

# EUHA-Leitlinie

## „Elchtest“ für die Perzentilanalyse

Leitlinie 04-02

**EUHA**

Europäische Union der  
Hörgeräteakustiker e.V.

## Expertenkreis Hörakustik

Beate Gromke (Vorsitzende), EUHA, Leipzig  
Martin Blecker, EUHA, Hannover  
Harald Bonsel, EUHA, Reinheim  
Dr.-Ing. Josef Chalupper, advanced bionics, Hannover  
Tillmann Harries B.Sc., Akademie für Hörakustik, Lübeck  
Dan Hilgert-Becker, Becker Hörakustik, Koblenz  
Prof. Dr. Inga Holube, Jade Hochschule, Oldenburg  
Dr. Hendrik Husstedt, Deutsches Hörgeräte Institut, Lübeck  
Julia Kahl, geb. Steinhauer, Akademie für Hörakustik, Lübeck  
Prof. Dr. Jürgen Kießling, Justus-Liebig-Universität, Gießen  
Thorsten Knoop, GN Otometrics, Münster  
Prof. Dr. Steffen Kreikemeier, Hochschule Aalen  
Thomas Lenck, Akademie für Hörakustik, Lübeck  
Dipl.-Ing. Reimer Rohweder, Deutsches Hörgeräte Institut, Lübeck  
Katharina Roth, Akademie für Hörakustik, Lübeck  
Torsten Saile B.Sc., Das Ohr - Hörgeräte und mehr GmbH, Tuttlingen  
Alexandra Winkler M.Sc., Jade Hochschule, Oldenburg

Herausgeber: Europäische Union der Hörakustiker e. V.  
Neubrunnenstraße 3, 55116 Mainz, Deutschland  
Tel. +49 (0)6131 28 30-0  
Fax +49 (0)6131 28 30-30  
E-Mail: [info@euha.org](mailto:info@euha.org)  
Internet: [www.euha.org](http://www.euha.org)

Alle hier vorhandenen Dateien, Texte und Grafiken sind urheberrechtlich geschützt. Eine Verwertung über den eigenen privaten Bereich hinaus ist grundsätzlich genehmigungspflichtig.

© EUHA 08-2017

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Vorwort/Zielsetzung</b>	<b>1</b>
<b>2. Auswahl eines Hörgerätes</b>	<b>1</b>
<b>3. Frequenzabhängige Verstärkung für Sinustöne</b>	<b>1</b>
3.1 Kurvenschar	2
3.2 Dynamikkennlinie (vereinfachtes Verfahren)	2
<b>4. Darstellung der Perzentilanalyse</b>	<b>3</b>
4.1 Pegel-Frequenz-Darstellung	3
4.2 Verstärkungs-Frequenz-Darstellung	4
<b>5. Überprüfung der Perzentilanalyse</b>	<b>5</b>
5.1 Verstärkung für ISTS mit linearem Hörgerät	5
5.2 Überprüfung der Freifeldentzerrung	8
<b>6. Test mit einem nichtlinearen Hörgerät mit ISTS</b>	<b>8</b>

# „Elchtest“ für die Perzentilanalyse

## 1. Vorwort/Zielsetzung

Die neue Messnorm DIN IEC 60118-15 ermöglicht die Bestimmung der Verstärkung von Hörgeräten in Trageeinstellung für Sprache. In dieser Norm wird sowohl ein Testsignal, das International Speech Test Signal (ISTS), als auch die Auswertemethode der Perzentilanalyse beschrieben. In diesem Dokument werden Verfahren vorgeschlagen, wie die Umsetzung der Norm in einer Messbox überprüft werden kann. Dazu ist ein Hörgerät notwendig, das in lineare Einstellung gebracht wird, um die Ergebnisse mit dem ISTS mit den Ergebnissen für Sinustöne vergleichen zu können. Für weitergehende Tests sind Hörgeräte mit Dynamikkompression (AGC) und Änderungsmöglichkeit der Regelzeiten vorteilhaft.

## 2. Auswahl eines Hörgerätes

Für die Tests eignen sich Hörgeräte mit folgenden Eigenschaften:

- Das Hörgerät sollte über einen Testmodus verfügen, mit dem der breitestmögliche Frequenzübertragungsbereich eingestellt wird. Der Lautstärkesteller muss dabei in Bezugs-Prüfeinstellung (engl.: Reference Test Setting, RTS, d. h. diejenige Einstellung des Lautstärkestellers, die bei einem Eingangspegel von 60 dB SPL bei den Frequenzen 1, 1,6 und 2,5 kHz im Mittel zu einer Verstärkung führt, die 77 dB unterhalb des Ausgangspegels für einen Eingangspegel von 90 dB SPL, dem OSPL90, liegt) gebracht sein. Die Dynamikkompression (AGC) wird so eingestellt, dass sie minimale Wirkung hat (lineare Verstärkung) und alle adaptiven Parameter, die die Messung mit Sinustönen beeinträchtigen können (z. B. Störgeräuschreduktion, Rückkopplungsunterdrückung, Richtmikrofon) werden ausgeschaltet. Die gemessene Verstärkung wird auch als Reference-Test-Gain-(RTG)-Einstellung bezeichnet.
- Das Hörgerät sollte eine möglichst geringe Verzögerungszeit aufweisen. Deshalb sind analoge Hörgeräte oder digitale Hörgeräte mit einer geringen Kanalzahl vorteilhaft.
- Das Hörgerät sollte mindestens zwei akustische Programme und eine Änderungsmöglichkeit der Regelzeiten aufweisen. Ein Programm wird mit kurzen Regelzeiten programmiert. Das andere Programm soll die gleichen akustischen Eigenschaften haben, nur die Regelzeiten sollen lang sein.

## 3. Frequenzabhängige Verstärkung für Sinustöne

Zunächst wird die Verstärkung des Hörgerätes in linearer Einstellung für Sinustöne bestimmt und in einer entsprechenden Tabelle abgelegt oder als Messergebnis in der Messsoftware abgespeichert. Das Ergebnis dient dem Vergleich mit der Verstärkung für das

ISTS. Beide Verstärkungen müssen im mittleren Pegelbereich für ein lineares Hörgerät gleich sein. Die Verstärkung für Sinustöne kann mit zwei Varianten ermittelt werden, über eine Kurvenschar oder über die Dynamikkennlinie:

### 3.1 Kurvenschar

Für die Aufnahme der Kurvenschar wird folgendes Vorgehen empfohlen:

- Das Hörgerät wird in den RTG-Testmodus gebracht (inklusive omnidirektionaler Mikrofoncharakteristik).
- Das Hörgerät wird an das Messmikrofon mit aufgestecktem Kuppler angeschlossen.
- Das Messmikrofon mit Kuppler und Referenzhörgerät wird zusammen mit dem Referenzmikrofon in der Messbox positioniert. Dabei sollte der Abstand zwischen Referenzmikrofon und Mikrofon des Referenzhörgerätes (Hörgerätemikrofon)  $5 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  betragen. Das Hörgerätemikrofon sollte in Richtung des Lautsprechers positioniert sein und das Referenzmikrofon einen Winkel von  $90^\circ$  zu dieser Richtung aufweisen (siehe Abbildung in der Dokumentation zur *Kalibrierung von Messboxen in der Praxis*). Auch hier darf keines der beiden Mikrofone den Schalleinfall vom Lautsprecher behindern.
- Die Beschallung erfolgt mit Sinussweeps über den gesamten Frequenzbereich (mindestens von 200 Hz bis 5 kHz) bei einem Pegel von 50, 60, 70, 80 und 90 dB SPL.

Die gemessene Kurvenschar der Ausgangsschalldruckpegel am Kuppler zeigt Kurven mit gleichem Abstand bei allen Frequenzen von 10 dB. Die 50-dB-Kurve weicht möglicherweise im unteren Frequenzbereich durch Störgeräuscheinfluss davon ab. Bei Eingangspegeln von 80 und 90 dB SPL können Abweichungen durch Sättigungserscheinungen des Hörgerätes und des Eingangsschalldrucks auftreten. Falls die Abweichungen bei einem Eingangspegel von 80 dB SPL schon deutlich erkennbar sind, sollte der Einsatz eines anderen Hörgerätes erwogen werden. Die Kurve bei einem Eingangspegel von 90 dB SPL entspricht nicht dem OSPL90, da die Messung im RTG-Testmodus und nicht bei maximaler Einstellung des Lautstärkestellers durchgeführt wird. Bis auf die eben beschriebenen Abweichungen erhält man für jede Kurve bei Subtraktion des konstanten Eingangsschalldruckpegels von den frequenzabhängigen Ausgangsschalldruckpegeln jeweils den gleichen Verstärkungsverlauf über der Frequenz. Diese Verstärkung wird für mehrere Frequenzen, z. B. im Oktavabstand, in einer Tabelle abgelegt oder in der Mess-Software abgespeichert.

### 3.2 Dynamikkennlinie (vereinfachtes Verfahren)

Bei diesem Verfahren beschränkt man sich auf die Aufnahme einer Kurve bei einem Eingangspegel und bestimmt durch die Dynamikkennlinie die Lage der Kurven bei anderen Eingangspegeln. Hierfür wird folgendes Vorgehen empfohlen:

- Das Hörgerät wird in die gleiche Einstellung und Lage wie in 3.1 gebracht.
- Die Beschallung erfolgt zunächst mit einem Sinussweep über den gesamten Frequenzbereich (mindestens von 200 Hz bis 5 kHz) bei einem Pegel von 60 dB SPL, so dass man eine frequenzabhängige Kurve erhält.
- Danach wird die Dynamik-Kennlinie (Schalldruckpegel im Kuppler als Funktion des Eingangs-Schalldruckpegels) bei einer Frequenz von 1600 Hz über den gesamten Eingangsspegelbereich (mindestens 50 bis 80 dB SPL) aufgenommen.

Die Dynamik-Kennlinie sollte im Eingangsspegel-Bereich von 50 bis 80 dB SPL ein lineares Verhalten (Steigung 1:1) aufweisen. Wenn dies der Fall ist, dann wird für jeden Eingangsschalldruckpegel die gleiche Verstärkung erreicht. Die frequenzabhängigen Verstärkungswerte erhält man wiederum durch Subtraktion des Eingangsschalldruckpegels von 60 dB SPL von dem frequenzabhängigen Ausgangsschalldruckpegel im Kuppler der aufgenommenen Kurve. Diese Verstärkung wird wie bei der Kurvenschar für mehrere Frequenzen, z. B. im Oktavabstand, in einer Tabelle abgelegt oder in der Mess-Software abgespeichert.

Die gespeicherte frequenzabhängige Verstärkung für Sinustöne soll im Folgenden mit der Verstärkung für das ISTS verglichen werden, die man bei einer Perzentilanalyse erhält. Zunächst wird die Darstellung der Perzentilanalyse beschrieben.

## 4. Darstellung der Perzentilanalyse

Mit Hilfe der Perzentilanalyse erfolgt eine detaillierte Betrachtung der Übertragung von Sprache, nämlich dem Sprachtestsignal ISTS, durch ein Hörgerät. Die Ergebnisse der Perzentilanalyse können in der Pegel-Frequenz-Darstellung und in der Verstärkungs-Frequenz-Darstellung dokumentiert werden. In der DIN IEC 60118-15 wird ausschließlich die Verstärkungs-Frequenz-Darstellung beschrieben. In der Praxis wird jedoch hauptsächlich die Pegel-Frequenz-Darstellung verwendet. Die Verwendung beider Darstellungen kann zu Fehlinterpretationen der Ergebnisse führen.

### 4.1 Pegel-Frequenz-Darstellung

In Abb. 1 beschreibt die linke Seite den Eingangspegel und die rechte Seite den Ausgangspegel als Funktion der Frequenz zunächst für eine beliebige Hörgeräteinstellung. Die 30. Perzentilpegel sind die untere Kante der blauen Perzentilbalken und kennzeichnen leise Sprachanteile. Die 65. Perzentilpegel werden zwischen den blauen und den roten Perzentilbalken abgebildet. Sie liegen in der Nähe des Langzeitmittelwertes der Sprache (long-term average speech spectrum, LTASS, schwarze Linie) und markieren damit den mittleren Sprachpegel. Die 99. Perzentilpegel sind die obere Kante der roten Perzentilbal-

ken und kennzeichnen die Sprachspitzen, d. h. die lauten Anteile der Sprache. Die Perzentile können auch mit Kurven statt mit Balken dargestellt werden.

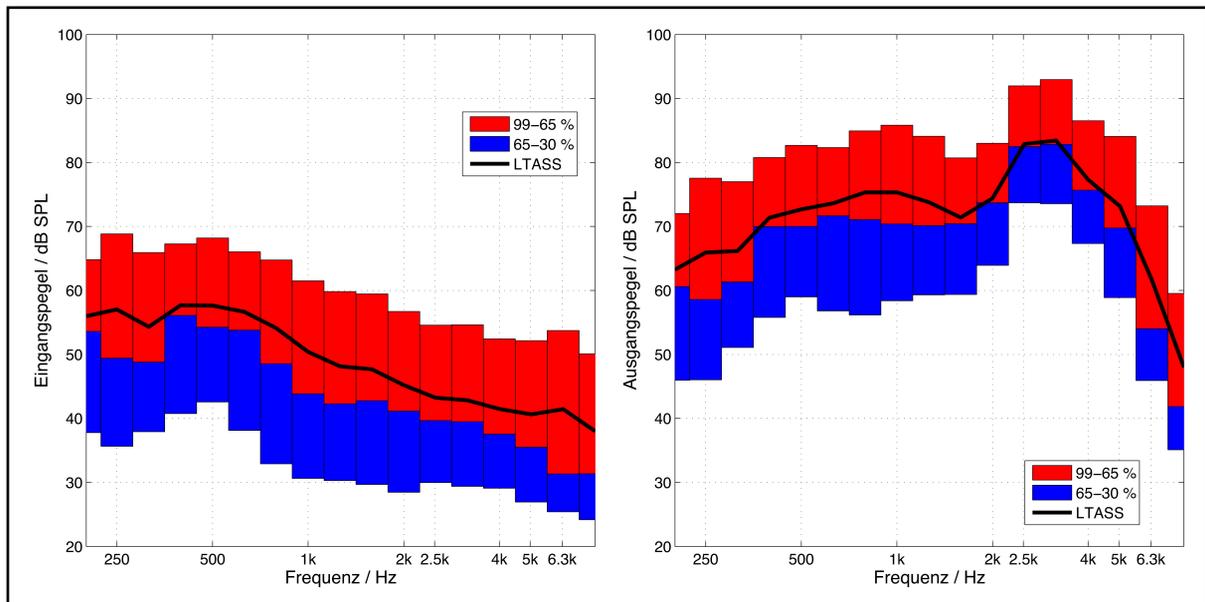


Abb. 1: Pegel-Frequenz-Darstellung für das Eingangssignal (links) und das Ausgangssignal (rechts)

In der Pegel-Frequenz-Darstellung liegen die 30. Perzentile für alle Frequenzen sowohl im Eingangssignal als auch im Ausgangssignal immer unterhalb der 99. Perzentile. Dazwischen werden die 65. Perzentile oder der LTASS abgebildet. Wenn im Hörgerät die Dynamikkompression eingeschaltet ist, d. h. das Kompressionsverhältnis größer als 1:1 ist, dann ist die Differenz zwischen den 99. Perzentilen und den 30. Perzentilen im Ausgangssignal kleiner als im Eingangssignal, d. h. die Perzentilbalken erscheinen im Ausgangssignal zusammengedrückt.

## 4.2 Verstärkungs-Frequenz-Darstellung

Wird nun in Abb. 1 die Differenz zwischen dem Ausgangspegel und dem Eingangspegel für alle Frequenzen und Perzentile berechnet, so erhält man die Verstärkungs-Frequenz-Darstellung (siehe Abb. 2). Im Unterschied zu Abb. 1 beschreibt nun die obere Kurve die Verstärkung der 30. Perzentile, darunter liegt die Verstärkung der 65. Perzentile und des LTASS. Die unterste Verstärkungskurve sind die 99. Perzentile. Diese Reihenfolge ist dadurch begründet, dass mit steigendem Eingangspegel (und damit der Perzentilen des Eingangssignals) die Verstärkung durch die Dynamikkompression abgesenkt wird.

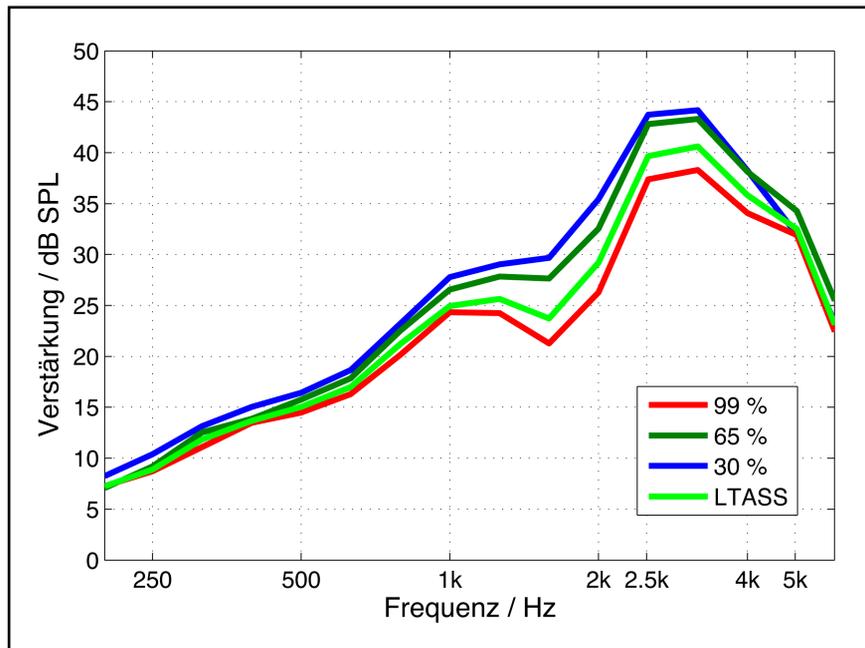


Abb. 2: Verstärkungs-Frequenz-Darstellung

## 5. Überprüfung der Perzentilanalyse

### 5.1 Verstärkung für ISTS mit linearem Hörgerät

Ziel der folgenden Messung ist zu überprüfen, ob mit einem linearen Hörgerät das ISTS zur gleichen Verstärkung führt wie der Sinussweep unter Abschnitt 3. Dazu wird folgendes Vorgehen gewählt:

- Das Hörgerät wird in die gleiche Einstellung und Lage wie in 3.1 gebracht.
- Die Beschallung erfolgt mit dem ISTS bei einem Eingangsschalldruckpegel von 65 dB SPL für eine Dauer von 60 s.

Das Ergebnis der Messung mit dem ISTS und der Perzentilanalyse mit einem linearen Hörgerät in RTG-Einstellung sollten in der Verstärkungs-Frequenz-Darstellung, wie in Abb. 3 dargestellt, aussehen. Alle drei Perzentile, 30., 65. und 99. sowie LTASS liegen übereinander, da sich die Verstärkung bei einem linearen Gerät nicht verändert.

Im unteren Frequenzbereich können sich besonders beim 30. Perzentil Abweichungen ergeben, die durch tieffrequenten Störlärm verursacht werden. Dies ist dadurch bedingt, dass die Dämpfung bei am Markt befindlichen Messboxen im unteren Frequenzbereich nur 2 bis ca. 10 dB beträgt. Auch im oberen Frequenzbereich können Abweichungen auftreten, die durch das Eigenrauschen der Mikrofone verursacht werden. Die Mikrofonkapseln vieler in der Praxis verwendeter Messanlagen haben ein eingangsbezogenes Eigenrauschen, das in der Größenordnung von ca. 30 dB liegt. Andererseits fällt der Pegel des ISTS im oberen Frequenzbereich ab, so dass die 30. Perzentile bei einem Eingangsschalldruckpegel von 65 dB SPL Werte unterhalb von 30 dB annehmen können. Ein sicherer Messbereich, auch der 30. Perzentile, liegt daher zwischen 400 Hz und 5 kHz.

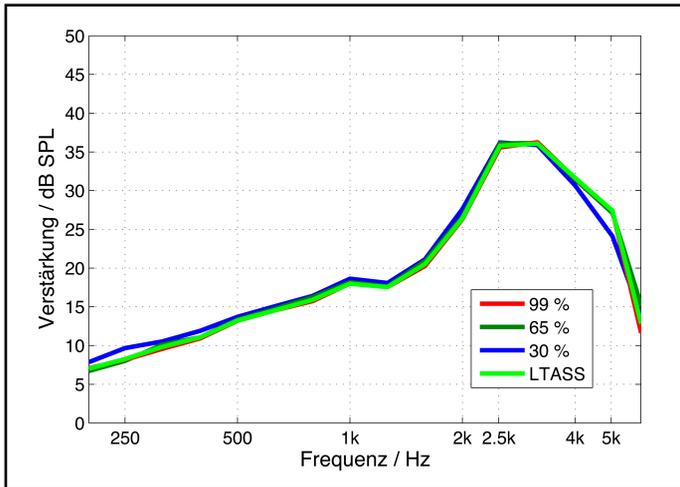


Abb. 3: Verstärkungs-Frequenz-Darstellung für das ISTS mit einem linearen Hörgerät

Die in Abb. 3 dargestellten Verstärkungswerte für ISTS müssen nun mit den frequenzabhängigen Verstärkungswerten für den Sinussweep bei einem Eingangsschalldruckpegel von 60 oder 70 dB SPL aus Abschnitt 3 übereinstimmen. Für diese Überprüfung ist die in DIN IEC 60118-15 empfohlene Verstärkungs-Frequenz-Darstellung nützlicher als die Pegel-Frequenz-Darstellung.

Falls die Messbox keine Verstärkungs-Frequenz-Darstellung, sondern nur eine Pegel-Frequenz-Darstellung ermöglicht, dann erhält man bei Beschallung mit dem ISTS z. B. Abb. 4. In diesem Fall wird die Perzentilanalyse des Ausgangspegels des linearen Hörgerätes über der Frequenz für das ISTS dargestellt.

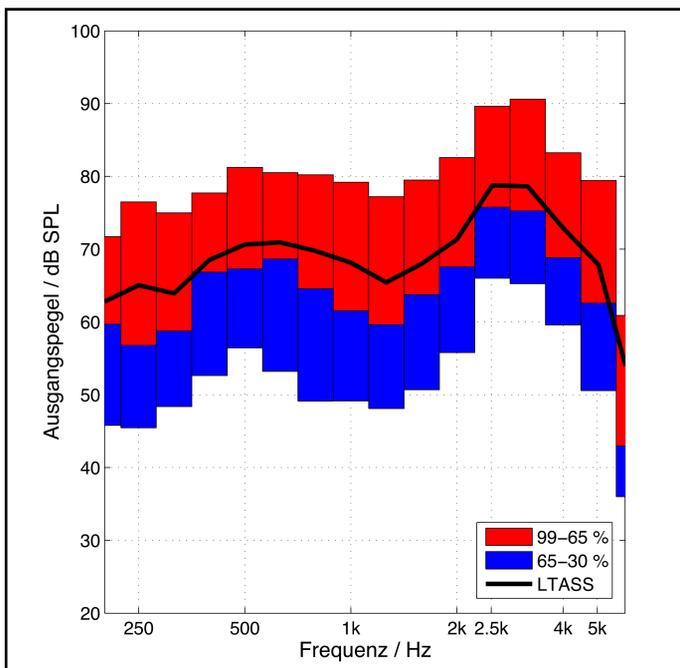


Abb. 4: Ausgangspegel-Frequenz-Darstellung für das ISTS mit einem linearen Hörgerät

Aus der Ausgangspegel-Frequenz-Darstellung kann die Verstärkungs-Frequenz-Darstellung berechnet werden, indem die Werte aus Tab. 1 von den Ausgangspegeln subtrahiert werden. Das frequenzabhängige Ergebnis muss wiederum mit den frequenzabhängigen

Verstärkungswerten für Sinus bei einem Eingangsschalldruckpegel von 60 oder 70 dB SPL aus Abschnitt 3 übereinstimmen.

Internationales Sprachtestsignal: Schalldruckpegel in dB für die Terzbänder (vereinfacht aus DIN IEC 60118-15)														
kHz	0,25	0,315	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0
99. Perzentile	69	66	66	68	67	64	60	59	58	56	54	54	52	51
65. Perzentile	48	48	55	53	53	48	44	42	43	41	40	39	37	36
30. Perzentile	35	38	41	43	37	33	31	30	30	28	30	28	28	24
LTASS	56	53	57	57	55	53	49	47	47	44	42	42	40	40

Tabelle 1: Eingangsschalldruckpegel in dB für Terzbänder

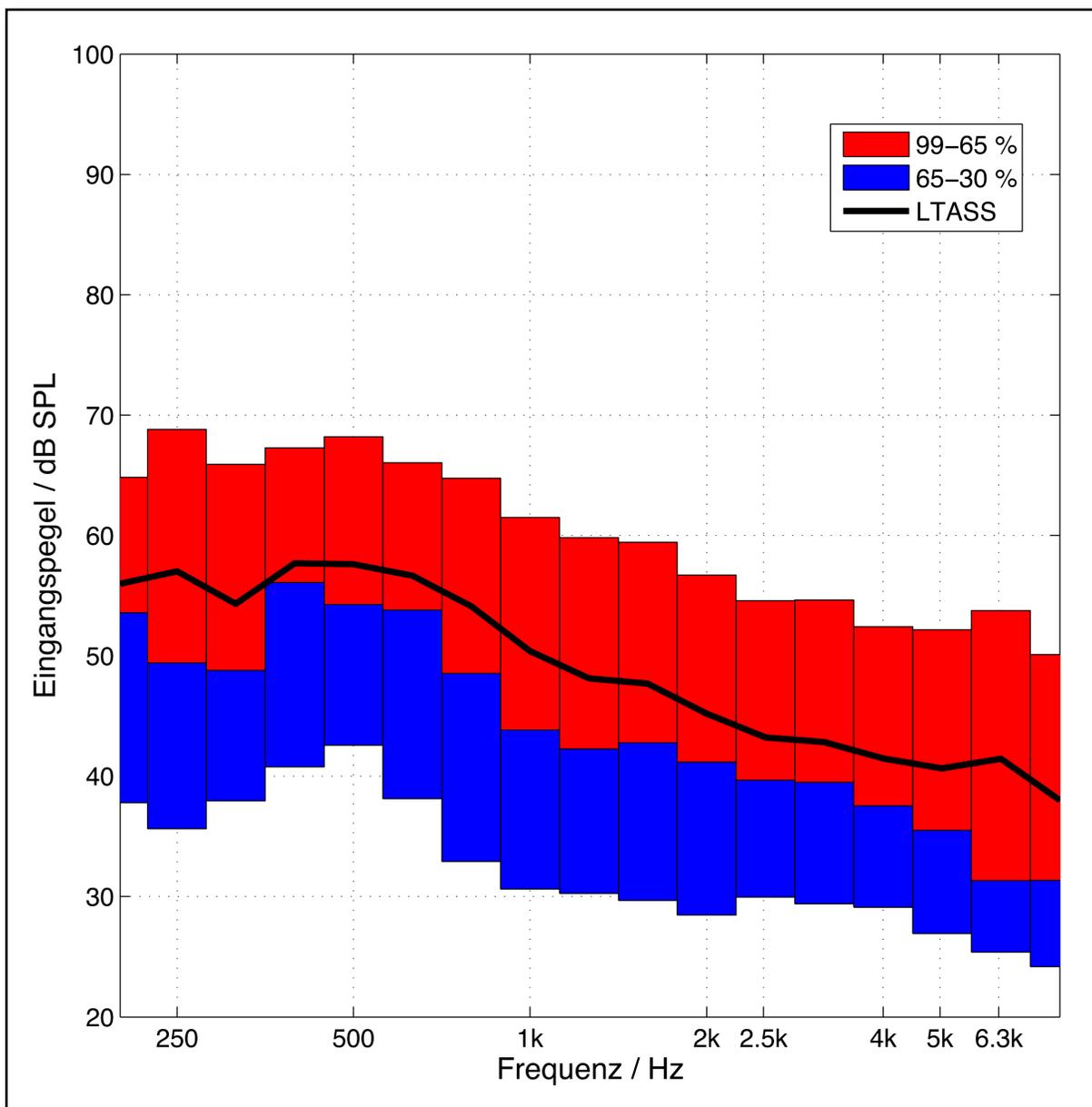


Abb. 5: Grafische Darstellung der Perzentilwerte des ISTS aus Tabelle 1

Der beschriebene Vergleich der Verstärkung von Sinustönen und ISTS ist in der Praxis nur sinnvoll, wenn er bei einem Eingangsschalldruckpegel für das ISTS von 65 dB SPL durchgeführt wird. Bei einem Eingangsschalldruckpegel von 50 dB SPL werden die Einflüsse des Störgeräusches und des eingangsbezogenen Eigenrauschens der Mikrofone zu groß. Messungen mit einem Eingangsschalldruckpegel von 80 dB SPL haben in der Regel zur Folge, dass das Hörgerät in die Sättigung gerät.

## 5.2 Überprüfung der Freifeldentzerrung

Ziel dieses Tests ist die Überprüfung der richtigen Wiedergabe des ISTS. Nur wenn bei allen Frequenzbändern das Eingangssignal mit dem richtigen Pegel über den Lautsprecher ausgegeben wird ist auch eine korrekte Messung möglich. Dazu dient die Freifeldentzerrung des Messbox-Lautsprechers.

Zur Überprüfung wird der Kuppler vom Messmikrofon entfernt und bei einem Eingangspegel von 65 dB SPL mit ISTS beschallt. Die Perzentilanalyse des Ausgangssignals am Messmikrofon muss den in Tab. 1 angegebenen Werten entsprechen. Diese Werte sind zusätzlich grafisch in Abb. 5 dargestellt und sind eine vergrößerte Darstellung des Eingangssignals aus Abb. 1 (links). Die maximal zulässige Abweichung von den angegebenen Werten beträgt  $\pm 3$  dB im Frequenzbereich von 400 Hz bis 5000 Hz.

## 6. Test mit einem nichtlinearen Hörgerät mit ISTS

Zur weiteren orientierenden Kontrolle können die Messergebnisse mit kurzer und langer Regelzeit der Dynamikkompression verglichen werden. Dazu wird folgendes Vorgehen empfohlen:

- Das Hörgerät wird in eine beliebige Trageeinstellung, z. B. für einen flachen Hörverlust von 60 dB HL gebracht. Alle adaptiven Parameter bleiben aktiviert, jedoch wird der Mikrofonmodus auf „omnidirektional“ eingestellt.
- Die Kompressionsverhältnisse sollten in allen Kanälen 3:1 oder mehr betragen.
- Die beiden Hörprogramme sollen sich nur in der Einstellung der Regelzeiten (kurz und lang) unterscheiden.
- Das Hörgerät wird an das Messmikrofon mit aufgestecktem Kuppler angeschlossen und in die gleiche Lage wie unter 3.1 beschrieben gebracht.
- Die Beschallung erfolgt mit dem ISTS bei einem Eingangspegel von 65 dB SPL für eine Dauer von 60 s.
- Die Perzentilanalyse wird für die letzten 45 s des Ausgangssignals durchgeführt.

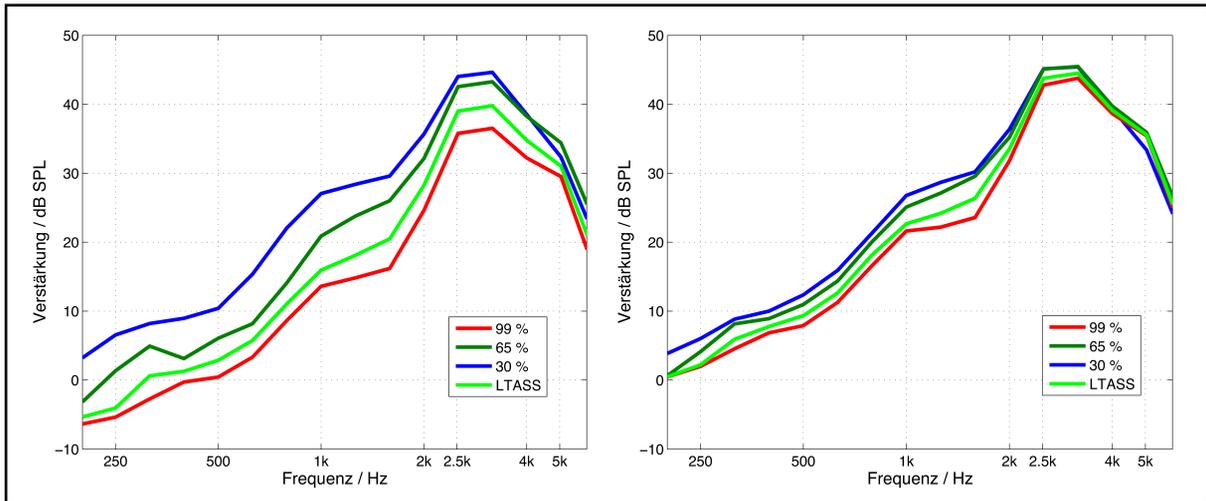


Abb. 6: Verstärkungs-Frequenz-Darstellung für das Programm mit kurzen Regelzeiten (links) und das Programm mit langen Regelzeiten (rechts)

Abb. 6 (links) zeigt ein beispielhaftes Ergebnis für die Verstärkungs-Frequenz-Darstellung bei kurzen Regelzeiten (z. B. Silbenkompression). Wie in Abb. 2 werden leise Sprachanteile (30. Perzentile) mehr verstärkt als laute Sprachanteile (99. Perzentile). Dies ist dadurch begründet, dass bei Dynamikkompression mit kurzen Regelzeiten die Verstärkungsregelung den Pegelschwankungen der Sprache folgen kann. Ein anderes Ergebnis erhält man bei langen Regelzeiten (z. B. automatic volume control, AVC, siehe Abb. 6 rechts). Die Dynamikkompression reagiert zu langsam, um die Verstärkung den verschiedenen Eingangsepegeln der Sprache anzupassen. Deshalb werden alle Sprachanteile und damit alle Perzentile nahezu gleich verstärkt, die Perzentile liegen fast wie bei einem linearen Hörgerät eng zusammen.

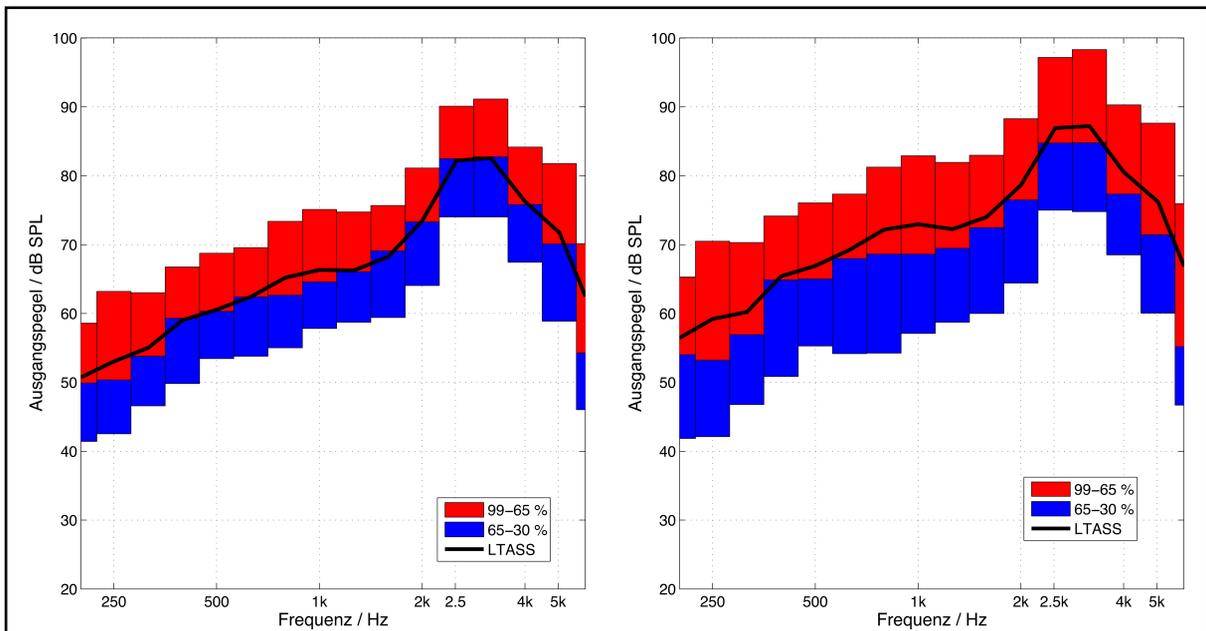


Abb. 7: Pegel-Frequenz-Darstellung für das Programm mit kurzen Regelzeiten (links) und das Programm mit langen Regelzeiten (rechts)

Abb. 7 zeigen die entsprechenden Ergebnisse in der Ausgangspegel-Frequenz-Darstellung für kurze (links) und lange (rechts) Regelzeiten. Wie schon weiter oben beschrieben stellt die obere Kurve nun die 99. Perzentile und die untere Kurve die 30. Perzentile dar. Durch die schnelle Pegeländerung der Dynamikkompensation bei kurzen Regelzeiten (siehe Abb. 7 links) werden die 30. Perzentile mehr verstärkt als die 99. Perzentile. Dadurch wird der Unterschied zwischen den 99. und den 30. Perzentilen im Ausgangssignal geringer als im Eingangssignal. Bei langen Regelzeiten (siehe Abb. 7 rechts) bleibt jedoch der Unterschied zwischen dem 99. Perzentil und dem 30. Perzentil im Ausgangssignal nahezu erhalten.