natürlichen räumlichen (Richtungs-) Hören – das auch selektives Hören oder intelligentes Hören genannt wird – im Vergleich zum Stereo-Lautsprecherhören deutlich heraus. Als Anregung sollen Ihnen die folgenden Fragen dienen, die nicht einfach und kurz beantwortet werden können, denn dazu gehört ein intensives Studium. Wissenschaftliche Forschungsberichte über binaurale Signale (*HRTF* = Außenohrübertragungsfunktion) und das menschliche Hören sind zahlreich zu finden, auch im Internet. Dagegen sind technische Schriften über Mikrofonaufnahmetechnik und die Wirkung der über Stereo-Lautsprecher wiedergegebenen Interchannel-Signaldifferenzen auf unser Gehör äußerst selten. Sie müssen daher eigene Versuche anstellen und selbst Ihre Schlüsse daraus ziehen.

1. In einem Konzertsaal empfinden wir beim **natürlichen Hören** durch eine zu tiefen Frequenzen hin ansteigende Nachhallzeit ein angenehmes "umspülendes" Räumlichkeitsgefühl. Bei einer Stereoaufnahme können Raummikrofone diese längere Nachhallzeit bei tiefen Frequenzen aufnehmen und digitale Nachhallgeräte haben dazu eine Einstellmöglichkeit (Bass-Multiply). Bewirkt dieses bei **Stereo-Lautsprecherwiedergabe** eine Klangverbesserung? Spielen Sie mit dem Bass-Multiply-Parameter und achten Sie dabei auf die Klarheit der Celli und Kontrabässe.
2. Frühe Reflexionen mit hohem Pegel erhöhen beim **intelligenten Hören** die Sprachverständlichkeit (Deutlichkeit). Verbessern diese frühen Reflexionen auch bei der **Stereo-Lautsprecherwiedergabe** die Deutlichkeit?
3. Bei Musikinstrumenten sorgt eine Reflexionswand z. B. hinter einer Flöte beim **selektiven Hören** für einen "volleren" Klang. Wie wirkt sich diese Schallwand auf die Mikrofonsignale bei **Stereo-Lautsprecherwiedergabe** aus? Probieren Sie es aus und hören Sie auf Kammfiltereffekte und ob das Instrument im Vordergrund bleibt.
4. Wir brauchen das **Originalschallfeld** über die Stereolautsprecher nur so wiederzugeben, dass unsere Ohren die richtigen Signale hören, wobei sich am besten Kunstkopfsignale eignen. Können **interaurale Signaldifferenzen**, die über **Stereolautsprecher** abgehört werden, das Originalschallfeld wieder herstellen? Hören Sie sich Kunstkopfsignale an.
5. Beim **Kopfhörerhören** genügt allein eine Laufzeitdifferenz von  $\Delta t = 0,63$  ms zwischen den Ohren für eine seitliche  $90^\circ$ -Auslenkung des Hörereignisses. Wie groß muss die Laufzeitdifferenz bei der **Stereo-Lautsprecherwiedergabe** zwischen den Interchannel-Signaldifferenzen sein, um eine ganz seitliche Lokalisation (Hörereignisrichtung  $100\% = 30^\circ$ ) zu hören? Machen Sie dazu eigene Versuche. Am einfachsten ist dazu Text zu verwenden, den Sie auf zwei Mikrofone im Abstand von 30 bis 70 cm sprechen oder Sie können eine einstellbare digitale Verzögerung benutzen. Der Versuch ist für links und rechts durchzuführen. Finden Sie dabei gleiche Laufzeitdifferenzwerte? Der Abstand  $a$  ist in Laufzeit  $\Delta t$  umzurechnen.  $\Delta t = a / c$ ;  $c$  = Schallgeschwindigkeit 343 m/s bei  $20^\circ$  C. Auf gleiche Pegel ist zu achten.
6. Beim **selektiven Hören** bilden unsere Ohrmuscheln selbst die zur Richtungslokalisierung so wichtigen spezifischen Spektraldifferenzen, das sind frequenzbewertende Pegeldifferenzen. Was hören wir bei der **Stereo-Lautsprecherwiedergabe**, wenn in den Interchannel-Signaldifferenzen schon fremde Spektraldifferenzen vorhanden sind? Machen Sie Versuche mit der Jecklin-Scheibe und dem Kugelflächenmikrofon. Hören Sie auf seitliche Signale.
7. Der Raumklang in einem Wohnzimmer (stehende Wellen, Kammfiltereffekt) wird beim **intelligenten Hören** nicht als störend empfunden. Wie wird bei **Stereo-Lautsprecherwiedergabe** eine Aufnahme aus diesem Raum empfunden? Machen Sie einmal eine Klaviertrio-Aufnahme in einem Salon (Herrenzimmer).
8. Ein Orchester scheint im Konzertsaal am **Zuhörerplatz** in der 12. Reihe hinter dem Dirigenten ausgeglichen zu klingen und das müsste doch der richtige Aufstellungsort für ein Stereo-Mikrofonsystem sein. Wie wird eine solche Mikrofonaufstellung beim Abhören über **Stereo-Lautsprecher** beurteilt? Machen Sie sich hierüber Gedanken.
9. Der menschliche Ohrabstand hat beim **natürlichen Hören** wesentliche Bedeutung für die Richtungslokalisierung. Dieser Abstand soll angeblich auch bei Mikrofonensystemen wichtig sein. Welche Bedeutung hat die Mikrofonbasis von 17,5 cm bei einem AB-Mikrofonsystem für die **Stereo-Lautsprecherwiedergabe**? Das sollten Sie unbedingt ausprobieren und dabei auf die maximal seitlich erreichbare Hörereignisrichtung achten.
10. Für die Richtungslokalisierung ganz seitlich ( $90^\circ$ ) findet man für Sprache eine frequenzbewertende Pegeldifferenz an den **Ohreingängen**, die gemittelt 7 dB bis 9 dB ergibt. Wie groß muss die Pegeldifferenz bei der **Stereo-Lautsprecherwiedergabe** zwischen den Interchannel-Signaldifferenzen sein, um für Sprache eine ganz seitliche Lokalisation (Hörereignisrichtung  $100\% = 30^\circ$ ) zu erhalten? Sie können dazu zwei Regler des Mischpults benutzen, an denen das gleiche Signal anliegt oder die Pegeldifferenz für die Lokalisation aus der Richtung eines Lautsprechers mit einem Panpot einstellen. Der Versuch ist für links und für rechts durchzuführen. Finden Sie gleiche Pegeldifferenzwerte?
11. Oft werden Stereosignale (Interchannel-Signaldifferenzen), die für **Lautsprecherwiedergabe** gedacht sind, mit Kopfhörern abgehört, wie auch umgekehrt **Kunstkopfsignale** (binaurale Signale) mit Stereolautsprechern abgehört werden. Machen Sie sich sehr genau die Unterschiede klar und trennen Sie scharf: natürliches Hören, Kopfhörerhören und Stereo-Lautsprecherhören. Wie können Sie **Lautsprechersignale** mit **Kopfhörern** richtig hören, wenn Ihre eigenen Ohrmuscheln, ja ihr ganzer Kopf und Ihre Schultern dabei unwirksam sind? Was sollen kunstkopfeigene Spektraldifferenzen in den **Lautsprechersignalen**, wenn Spektraldifferenzen von den **eigenen Ohren** noch einmal selbst erzeugt werden? Machen Sie sich Ihre eigenen Gedanken, denn in Fachartikeln wird häufig pauschal gedankenlos von "Stereowiedergabe" geschrieben. Welche Stereowiedergabe?
12. Um Hinweise auf das Zusammenwirken von Laufzeitdifferenz und frequenzbewerteter Pegeldifferenz zur Richtungslokalisierung beim **natürlichen Hören** zu erhalten, werden in wissenschaftlichen Testreihen den Ohren über **Kopfhörer** getrennte Signale eingespielt. Der Begriff hierzu ist Lateralisation. Was können diese Lateralisations-Testergebnisse mit Laufzeitdifferenzwerten und frequenzabhängigen Pegeldifferenzwerten über das **natürliche Hören** und über das **Stereo-Lautsprecherhören** aussagen? Denken Sie hierüber wirklich gründlich nach.