



UdK Berlin  
Sengpiel  
02.98  
Reflex

# Wo liegt die Echowahrnehmungsschwelle bei Tonaufnahmen?

Fast allen mit Tonaufnahmen befassten Menschen ist folgende Tatsache bekannt: **Reflexionen die später als 32 bis 50 ms** eintreffen, werden als **störendes Echo** (Echschwelle) wahrgenommen.

**Diese Aussage ist so nicht richtig.** Selbst in Lehrbüchern findet sich diese Meinung.

Wie sehen denn die Kurven der Echoshwellen der Forscher aus, die dieses Thema behandeln? Die x-Achse zeigt die Verzögerungszeit  $\Delta t$  in ms und die y-Achse den dazu notwendigen Pegel  $L$  in dB. Der Pegel des Primärsignals (Direktsignal) wird oft nicht gezeigt, denn es ist immer die Gerade, die durch 0 dB waagrecht verläuft. Als Schwellenwert wird immer der Pegel des Rückwurfs (Reflexion) in Abhängigkeit von der Verzögerungszeit des Rückwurfs angegeben. Für die Schwellen sind unterschiedliche Definitionen bekannt. Als niedrigster Schwellenwert überhaupt gibt es die "absolute Wahrnehmbarkeitsschwelle", bei dem ein Rückwurfpegel gerade als Änderung der Qualität der Klangfarbe des Primärschalls erahnt wird. Bei der Echschwelle könnte man fragen, bei welchem Pegel ein bestimmter verzögerter Rückwurf gerade noch nicht als "Echo" hörbar ist, oder welcher Pegel deutlich hörbar ist. Als Testsignal sind sehr unterschiedliche Schallquellen denkbar (oft ist es Sprache), und die Schalleinfallrichtung des Primärsignals und des Rückwurfs oder der Rückwürfe kann unterschiedlich sein. Auch Testversuche mit Kopfhörern sind denkbar und werden unternommen.

Fragen Sie sich immer: was haben diese Untersuchungen mit Stereophonie oder Surround-Sound zu tun und welcher Nutzen ist aus den Forschungsergebnissen für die Aufnahmetechnik zu ziehen? Häufig werden falsche Schlüsse gezogen.

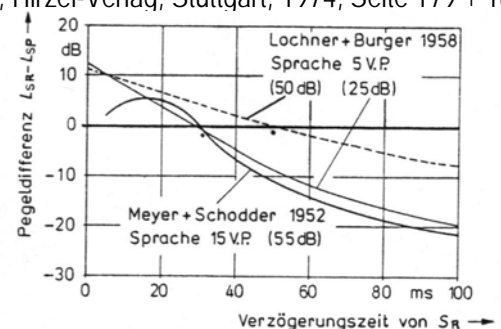
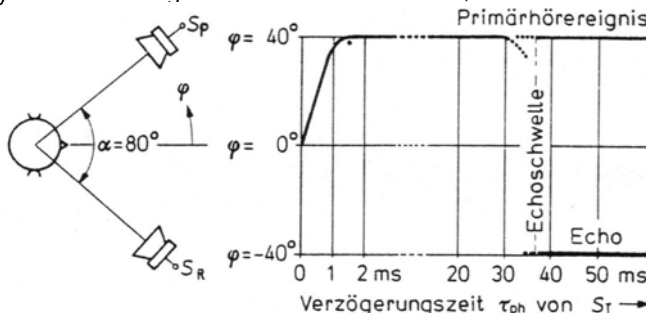
Welche Aussagen können uns Kopfhörersignale liefern, bei denen links das Primärsignal und rechts der Rückwurf wiedergegeben wird? Kann Sprache als Testsignal den Musiksignalen gleichgesetzt werden?

Zur Echschwelle, das ist der Schwellenwertpegel des Rückwurfs in Abhängigkeit von der Verzögerungszeit des Rückwurfs, sind allgemein folgende Ergebnisse bekannt:

1. Je steiler das impulsartige Primärsignal ist, desto tiefer liegt die Echschwelle (im Pegel), ehe das Echo erkannt wird.
2. Je weniger impulsartig das Primärsignal ist (also fast sinusförmig), desto höher liegt die Echschwelle.
3. Je höher der Pegel (Lautstärke) von Primär- und Rückwurfsignal ist, desto tiefer liegt die Echschwelle.
4. Je niedriger der Pegel (Lautstärke) von Primär- und Rückwurfsignal ist, desto höher liegt die Echschwelle.
5. Je weiter die Schalleinfallrichtung des Rückwurfsignals von der Richtung des Primärsignals abweicht, desto tiefer liegt die Echschwelle.
6. Je näher die Richtung des Rückwurfsignals mit der Richtung des Primärsignals zusammenfällt, desto höher liegt die Echschwelle.
7. Verstärkte höhere Frequenzen (EQ) des Rückwurfsignals lassen die Echschwelle absinken.
8. Abgesenkte höhere Frequenzen (EQ) des Rückwurfsignals lassen die Echschwelle ansteigen.
9. Je größer die Verzögerungszeit des Rückwurfsignals gegenüber dem Primärsignal ist, desto tiefer liegt die Echschwelle.
10. Je kürzer die Verzögerungszeit des Rückwurfsignals gegenüber dem Primärsignal ist, desto höher liegt die Echschwelle.
11. Je dichter die Impulsfolge ist, desto mehr wird das Rückwurfsignal verdeckt und desto höher liegt die Echschwelle.
12. Je größer der Abstand der Einzelimpulse voneinander ist, desto tiefer liegt die Echschwelle.
13. Werden zusätzlich frühere Einzelimpulse zwischen dem Primär- und dem Rückwurfsignal gesetzt, so steigt die Echschwelle nach oben.
14. Werden die Pegel der zusätzlich dazwischen geschalteten Einzelimpulse im Pegel verringert, so sinkt die Echschwelle nach unten.

Erkennen Sie, wie kompliziert die Zusammenhänge um die Echschwelle sind? Was haben denn ein Impuls aus dem linken Lautsprecher und ein Rückwurf aus dem rechten Lautsprecher mit Stereophonie zu tun? Was hat das Pre-delay eines Nachhallgeräts mit seinen Reflexionen mit den oben genannten Forschungsergebnissen zu tun? Was haben Raummikrofone mit verzögerten Reflexionen aus dem Raum, die der Tonaufnahme hinzugemischt werden, mit den Messungen des Primärsignals links und einem Rückwurf rechts zu tun? Stellen Sie sich weitere Fragen.

Folgende Abbildungen sind aus: Jens Blauert, "Räumliches Hören", Hirzel-Verlag, Stuttgart, 1974, Seite 179 + 181.



Bahnen der Hörereignisrichtungen als Funktion der Rückwurfverzögerung (Sprache). **Primärschallpegel = Rückwurfpegel**

Lokalisation aus Lautsprecherrichtung von  $\Delta t = 1,5$  ms an.

## • Fragen:

1. Können Sie jetzt die zu Anfang gestellte Frage beantworten: weshalb ist die Aussage **falsch**, dass bei Tonaufnahmen alle **Reflexionen, die später als 32 bis 50 ms** eintreffen, als **störendes Echo** wahrgenommen werden?
2. Können Sie die vielen Bedingungen in der Reihenfolge der Wichtigkeit nennen, die dazu unbedingt nötig sind?
3. Welche beiden Verzögerungszeiten können Sie hier aus den obigen Kurven ablesen, wenn dem Sprach-Primärschall **ein** "pegelgleicher" Testrückwurf folgt? Stellen diese beiden Werte nun etwa die Echschwelle dar?
4. Haben Sie bei einer akustischen Tonaufnahme schon einmal das Erlebnis **einer** "pegelgleichen" verzögerten Reflexion gehabt? Erklären Sie etwas dazu. Wann erscheinen störende Echos?
5. Wo liegt denn nun wirklich die Echo-Wahrnehmungsschwelle bei Tonaufnahmen? Pegelangabe nicht vergessen!

Echoshwellen bei Stereo-Standardaufstellung für Sprache mittlerer Geschwindigkeit

Hat dieses mit einer Tonaufnahme zu tun?