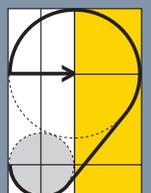


Fachinfo

Perzentile in der Hörakustik
– Eine Einführung –

acousticon



Perzentile in der Hörakustik

Eine Einführung von Steffen Heidel

Seite	Inhalt
2	Vorwort
3	1. Verstehen
3	1.1 Perzentilanalyse
4	1.2 Perzentile
5	1.3 Störgeräuschemaskierung
6	1.4 Dynamiktransformation Normalhörender ≠ Hörbeeinträchtigter
7	1.5 Aufteilung in Frequenzgruppen
8	1.6 Korrelation Perzentilanalyse ⇔ Hörgerät
10	1.7 Mess-/Analysesignal
12	1.8 Zielkurve ≠ Zielhörfeld
13	1.9 Lautheitsempfinden
14	1.10 Zeitkontinuierliche Auswertung
15	Nachwort

Vorwort

In der Acousticon Fachinformation **Perzentile in der Hörakustik – Einführung** behandelt Steffen Heidel (Acousticon, Abteilung Produktentwicklung) die grundsätzliche Funktion und Darstellung einer Perzentilanalyse.

Es ist verständlich, wenn Sie sofort ans Eingemachte – in diesem Fall das Messen – gehen wollen. Aber geben Sie sich sowie der Perzentilanalyse eine Chance und machen Sie sich zunächst mit dem Fundament vertraut. Die vorliegende Einführung vermittelt Ihnen wichtige Grundlagen, auf deren Basis Sie Ihr Wissen über Perzentile leichter vertiefen können und die Ihnen auch bei der konkreten Umsetzung der Mess- und Anpassprozesse mit Perzentilen hilfreich sein werden.

Wir wünschen Ihnen eine spannende und lehrreiche Lektüre!

1. Verstehen

1.1 Perzentilanalyse

Bei der Perzentilanalyse wird die Lautstärke eines Geräusches über einen Zeitraum erfasst, ausgewertet und grafisch dargestellt. Eine besondere Eigenschaft hierbei ist, dass nicht ein berechneter Wert (z. B. 90 dB) angezeigt wird, sondern ein Pegelbereich. Nachfolgend in Form eines Balkendiagrammes, beispielsweise vom leisesten bis zum lautesten Anteil.

Eine weitere besondere Eigenschaft der Perzentilanalyse ist, dass sowohl technische Signale (Sinus, Rauschen) als auch alle natürlichen Geräusche wie Sprache oder Musik zur Analyse geeignet sind.

Praxis

Auf einen Blick wird übersichtlich der gesamte Messbereich und der darin enthaltene Perzentilbereich, inklusive dem kleinsten und größten aufgetretenen Pegel, angezeigt.

Die Definition des Perzentils

Perzentil = lat. > Hundertstelwert > (Perzent \Leftrightarrow Prozent). Jeder Perzentilbalken besteht, unabhängig von seiner Länge, immer aus 100 Anteilen / Perzentilen / Hundertsteln.

Abb. 1

Beispiel eines einzelnen, einfachen Perzentilbalkens (violetter Bereich):
Der Perzentilbereich reicht von etwas unter 30 dB bis knapp über 50 dB

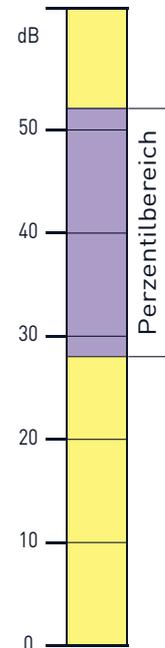
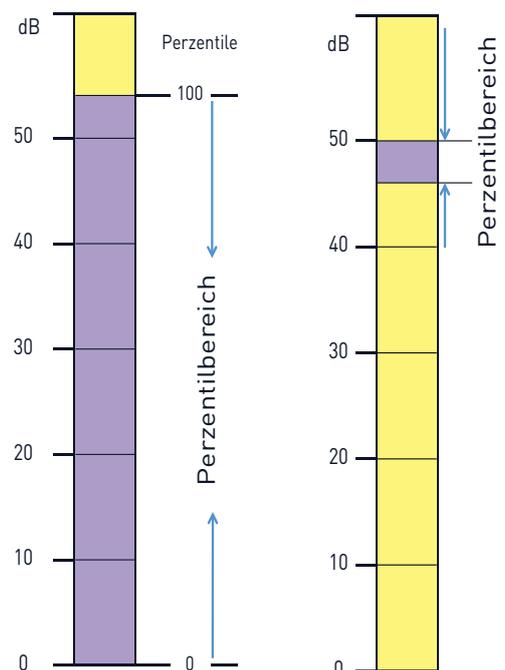


Abb. 2

Zwei weitere Beispiele, wie ein Perzentilbalken aussehen kann.



1.2 Perzentile

100 Perzentile \neq Anzahl der Messwerte:

Die Anzahl der Messwerte zur Perzentilanalyse eines Perzentilbalkens ist variabel. Er kann z. B. aus 25, 400, ... Einzelwerten bestehen. Zur Auswertung werden die Messwerte sortiert und linear in den Bereich der 100 Perzentile aufgeteilt.

Hierzu ein Beispiel

Folgende Daten sind gegeben:

Messbereich 0 – 120 dB

Anzahl der Messwerte 25

(Bei 25 Messwerten für 100 Perzentile umfasst jeder Messwert 4 Perzentile)

Am Beispiel dieses Balkens wird nachfolgend die weitere Auswertung gezeigt.

Bisher ermöglicht die Analyse und Anzeige eine Aufteilung in

- Bereiche ohne Messwerte (grün) sowie
- den Perzentilbereich (violett). Dieser ist primär für die weitere Analyse relevant. Die Bereiche ohne Schallanteile werden daher nicht mehr abgebildet.

Der nächste Schritt beschreibt die Aufteilung eines Signals in Nutzsignalanteile, z. B. Sprache oder Musik sowie Störgeräuschanteile.

Abb. 3

Die Grafik zeigt den Balken des gesamten Messbereichs (gelb), den sich ergebenden Perzentilbereich (violett) \equiv den Bereich enthaltener Messwerte sowie den Bereich ohne aufgetretene Messwerte (grün).

Abkürzungen:

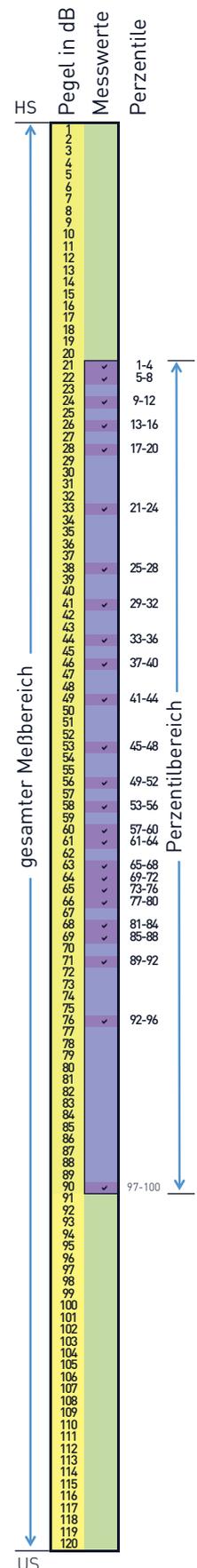
\equiv ist das Zeichen für „entspricht“

HS = Hörschwelle,

US = Unbehaglichkeitsschwelle,

✓ = Messwert

Anmerkung: Zur einfacheren Darstellung ist das Auftreten mehrerer Messwerte des selben Pegels nicht berücksichtigt.



1.3 Störgeräuschdemaskierung

Zur Signalanalyse des Nutzsignals werden Störgeräuschanteile separiert.

Hierzu zählen:

- a) Umgebungsgeräusche mit einem geringeren Pegel als das Nutzsignal.
- b) „Ausrutscher“ – laute Impulse, welche selten oder einmalig das Nutzsignal überschreiten und für den Höreindruck oder die Sprachverständlichkeit nicht relevant sind.

Zur Geräuschdemaskierung wird bei der Perzentilanalyse eine definierte Anzahl der unteren (Störgeräusche) sowie der oberen (Ausrutscher) Perzentile separiert.

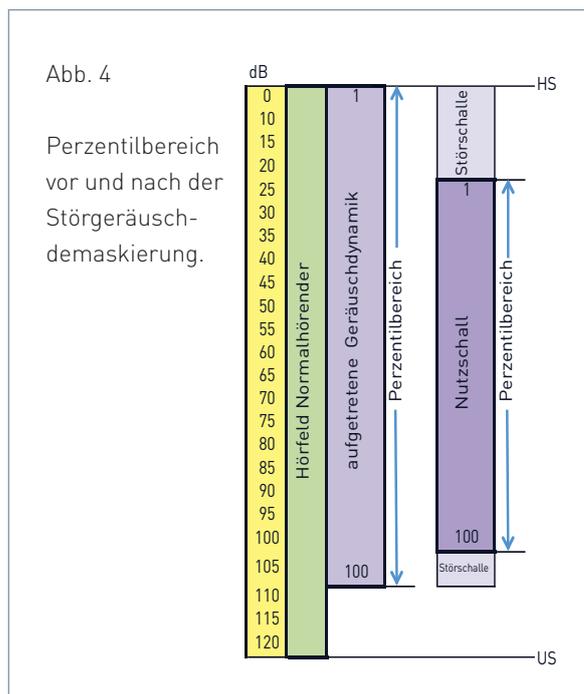
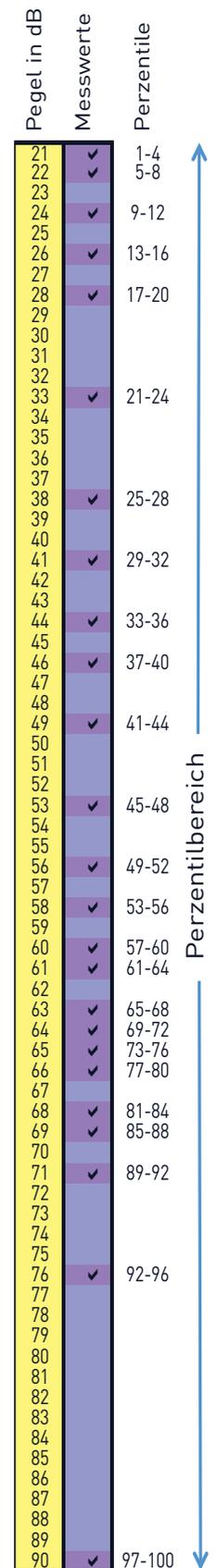


Abb. 5

Die Grafik zeigt den Bereich vom kleinsten bis zum höchsten aufgetretenen Messpegel sowie die restliche Messpunktverteilung im Pegelbereich.

Die Messwertverteilung in der Grafik entspricht exemplarisch einem Sprachsignal mit Umgebungsgeräuschen:

- ⇒ Die Anhäufung im Bereich bis 30 dB zeigt den Grundgeräuschpegel.
- ⇒ Die „Ausrutscher“ liegen im Bereich über 75 dB.
- ⇒ Den Hauptanteil des Sprachsignals zeigt die Anhäufung der Messwerte im Bereich 60 – 70 dB.



1.4 Dynamiktransformation Normalhörender ≠ Hörbeeinträchtiger

Hörbeeinträchtigte verfügen über einen eingeschränkten Dynamikbereich. Sie hören Geräusche erst ab einem höheren Pegel als Normalhörende und empfinden Geräuschanteile häufig schneller als unangenehm laut (herabgesetzte U-Schwelle). Die nachfolgende Grafik zeigt, selbst nach Separierung der Störgeräuschanteile ist der hierbei reduzierte Dynamikbereich für den Hörbeeinträchtigen oft noch immer zu groß. Zur Transformation des Nutzschalls eines

Normalhörenden in das Resthörfeld zwischen HS und US eines Hörbeeinträchtigen ist eine weitere Signalbearbeitung erforderlich. Bei Hörgeräten sind für diese Aufgabe die entsprechenden Kompressionssysteme zuständig.

Die Perzentilanalyse zeigt die Dynamik des Nutzsignals nach der Dynamikkompression des Hörgerätes.

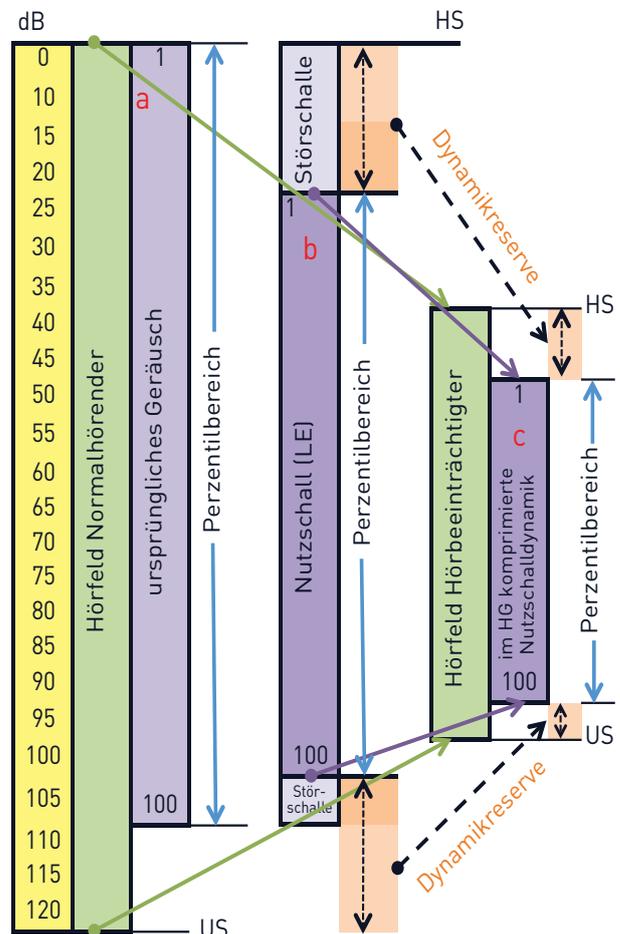
Abb. 6

- a ⇒ Ursprüngliche Dynamik eines Geräusches
- b ⇒ Nutzschall nach berechneter Geräuschseparierung (wie in 1.3 beschrieben)
- c ⇒ Nutzschall nach Dynamikreduktion in das Resthörfeld eines Hörbeeinträchtigen durch die Dynamikkompression des Hörgerätes

(Dynamik ≙ Bereich zwischen dem oberen und unteren Schwellwert)

Hörfeld ≙ Bereich zwischen HS und US)

Anmerkung: Zur einfacheren Darstellung ist Schritt c als weitere Operation der LE-Analyse (Schritt b), gezeigt. Mathematisch erfolgt die LA-Berechnung in umgekehrter Reihenfolge, zuerst Schritt c (Dynamikanpassung) und nachfolgend Schritt b (Störgeräuschseparierung).



1.5 Aufteilung in Frequenzgruppen

Unabhängig von der Tonhöhe wurde das Hörfeld zum einfacheren Verständnis bisher mit einem Balken dargestellt. Natürliche Schalle (Sprache, Musikinstrumente) sind jedoch in unterschiedlichen Frequenzberei-

chen unterschiedlich laut. Der nächste Schritt zeigt die Unterteilung in Frequenzgruppen, z. B. mit je einem Balken für tiefe, mittlere und hohe Frequenzanteile.

Abb. 7

Beispiel einer prinzipiellen Darstellung der Perzentilbalken (violett) bei einer Aufteilung in drei Frequenzgruppen.

In der Praxis erfolgt die Einteilung meist in 1/3 Oktav Frequenzgruppen oder Barkbänder. Dies entspricht ca. der Auflösung des Gehörs.

Anmerkung: eine Oktave \equiv einer Frequenzverdopplung z. B. von 200 auf 400 Hz, für 1/3 Oktav entsprechend 200 auf 250 Hz (nicht 266 Hz, da logarithmische Einteilung).

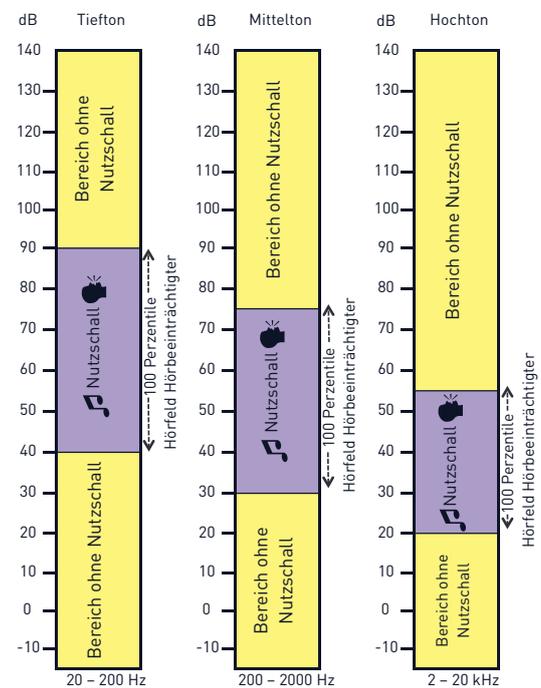
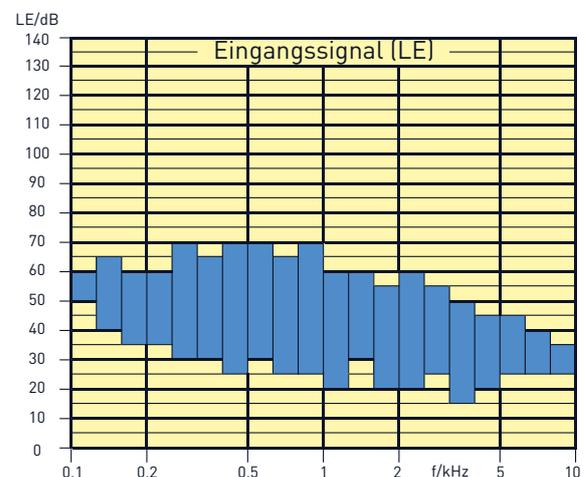


Abb. 8

Momentaufnahme aus der Praxis: Die grafische Perzentildarstellung eines typischen Sprachsignals über einen ACAM 5[®]-Analyser.

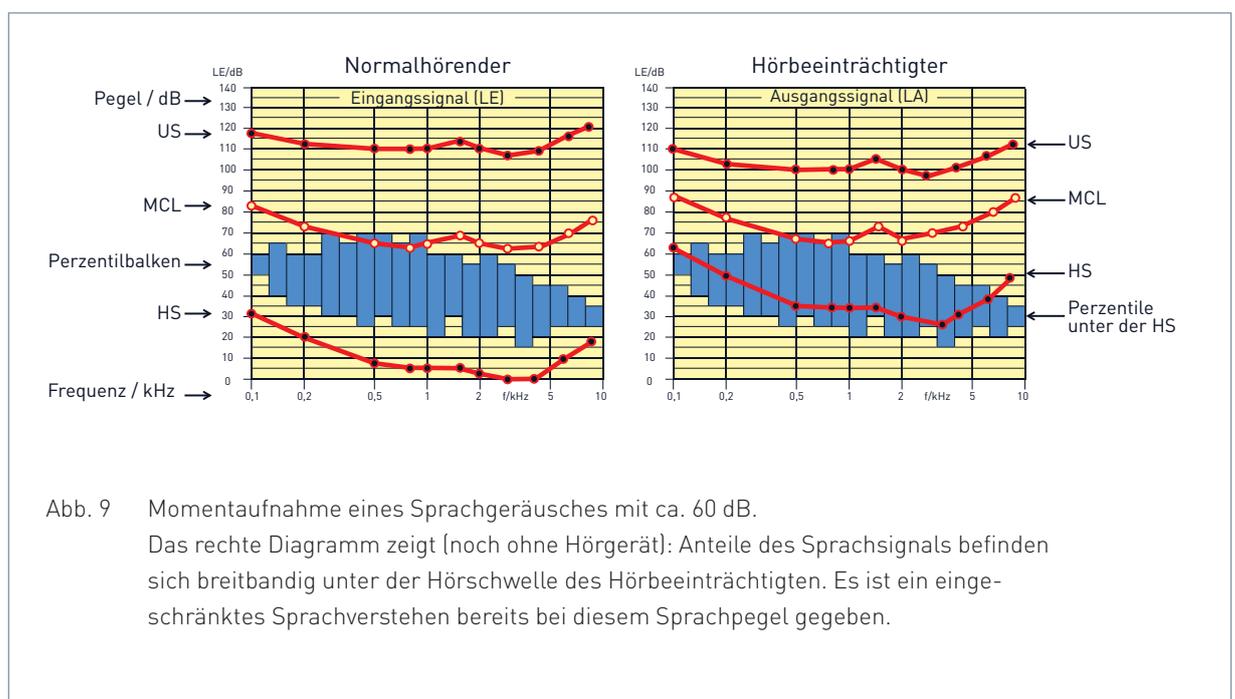
Der Anzeigebereich zwischen 100 Hz – 10.000 Hz ist in Terzen (\equiv 1/3 Oktav) unterteilt. Die Balken zeigen die Perzentile des Nutzschalls, z. B. eines Sprachgeräuschs.



1.6 Korrelation Perzentilanalyse zu Hörgerät

Aufgabe des Hörgerätes ist es (u. a.), die bisher beschriebene Transformation durchzuführen. Zur Analyseanzeige ob dies gelingt, wird die Perzentilgrafik (Abb. 9) um ein weiteres Diagramm ergänzt. Das linke Diagramm zeigt hierbei die Perzentile eines

Geräusches für einen Normalhörenden bzw. am Hörgeräteeingang vor der Bearbeitung (LE). Im rechten Diagramm ist das bearbeitete Signal für einen Hörbeeinträchtigten bzw. am Hörgeräteausgang abgebildet (LA).



Definition zu obiger Grafik (Abb. 9)

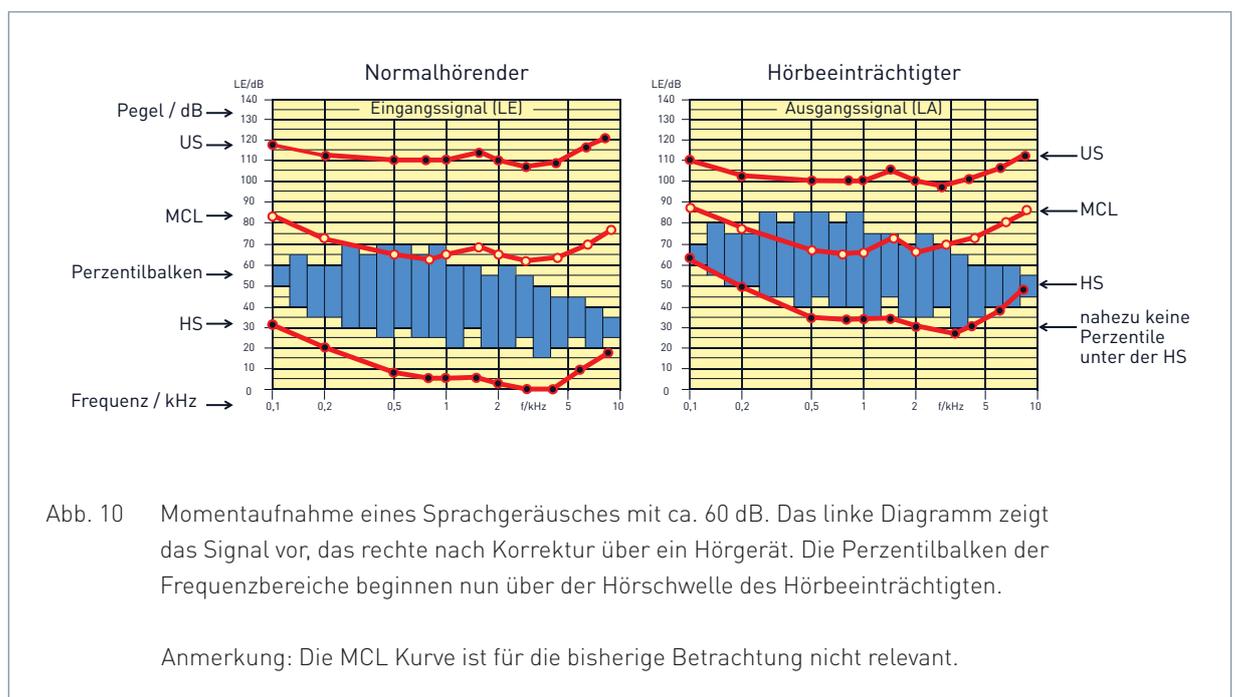
Linkes Diagramm: Gemessenes Sprachgeräusch am Ohr bzw. Hörgeräteeingang (LE).

Die drei roten Kurven zeigen:

1. unten die Hörschwelle (HS),
2. darüber die Kurve gleichen Lautheitsempfindens bei mittlerer Lautstärke (MCL),
3. oben die Unbehaglichkeitsschwelle (US) entsprechend genormter Durchschnittswerte aus einer Anzahl Normalhörender.

Die Punkte bzw. Kreise auf den Kurven entsprechen den in der Audiometrie ermittelten Schwellen bei der jeweiligen Frequenz (bzw. den genormten Werten im linken Diagramm).

Die Perzentilbalken zeigen die im Messzeitraum aufgetretenen Pegel der einzelnen Frequenzbereiche. Mit etwas Routine lässt sich die Intensität beurteilen.



Die roten Kurven des rechten Diagramms (Hörbeeinträchtigter) zeigen wieder die gemessene Hörschwelle, die Unbehaglichkeitsschwelle sowie die berechneten Werte für gleiche Lautheitsempfindung mittlerer Schallpegel, MCL (Mitte) des individuell hörbeeinträchtigten Ohrs (berechnete Werte).

Es ergibt sich eine komfortable Anzeige, ob die Schalle

- a) über der Hörschwelle sowie
- b) unterhalb der Unbehaglichkeitsschwelle liegen.

1.7 Mess- /Analysesignal

Traditionelle Verfahren arbeiten mit statischen Pegeln sowie synthetischen Messsignalen, z. B. Sinustönen oder Rauschen. Diese Signale sind geeignet um:

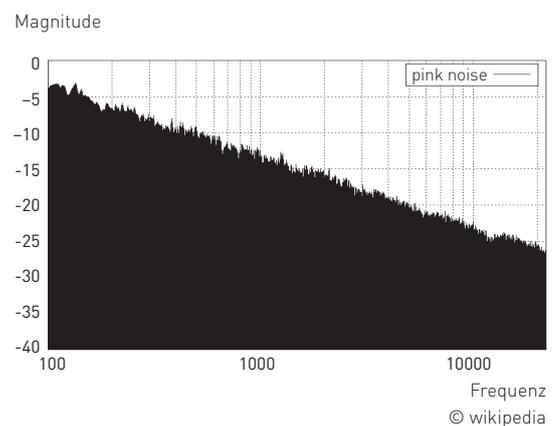
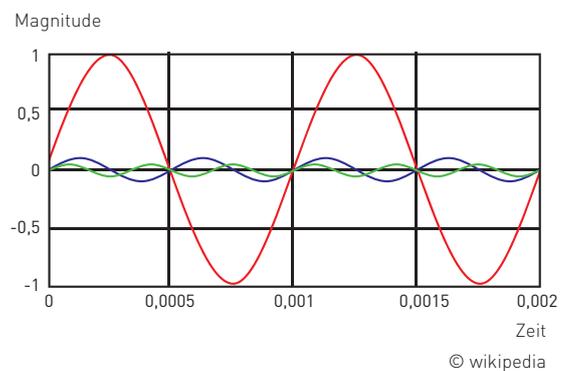
a) technische Eigenschaften wie Rauschfreiheit, Verzerrungsverhalten, zu messen.

b) den Pegel eines Signals zu einem bestimmten Zeitpunkt zu berechnen und durch den Vergleich mit gemessenen Pegeln auszuwerten.

Abb. 11

Beispiele für statische, synthetische Messsignale:

1. Sinustöne unterschiedlicher Amplitude (Lautstärke) und Frequenz (Tonhöhe). Alle Einzelschwingungen des jeweiligen Sinussignals sind untereinander identisch. In Sprachsignalen treten solche reinen Sinusschwingungen nicht auf, weshalb adaptive Parameter z. B. die Störgeräuschunterdrückung des Hörgerätes ansprechen und Messfehler verursachen.
2. Rosa Rauschen (= statisches Rauschen mit definiertem Pegelabfall pro Oktave). Der Pegelwert (die Elongation) jeder Frequenz ist im Mittel definiert. Die hohe Energiedichte dieses Geräusches sowie der definierte, mittlere Pegel für jede Frequenz ist untypisch für Sprach- und Musiksignale, weshalb adaptive Parameter z. B. die Störgeräuschunterdrückung des Hörgerätes ansprechen und Messfehler verursachen.



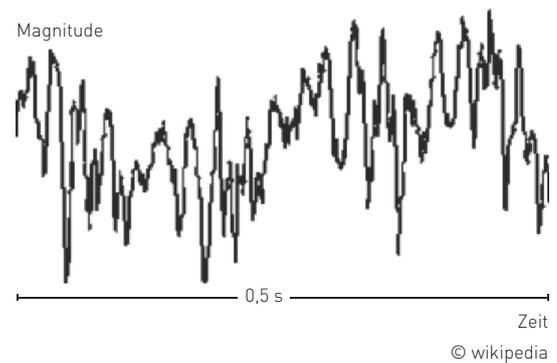
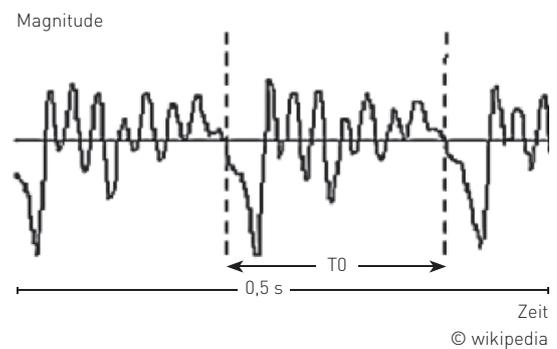
Komplexe natürliche Geräusche (Sprache, Musik u. a.) schwanken jedoch ständig im Pegel, der Frequenzzusammensetzung und der Impulshaftigkeit. Hier ist keine Voraus-

berechnung oder Vergleich mit einer Referenz möglich. Traditionelle Verfahren sind daher nicht für die Auswertung komplexer natürlicher Geräusche vorgesehen.

Abb. 12

Beispiele für komplexe natürliche Geräusche:

1. Ein Sprachgeräusch. T_0 zeigt die Modulation (um 5 Hz) der Stimme innerhalb eines Sprachgeräusches z. B. dem Teil eines Buchstabens sowie den sich kontinuierlich verändernden Verlauf pro Modulationseinheit.
2. Ein Musikgeräusch. Wie beim Sprachgeräusch können weder Pegel noch Frequenz statisch vorausberechnet werden.



Bei der Perzentilanalyse wird kontinuierlich jedes beliebige Eingangssignal mit dem Ausgangssignal verglichen und der gesamte Messbereich pegel-, (zeit-,) und fre-

quenzumfassend ausgewertet. Dies prädestiniert sie für eine praxisgerechte, realitätsnahe Analyse auch komplexer Geräusche wie Sprache oder und Musik.

1.8 Zielkurve \neq Zielhörfeld

Traditionelle (präskriptive, dynamikorientierte) Mess- und Anpassverfahren stützen sich auf theoretische Berechnungen, die methodenabhängig sind und mit statistischen, nicht individuell gemessenen, Parametern (Anpassformeln z. B. NAL) arbeiten.

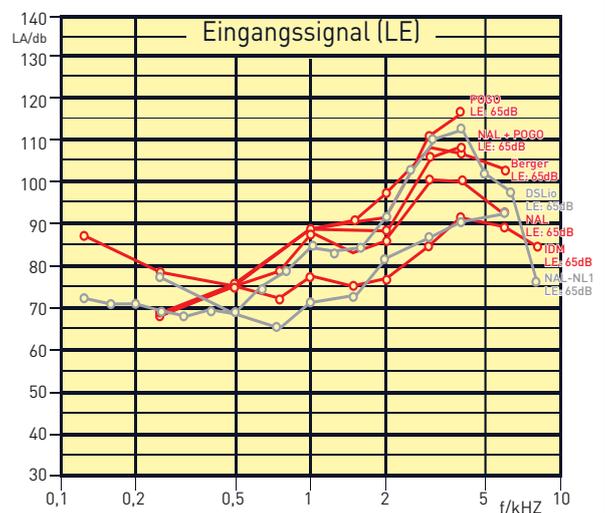
Sie zeigen nicht tatsächlich auftretende minimale und maximale Pegelwerte.

Die Unbehaglichkeitsschwelle basiert (außer bei DSL i/o) lediglich auf einer Einschätzung.

Abb. 13

Die Grafik zeigt sehr deutlich die differierenden Zielkurven traditioneller Verfahren zum selben Hochtonhörverlust bei 65 dB Sprachpegel.

Die Abweichungen untereinander betragen teilweise 20 dB und mehr. Eine eindeutige Aussage zur richtigen Korrektur mit traditionellen Verfahren lässt sich nicht so einfach treffen. Welche Zielkurve hörgerechter ist und angewendet werden sollte, liegt demnach im Ermessen des Hörakustikers.



12|16

Zur Verifikation, ob die Berechnung der gesamten Kette vom Signal am Hörgeräteeingang über die Regelelektronik, dem Schallschlauch, der Otoplastik etc., bis zum Signal am Trommelfell bei unterschiedlichen Pegeln korrekt durchgeführt wird, bedarf es bei traditionellen Verfahren zahlreicher, zeitaufwendiger (Insitu-) Messungen.

Die Perzentilanalyse ermöglicht aktuell sowie pegelunabhängig zu jeder Messung

stets die Darstellung der gesamten Dynamik eines beliebigen Signals zum jeweiligen Zielhörfeld (wie u. a. unter 1.6 bereits beschrieben).

Realitätsnahe Auswertung

Für die Perzentilanalyse muss sich ein Hörgerät nicht in einem Testmodus befinden. Sie kann inklusive aller adaptiver Parameter wie Richtungshören, Spracherkennung u. a. m. realitätsnah erfolgen!

1.9 Lautheitsempfinden

Die empfundene Lautheit wird vom Schalldruckpegel, dem Frequenzspektrum und dem Zeitverhalten der Schallsignale beeinflusst. Ein kurzer Impuls wird leiser empfunden als ein anhaltendes Geräusch. Tief-frequente Anteile prägen das Lautheitsempfinden stärker als höhere.

Die Perzentilanalyse ermöglicht eine weitere komfortable Auswertung. Signal- sowie lautstärkeunabhängig wird mit drei weiteren Kurven folgendes dargestellt:

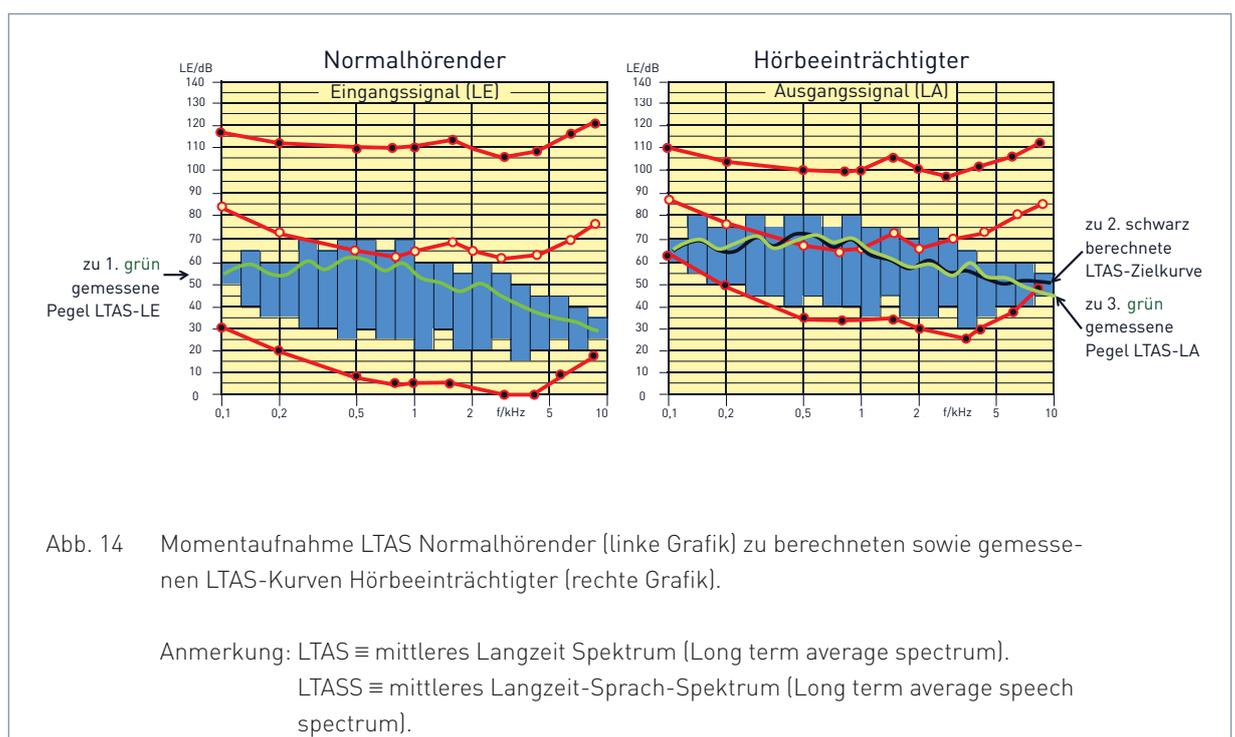
1. Die durchschnittliche Lautheit (mit LTAS oder LTASS bezeichnet) eines beliebigen Signals im LE-Diagramm

2. Der individuelle berechnete Hörverlust im LA-Diagramm

3. Die Kurve des tatsächlich gemessenen durchschnittlichen Pegels am Hörgeräteausgang (nachfolgend zu einer gelungenen Einstellung)

Dies gestattet eine praxisgerechte Beurteilung des Lautheitsausgleichs unter Berücksichtigung aller am Hörgerät aktivierte adaptiven Parameter.

13|16



1.10 Zeitkontinuierliche Auswertung

Hörgeräte arbeiten zeitvariant, d. h. sie analysieren ein Geräusch zunächst und passen anschließend die Wiedergabeeigenschaften (Richtungshören, Sprachdetektion, etc.) an. Die Regelzeiten erreichen hierbei teilweise Bereiche von mehreren Sekunden.

Die Perzentilanalyse ermöglicht es, diese zeitvarianten Parameterveränderungen des Ausgangssignals realistisch darzustellen.

Das Messsignal wird hierbei kontinuierlich ausgegeben. Die Perzentilanalyse erfolgt ebenfalls kontinuierlich. Anstelle traditioneller Messmethoden mit einmaliger Messsignalanregung sowie der Messung zu einem Zeitpunkt, kann über einen beliebigen Zeitraum die Transformation aller Schalle inklusive aller zeitvarianten, adaptiven Parameterveränderungen kontinuierlich ausgewertet und grafisch dargestellt werden.

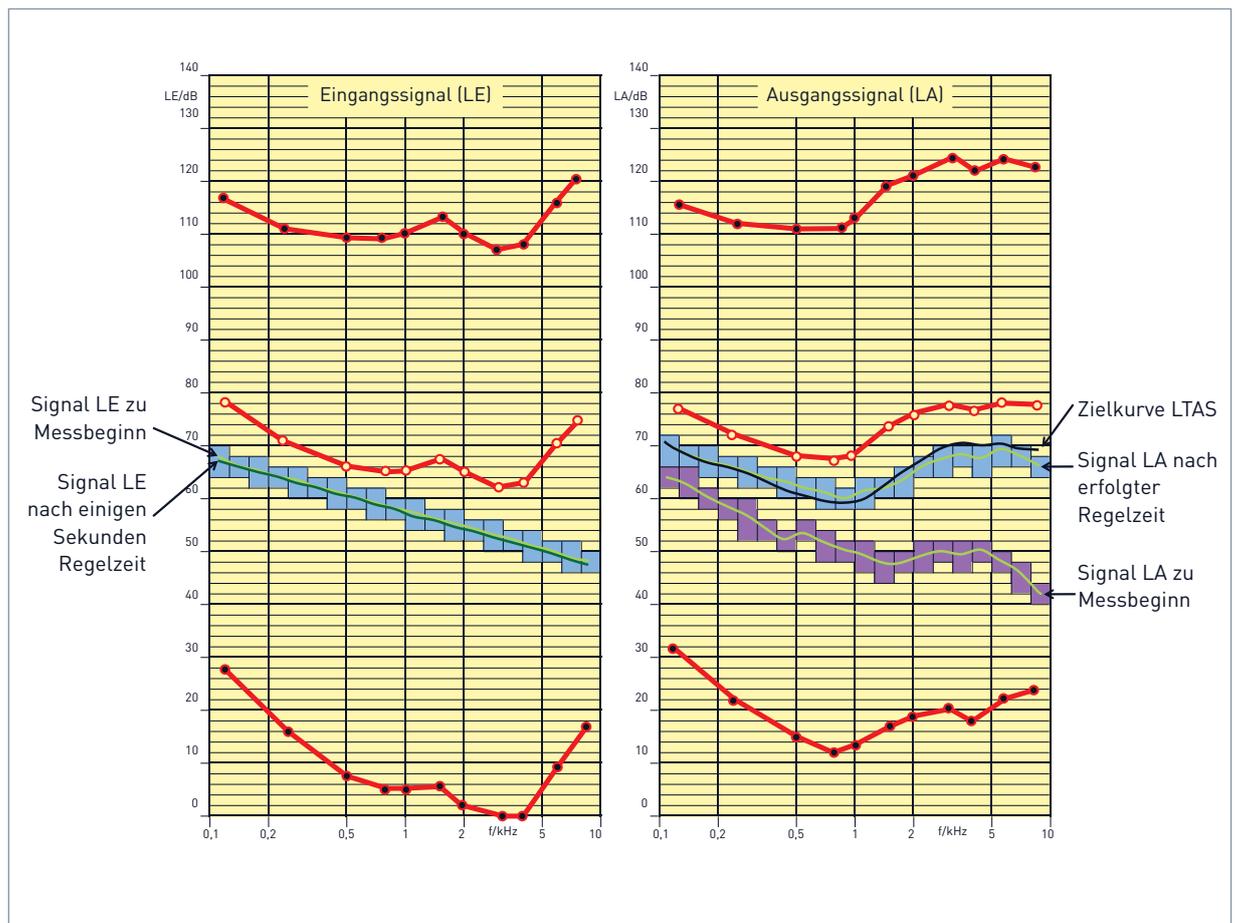


Abb. 15 Die beiden farbigen Kurven im rechten Diagramm zeigen das Ausgangssignal zu Beginn und nach erfolgter Regelungsautomatik des Hörgerätes (das Eingangssignal ist immer das gleiche, siehe linkes Diagramm.)

Bei einer realen Messung lässt sich der hier in 2 Schritten gezeigte Verlauf der Regelmechanismen kontinuierlich verfolgen und analysieren. Bei einer traditionellen Messung erzeugen die Regelungen des Hörgerätes, je nach Einstellung, über 15 dB Messfehler in vielen Frequenzbereichen.

Nachwort

Soweit die Einführung zur Funktion und Darstellung einer Perzentilanalyse.

Wir hoffen, wir konnten Ihnen mit dieser Fachinformation Hintergrundwissen vermitteln, das die grundlegende Funktion und die herausragenden Möglichkeiten der Perzentilanalyse gut veranschaulicht und Sie in der Arbeit mit Perzentilen unterstützt.

Ihre Mitarbeit ist gefragt!

Damit wir unsere Fachinformationen für Sie so nah wie möglich an der Praxis und als optimale Unterstützung für Ihre tägliche Arbeit erstellen können, unsere Bitte an Sie: Sprechen Sie mit uns!

Teilen Sie uns mit, ob und/oder inwiefern diese Fachinformation hilfreich für Sie war. Verraten Sie uns Ihre Meinung, stellen Sie konkrete Fragen zum Thema und teilen Sie uns Ihre Verbesserungsvorschläge oder Wünsche für weitere Fachinformationen zum Thema Perzentile mit.

Wir freuen uns über jede Anregung von Ihnen und greifen gerne auch spezielle Einzelheiten der Perzentilanalyse und -anpassung

auf, die Sie aufgrund Ihrer persönlichen Praxiserfahrungen für bedeutsam halten.

Mit Ihrer Meinung, Ihrer Kritik und Ihren Anregungen helfen Sie uns, künftige Fachinformationen noch besser und gezielter für Sie aufzubereiten.

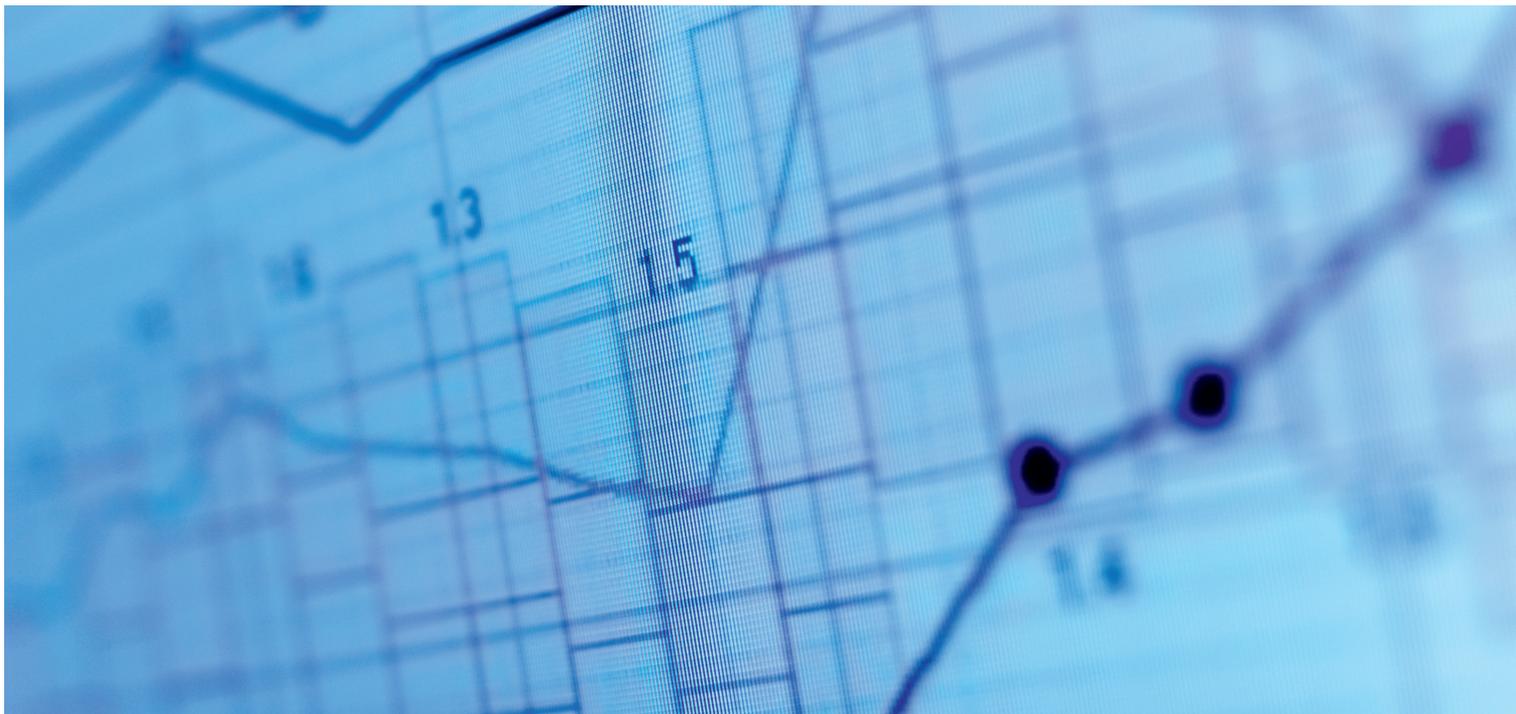
Speziell zum Thema Perzentilanalyse und -anpassung können Sie sich gerne direkt an Herrn Steffen Heidel, den Autor dieser Fachinformation, wenden:
steffen.heidel@acousticon.de

Für Ihre Unterstützung bedanken wir uns schon jetzt ganz herzlich bei Ihnen!

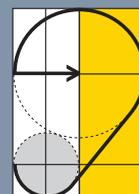
Noch Fragen?

Weitere Informationen zur Perzentilanalyse und -anpassung unserer Messtechnik ACAM 5 sowie Broschüren, Datenblätter und Fachinfo-PDF zum Download finden Sie auch auf der Acousticon Homepage:

www.acousticon.de



acousticon



Acousticon GmbH
Hirschbachstraße 48
D-64354 Reinheim

Tel.: +49(0)61 62/93 24-0
info@acousticon.de
www.acousticon.de