

# Wirkung von Eisenbahntunneln auf die Sprachverständlichkeit im Fahrzeuginneren bei hohen Geschwindigkeiten

20. Wiener Eisenbahnkolloquium  
2. – 3. Juni 2022, Wien

**Thomas MALY**

Technische Universität Wien  
Institut für Verkehrswissenschaften  
Forschungsbereich für Eisenbahnwesen,  
Verkehrswirtschaft und Seilbahnen

**Christian KASESS**

Österreichische Akademie der  
Wissenschaften  
Institut für Schallforschung



### **Auffällige Bogengeräusche (Kurvenkreischen und -quietschen)**

- BEGEL
- ESB
- (PAAB)

### **Schallprognose gemäß Europäisches Berechnungsmodell**

- ELSEC
- GLAS

### **Psychoakustik**

- PASS
- PAAB

### **Laufflächendefekte**

### **Innenraumakustik / Fahrkomfort**

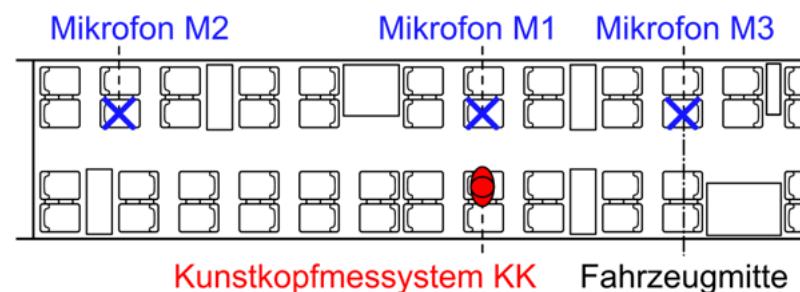
### ÖVE/ÖNORM EN 60268-16 (2012) - Elektroakustische Geräte, Teil 16

„Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex“

- STI (speech transmission index) – Sprachverständlichkeitsindex
  - Maß für die Übertragungsqualität von Sprache im Hinblick auf die **Verständlichkeit** zwischen **Sender (Sprecher)** und **Empfänger (Hörer)**
  - STI-Wertebereich: 0 ... 1
  - objektives Verfahren, jedoch vollständiges Verfahren aufwändig (Messdauer ~15 min)
- Verwendung von STIPA (speech transmission index for public address systems)
  - gängiges, verkürztes STI-Verfahren (Messdauer ~20 s)
  - definiertes Testsignal über 7 Oktaven (125 Hz bis 8 kHz) an Position des Sprechers
  - Schallsignal an Hörposition zur Berechnung des STIPA
- getrennte Erfassung von Fahrgeräuschen und Testsignalübertragung

### Messungen im Fahrzeuginneren (2016)

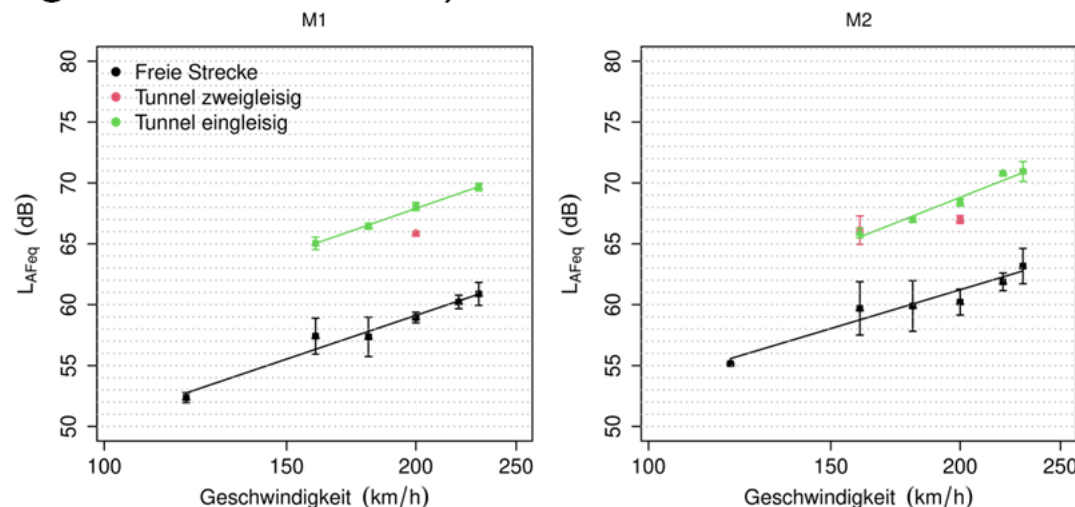
- Messkonfiguration in Reisezugwagen
  - 3 Mikrofone in einer Fahrzeughälfte
  - 1 Kunstkopfmesssystem nahe M1



- Geschwindigkeiten vorwiegend von 160 bis 230 km/h (30 s Segmente)
- Tunnelstrecken (eingleisig und 2-gleisige Tunnelröhren) und freie Strecke

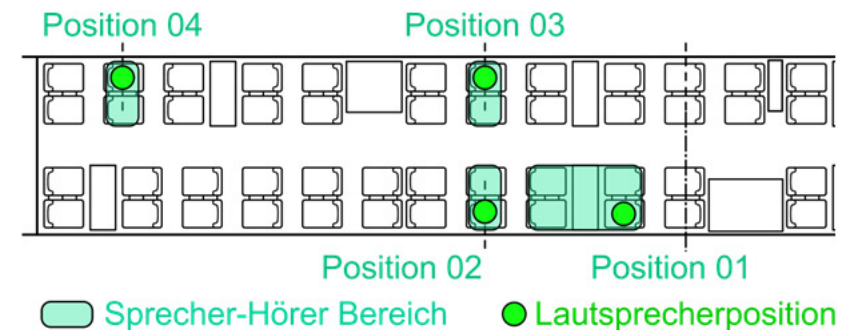
- A-bewerteter, energieäquivalenter Schalldruckpegel  $L_{AFeq}$

- Pegelzunahme in Tunnel
- 2-gleisige Tunnelröhren geringfügig leiser
- M2 etwas lauter



### Messungen im Fahrzeuginneren (2016)

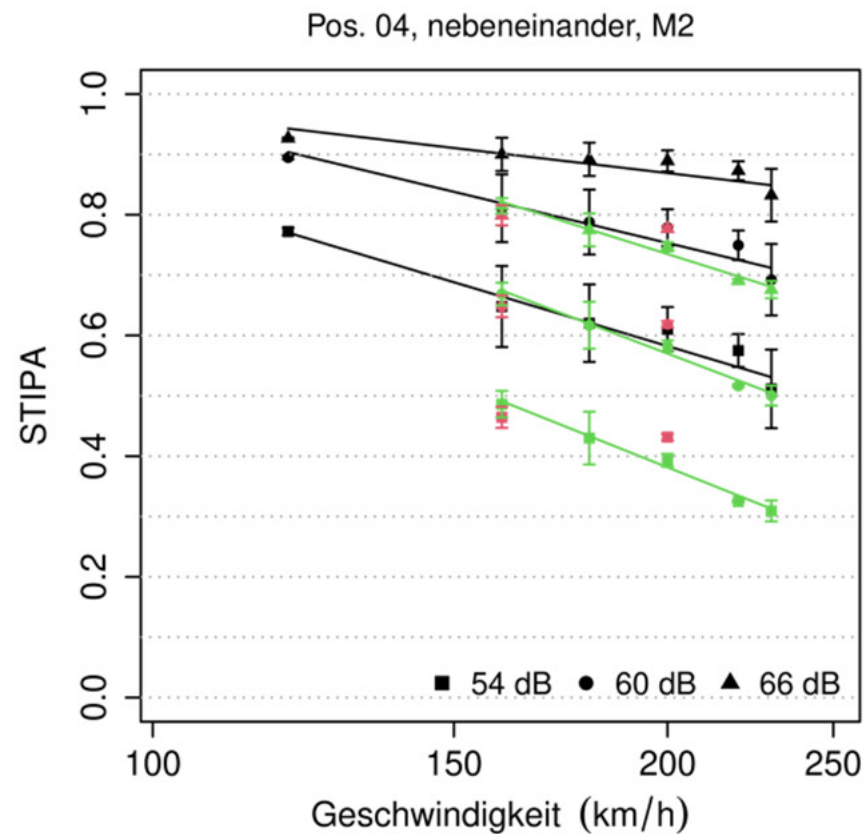
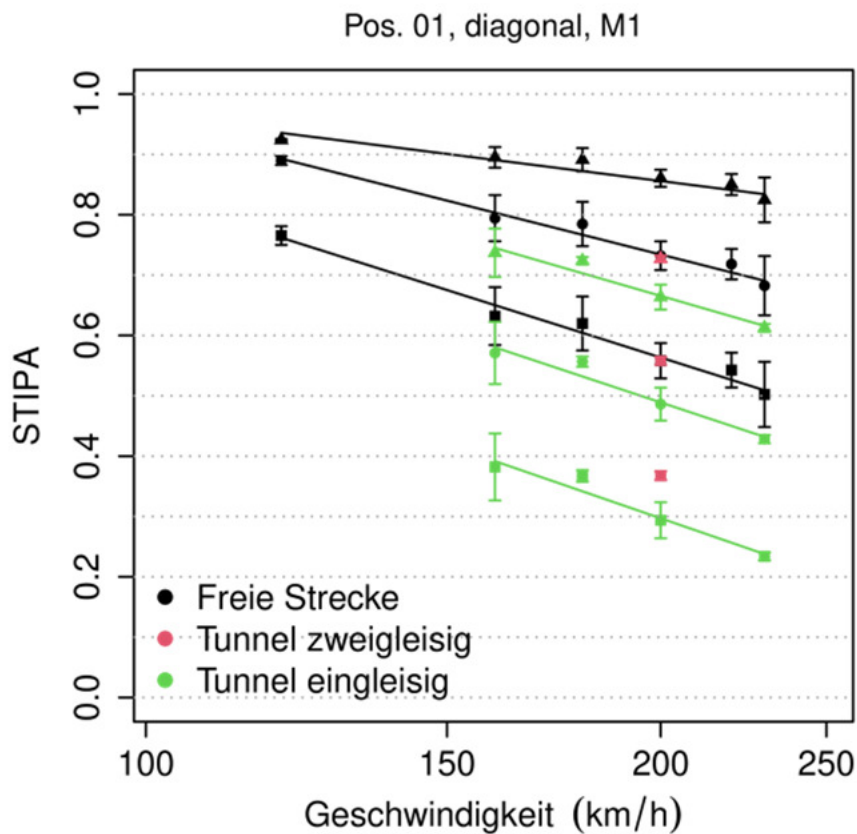
- gleiches Fahrzeug und vergleichbare Messpositionen wie bei Fahrt
- benachbarte Sitzposition und zusätzlich diagonal gegenüberliegende Position in 4er-Gruppe
- Wiedergabe des Testsignals mittels Lautsprecher
  - zur Nachbildung verschiedener Sprechlautstärken Freifeld-Sprachpegel variiert (54, 60 und 64 dB für normal bis laute Sprechweise)
- ruhige Umgebung, Trennung des Fahrzeugs von Stromversorgung



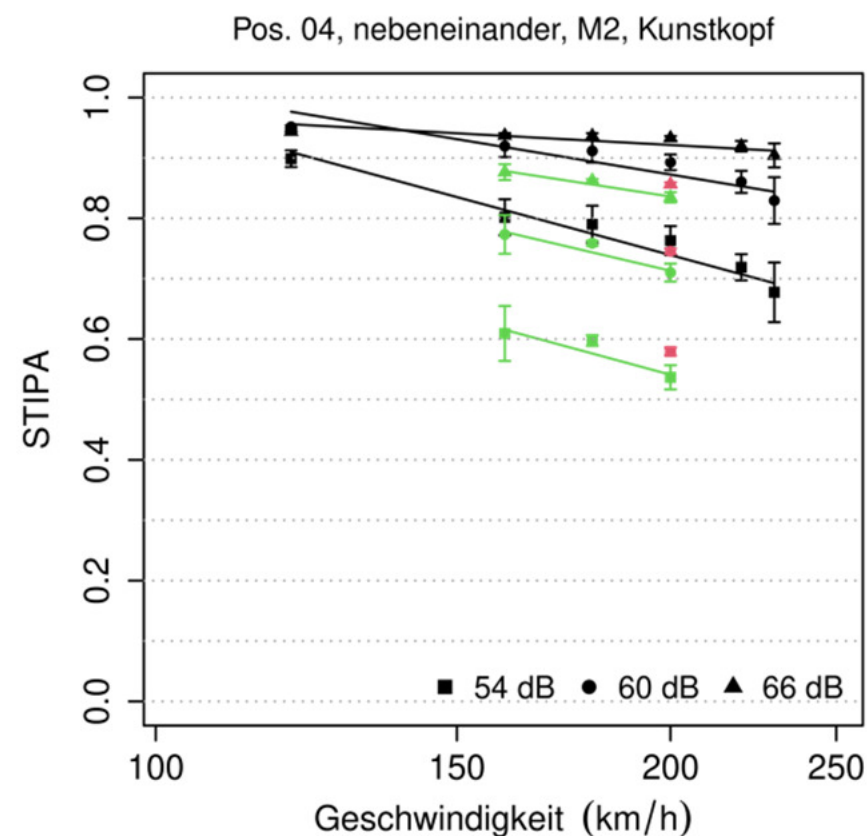
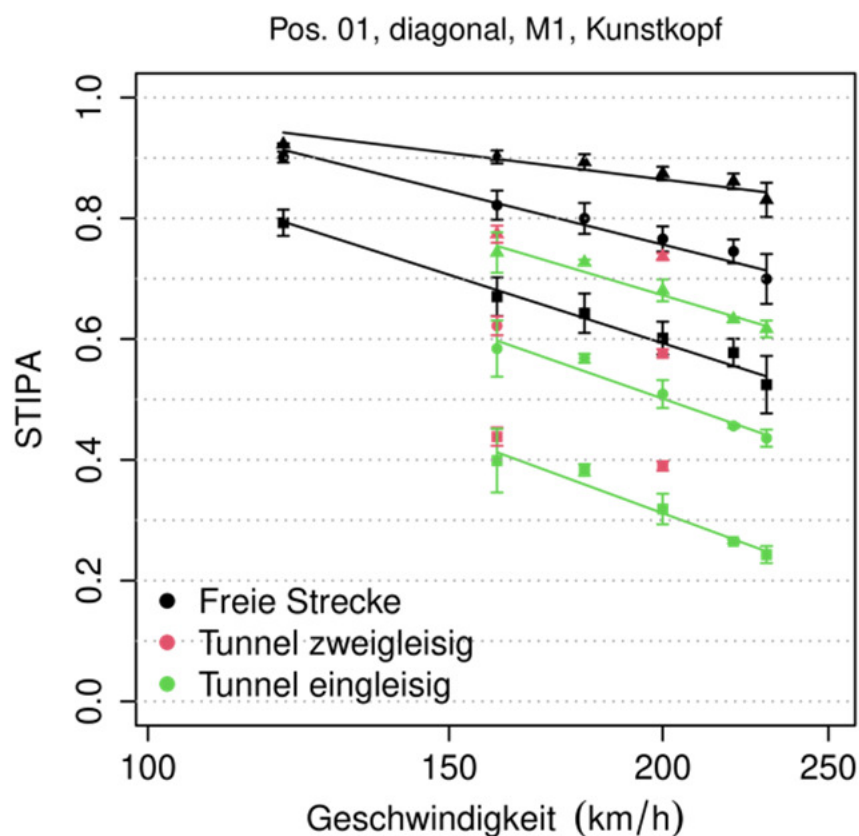
### STIPA-Berechnung durch Berücksichtigung von

- Empfangssignal der jeweils betrachteten Sprecher-Hörer Position und
- dem jeweils betrachteten Fahrgeräusch

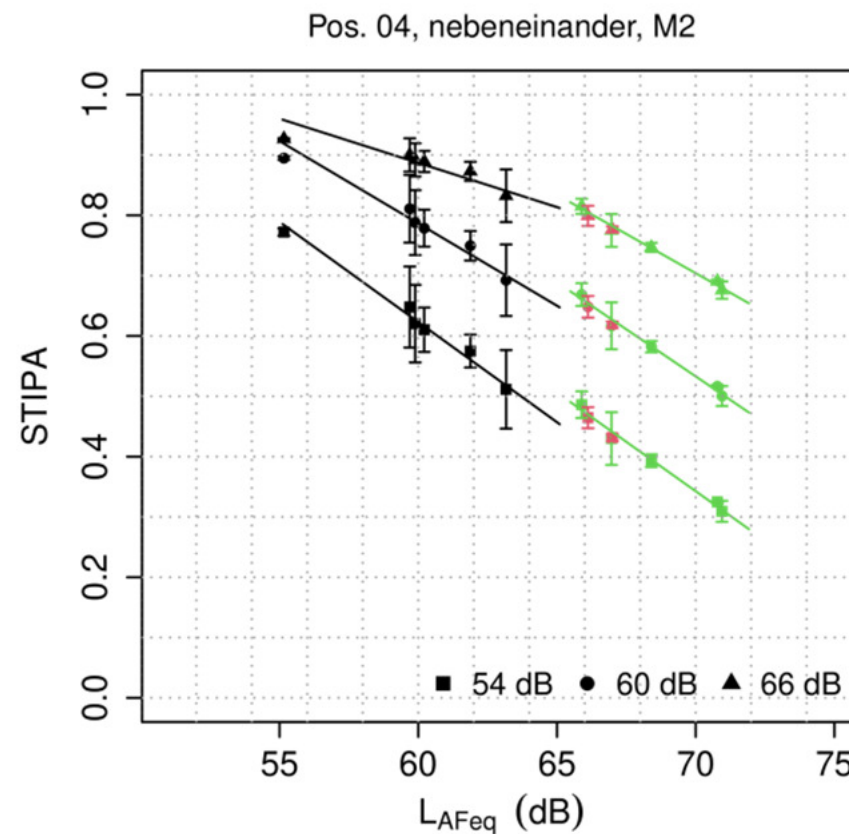
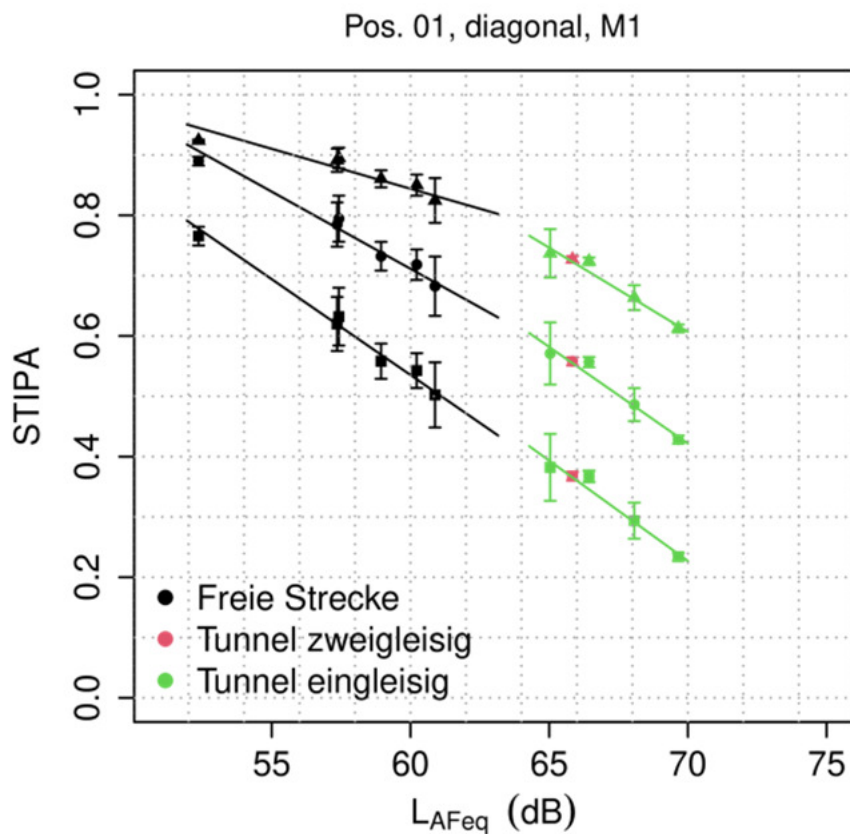
### STIPA vs. Fahrgeschwindigkeit - Mikrofone



### STIPA vs. Fahrgeschwindigkeit - Kunstkopf



### STIPA vs. Innenraumpegel $L_{AFeq}$





## Untersuchung der Sprachverständlichkeit mittels STIPA

- Fahrzeuginnengeräusch in Tunneln steigt gegenüber freier Strecke und mit Fahrgeschwindigkeit an
- führt zur Senkung der Sprachverständlichkeit ( $>$  Wahrnehmbarkeitsgrenze von 0,03)
- Variation der Sprechlautstärke zeigt hohen Einfluss auf STIPA
- gute Sprachverständlichkeit bis zu 230 km/h ( $STIPA \geq 0,5$ ) bei
  - benachbarten Sitzposition und
  - etwas erhöhter Sprechlautstärke
- in diagonal gegenüberliegende Sitzposition z.T.  $STIPA$  signifikant  $< 0,5$ 
  - komplexe Nachrichten schwer zu verstehen
- Lombard-Effekt stützt Annahme einer erhöhten Sprechlautstärke in Tunneln
  - auch wenn ÖNORM 60268-16 10 dB erwähnt, allgemein schwer zu quantifizierender Effekt

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**