

Psychoakustik und Aktionspläne

Dr.-Ing. K. Genuit
HEAD acoustics GmbH
Ebertstraße 30a, D-52134 Herzogenrath
Phone: +49-2407-577-20
FAX: +49-2407-577-79
e-mail: klaus.genuit@head-acoustics.de



**Bekanntmachung
der Vorläufigen Berechnungsverfahren
für den Umgebungslärm
nach § 5 Abs. 1 der Verordnung über die Lärmkartierung
(34. BImSchV)**

- **Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm
an Schienenwegen (VBUSch) —**
- **Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm
an Straßen (VBUS) —**
- **Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm
an Flugplätzen (VBUF) —**
- **Vorläufige Berechnungsmethode für den Umgebungslärm
durch Industrie und Gewerbe (VBUI) —**

Vom 22. Mai 2006



Bedeutung der Lärmkartierung

- Lärmkartierung basierend auf berechnete A-bewertete Schalldruckpegel ist der erste Schritt in Richtung einer akustisch besseren Umgebung
- Die Lärmkartierung ist notwendig aber nicht hinreichend
- Wenn die Lärmkartierung kritische Bereiche ausweist, so besteht auf jeden Fall ein Handlungsbedarf
- Die Umkehrung gilt nicht, wenn die berechneten dB(A) Werte in einem unkritischen Bereich liegen, können sehr wohl trotzdem Belästigungen durch Lärm vorliegen
- Letztendlich bedeutet die Lärmkartierung eine dB(A)-Kartierung, Lärm ist deutlich komplexer



§ 1

Anwendungsbereich

Diese Verordnung gilt für die Kartierung von Umgebungslärm. Sie konkretisiert Anforderungen an Lärmkarten nach § 47c des Bundes-Immissionsschutzgesetzes.

§ 2

Lärmindizes

(1) Die Lärmindizes L_{Day} , L_{Evening} und L_{Night} sind die A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel in Dezibel gemäß ISO 1996-2: 1987, erschienen bei der Beuth-Verlag GmbH, 10772 Berlin, und archivmäßig niedergelegt beim Deutschen Patent- und Markenamt in München, wobei der Beurteilungszeitraum ein Jahr beträgt und die Bestimmungen an allen Tagen in folgenden Zeiträumen erfolgen:

1. L_{Day} : 12 Stunden, beginnend um 6.00 Uhr,
2. L_{Evening} : 4 Stunden, beginnend um 18.00 Uhr,
3. L_{Night} : 8 Stunden, beginnend um 22.00 Uhr.



Schallimmission, Immissionsort

Einwirken von Schall auf ein Gebiet oder einen Punkt eines Gebietes, den Immissionsort. Die Stärke der Schallimmission wird durch den **Mittelungspegel** gekennzeichnet.

Die Höhe des Immissionsortes zur Ermittlung von L_{DEN} ist im Fall von Berechnungen zur Ausarbeitung von Lärmkarten für die Lärmbelastung in Gebäuden und in der Nähe von Gebäuden auf $4,0 \pm 0,2$ m (3,8 – 4,2 m) über dem Boden festgelegt.

Tag-Abend-Nacht-Index L_{DEN}

Der Tag-Abend-Nacht-Index (Day-Evening-Night) L_{DEN} in Dezibel (dB) ist wie folgt definiert:

$$L_{DEN} = 10 \cdot \lg \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{Day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{Evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{Night}+10}{10}} \right)$$



Was ist Lärm?

- Nach DIN 1320 wird Lärm als Hörschall definiert, der die Stille oder eine gewollte Schallaufnahme stört oder zu Belästigung führt
- Frage: kann Lärm **alleine** durch einen A-bew. Schalldruckpegel bestimmt werden?

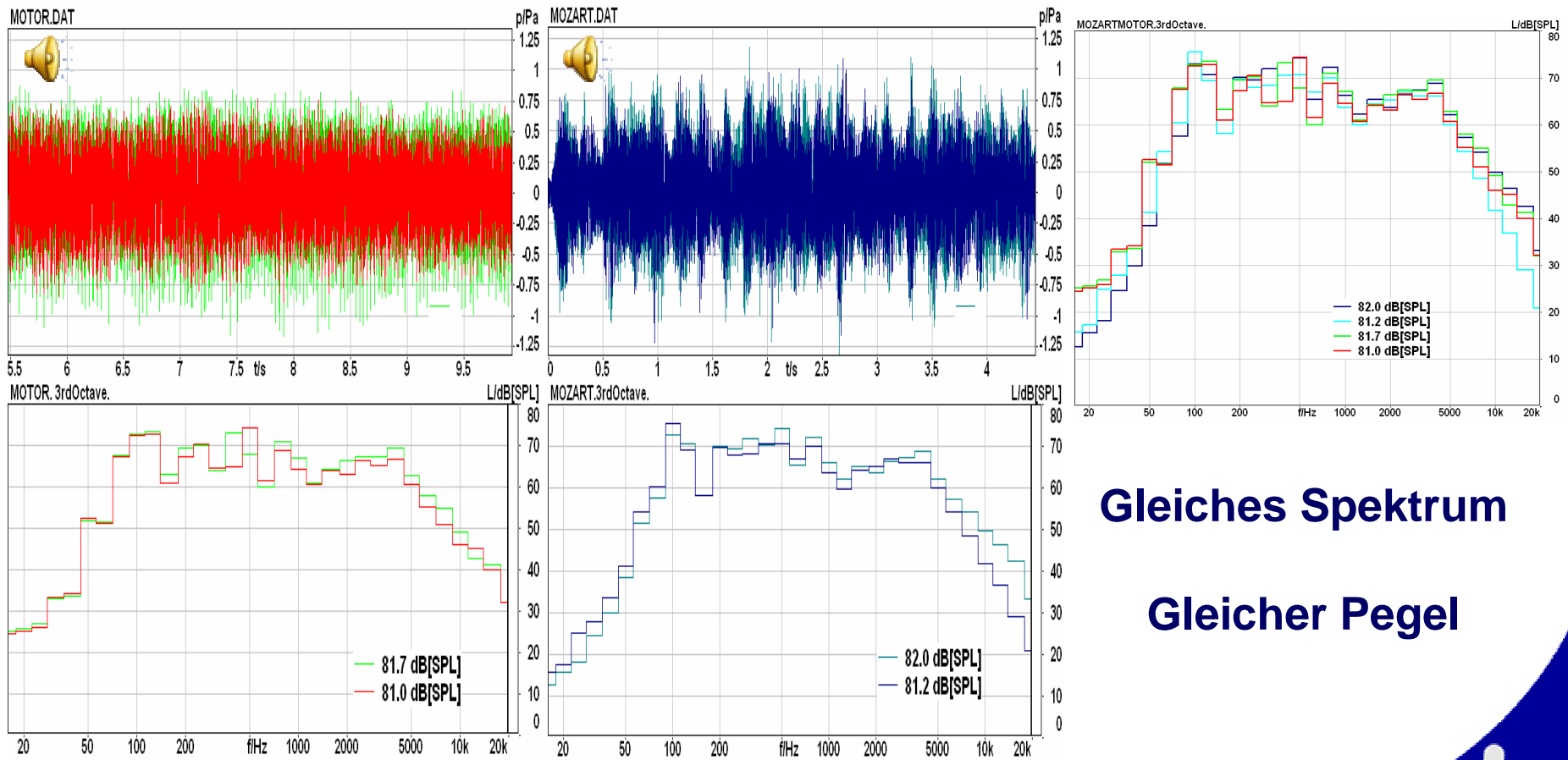


Bedeutung A-bew. Schalldruckpegel

- A-bew. Schalldruckpegel ist hinreichend zur Bestimmung einer möglichen physikalischen Schädigung des Gehörs
- A-bew. Schalldruckpegel ist aber nicht ausreichend zur vollständigen Beschreibung einer Geräuschbelastung
- Psychoakustik erweitert das Verständnis bei der Geräuschbewertung, aber es fehlt eine ausreichende Standardisierung



Warum Psychoakustik?



Gleiches Spektrum

Gleicher Pegel



Problemstellung

- Beurteilung einer akustischen Umwelt ist mehrdimensional
- Überlagerung von mehreren Schallquellen ist nicht problemlos vorhersagbar
- Entfernungsabhängigkeit und räumliche Verteilung sind sehr komplex zu bestimmen
- Psychologische und kognitive Aspekte sind messtechnisch schwer oder nicht zu beschreiben, insbesondere kaum berechenbar
- Frage: wie **genau** oder **richtig** ist der Umgebungslärm zu bestimmen?



Lärmbelästigung

- Welche der vorhandenen Schallquellen verursacht eine Belästigung? (Selektion)
- Welche Signaleigenschaften wie Modulation oder Muster im Zeit- oder Frequenzbereich sind unangenehm, auffällig, lästig (Psychoakustik)
- Welche Informationen liefert die jeweilige Schallquelle? (Kognitiver Aspekt)
- Welche Einstellung bzw. Erwartungshaltung haben die Betroffenen? (Psychologie)

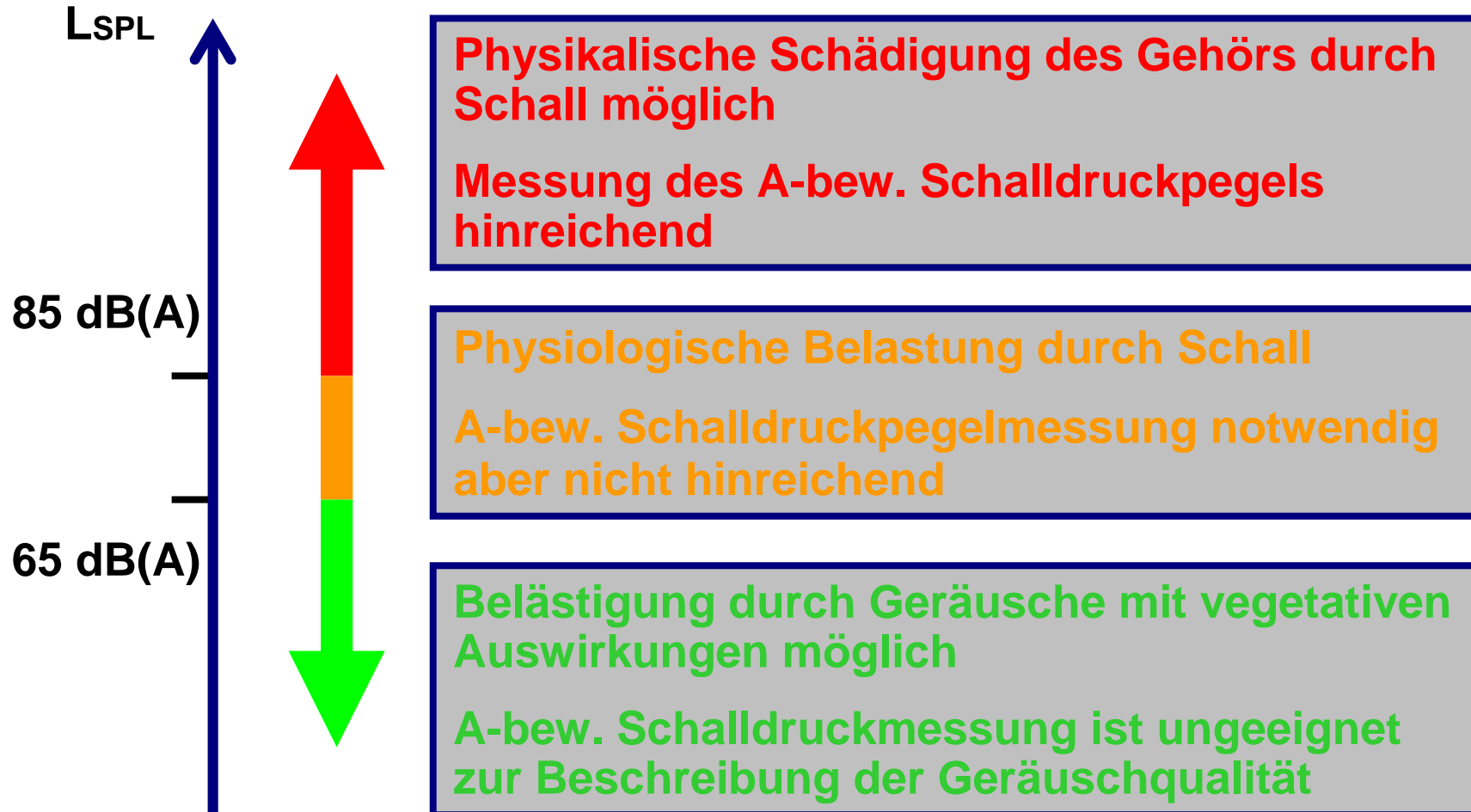


Problem: „Leiser“ Umgebungslärm

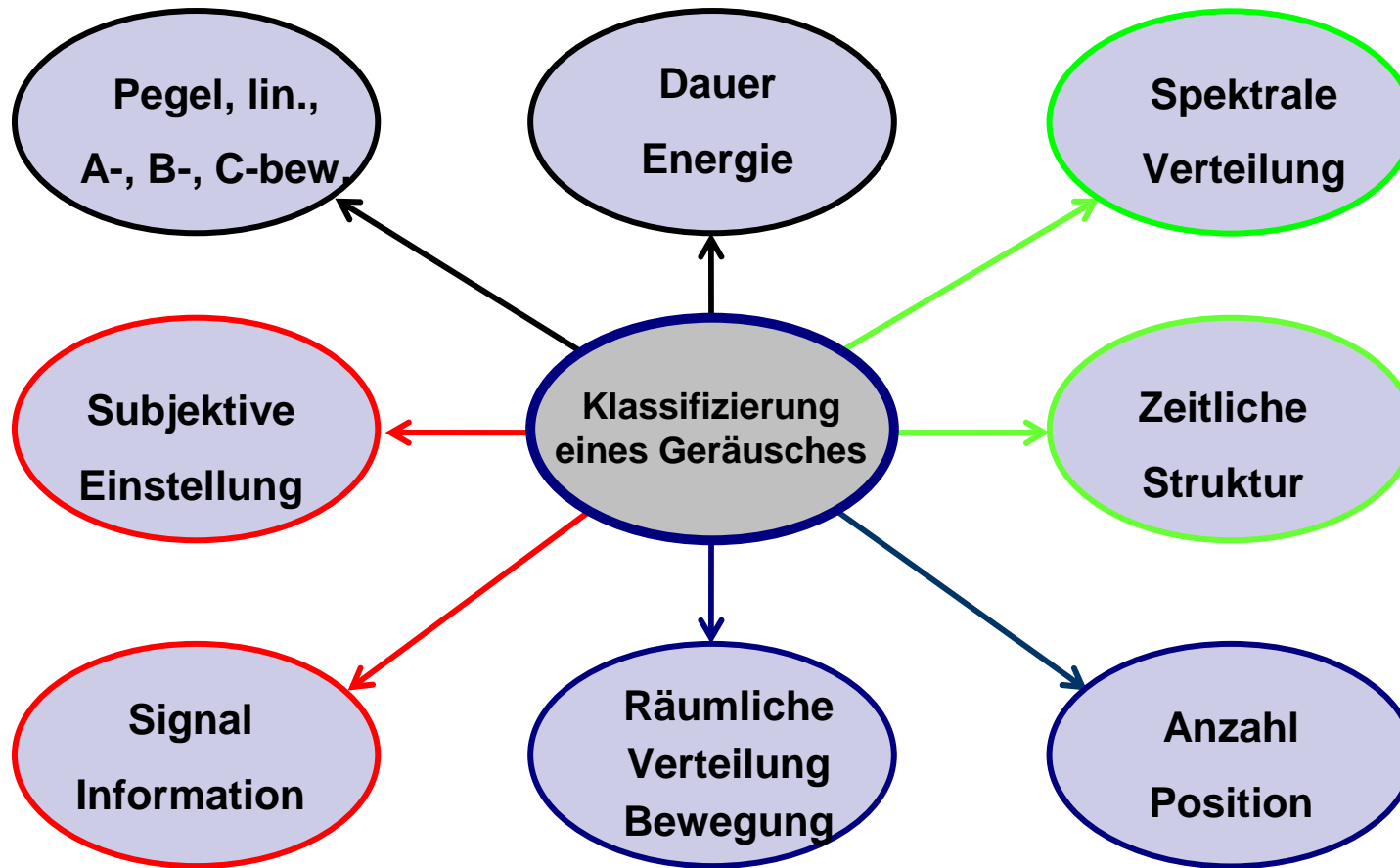
- Je kleiner der A-bew. Schalldruckpegel desto mehr werden Muster im Zeit- und Frequenzbereich störend wahrnehmbar
- Das Gehör adaptiert an die Geräuschumwelt und empfindet Änderungen im Zeit- oder Frequenzbereich als unangenehm



Bedeutung des A-bew. Schalldruckpegels

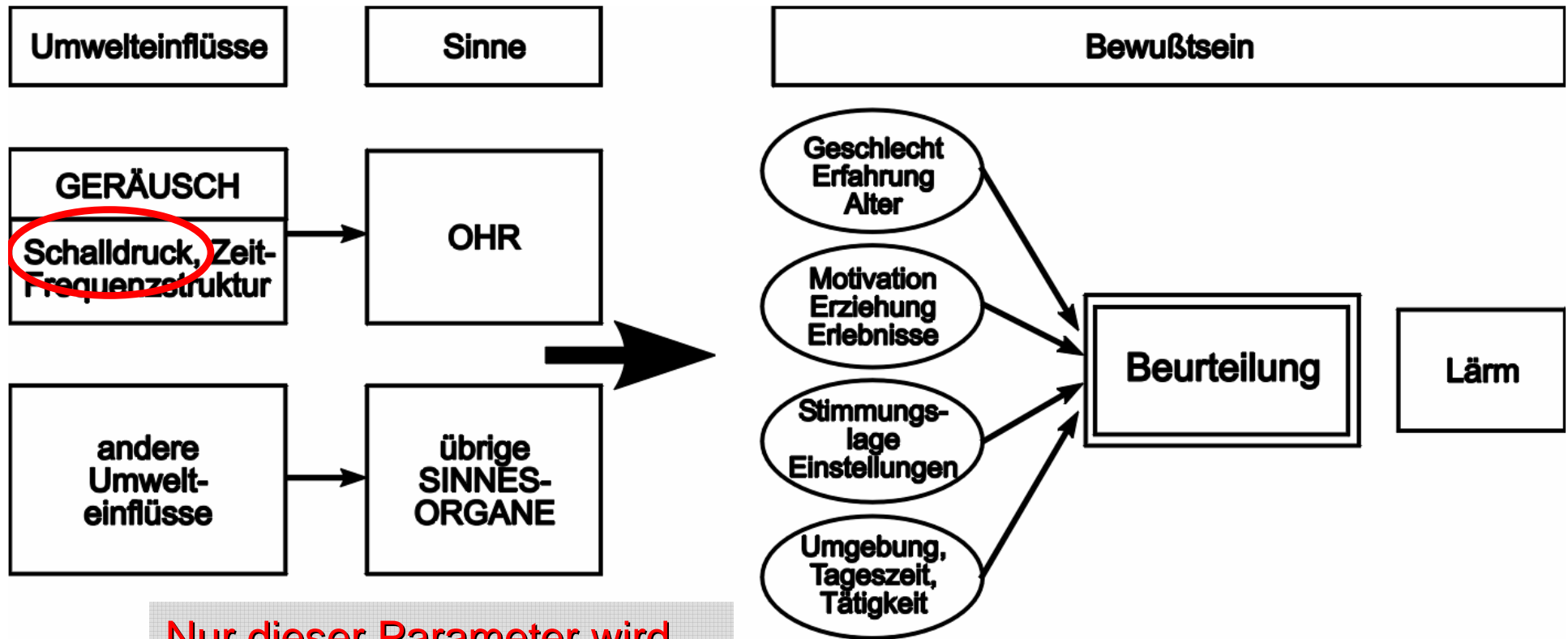


Geräusch-Beschreibung

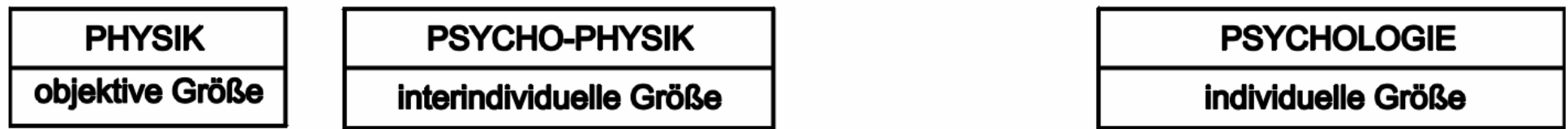


Kognitiver Aspekt





Nur dieser Parameter wird zur Zeit berücksichtigt



Schema der Lärmentstehung

Quelle: Taschenbuch der Angewandten Psychoakustik, Springer Verlag 1998



Abhängigkeiten der Lautheit

- Frequenz
 - Töne mit gleichem Pegel aber unterschiedlicher Frequenz werden nicht gleich laut wahrgenommen
- Spektrale Verteilung
 - Breitbandige Schalle wirken lauten als schmalbandige bei gleichem Pegel
- Pegel
 - Pegeländerungen führen nicht im gleichen Maße 1:1 zu Lautheitsänderungen
- Simultan-Verdeckung
 - Bei gleichem Pegel ändert sich die Lautheit durch unterschiedliche Verdeckungen im Spektralbereich
- Vor- und Nachverdeckung
 - Die zeitliche Struktur wirkt sich auf die Lautheit aus
- Zeitliche Dauer
 - Die Lautheit nimmt mit der Dauer der Empfindung zu, erst nach ca. 1 Sekunde wird die endgültige Lautheit erreicht



Zeitvariante Lautheit DIN 45631/A1



NA 001 Normenausschuss Akustik, Lärminderung
und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

[Deutsche Version](#) [Contact](#)

[Develop Standards](#)

[Buy Standards](#)

[Standards issued by standards committee](#)

[Projects of the standards committee](#)

[National Committees](#)

[European Committees](#)

[International Committees](#)

[About us](#)

[Home](#) > [DIN 45631/A1](#)

Calculation of loudness level and loudness from the sound spectrum - Zwicker method - Amendment 1: Calculation of the loudness of time-variant sound

Project begin

1999-08-27

Planned document number

DIN 45631/A1

Abstract

This standard specifies requirements for instrumentation for the determination of loudness of temporally variable sound and describes the procedure for the determination of this quantity.

Responsible Committee

[NA 001-01-02-08 AK Psychoakustische Messtechnik](#)

© 2007 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. [Privacy](#) [Imprint](#) [Sitemap](#)

Officially DIN website

www.head-acoustics.de

Psychoakustik und Aktionspläne



Schärfe



NA 001 Normenausschuss Akustik, Lärminderung
und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

[Deutsche Version](#) [Contact](#)

Standards issued by standards committee

Projects of the standards committee

National Committees

European Committees

International Committees

About us

[Develop Standards](#)

[Buy Standards](#)

[Home](#) > [Search result](#) > **DIN 45692**

DIN 45692

Measurement technique for the simulation of the auditory sensation of sharpness



Draft standard

Publication date

2007-04

Original language

German

Title (German)

Messtechnische Simulation der Hörempfindung Schärfe

Contents

[↓ show contents](#)

Responsible Committee

NA 001-01-02-08 AK - Psychoakustische Messtechnik

Order from Beuth Verlag

Version

Original language: de

Download

EUR 52,28

Shipment

EUR 47,00

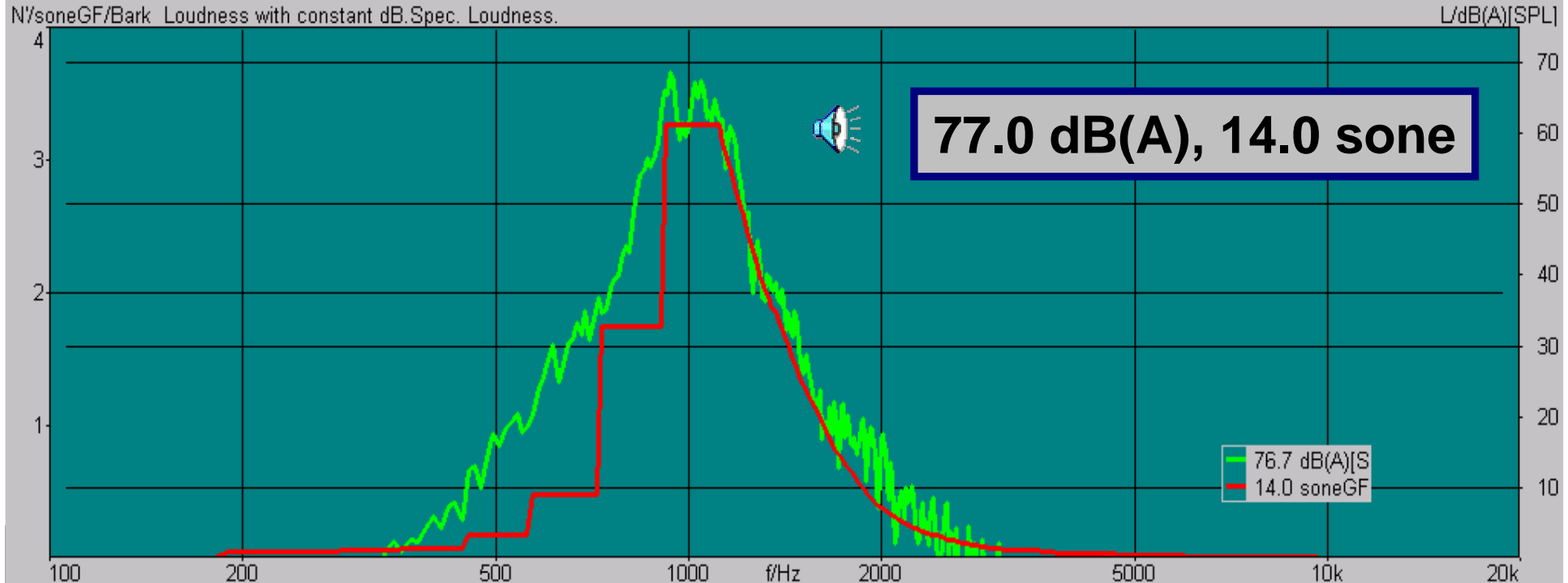
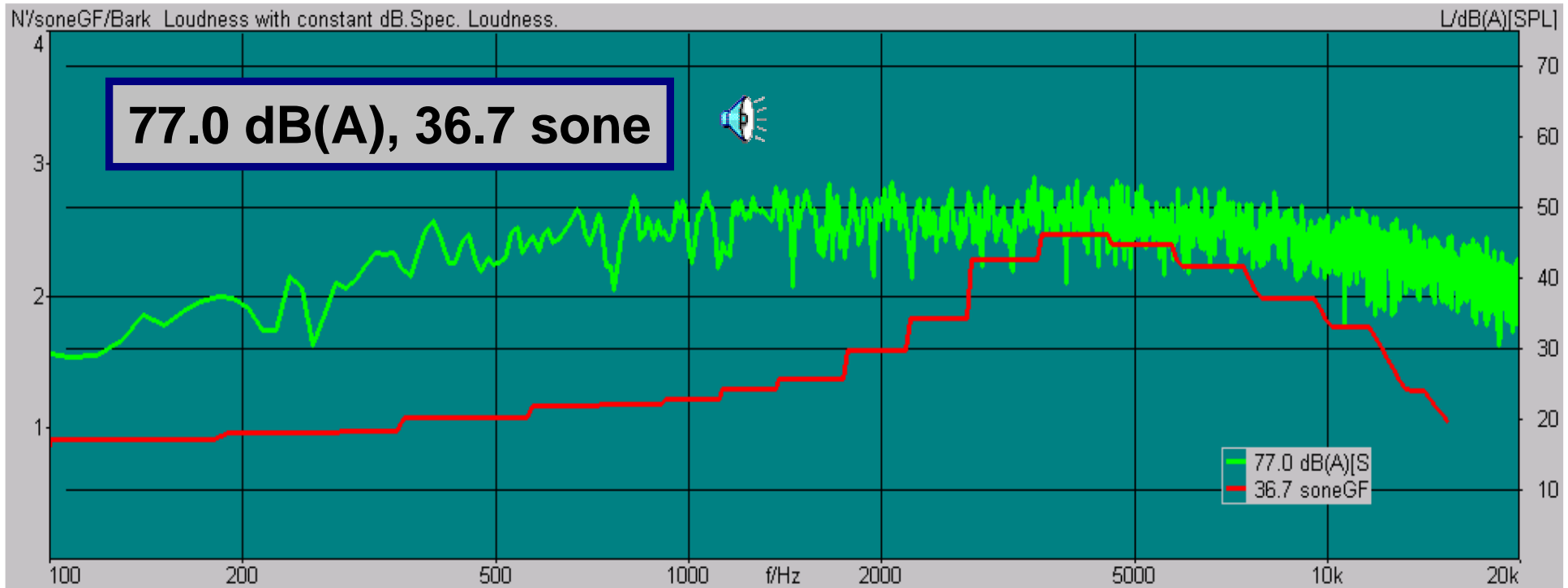
© 2007 DIN Deutsches Institut für Normung e. V. [Privacy](#) [Imprint](#) [Sitemap](#)
© 2007 DIN Software GmbH for bibliographic data of standards

Officially DIN website

www.head-acoustics.de

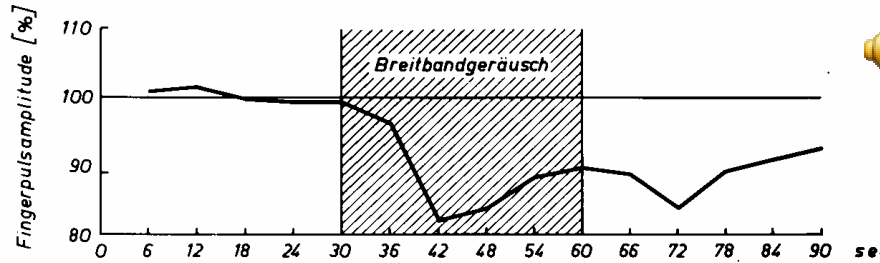
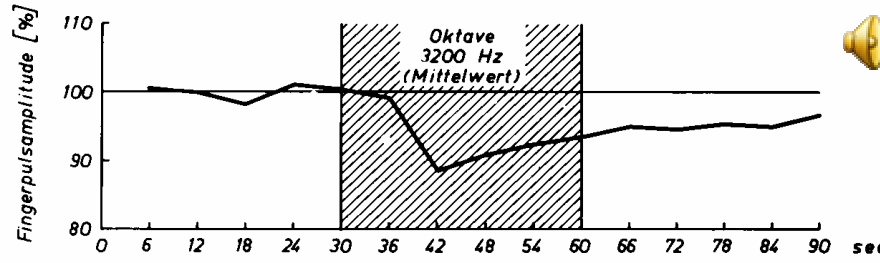
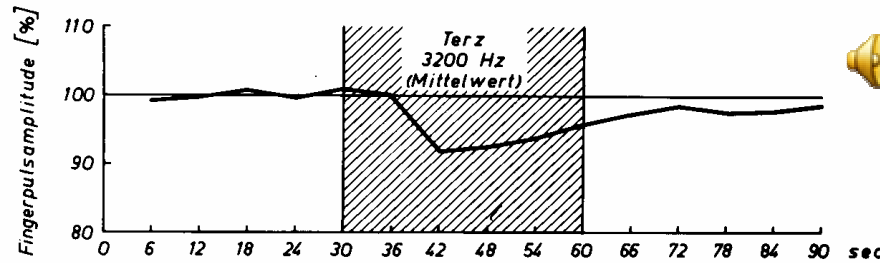
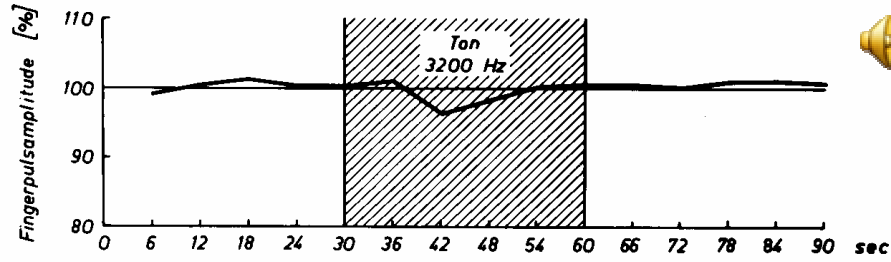
Psychoakustik und Aktionspläne





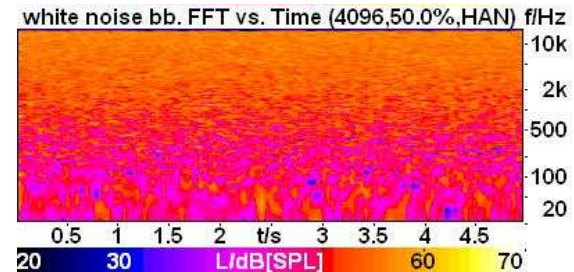
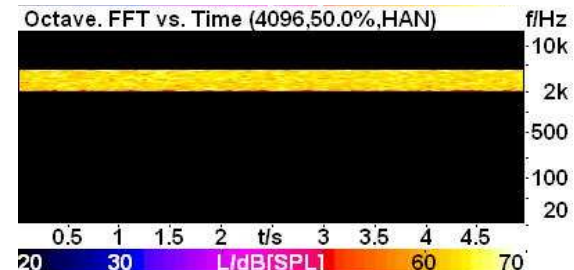
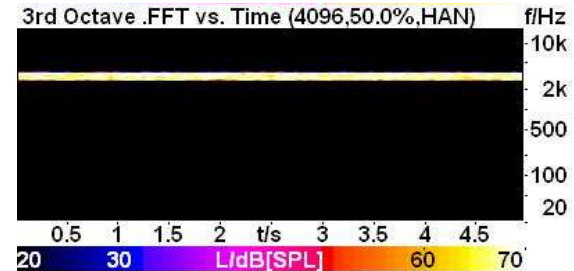
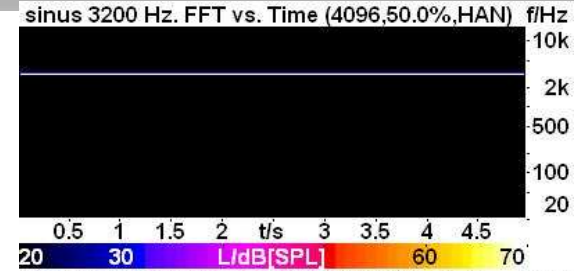
Physiologische Reaktionen auf Geräusche

Finger Puls Amplitude in %



122 Versuche, 17 Vpn.

nach Rey und Jansen



Identischer dB(A)-Wert (95dB(A))



3.1 Immissionspegel von mehreren Quellen

Befindet sich ein Immissionsort im Einwirkungsbereich von mehr als einer Quelle, so sind für alle Quellen j (auch Spiegelschallquellen - siehe Abschnitt 3.11) die Mittelungspegel $L_{m,j}$ zu berechnen und daraus der Gesamtmittelungspegel nach der Gleichung

$$L_m = 10 \cdot \lg \sum_j 10^{\frac{L_{m,j}}{10}}$$

zu bestimmen.

3.2 Mittelungspegel einer Straße

Zur Berechnung des Mittelungspegels einer mehrstreifigen Straße wird je eine Schallquelle in 0,5 m Höhe über den Mitten der beiden äußeren Fahrstreifen angenommen (Abbildung 1). Für diese werden die Mittelungspegel getrennt berechnet und energetisch zum Mittelungspegel L_m an der Straße

$$L_m = 10 \cdot \lg \left[10^{\frac{L_{m,n}}{10}} + 10^{\frac{L_{m,f}}{10}} \right]$$



Lästigkeit von zwei Schallquellen

- Die Summe der Lästigkeiten zweier Schallquellen muss nicht unbedingt größer sein als die einzelnen Lästigkeiten
- Ein angenehmes Geräusch kann die Lästigkeit eines anderen Geräusches reduzieren
- Insbesondere die Impulshaltigkeit wird durch ein gleichmäßiges Rauschen reduziert



Überlagerung von zwei Schallquellen

- Schallquelle 1: Weißes Rauschen, 80 dB(A)
- Schallquelle 2: 1 kHz Schmalband Rauschen, 80 dB(A)
- Frage:
 - Wie verhalten sich A-bew. SPL, Lautheit, Rauigkeit und Schärfe bei der Überlagerung?

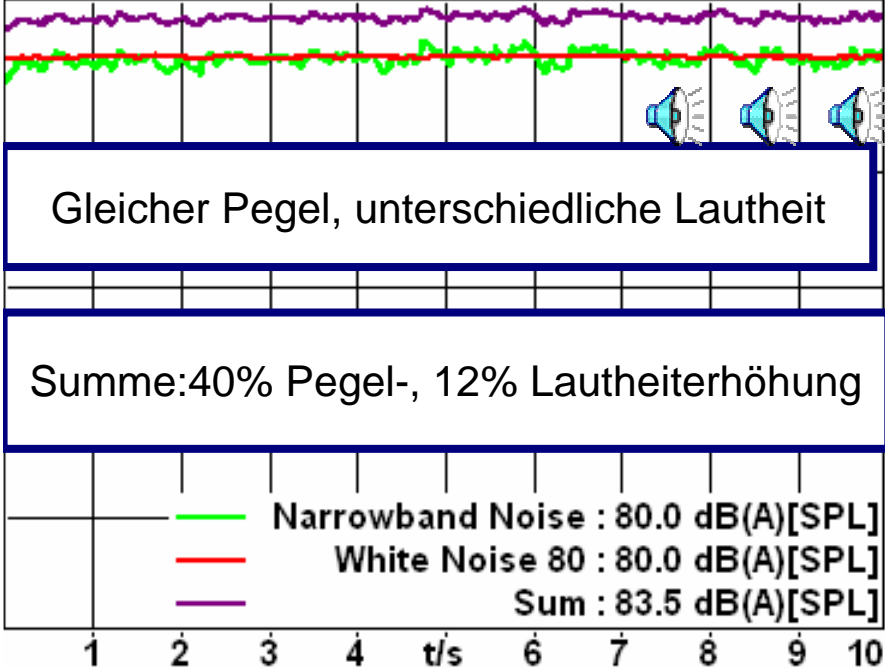


Überlagerung von zwei Schallquellen

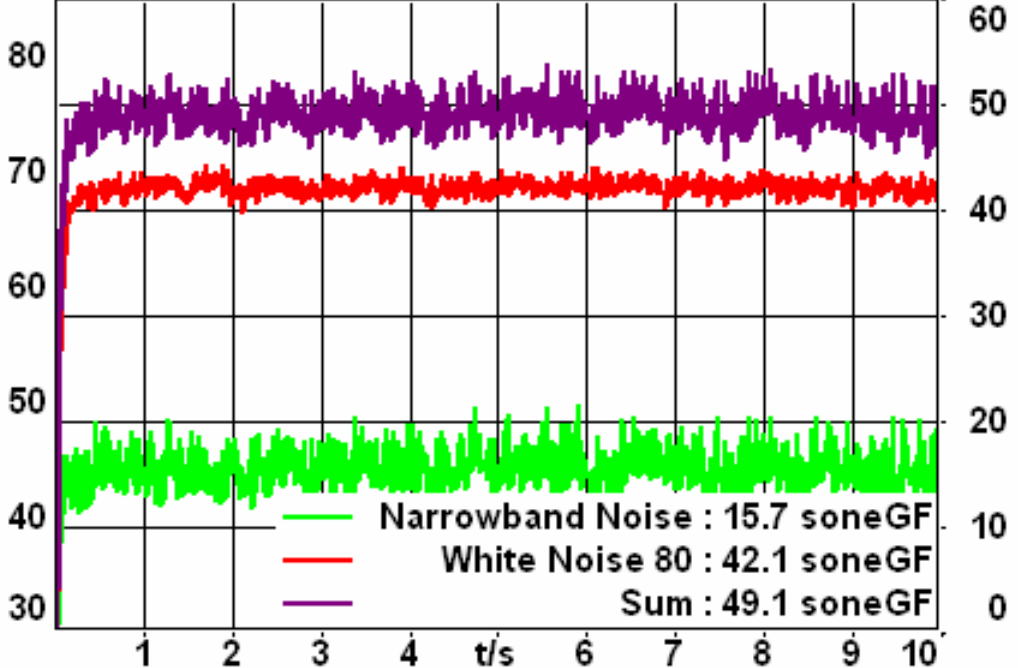
- A-bew. SPL: Leistungsaddition
- Lautheit: resultierende Lautheit hängt ab von der spektralen Verteilung und der Simultanverdeckung
- Schärfe: resultierende Schärfe hängt ab von der spektralen Verteilung
- Rauigkeit: resultierende Rauigkeit hängt ab von der spektralen Verteilung und der zeitlichen Struktur



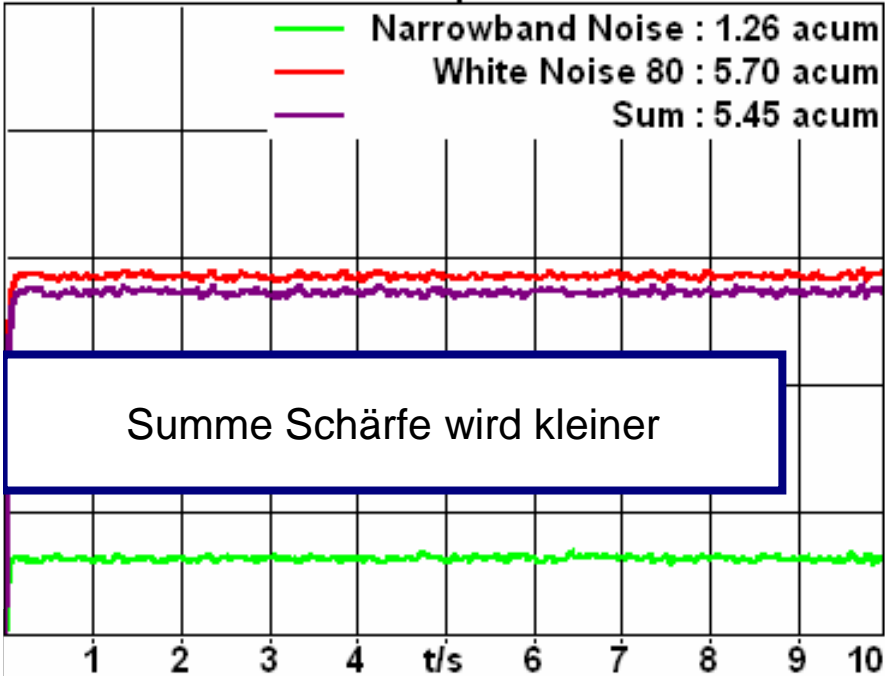
White&1000Hz Noise.Level vs. Time (Fast) L/dB(A)[SPL]



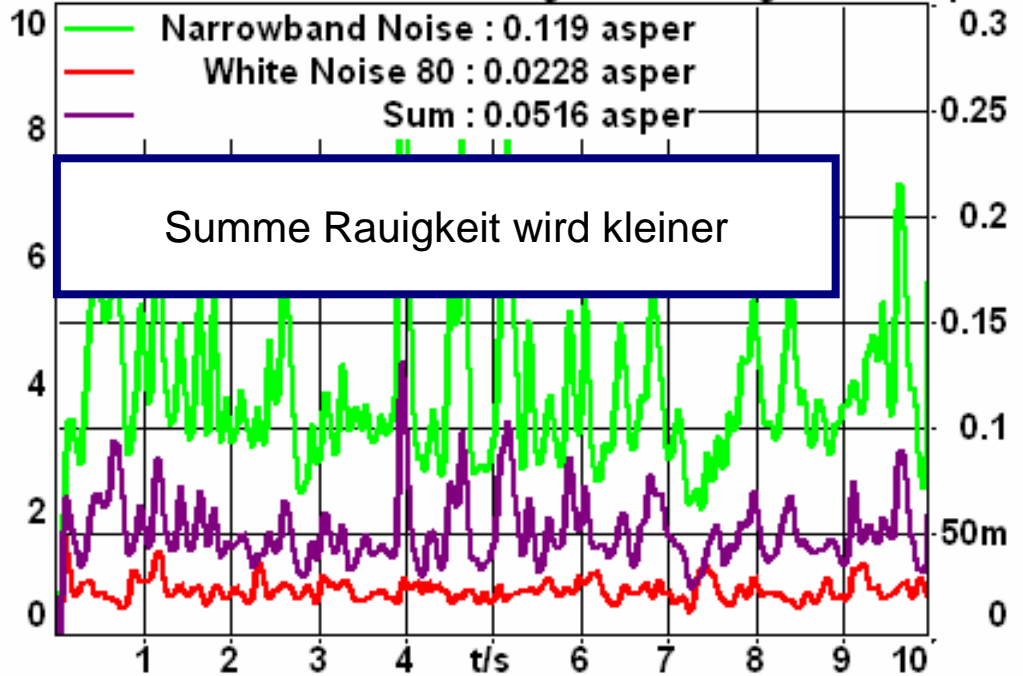
White&1000Hz Noise.Loudness vs. Time. N/soneGF



White&1000Hz Noise.Sharpness vs. Time. S/acum



White&1000Hz Noise.Hearing Model Roughnes R/asper



Überlagerung von zwei Tönen

- A-bew. SPL: Leistungsaddition
- Lautheit: resultierende Lautheit hängt ab vom spektralen Abstand, Simultanverdeckung
- Schärfe: resultierende Schärfe hängt ab von der spektralen Verteilung
- Rauigkeit: resultierende Rauigkeit hängt ab vom spektralen Abstand

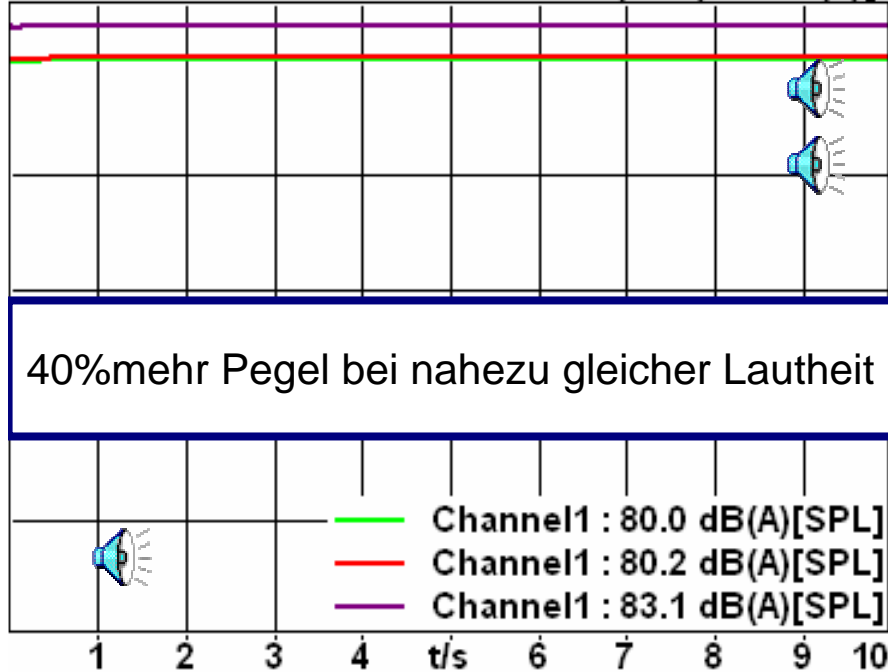


Überlagerung von zwei Tönen

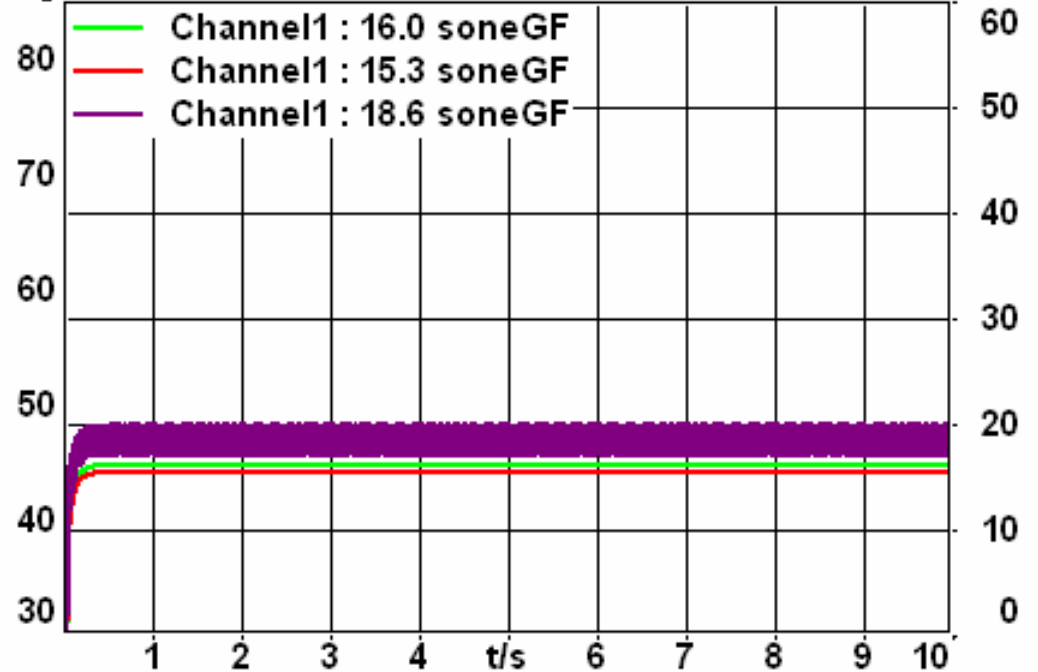
- Beispiel 1:
 - Töne liegen dicht beieinander
 - Anregung erfolgt in der gleichen Frequenzgruppe
 - -> 1000 Hz
 - -> 1070 Hz
 - -> 80 dB(lin)



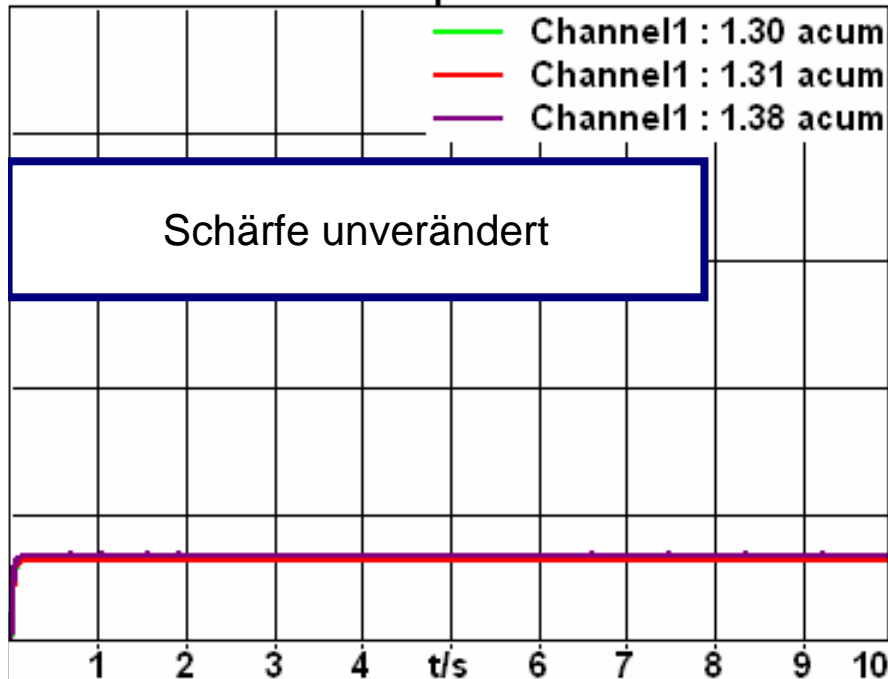
sinus 1000&1070Hz.Level vs. Time (Fast). L/dB(A)[SPL]



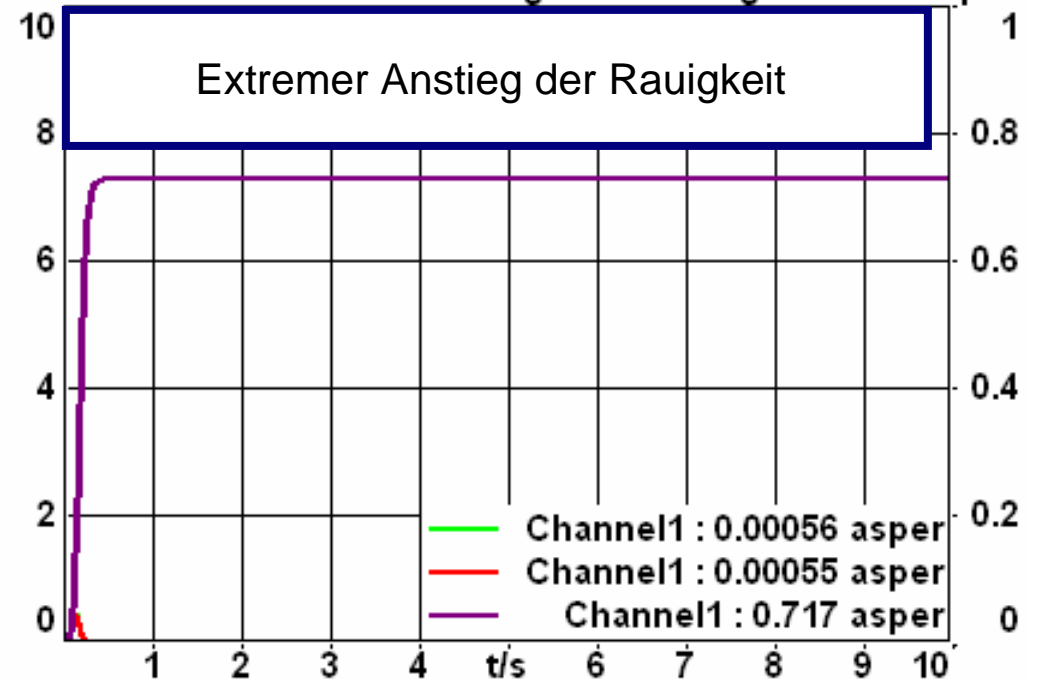
sinus 1000&1070Hz.Loudness vs. Time. N/soneGF



sinus 1000&1070Hz.Sharpness vs. Time. S/acum



sinus 1000&1070Hz.Hearing Model Roughness R/asper

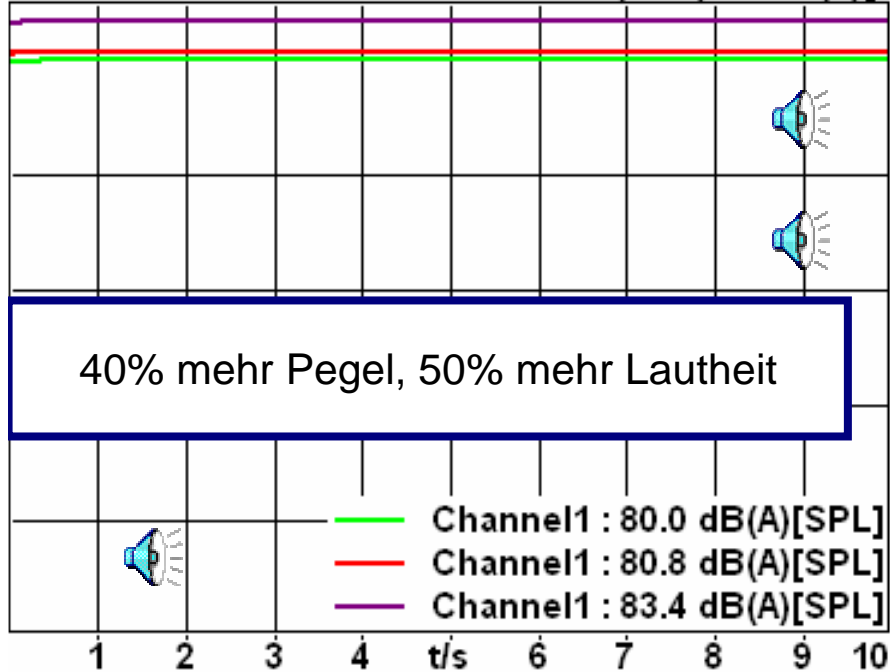


Überlagerung von zwei Tönen

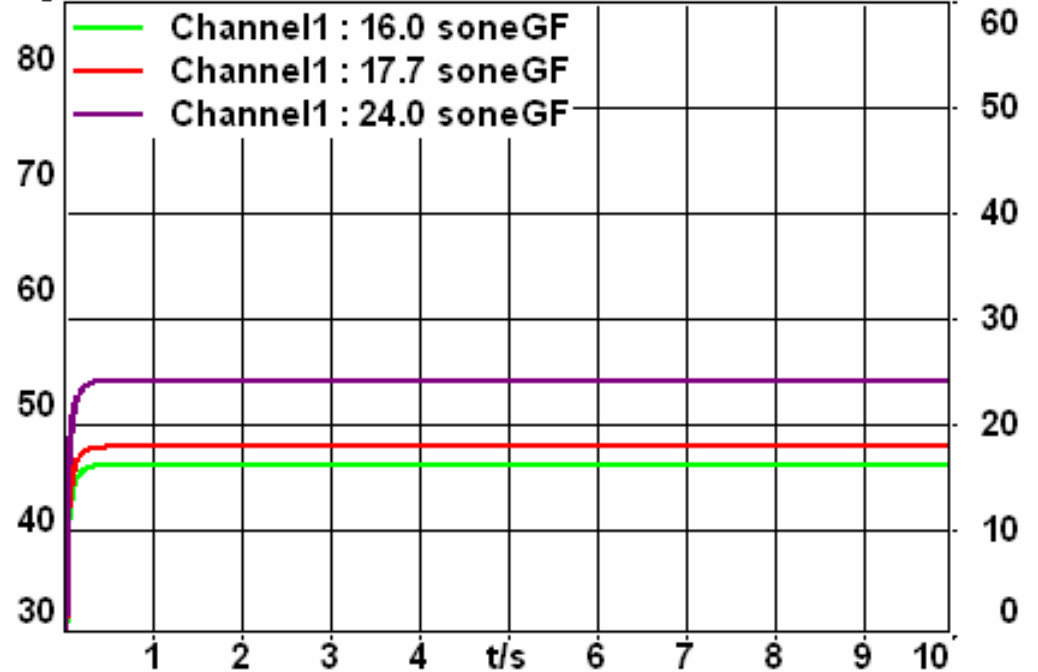
- Beispiel 2:
 - Töne spektral weit auseinander
 - Anregung erfolgt in verschiedenen Frequenzgruppen
 - -> 1000 Hz
 - -> 1400 Hz
 - -> 80 dB(lin)



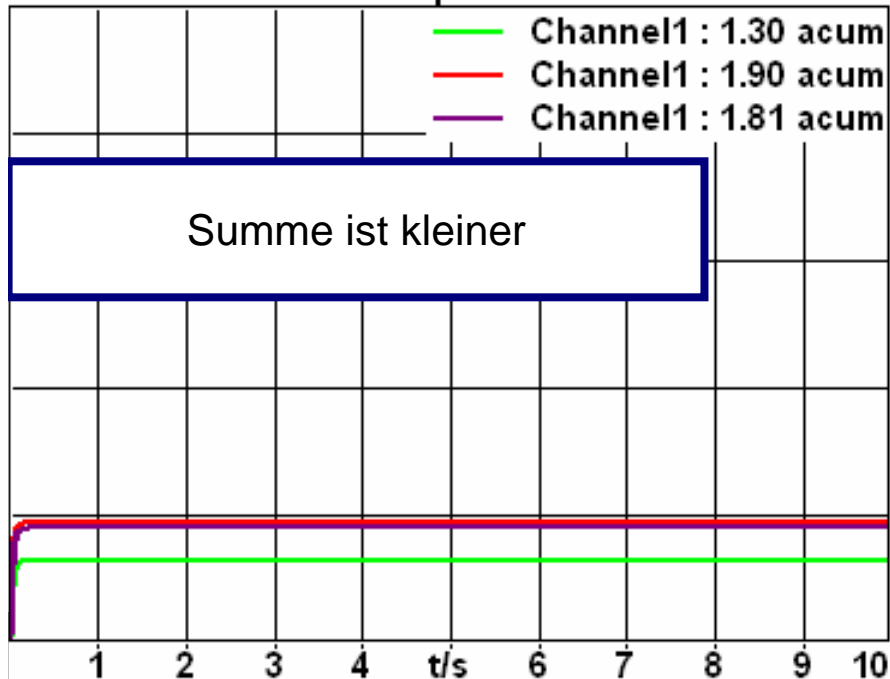
sinus 1000&1400Hz.Level vs. Time (Fast). L/dB(A)[SPL]



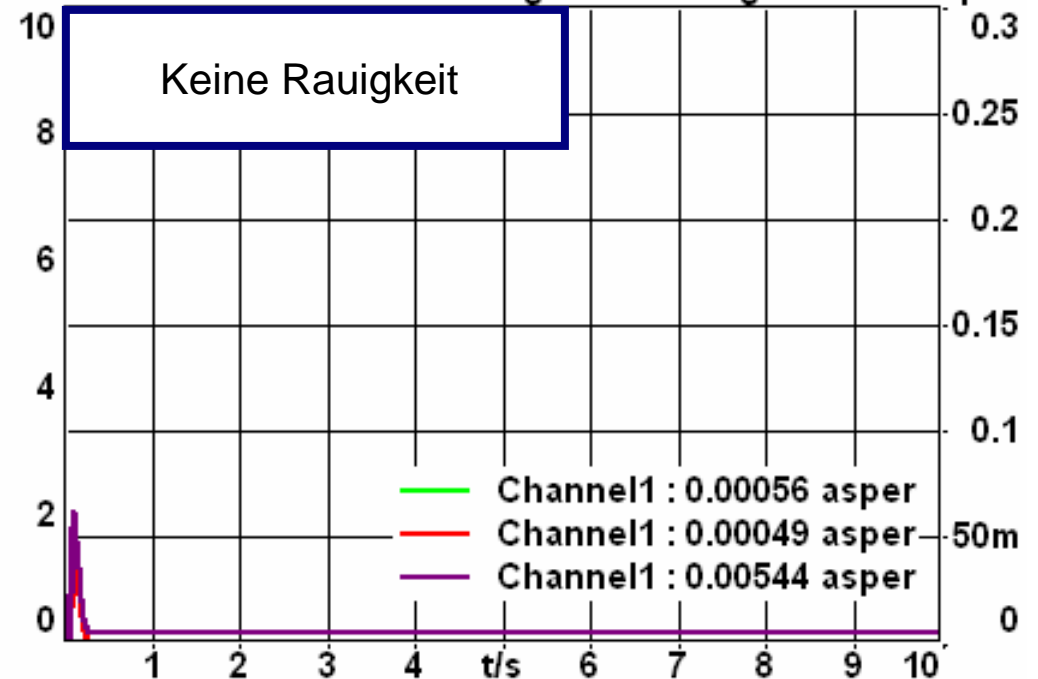
sinus 1000&1400Hz.Loudness vs. Time. N/soneGF



sinus 1000&1400Hz.Sharpness vs. Time. S/acum



sinus 1000&1400Hz.Hearing Model Roughness R/asper

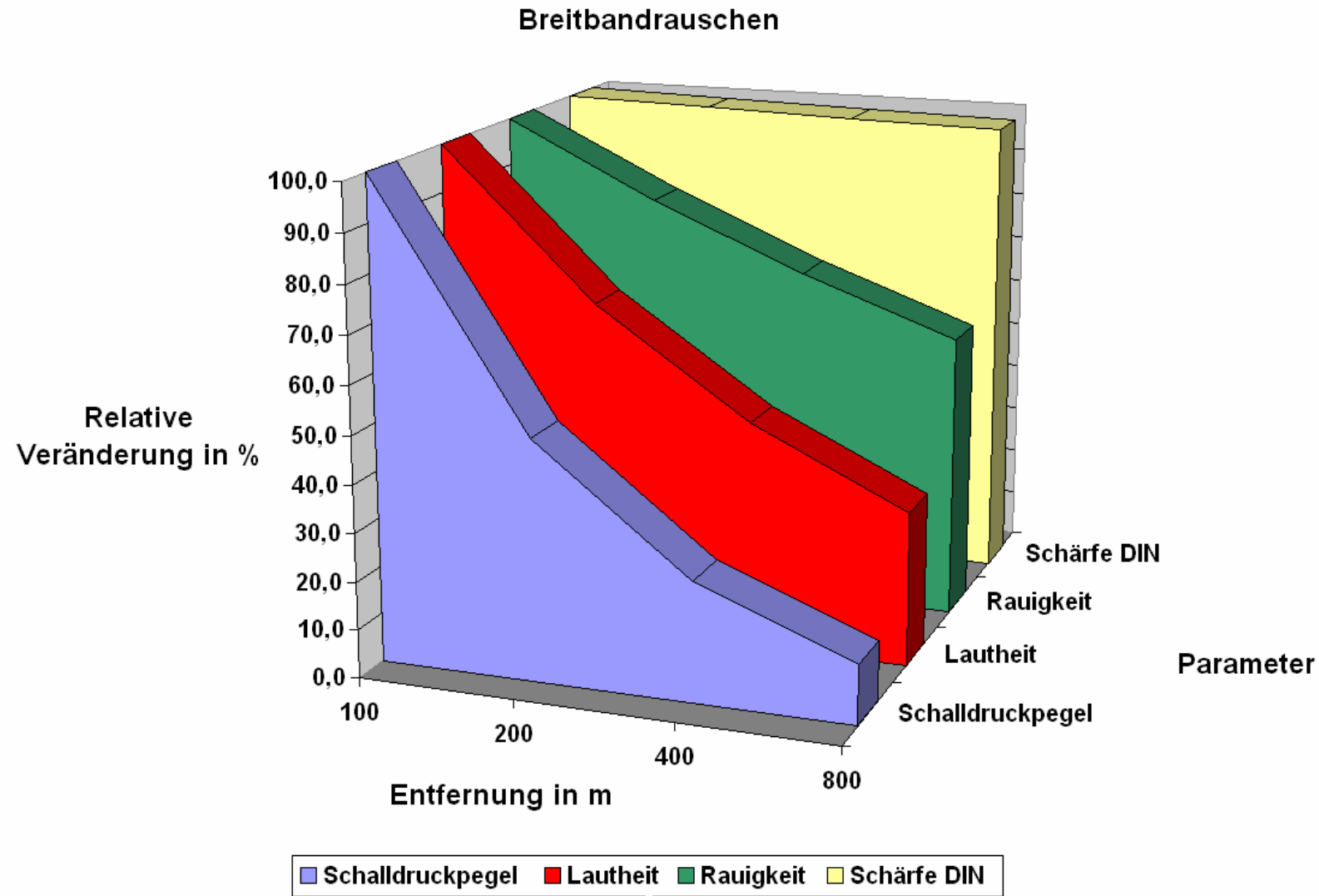


Entfernungsabhängigkeit

- A-bew. SPL: bei einer Punktschallquelle im Freifeld: doppelter Abstand -> halber Pegel
- Lautheit: spektrale Gewichtung hängt ab vom Pegel
- Schärfe: geringe Entfernungsabhängigkeit, da Schärfe eine Verhältnisgröße ist
- Rauigkeit: geringe Entfernungsabhängigkeit, da Modulationsfrequenz und –grad sowie die Trägerfrequenz gleich bleiben

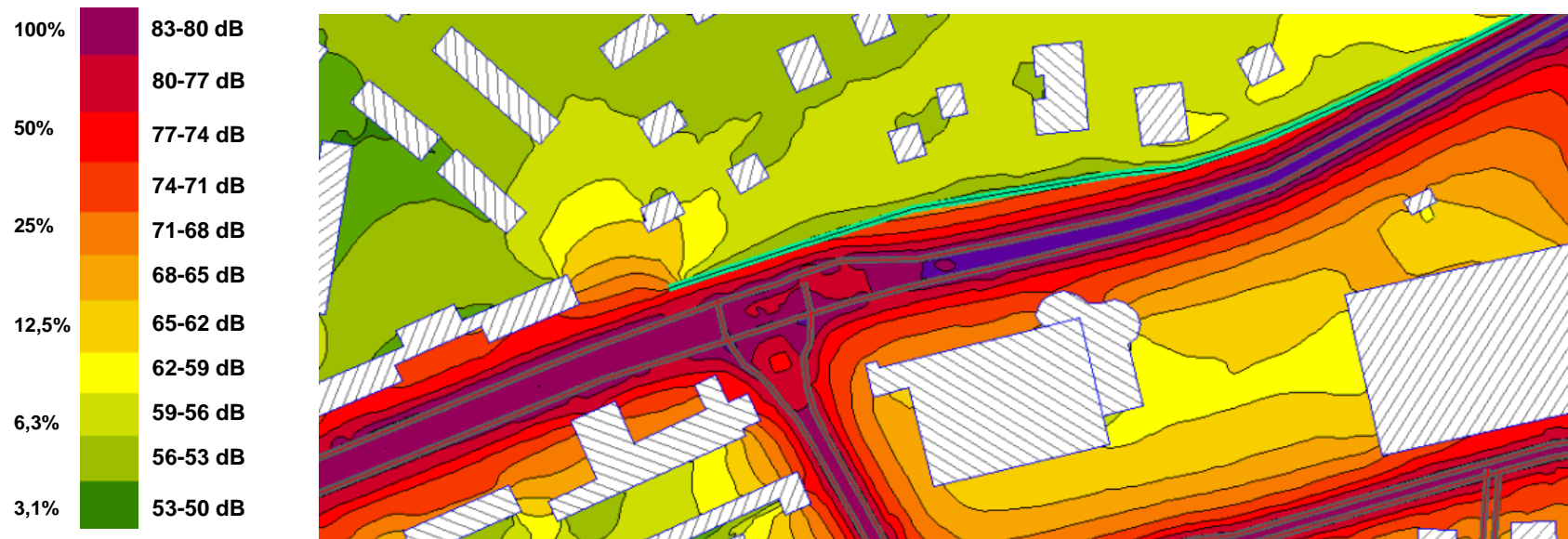


Entfernungsabhängigkeit



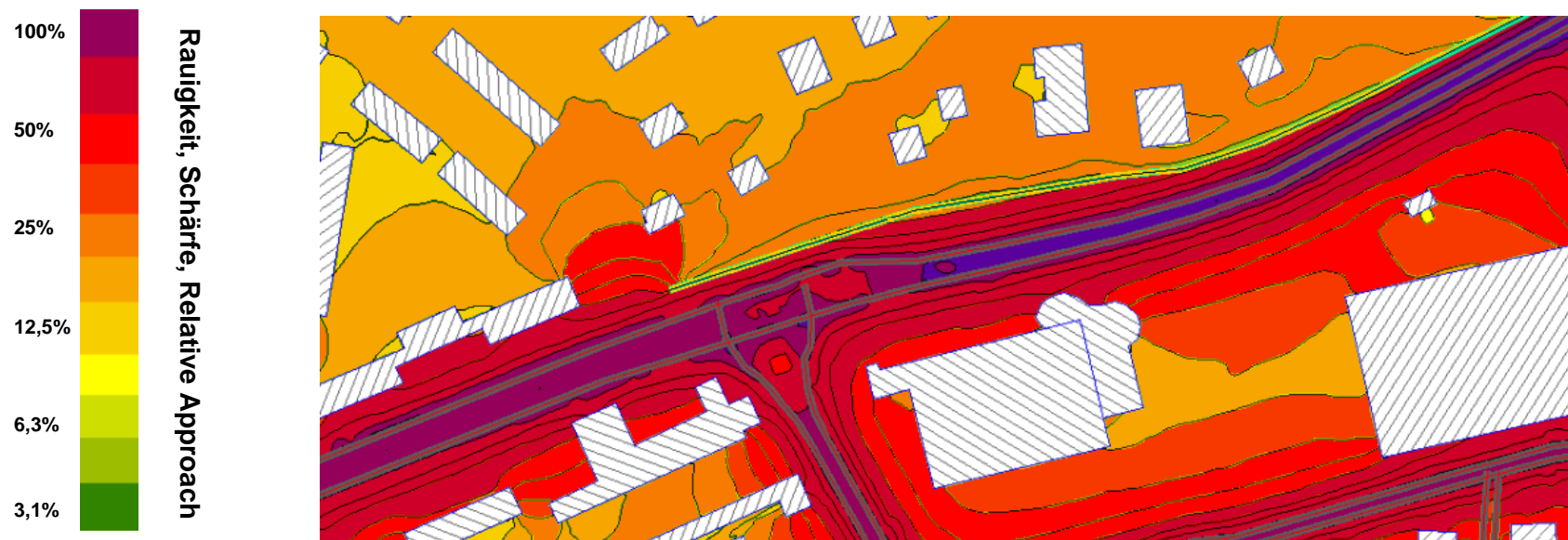
Idealisierte Beispiele

- Lärmkarte – Schalldruckpegel



Idealisierte Beispiele

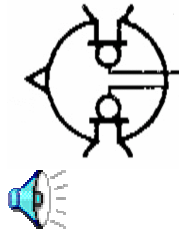
- Lärmkarte – Psychoakustischer Parameter (z.B. Lautheit, Rauigkeit, Schärfe)



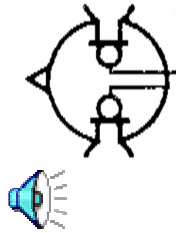
Vorbeifahrt eines Fahrzeuges

↑
car passby

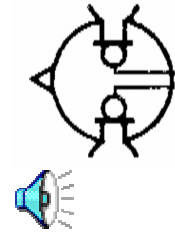
7 m



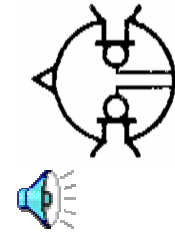
25 m



50 m



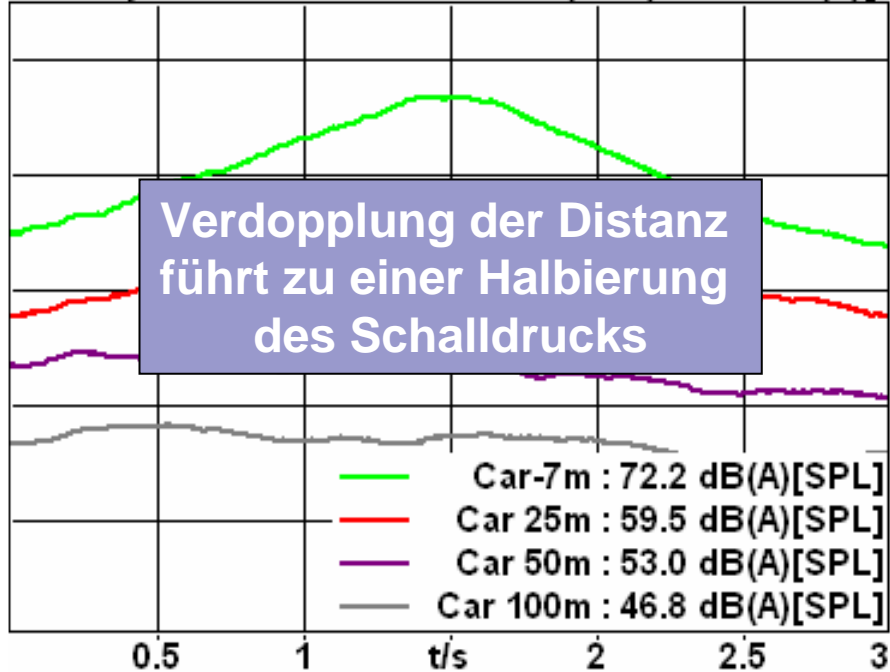
100 m



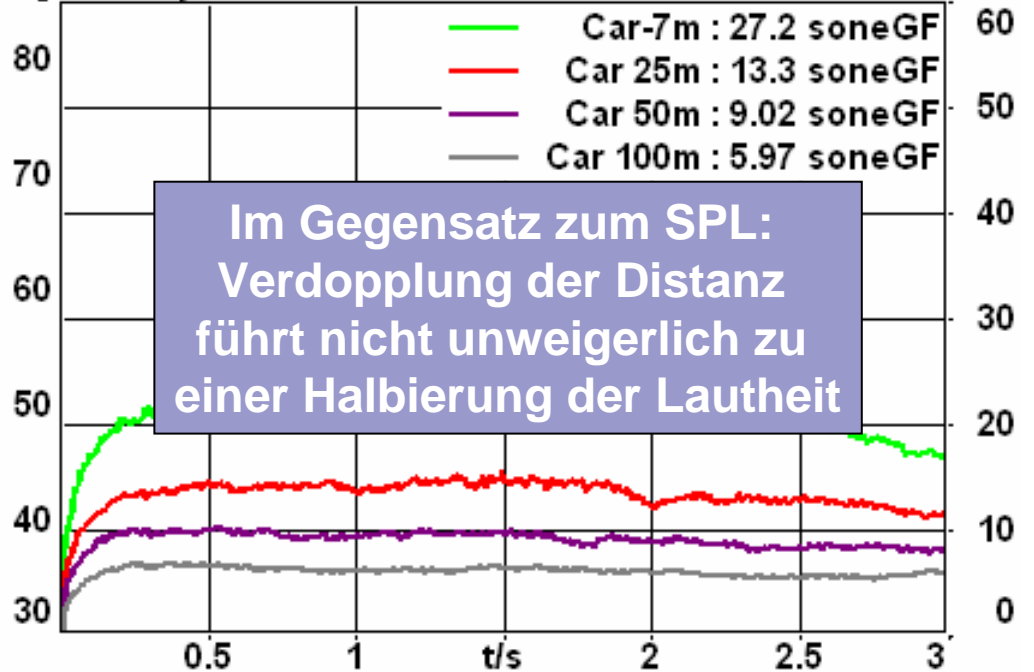
- 4 Messorte in verschiedenen Entfernungen:
 - 7 Meter
 - 25 Meter
 - 50 Meter
 - 100 Meter

Freifeld, Wiesenfläche, 50 km/h, 2. Gang

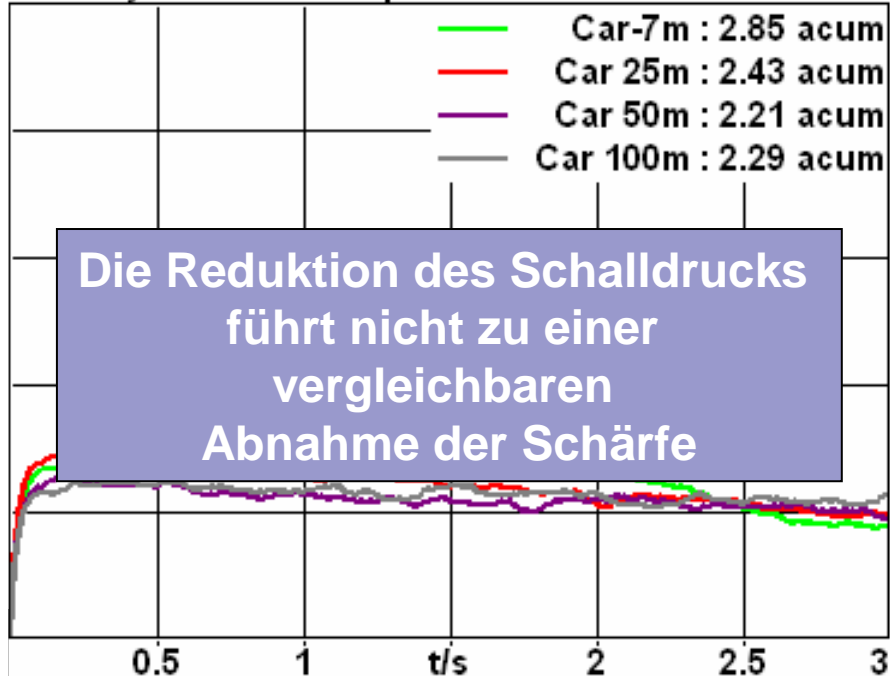
PassBy 50 const.Level vs. Time (Fast). L/dB(A)[SPL]



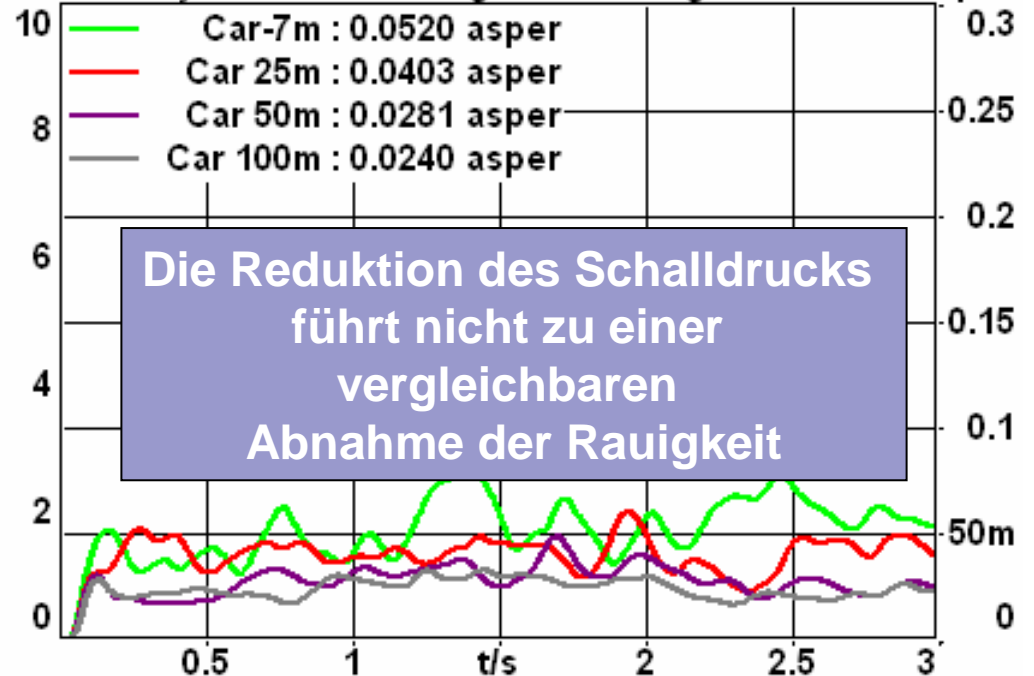
PassBy 50 const.Loudness vs. Time. N/soneGF



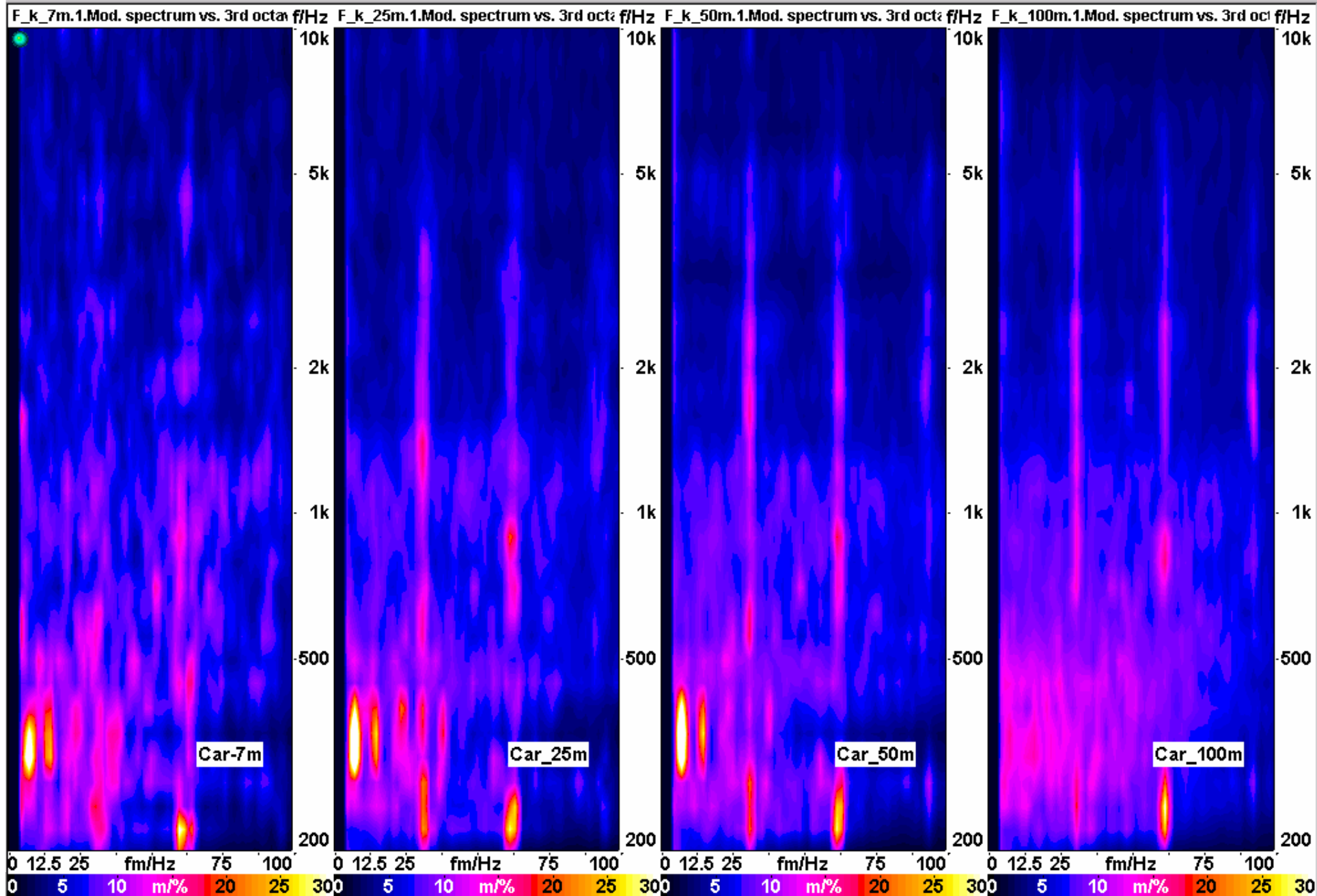
PassBy 50 const.Sharpness vs. Time. S/acum



PassBy 50 const.Hearing Model Roughness vs. R/asper



Modulationsspektrum versus Frequenz als Funktion der Entfernung



Zusammenfassung 1

- Beanstandungen von Umgebungsgeräuschen nehmen trotz zahlreicher Maßnahmen zu
- Die A-bew. Schalldruckpegelbestimmung ist ein notwendiges aber nicht hinreichendes Maß zur Beschreibung der Lästigkeit von Schallereignissen
- Für die Geräuschqualität können Lautheit, Schärfe und Rauigkeit sinnvolle Ergänzungen bedeuten
- Kognitiver und psychologischer Aspekt bei der Beschreibung von Schallereignissen ist nicht zu vernachlässigen



Zusammenfassung 2

- Die Menschen beanstanden Geräuschen teilweise unabhängig vom A-bew. Pegel
- Geräuschbelastung kann nicht nur immer mit der herkömmlichen Schallmesstechnik bestimmt werden
- Die Überlagerung von mehreren Schallquellen ist nicht linear, die Vorhersage von psychoakustischen Größen ist nicht durch einfache Operationen möglich
- Die Vorhersage der Geräuschbelastung in Abhängigkeit der Entfernung folgt nicht nach einfachen Berechnungsregeln
- Zur Vorhersage der Auswirkungen von Geräuschbelastungen benötigen wir mehr Wissen über die Signalverarbeitung im Gehör



Schlussfolgerungen

- Analyse Umgebungslärm bedarf der interdisziplinären Zusammenarbeit von Akustikern, Psychoakustikern, Medizinern, Soziologen, Psychologen
- Fühlen sich Menschen in ihrer Umgebung durch Lärm belästigt und die Sachverständigen antworten mit dem A-bew. Äquivalenten Dauerschallpegel, dann ist das Missverständnis vorprogrammiert
- -> erst einmal „Hinhören“! Hinhören auf das Geräusch wie auch auf die Beanstandungen der Betroffenen





- Forschungsprojekt mit 27 Partnern wurde in Hinblick auf die EU Noise Directive 2002/49/EC mit dem Ziel der Erkennung, Bewertung und Vermeidung von urbanen Verkehrsgeräuschen veranlasst
- Erkenntnisse hinsichtlich effizienter Maßnahmen (action plans)
- Forschungsthemen:
 - Simulation von Verkehrsflüssen und ihrer Geräuschemissionen (Zeitsignale)
 - Bewertung der Belastung der Anwohner durch Verkehrsgeräusche
 - Entwicklung adäquater Lärmreduzierungsmaßnahmen zur mittelfristigen Umsetzung durch Kommunen
- Ziel u.a. ist die Entwicklung einer Metrik zur psychoakustischen Bewertung von Verkehrsgeräuschen als Ergänzung zum dB(A)

