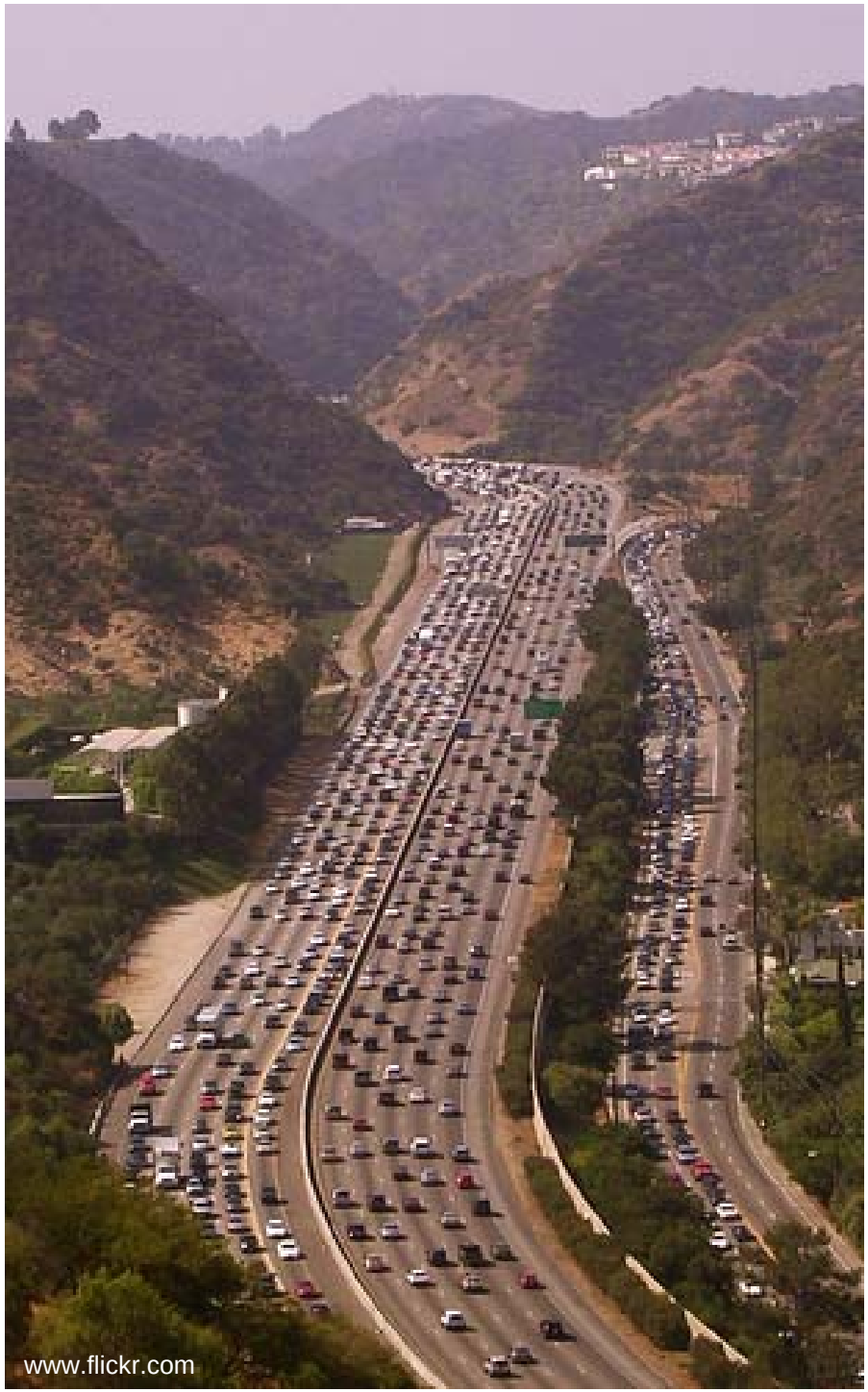


Graz University of Technology

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

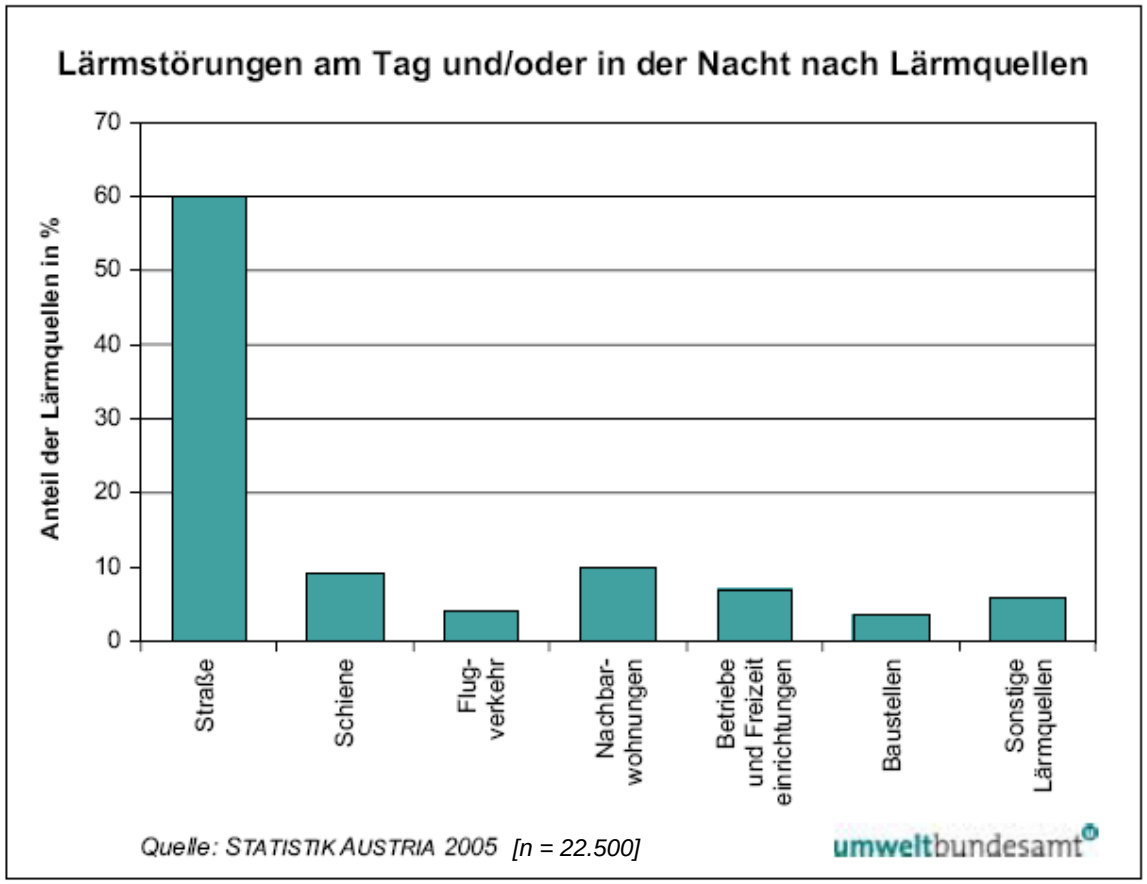
Beschreibung des Verkehrslärms durch den Lästigkeitsindex TNA_R

Michael Cik

Hochschultagung 2007
Rust, 01. Oktober 2007

Email: michael.cik@tugraz.at
www.isv.tugraz.at

Problem - Lärmstörungen



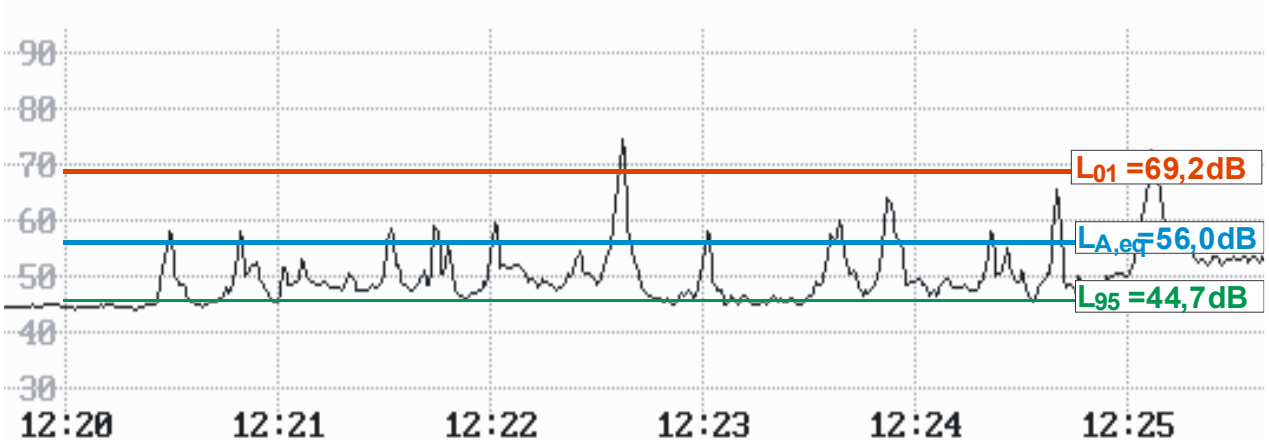
Straßenverkehr → die am häufigsten genannte Lärmstörungsursache

Problemstellung und Ziel des Forschungsprojektes

Problemstellung

Subjektive Lautstärkeempfindung → komplexe Zusammenhänge der Akustik

Hauptindikator $L_{A,eq}$ → „einfache“ Mess- und Rechengröße



Schallpegelverlauf über die Zeit mit berechnetem $L_{A,eq}$

Problemstellung und Ziel des Forschungsprojektes

Problemstellung

Schallausbreitung

Schallemissionsort

Aufnahmetechnik

Schallpegelmesser

Bewertungsgröße

$L_{A,eq}$

A-bewerteter energie-äquivalenter Dauerschallpegel

→ **mangelhaft, repräsentative Größe**

Ziel

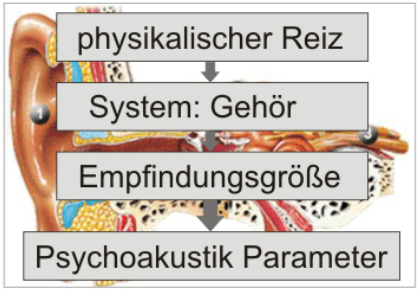
Schallausbreitung

Schallemissionsort

Aufnahmetechnik

Digitale binaurale Kunstkopftechnik

Mensch



Bewertungsgröße

TNA_R

Lästigkeitsindex für Straßenverkehrslärm

Projektorganisation

Lästigkeitsindex für Straßenverkehrslärm TNA_R

Auftraggeber:

ASFINAG

bmvit lebensministerium.at

Bearbeitung:

TU Graz
Graz University of Technology

Institut für Straßen - und Verkehrswesen

Kooperationspartner:

iem

Institut für Elektronische Musik und Akustik

Kooperationspartner:

med UNI GRAZ

Institut für Hygiene

Institut für Systemphysiologie

Forschungsprojekt - Lästigkeitsindex für Straßenverkehrslärm

1. Aufnahmetechnik
2. Audio- & Signalverarbeitungsmodellierung
3. Psychoakustische Hörversuche
4. Auswertung und Analyse
5. Modellierung der Zielgröße - TNA_R

Aufnahmetechnik und Geräuschdatenbankerstellung

Aufnahmetechnik und Aufnahmeorte

Auswahl der Mikrofonierungstechnik → digitale binaurale Kunstkopftechnik

Analyse anteiligen Fahrbahndecken auf dem Streckennetz der ASFINAG → 3 am häufigsten vorkommenden Fahrbahndecken

Auswahl der Aufnahmestrecken - Situation mit freier Schallausbreitung - homogenes Straßenstück (RVS 4.02.11) → Aufnahme von Einzelvorbeifahrten

Erstellen einer Geräuschdatenbank

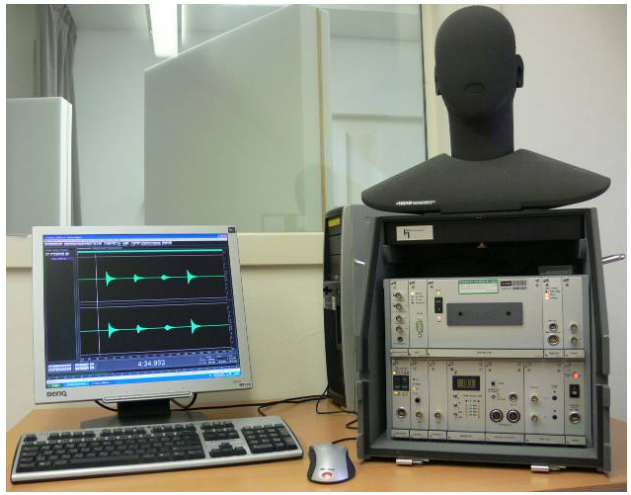
Kfz-Arten	Fahrbahndecken	Geschwindigkeit	Lärmschutz
Pkw	Beton	Lkw 60/90 km/h	Bauart
Lkw	Asphaltbeton	Pkw 80/100/130 km/h	Höhe
	SMA		

Audiobearbeitung & Signalverarbeitungsmodellierung

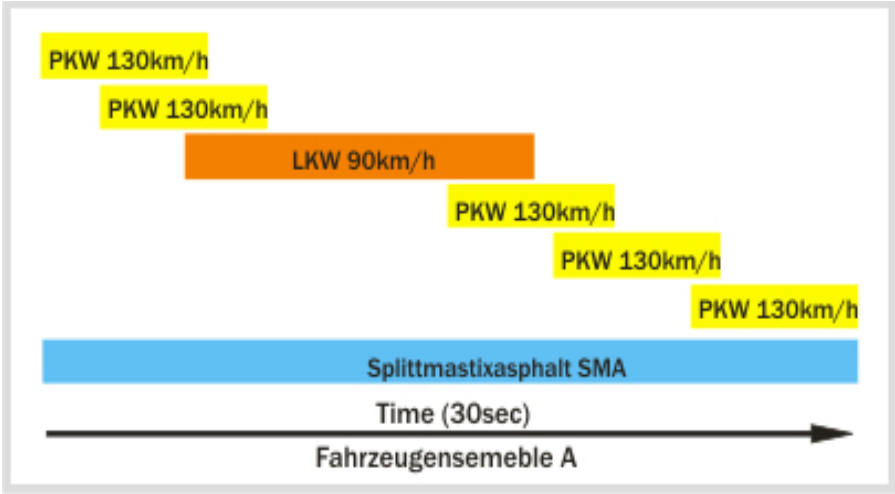
Audiobearbeitung der Einzelaufnahmen

Auswahl repräsentativer Fahrzeugvorbeifahrten

Synthetisch erzeugte repräsentative Kfz - Ensembles



Kunstkopf mit Audiobearbeitungssoftware



Definiertes Fahrzeugensemble

Hörversuch – Experimentelles Versuchsdesign

Planung und Entwicklung der Hörversuche

Planung der Geräuschmannigfaltigkeit, Variabilität, Wechselwirkung auf Validität, Belastung der Versuchsperson, Kontrollierbarkeit, etc.

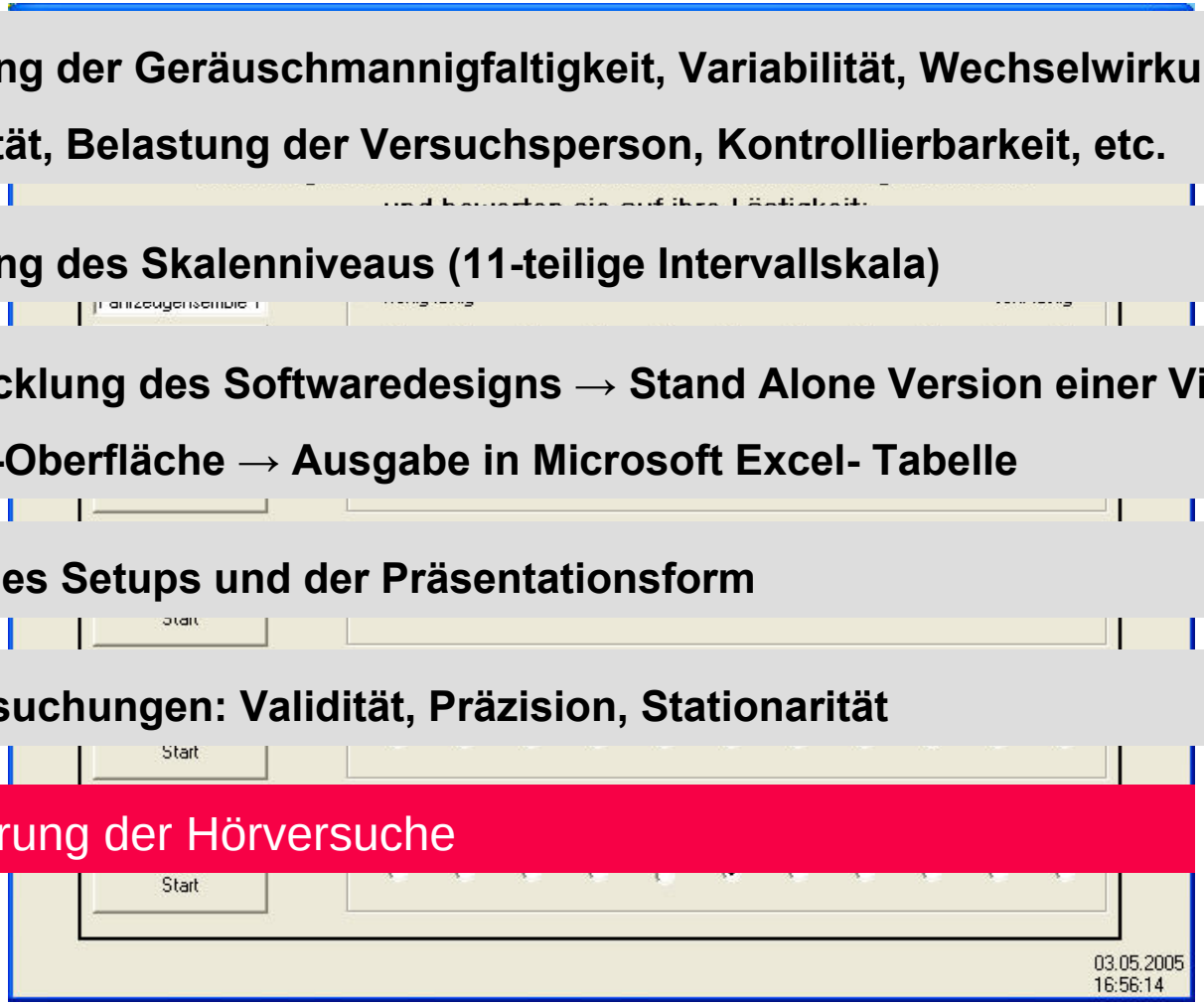
Planung des Skalenniveaus (11-teilige Intervallskala)

Entwicklung des Softwaredesigns → Stand Alone Version einer Visual Basic-Oberfläche → Ausgabe in Microsoft Excel- Tabelle

Test des Setups und der Präsentationsform

Untersuchungen: Validität, Präzision, Stationarität

Durchführung der Hörversuche



Hörversuch - Psychoakustische Versuchsphasen

Psychoakustischer Hörversuch Phase 1

Psychoakustischer Hörversuch Phase 2

- 120 Probanden
- 12 verschiedene Verkehrsensembles
- Zusammengestellt in 5 Bewertungsgruppen mit je 5(6) Ensembles
- 27 Verkehrssituationen in 5 Gruppen (inkl. Reproduzierbarkeit)
- Gesamt: 600 Bewertungsgruppen

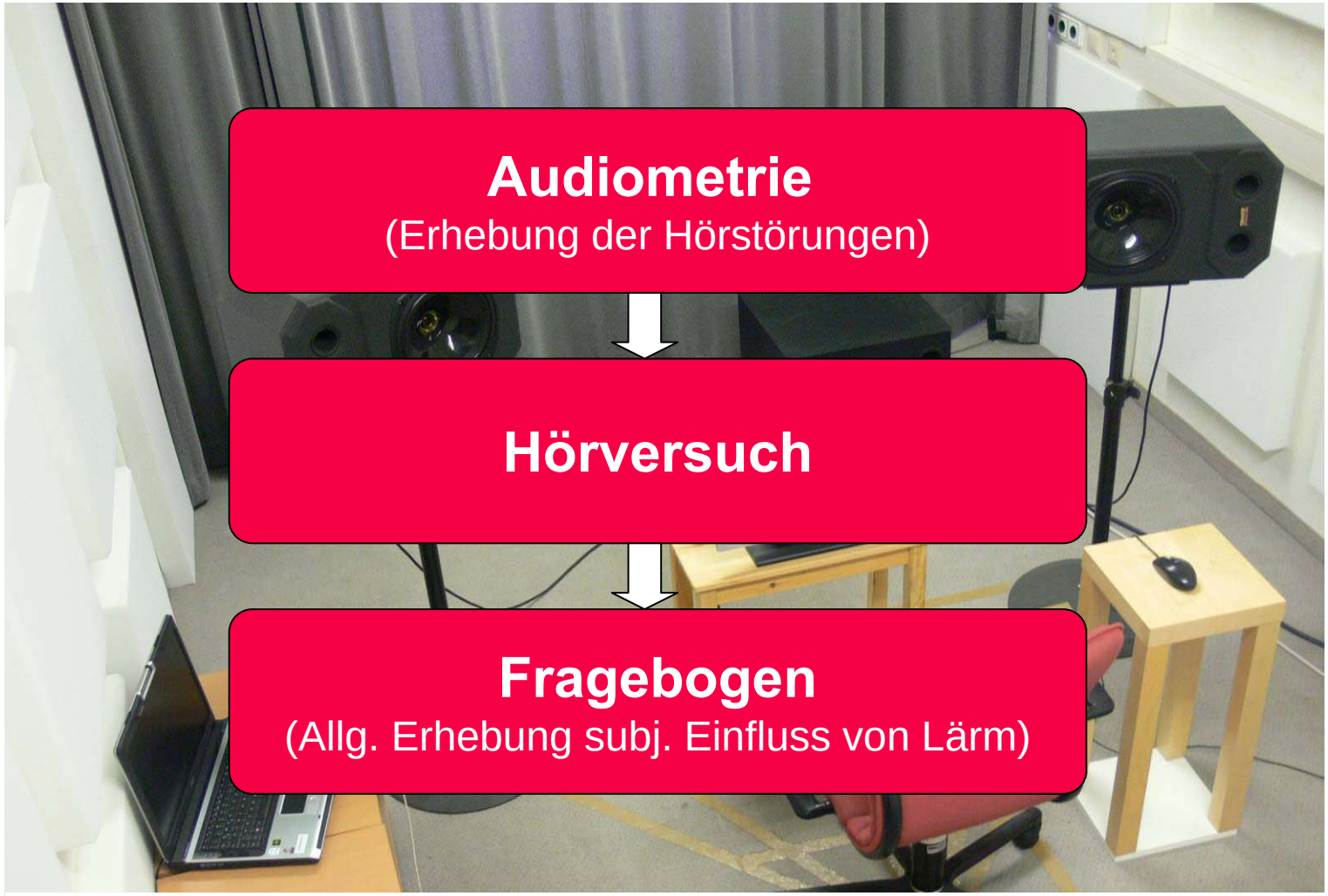
Psychoakustischer Hörversuch Phase 2 - Zusatz

Psychoakustischer Hörversuch Phase 2 - mit Untersuchung physiologischen Parametern

Versuchsplan - Psychoakustischer Hörversuch Phase 2

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5
5 PKW 130 km/h 1 LKW 90 km/h Beton	5 PKW 100 km/h 1 LKW 90 km/h Beton	5 PKW 100 km/h 1 LKW 90 km/h Asphaltbeton	9 PKW 130 km/h 2 LKW 90 km/h SMA	5 PKW 130 km/h 1 LKW 90 km/h SMA
5 PKW 130 km/h 1 LKW 90 km/h Asphaltbeton	5 PKW 80 km/h 1 LKW 60 km/h SMA	5 PKW 100 km/h 1 LKW 90 km/h SMA	5 PKW 100 km/h 1 LKW 90 km/h Asphaltbeton	5 PKW 100 km/h 1 LKW 90 km/h SMA
5 PKW 100 km/h 1 LKW 90 km/h Asphaltbeton	5 PKW 130 km/h 1 LKW 90 km/h SMA	5 PKW 80 km/h 1 LKW 60 km/h SMA	9 PKW 100 km/h 2 LKW 90 km/h SMA	5 PKW 80 km/h 1 LKW 60 km/h SMA
5 PKW 100 km/h 1 LKW 90 km/h Beton	5 PKW 130 km/h 1 LKW 90 km/h Beton	5 PKW 130 km/h 1 LKW 90 km/h Asphaltbeton	9 PKW 100 km/h 2 LKW 90 km/h Beton	5 PKW 130 km/h 1 LKW 90 km/h SMA - LSW
5 PKW 130 km/h 1 LKW 90 km/h Asphaltbeton	5 PKW 100 km/h 1 LKW 90 km/h SMA	5 PKW 130 km/h 1 LKW 90 km/h SMA	9 PKW 130 km/h 2 LKW 90 km/h Asphaltbeton	5 PKW 100 km/h 1 LKW 90 km/h SMA
	5 PKW 100 km/h 1 LKW 90 km/h Beton		5 PKW 130 km/h 1 LKW 90 km/h Beton	

Versuchsablauf - Psychoakustischer Hörversuch



Labor für Psychoakustik im Verkehrswesen

Auswertung und Analyse

Auswertung objektiver Größen

Psychoakustische Parameter (Lautheit, Schärfe, Rauhigkeit, Schwankungsstärke, Tonhaltigkeit)

Neu entwickelte Parameter (Lautheitsüberschuss Lkw-Pkw)

Normparameter $L_{A,eq}$ als Vergleich

Physiologische Parameter (Herzrate, Atemfrequenz)

Auswertung der subjektiven Lästigkeit

Auswertung und Analyse

Psychoakustische Größen

Lautheit: Größe zur Bewertung der Lautstärkeempfindung mit verbesserter Annäherung an die Empfindungen des menschlichen Gehörs (Nachbildung der natürlichen Frequenzeinteilung des Gehörs)

Schärfe: Ist ein Maß für den Anteil hoher Frequenzen in einem Geräusch.

Rauhigkeit: Beschreibt zeitliche Eigenschaften eines Geräusches. Periodische Schwankungen des Schallsignals von etwa 20 bis 250 Hz werden vom menschlichen Gehör als Rauhigkeit wahrgenommen.

Schwankungsstärke: Wie Rauhigkeit, beurteilt jedoch sehr tieffrequente (< 20 Hz) Modulationen des Signalpegels.

Tonhaltigkeit: Dient zur Klassifizierung von Geräuschen hinsichtlich ihres Anteils an reinen Tönen im Verhältnis zum Rauschanteil

Auswertung und Analyse

Varianzanalyse

Untersuchung des Einflusses von Fahrbahndecke, Geschwindigkeitsprofil, Verkehrsbelastung aus subjektiver Lästigkeit

Lineare Regression

Modellbildung aus objektiven psychoakustischen Parametern und subjektiven Lästigkeitsurteilen

Bsp.: Lästigkeit in Abhängigkeit der Lautheit

Multiple lineare Regression

Lästigkeit in Abhängigkeit mehrerer psychoakustischen Parameter - optimierte Zusammensetzung des psychoakustischen Parametervektors

Auswertung und Analyse

Ergebnisse der subjektiven Bewertung basierend auf verkehrsrelevante Parameter

Mehr Verkehrsbelastung bedeutet höhere subjektive Lästigkeit

Höhere Geschwindigkeit bedeutet höhere subjektive Lästigkeit

Fahrbahndecke beeinflusst subjektive Lästigkeit signifikant

Lärmschutzwand reduziert subjektive Lästigkeit.

Eine nasse Fahrbahndecke ist lästiger als eine trockene

Auswertung und Analyse

Ergebnisse der Varianzanalyse

Lautheit signifikant besser als $L_{A,eq}$

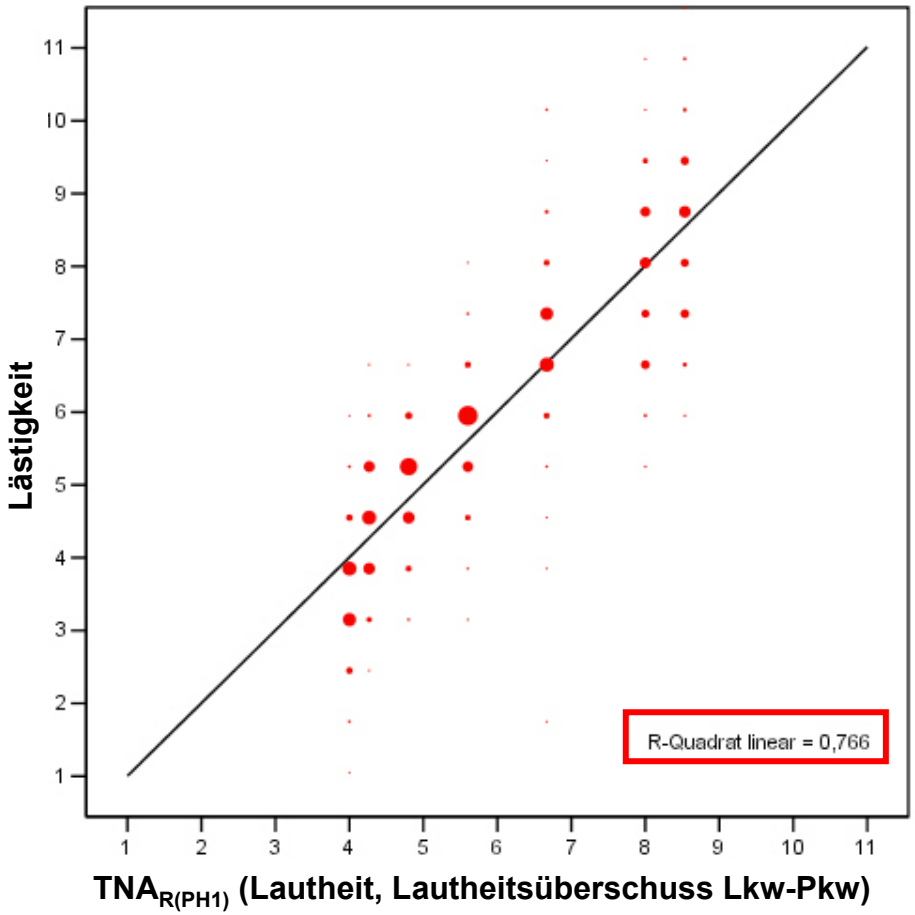
Schwankungstärke, Tonhaltigkeit weitgehend irrelevant

Modulationsparameter Lautheitsüberschuss Lkw-Pkw signifikant

Lautheit und Schärfe signifikant bei trockener und nasser Fahrbahn

Modellierung der Zielgröße

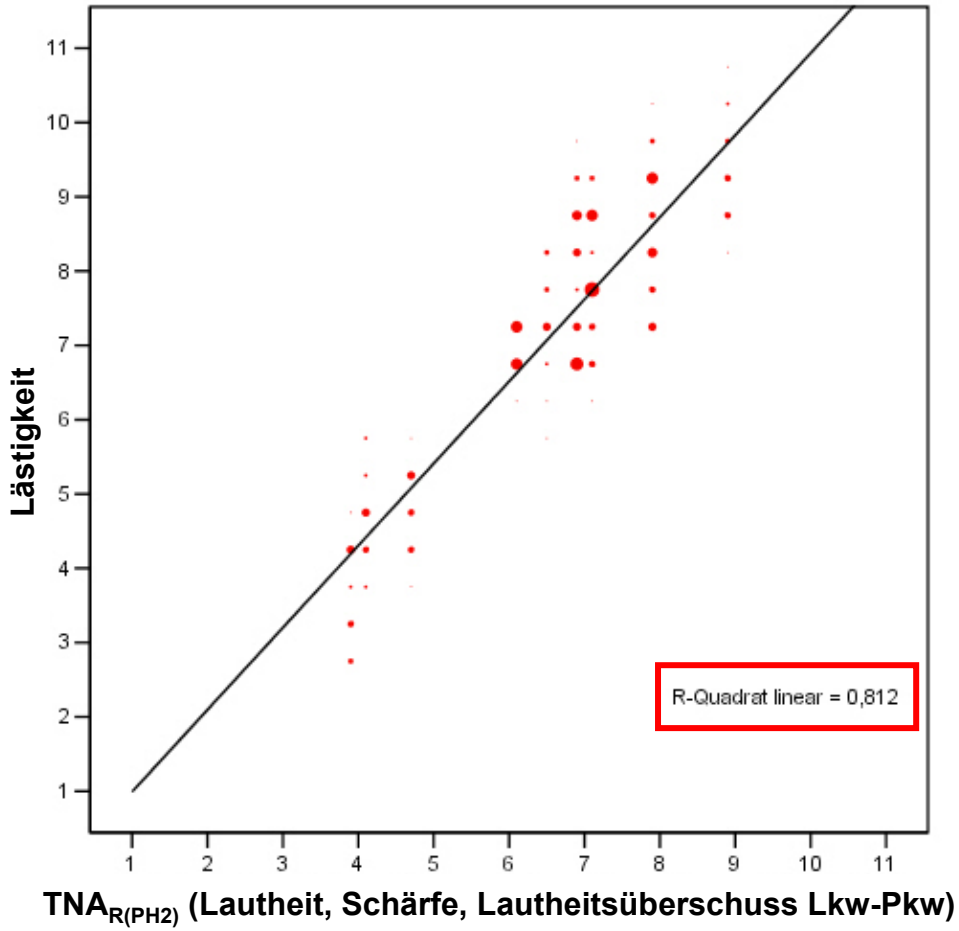
Lautheit, Lautheitsüberschuss Lkw-Pkw → 2 signifikante Parameter



n = 111

Modellierung der Zielgröße

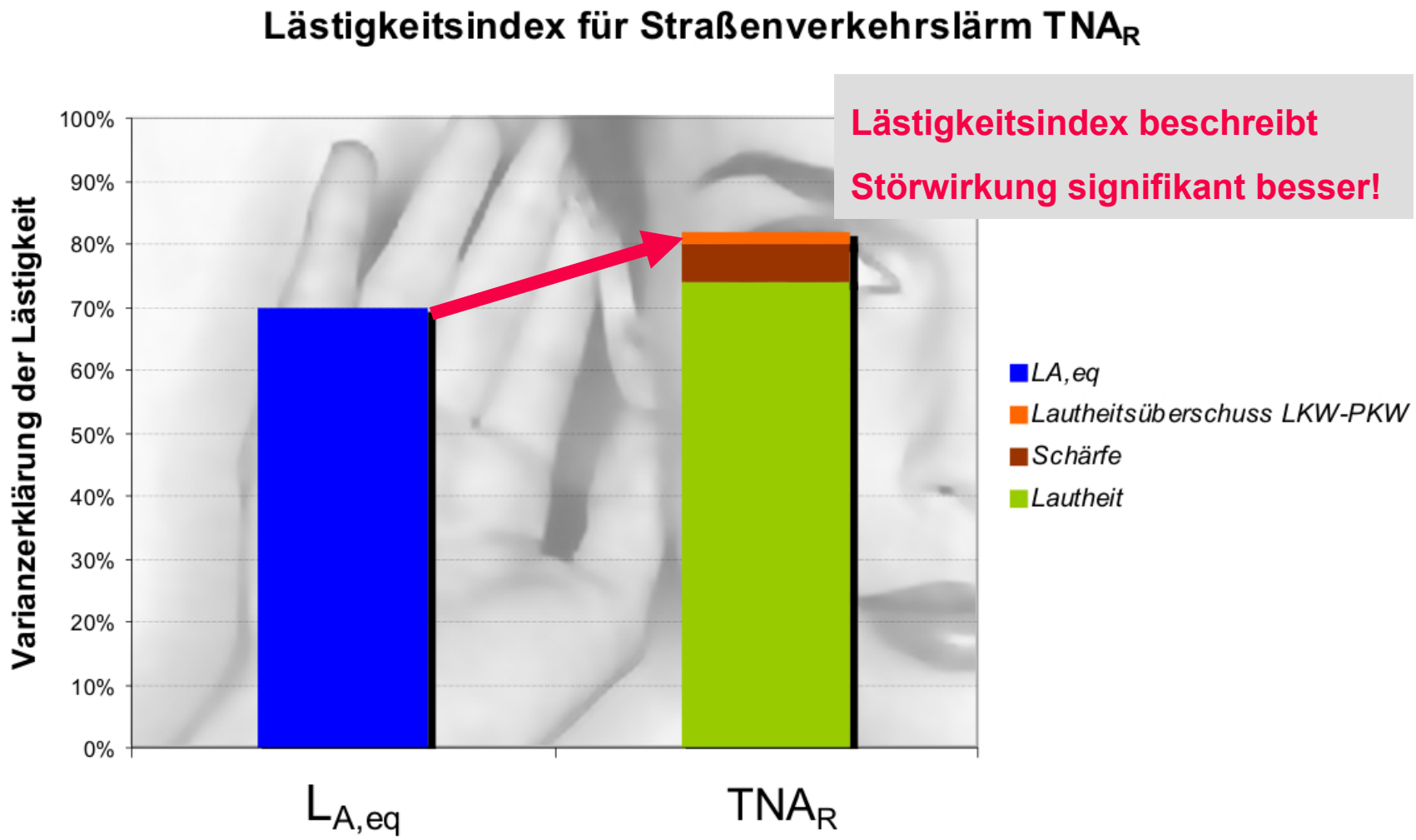
TNA_R = f (Lautheit, Schärfe, Lautheitsüberschüss Lkw-Pkw)



n = 25

Trockene und nasse Fahrbahndecken

Modellierung der Zielgröße



Ausblick

Traffic Noise Annoyance on Roads – Stage 2

Zusätzliche Geschwindigkeitsprofile

Zusätzliche Verkehrsbelastungen (Wochenende, usw.)

Nässegrade der Fahrbahnoberflächen (trocken, feucht, nass)

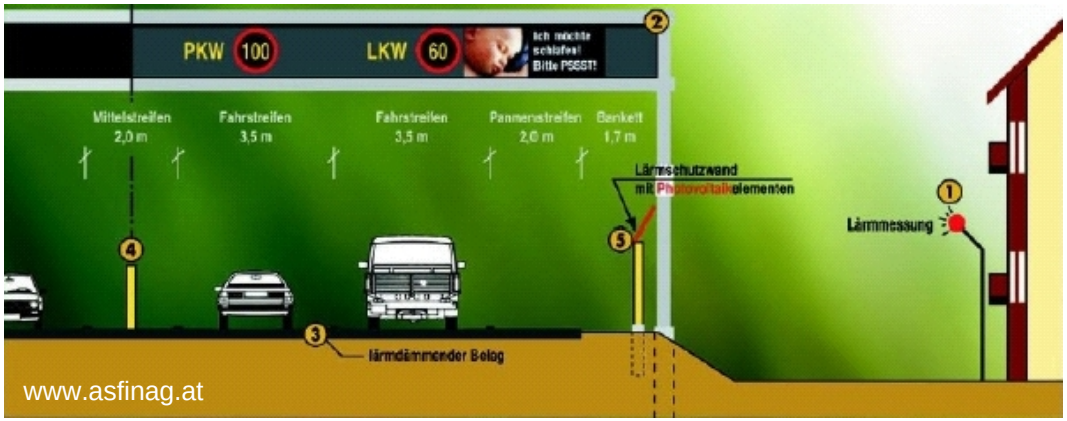
Einfluss der Bereifung bei PKW und LKW (lärmarme, neue, abgefahrene Reifen)

Unterschiedliche Lärmschutzarten

Ausblick

Traffic Noise Annoyance on Roads – Stage 2

Lästigkeitsreduktion durch gezielte Steuerung der Verkehrsbeeinflussungs-anlagen



Multifunktionale Lärmschutzanlage (MLA) auf A2 bei Gleisdorf (Steiermark)

Daten von Meteorologie und Verkehrsbelastung als Einflussgrößen für die Modulation der Lästigkeit

Ausblick

Vergleich Straßen- und Schienenverkehrslärm – Wissenschaftliche Bewertung des Schienenbonus

Erweiterung des Merkmalsraum um den Bereich Schiene

Traffic Noise Annoyance on Rail

Beschreibung des Verkehrslärms durch den Lästigkeitsindex TNA_R

Graz University of Technology

Hochschultagung 2007
Rust, 01. Oktober 2007

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Michael Cik