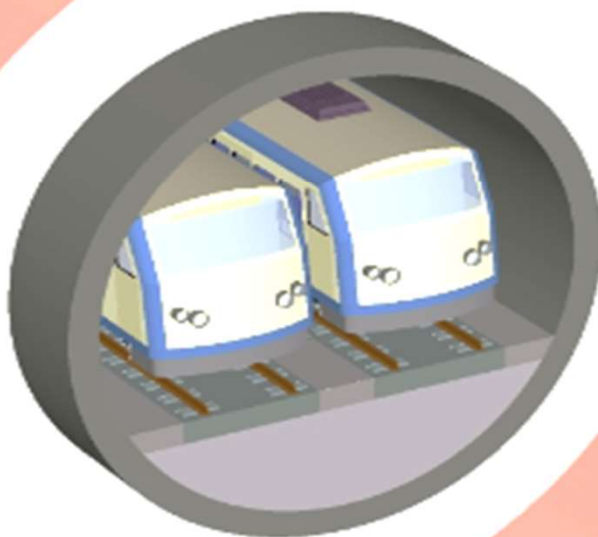


Sekundärluftschall – Messung und Beurteilung

Zum gegenwärtigen Stand der Normung



Dr.-Ing. Holger Molzberger

imb-dynamik GmbH

Ingenieurbüro für Erschütterungsschutz und Baudynamik

info@imb-dynamik.de

www.imb-dynamik.de

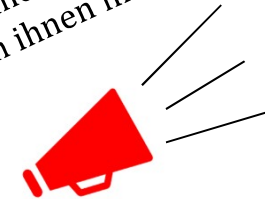
Überblick

imb-dynamik: Einleitende Worte

Teil I Messung - Prognose - Beurteilung

- Entstehung von Sekundärluftschall
- Unterschiedliche Verfahren
- Konsens – **Was wollen wir?**

Widmung Professor Harry Grundmann
„Wenn Gebäude schreien könnten an Stellen, an denen die berechneten Spannungen nicht stimmen, würde man es in ihnen nicht aushalten“



Teil II Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

- Baudynamik „Wenn Gebäude schreien könnten...“
- Baudynamik: Gegenimpedanz
- besondere Anwendungsbeispiele (Maßnahmen)

EL = Elast. Lagerung

Einleitung

imb-dynamik

Bausektor

Schienenverkehr

Industrie



Messe Innotrans Berlin



Einleitung

Sekundärluftschall – was ist das?

Abgrenzungen

- Erschütterungen / Vibrationen / Schwingungen / Körperschall
- Sekundärluftschall



Gleiche Entstehungs- und Übertragungsmechanik
Jedoch unterschiedliche Sinnesorgane

Erschütterungen oder sLS? Der Boden ist entscheidend!

- Im Ggs. zu Sekundärgeräuschen



durch Erschütterungen

Teil I: Messung – Prognose – Beurteilung

Sekundärluftschall Überblick

Messung

- Messung Direkt-Luftschall oft sehr schwierig
- Schwingung in einem abstrahlenden Körper /Bauteil
- Erschütterungsmessung (Freifeld, Gebäude)
 - Beschleunigungs-Sensoren
 - Geophone
 - Seismometer etc...
- Auswertung und Prognose des
progn. Sek.-Luftschalls (spektral oder L_{AF} / L_{Aeq})

Ziel: Schwingung in einem abstrahlenden
Körper /Bauteil erfassen



Teil I: Messung – Prognose – Beurteilung

Sekundärluftschall Überblick

Prognose

- Leitfaden DB AG
 - Gesamtkorrelation
Summenpegelverfahren
(Regressionsfunktionen)
 - Spektrale Korrelation
- Abstrahlbeziehung
 - „EMBE“ Verfahren
 - VDI 2038
 - etc.

Beurteilung

Für Schienenverkehrswege bislang kein verbindliches Regelwerk

- TA Lärm (6. AVV)
- Normen u. Richtlinien aus dem Schallschutz (Innenraumpegel z.B. VDI 2719 von 1987)
- Ggf. DIN 45 680 (nur niederfrequent)
- VDI 2038/3
- D-A-CH Raum, z.B. Schweiz SIA 181
Österreich S9012 (slow..) weiterhin internationale Normung
- Entwurf DIN 45672-3, Schwingungsmessung an Schienenverkehrswegen (Terz-Prognose ehem. VDI 3837)
- Teil 4 zu Sek.-LS in Aussicht

Teil I: Messung – Prognose – Beurteilung

Sekundärluftschall

Vorsicht

- Bis zu einem Abstand von **100m von Bahnstrecken** = imb-Empfehlung
- Vorsicht bei
 - Prognose im Sinn einer Modellierung (s. unten)
 - Verwendung typisierter „starrer“ Übertragungsfunktionen
 - v.a. bei niedrigen Pegeln, hohen Frequenzen, monofrequenter Anregung
 - Übertragung von Messergebnissen von Nachbargebäuden
 - Wahl des Verfahrens – bis zu 20 dB Unterschied!
- Aus der Praxis: Messung KWT-Cochem zeigt hohe Übereinstimmung von Abstrahlformel und LS-Messung (s. unten)

Teil I: Messung – Prognose – Beurteilung

Vergleich Leitfaden DB – EMBE Verfahren

Leitfaden DB

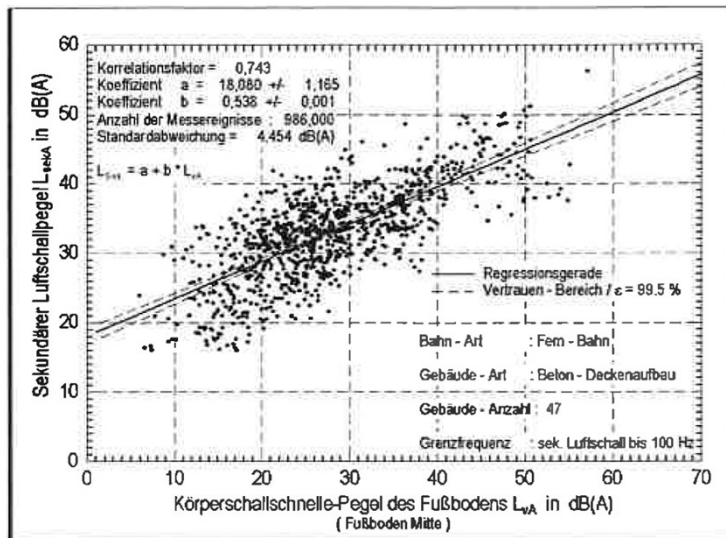
Gesamtkorrelation (Einzahlmethode)
spektrale Korrelationsmethode

- **Betondecken:**

$$L_{\text{sek,Zug,A}} = 15,75\text{dB(A)} + 0,60 \cdot L_{\text{v,Zug,A}} \quad [\text{dB(A)}] \quad \text{Gleichung 18}$$

- **Holzbalkendecken:**

$$L_{\text{sek,Zug,A}} = 19,88\text{dB(A)} + 0,47 \cdot L_{\text{v,Zug,A}} \quad [\text{dB(A)}] \quad \text{Gleichung 19}$$



„Abstrahlformel“ (EMBE, VDI2038)

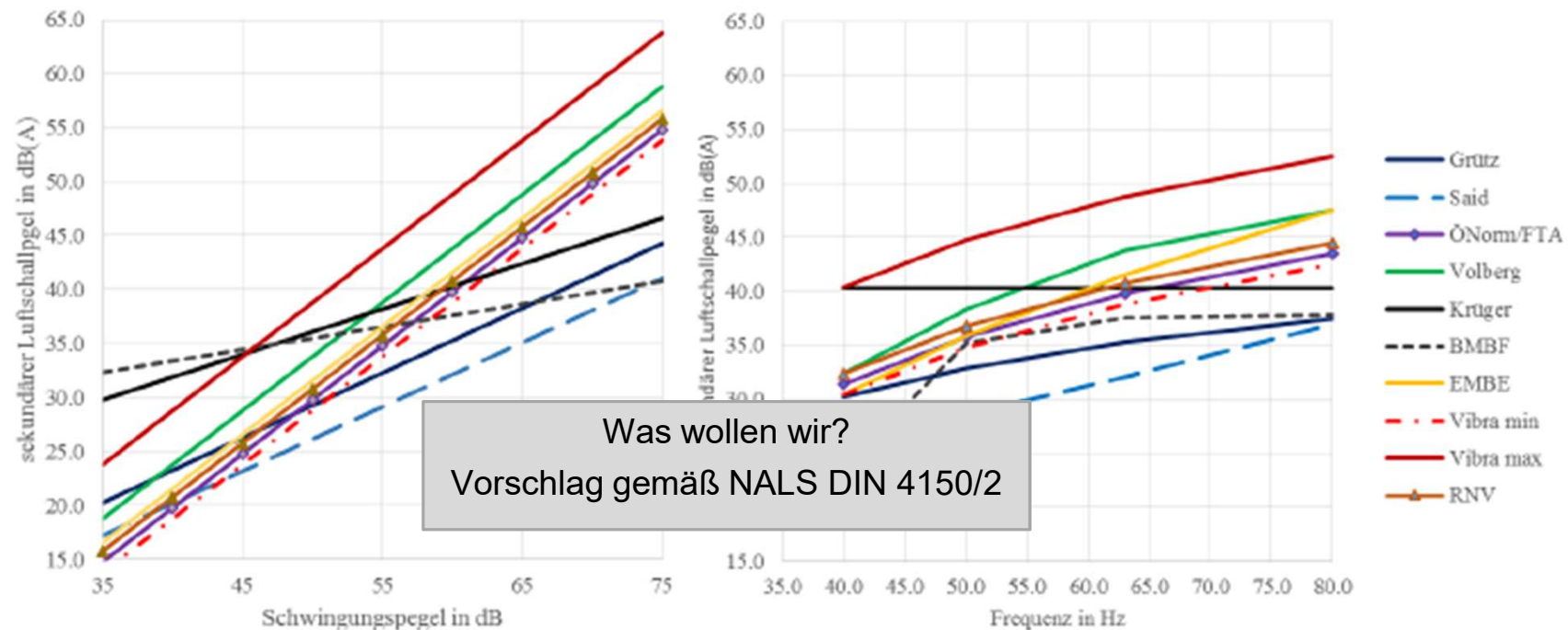
$$L_p = L_v + 10 \lg \left(\frac{4 \cdot S}{A} \right) + 10 \lg \sigma_s \approx L_v + 10 + 10 \lg \sigma_s \quad \text{in dB}$$

Abstrahlgrad
Anregende Fläche
u. Absorption
Schnellepegel (A-bew.)

Teil I: Messung – Prognose – Beurteilung

Vergleich Leitfaden DB – EMBE Verfahren et al.

Vergleich der Verfahren (von Fr. Dr. Appel):



Streuungen von bis zu 20 dB (!) – Vgl hiermit den sogn. „Vertrauensbereich“

Kommentar VDI 2038 zum Leitfaden: „Nur bei ausreichendem Abstand zur Grenzwerten“

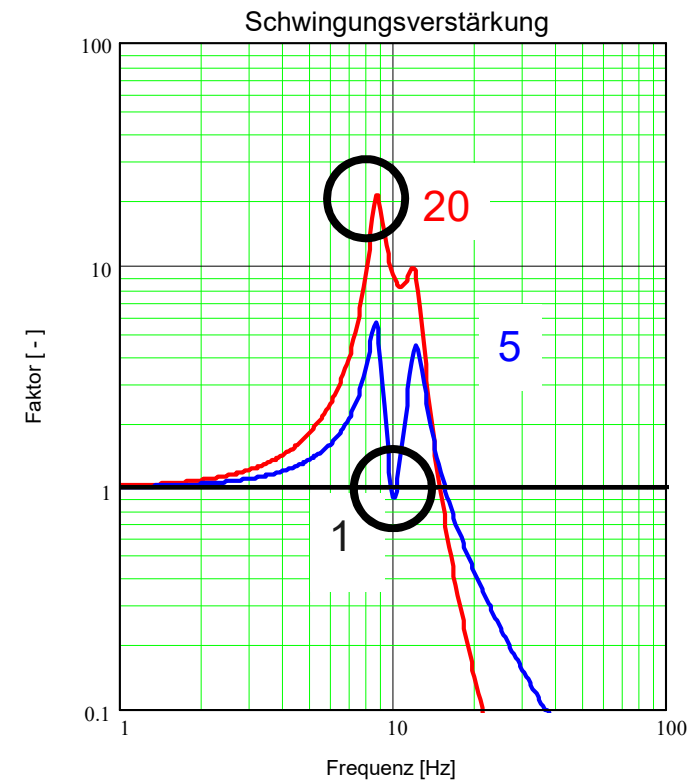
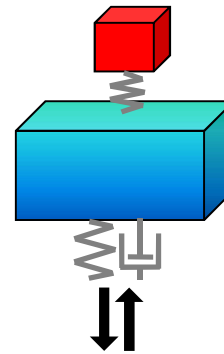
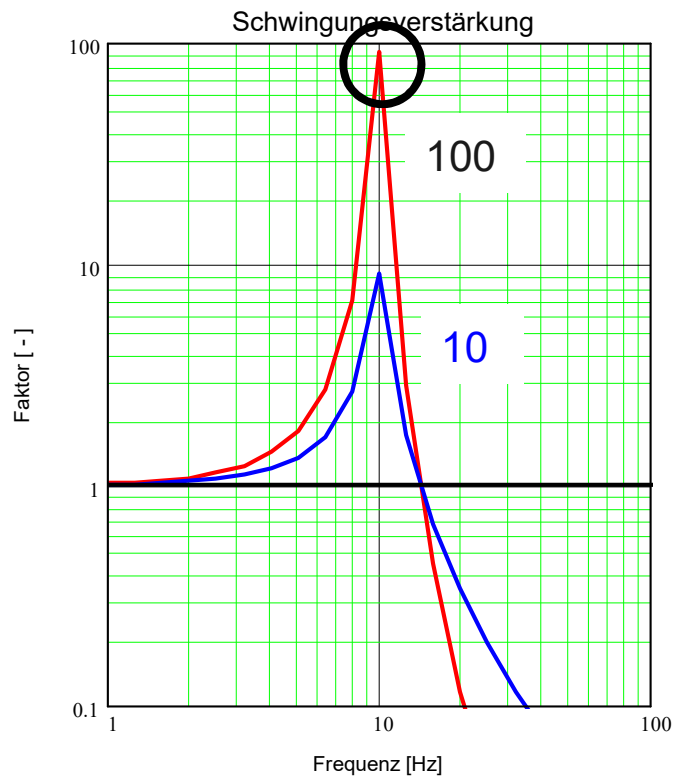


Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Übertragungsfunktionen – Modellierung mit Interaktion

Verfahren mit fixen Übertragungsfunktionen

„echte“ dynamische Berechnung



Medium Luft: Kompressionsmodul 1 Wert

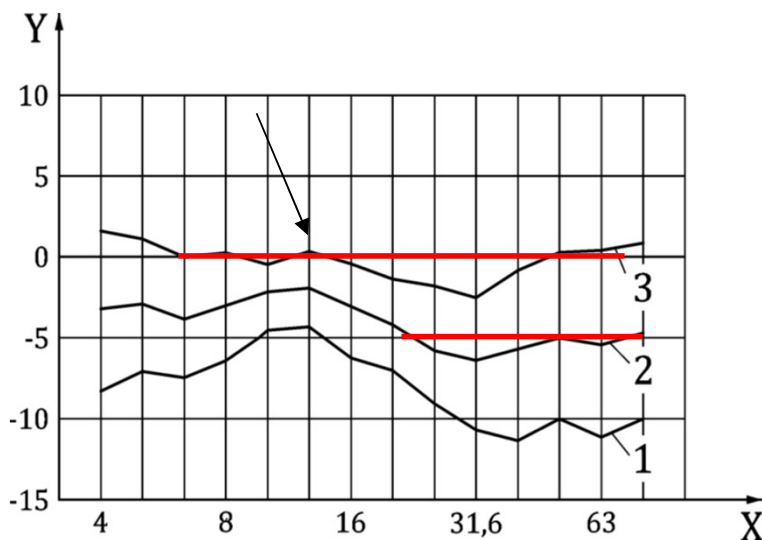
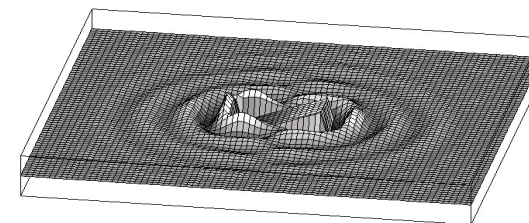
Medium Boden: 81 Werte im Tensor 4.O.

Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Übertragungsfunktionen – Modellierung mit Interaktion

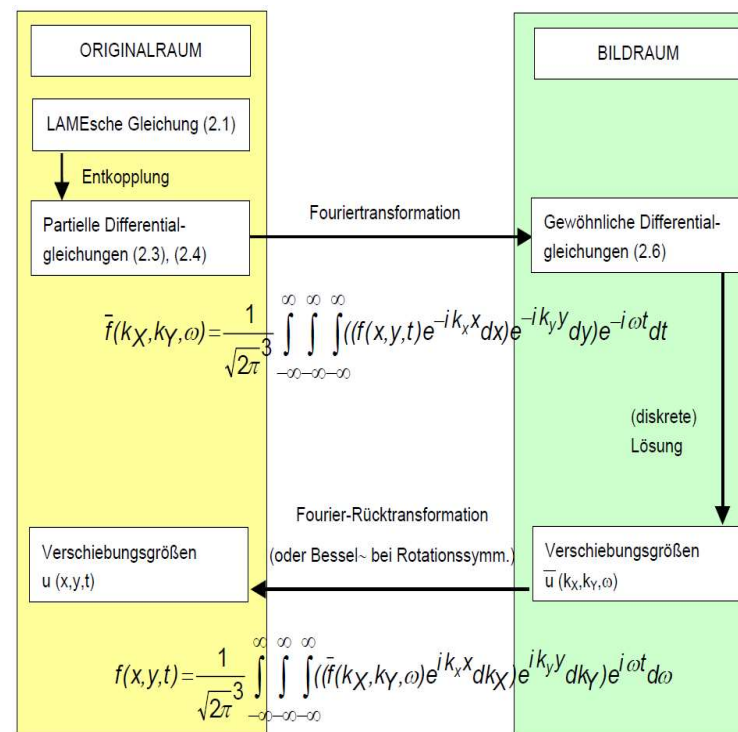
Bodenverhalten: Fixe Übertragung

Bodenmodell



Ist der Boden überall gleich? – München!

z.B. Haar – Sek.-Luftschall bis > 100m

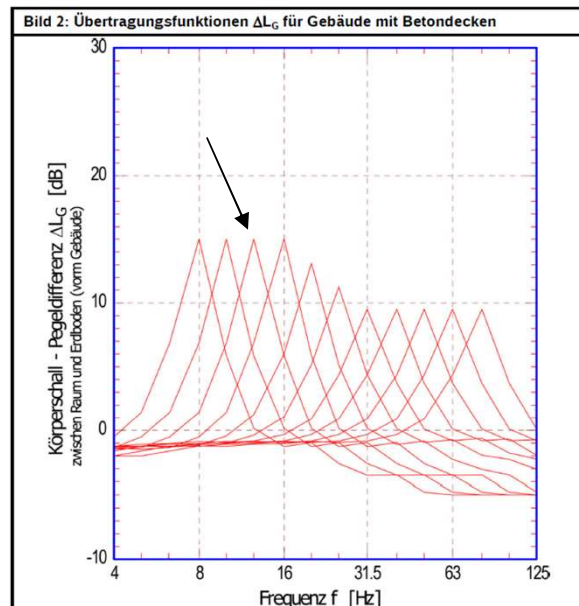


Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Übertragungsfunktionen – Modellierung mit Interaktion

DB AG: Leitfaden oder Leidfaden?

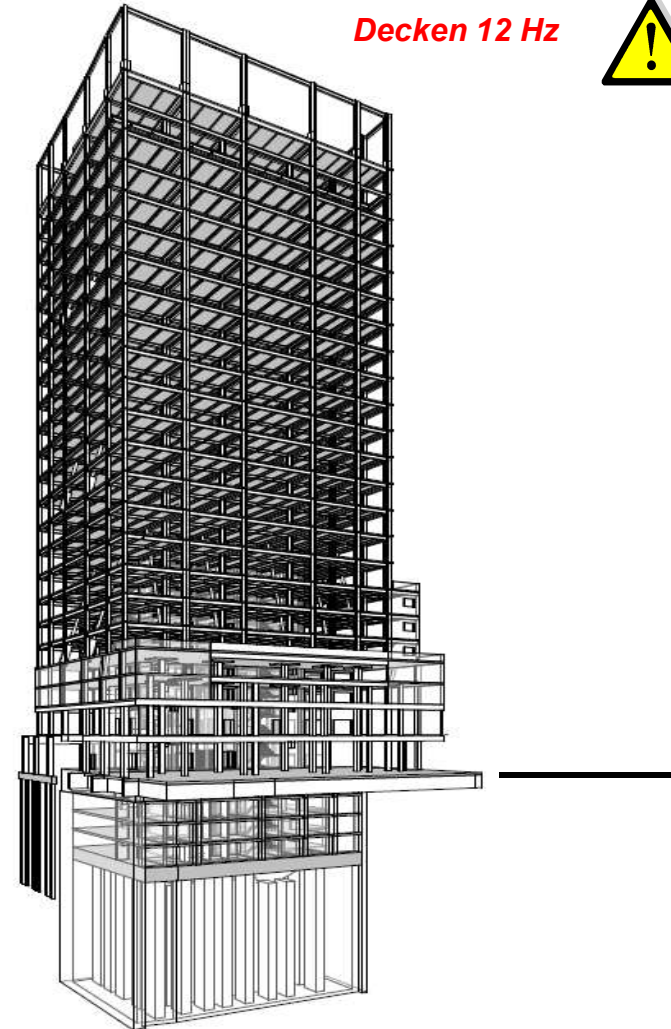
- (26) Zur praktischen Anwendung sind die spektralen Übertragungsfunktionen $\Delta L_G(f)$, die für alle Stockwerkshöhen gelten, in Abhängigkeit zur Deckenresonanzfrequenz f_r , zusätzlich tabellarisch angegeben (Tabelle 1).



Decke 12 Hz



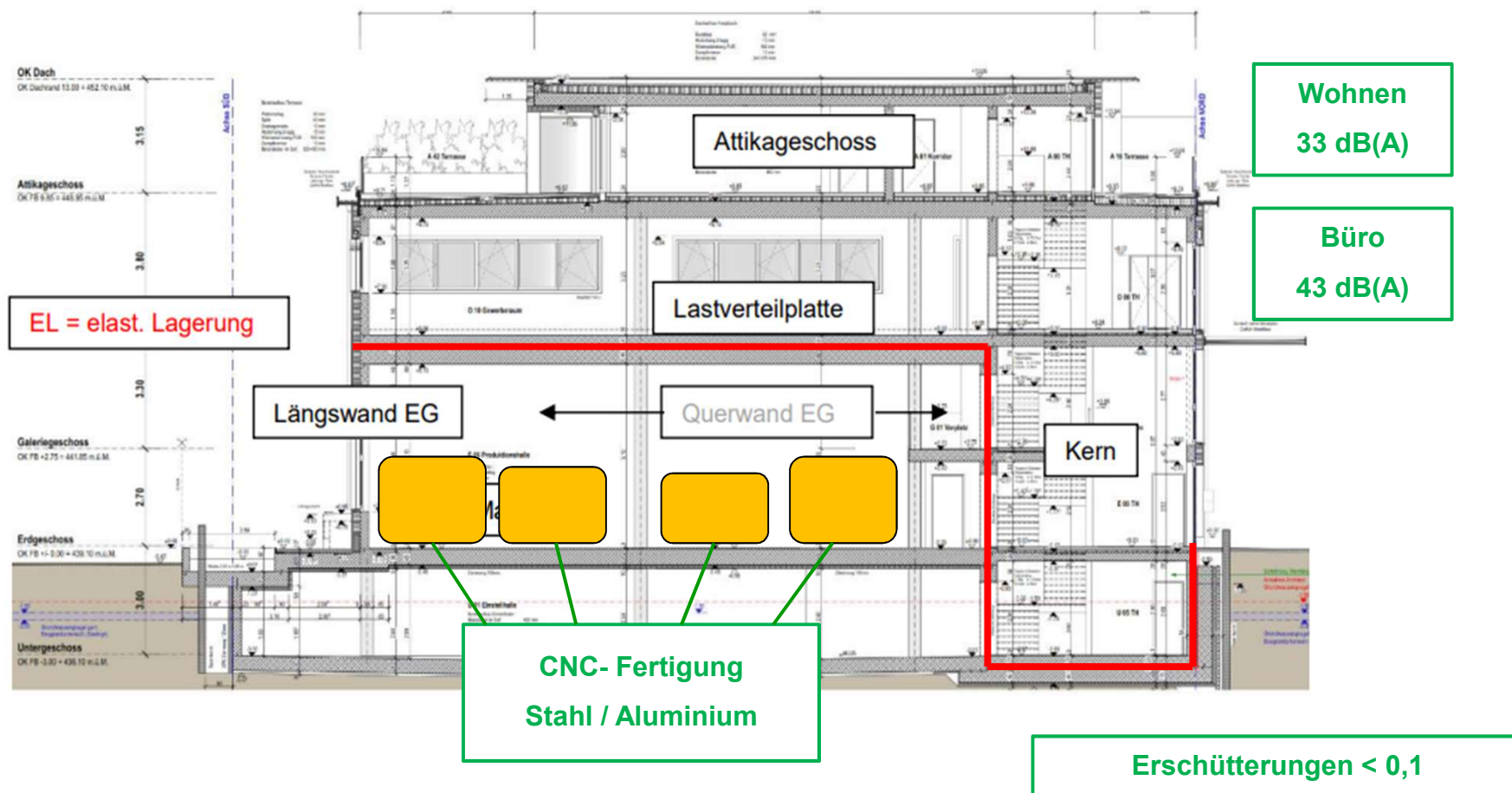
Decken 12 Hz



Jedoch: Die Bahn ist ein umweltfreundliches Transportmittel!

Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

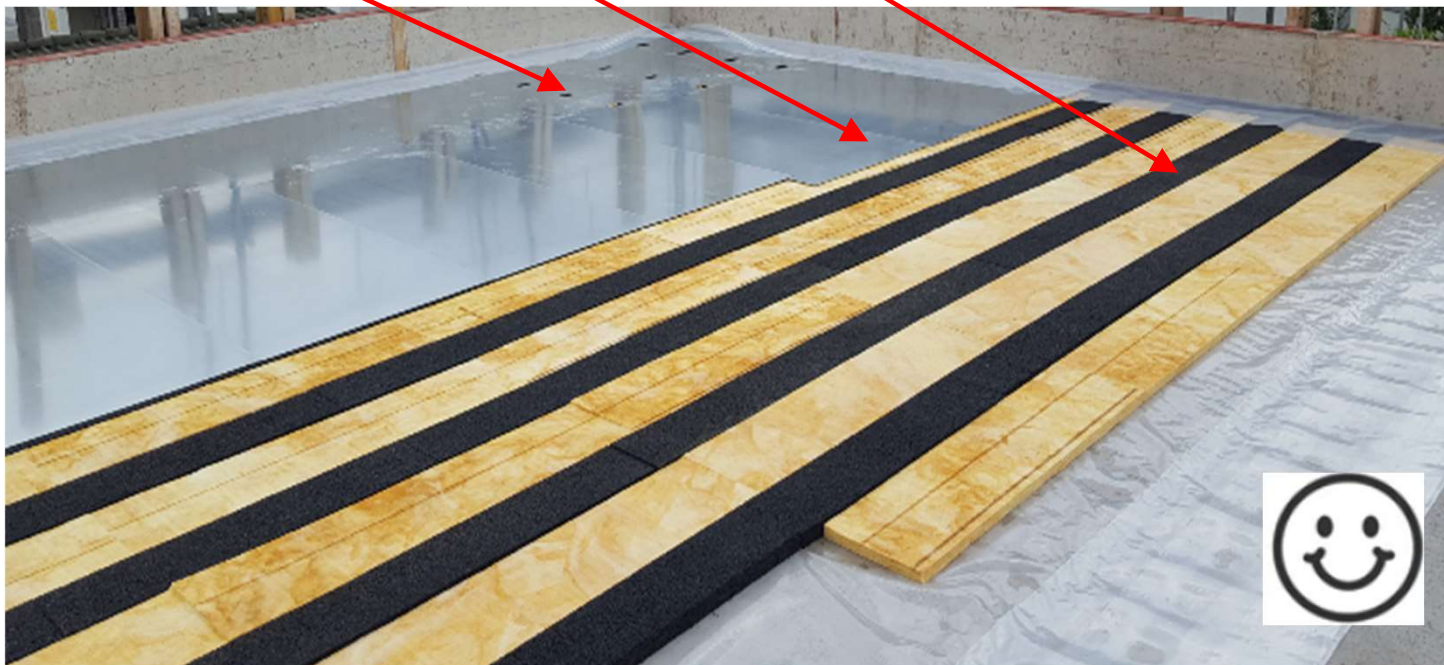
Fallbeispiel: Schwingungsquelle im Gebäude



Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

EL in perfekter Ausführung

- Gummigranulat – Mineralwolle
- Edelstahlabdeckung
- Schubnocken



Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Messungen

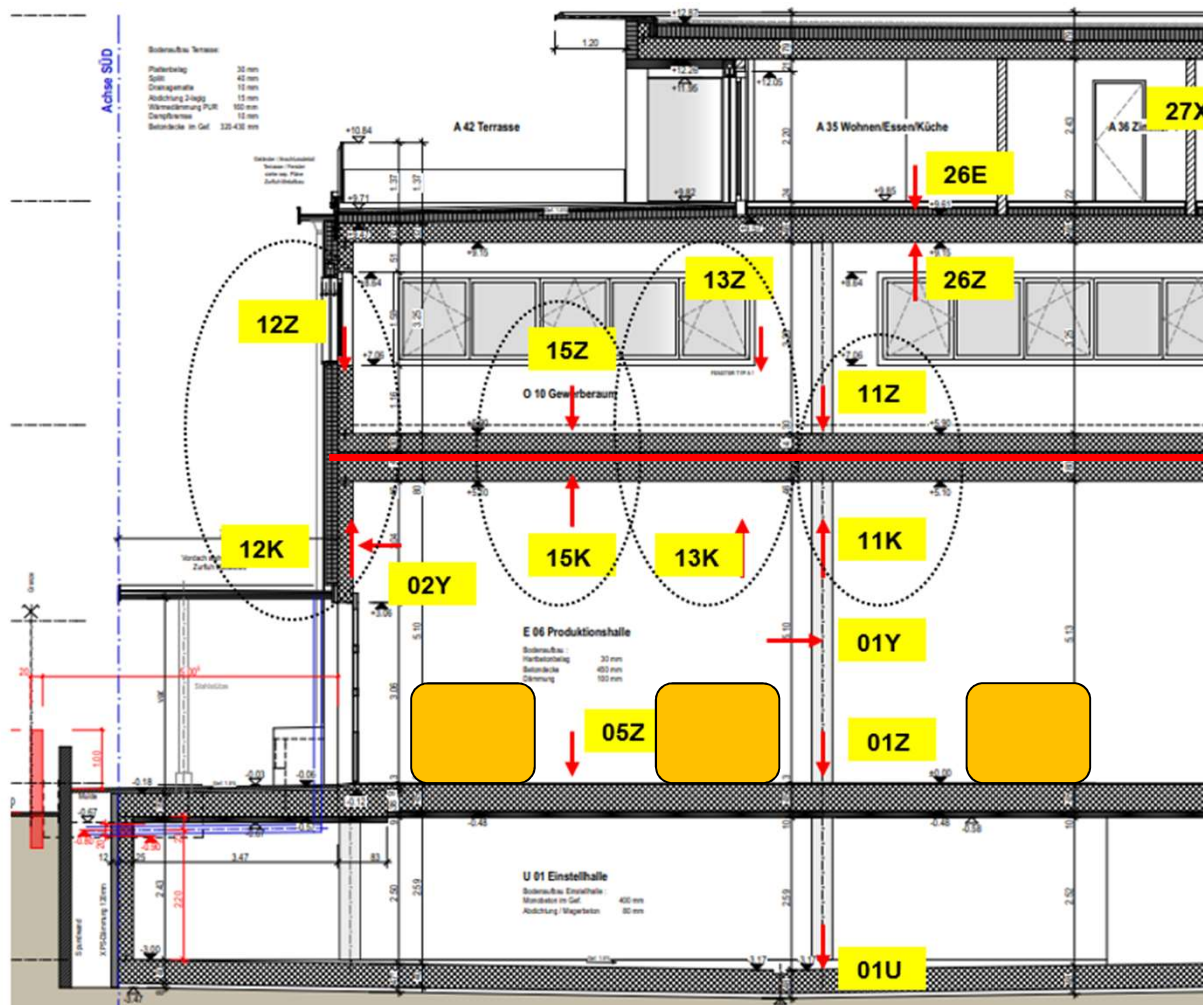
Von imb-dynamik durchgeführte Messkampagnen:

Messungen	Inhalt
1.OG (Büro) flächig	Abstrahlflächen detektieren
Wellenausbreitung	Biegewellen
Vertikalschnitt	Gesamtverhalten der Schwingungsübertragung
Gebäudekern	Bewertung des dortigen Schwingungsübertrages
Stützenmessung I	Maßnahme überprüfen
Stützenmessung II	Maßnahme überprüfen

Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Messungen

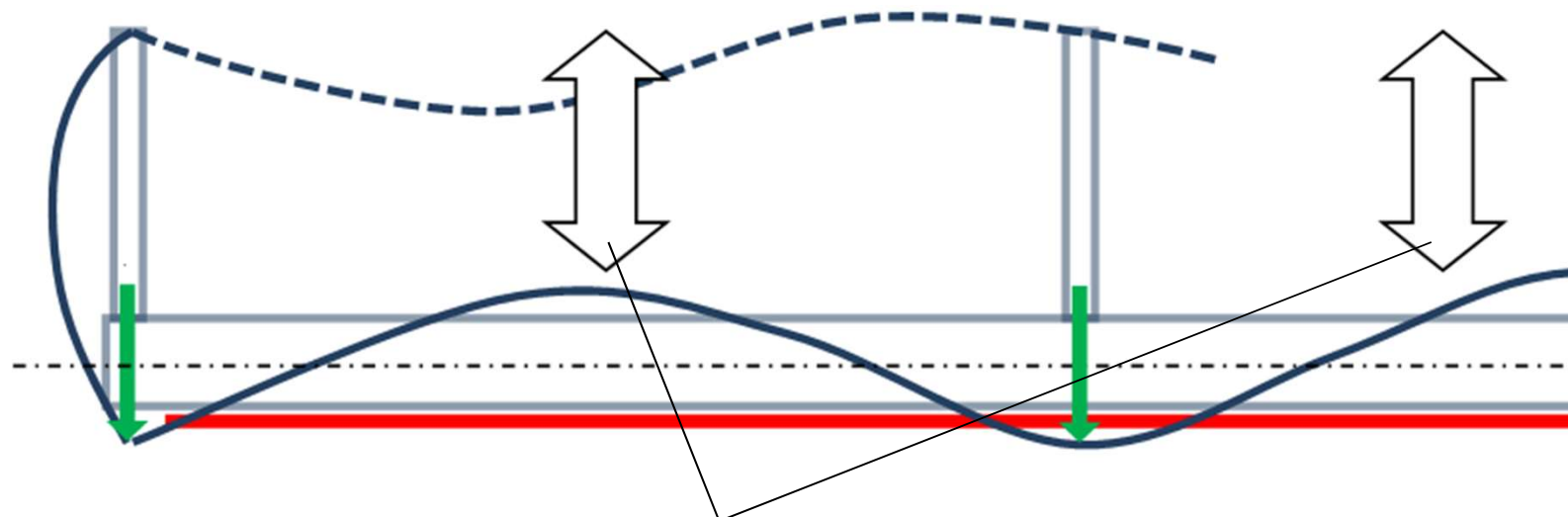
Vertikalschnitt



Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Wenn Gebäude schreien könnten...

Biegewellen – Entstehung



Vertikalanregung \approx Gewichtskraft

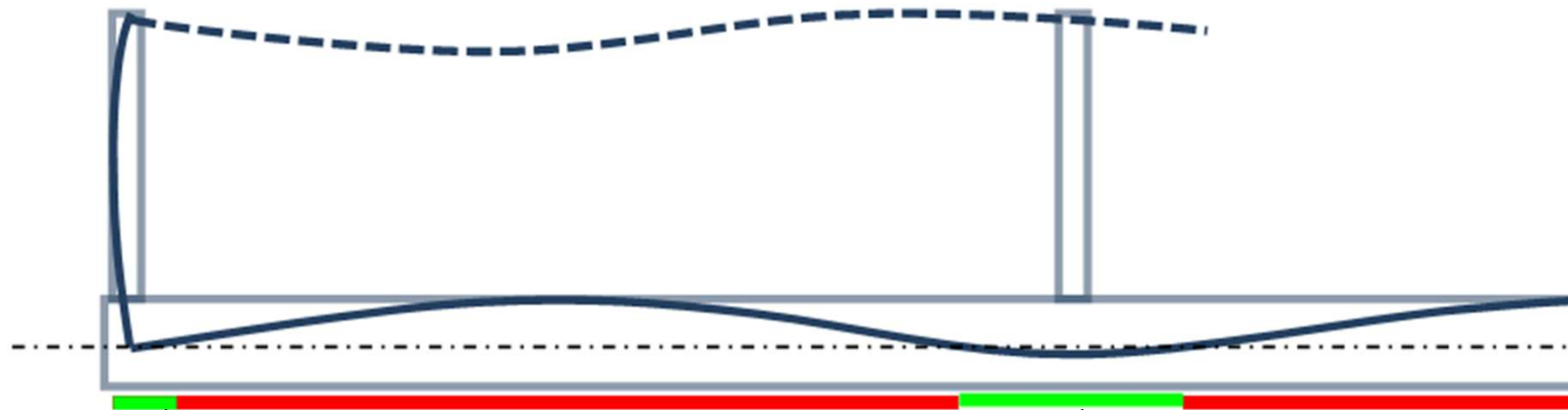
Analogie zur Statik



Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Wenn Gebäude schreien könnten...

Biegewellen – Entstehung - Verringerung



Angepasste Pressung

Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Wenn Gebäude schreien könnten...

Biegewellen – Nachweis im Übertragungsverhältnis

Stütze, zentriert

Fassade, nicht zentriert

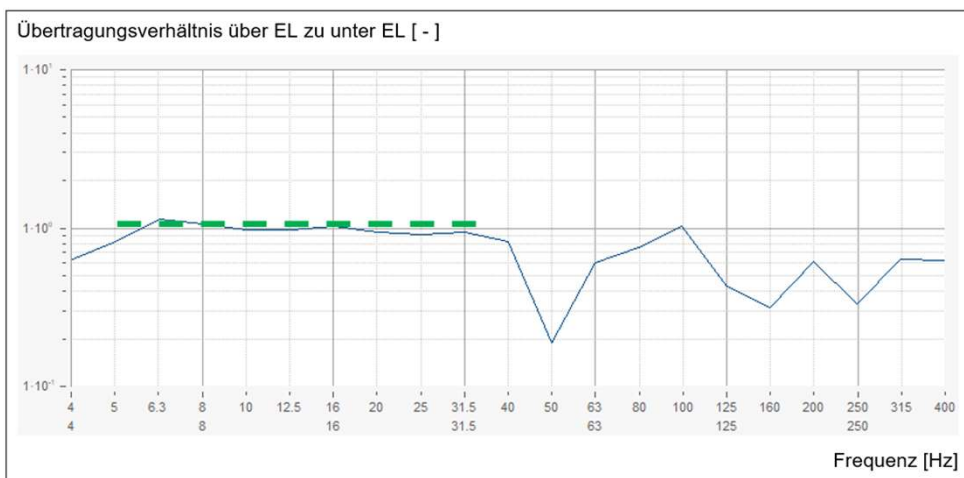


Bild 8: Quasistatische Balance: Faktor 1

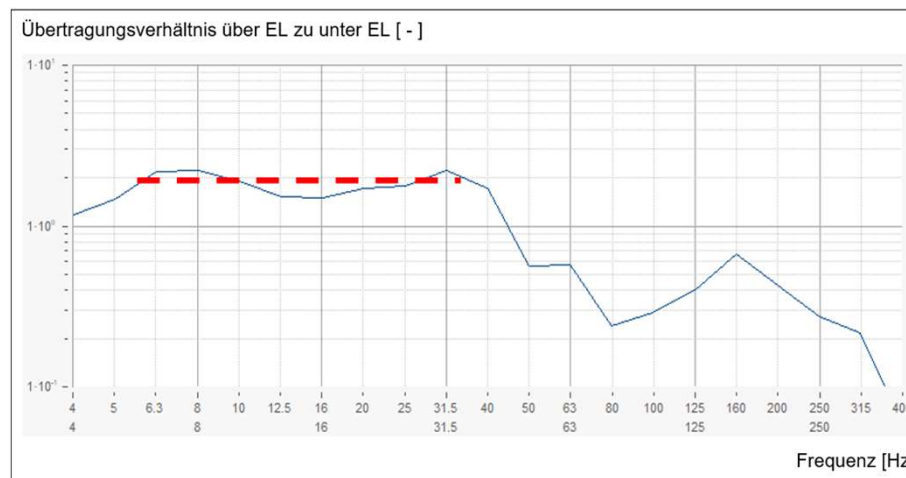


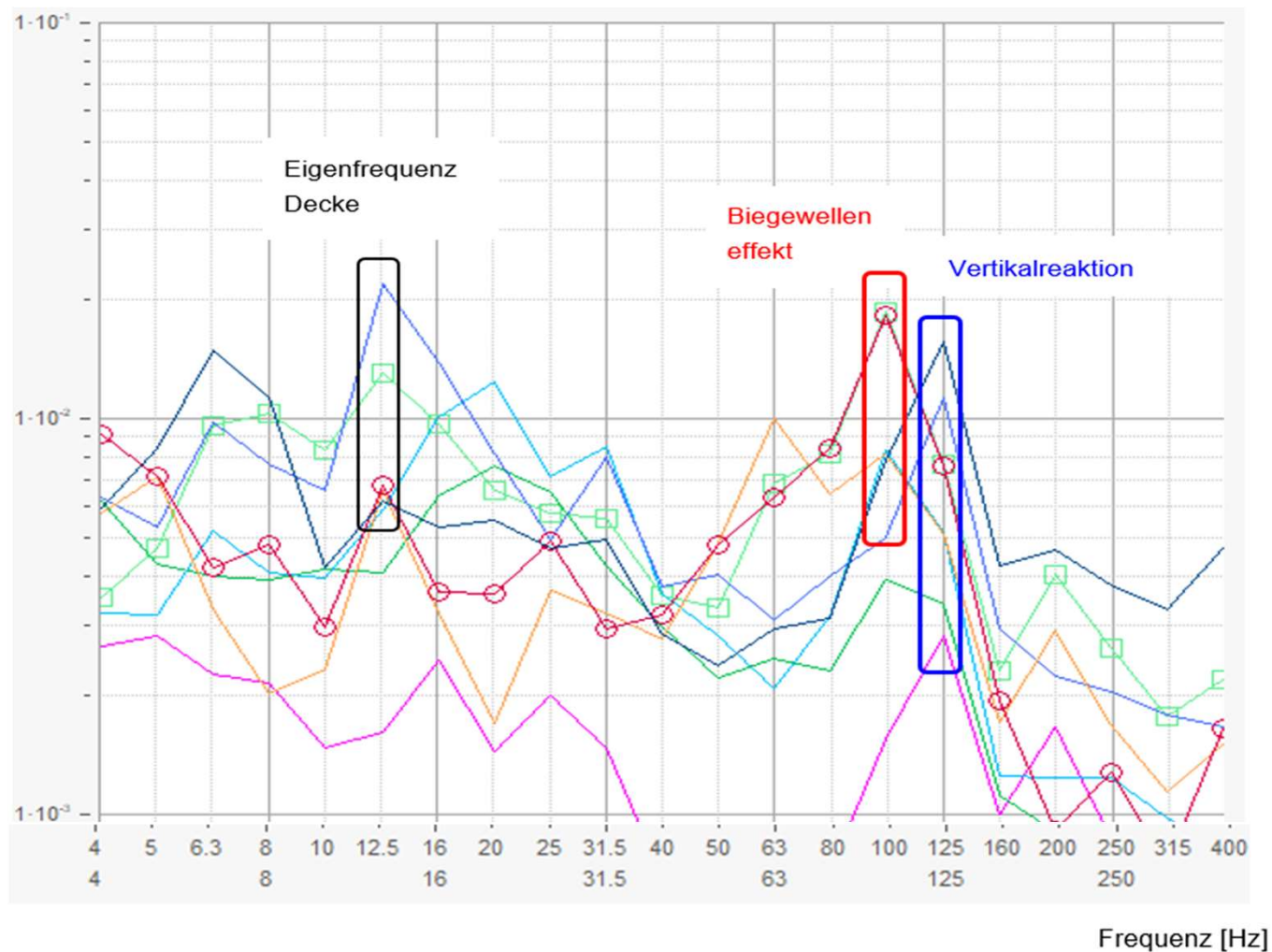
Bild 9: Quasistatische Balance: Faktor 2

Auswirkung: Eine Verdopplung der Amplituden \approx ca. + 6 dB

Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Messergebnisse

Biegewellen

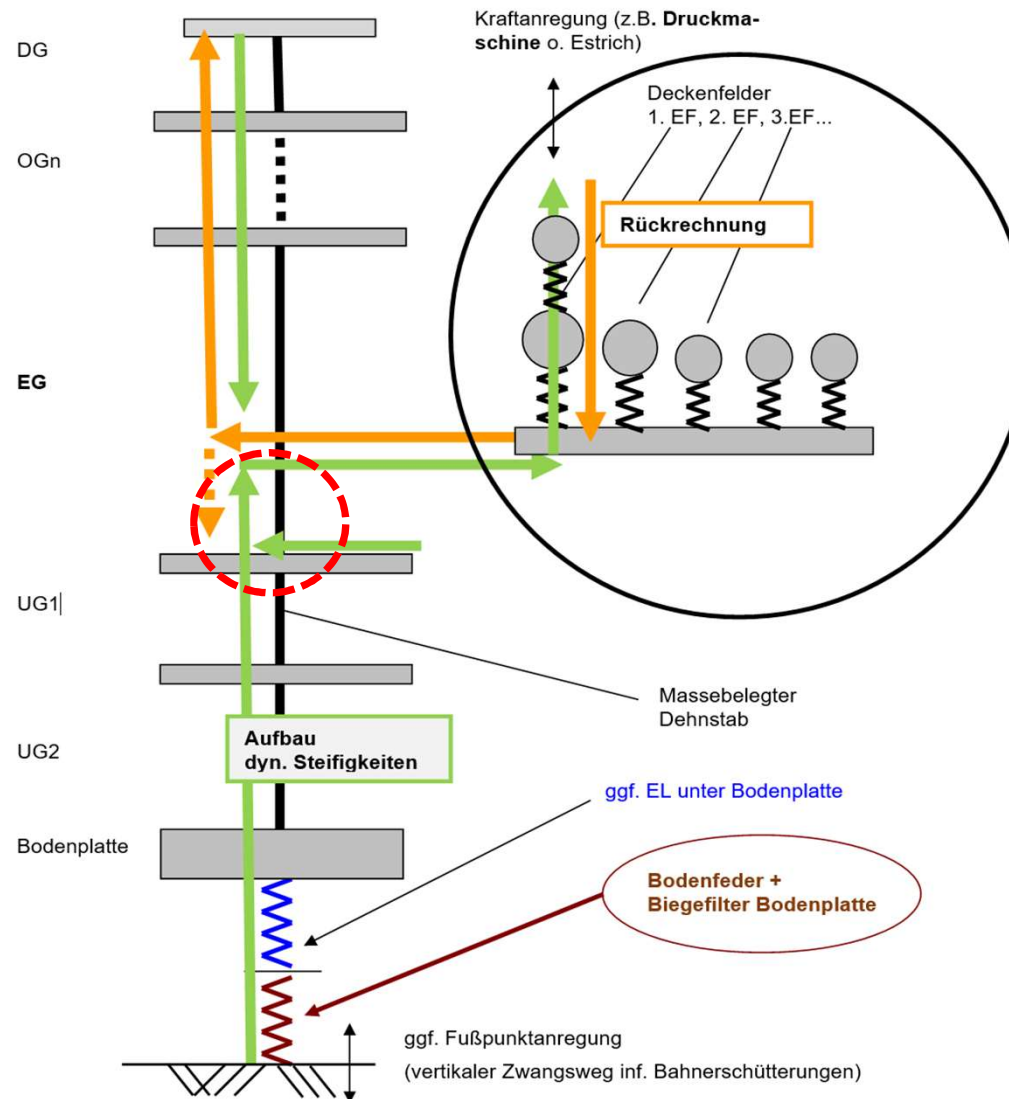


Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Modellierung mit iSEG

Prinzipieller Aufbau des Modells

- Erweiterung auf den Fall „Kraftanregung“
- Impedanzaufbau
- Rückrechnung der Ergebnisse
- „Centerpoint“



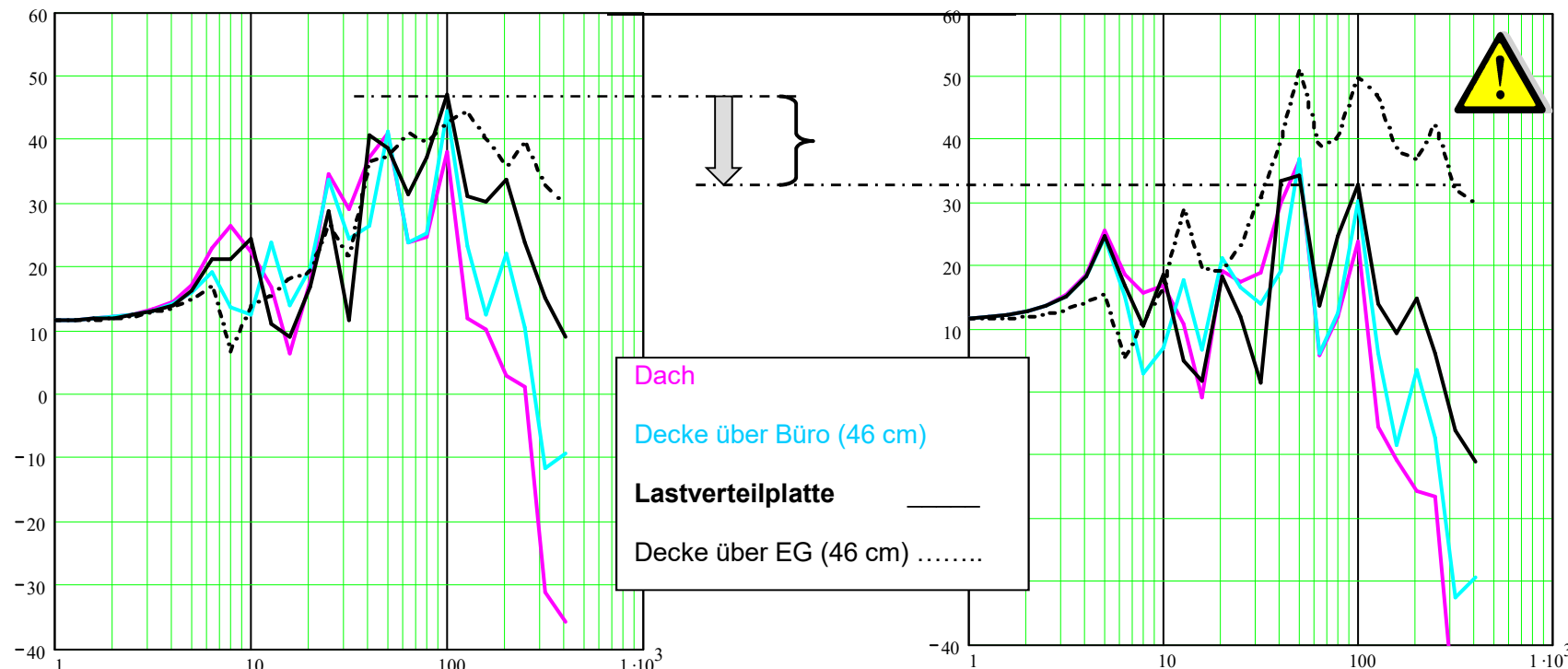
Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Gegenimpedanz (iSEG)

Modellierung iSEG

Sanierung mit Elastomerlagerung 7 Hz

Interaktion!



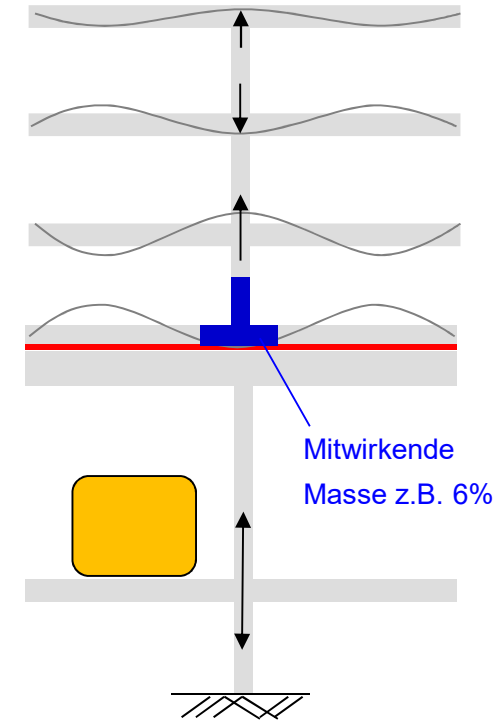
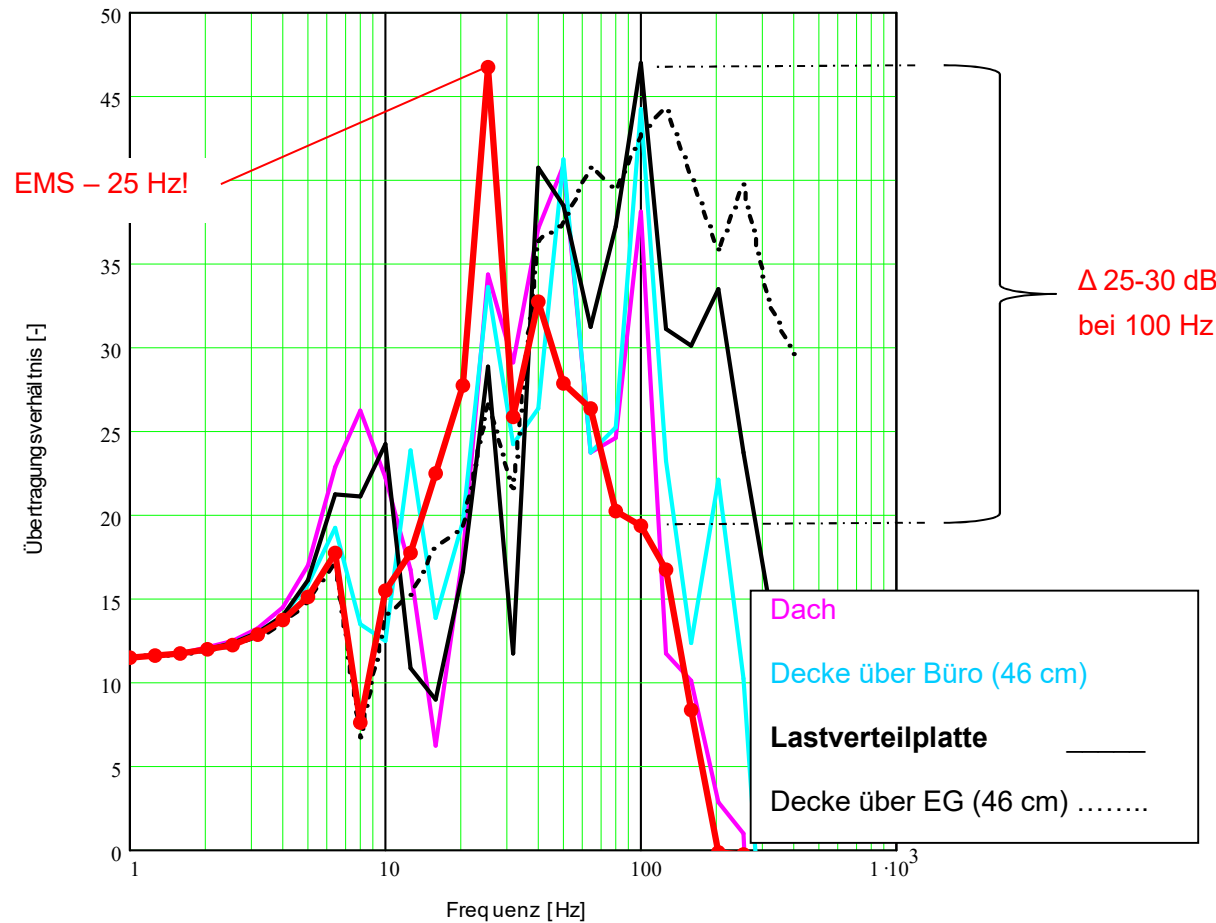
Gummigranulat, druckunabhängig

Elastomer, druckabhängig

Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Gegenimpedanz

Vergleich Modellierung iSEG - Einmassenschwinger



Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Maßnahmen

- 1.A Stützensteifigkeit UG ↑
- 1.B maschinenseitige Maßn.
- 2.A EL ersetzen
Wand- Brüstung- Stützen-
Bereich
- 2.B Deckenfeldbereich 1.OG
niederfrequenter Estrich
3. Kernfreischnitt, falls
noch erforderlich
4. betriebliche Einschränkng.
z.B. 2-Schicht Betrieb



Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Maßnahmen

Stützensteifigkeit im UG erhöhen (testweise ausgeführt)



Stützenversuch 1

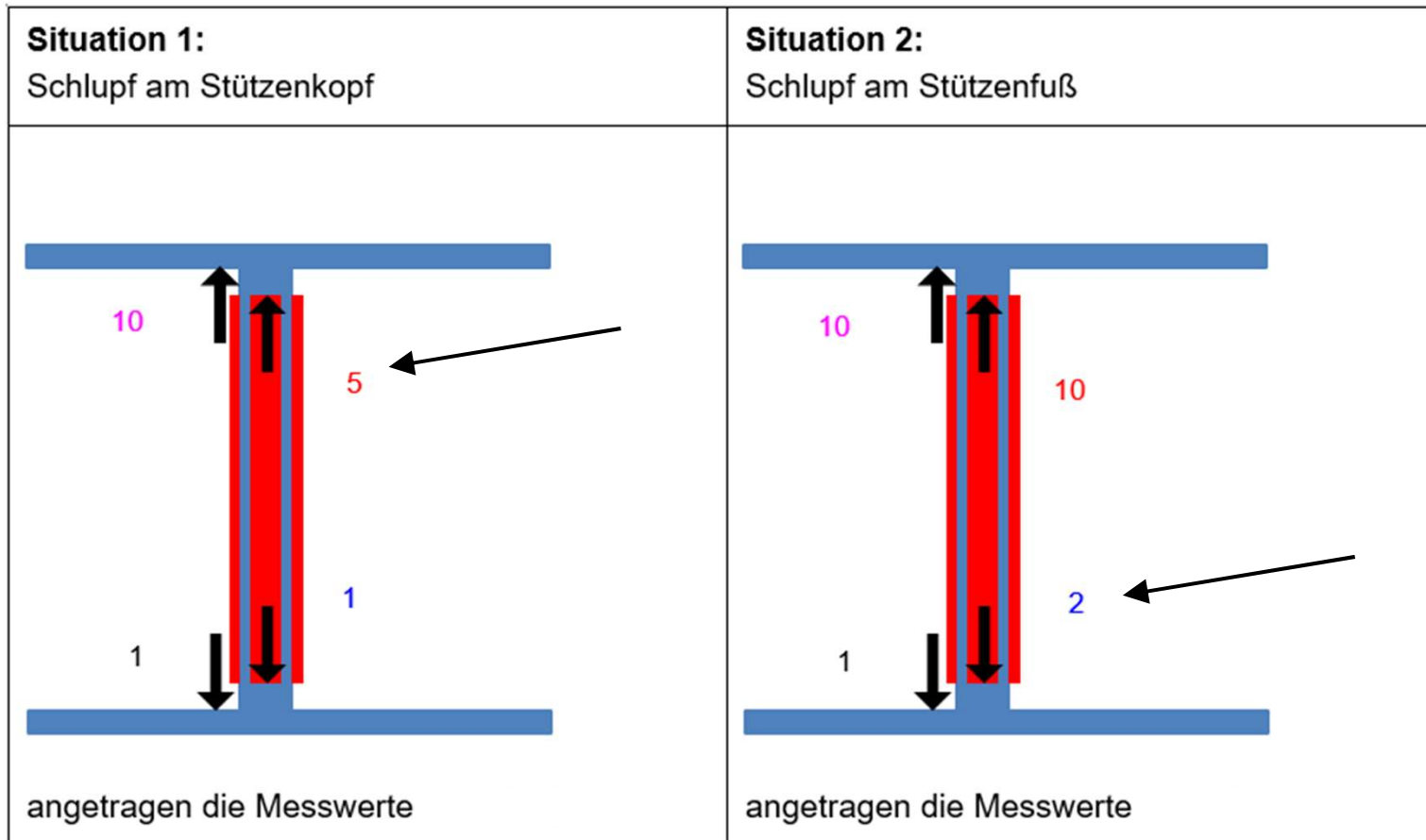


Stützenversuch 2

Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Maßnahmen

Stützensteifigkeit im UG erhöhen (testweise ausgeführt)

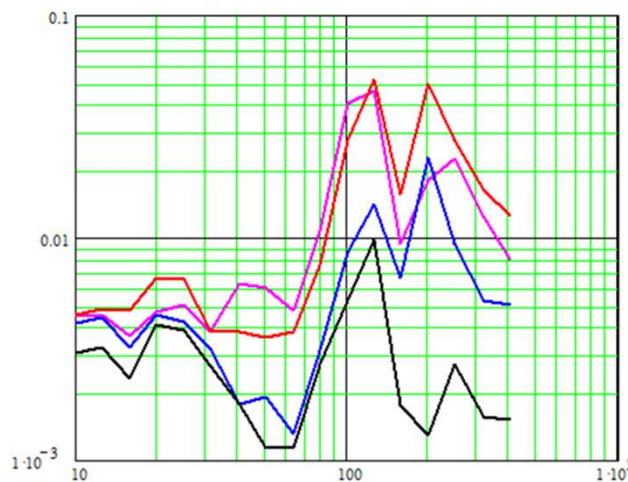


Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

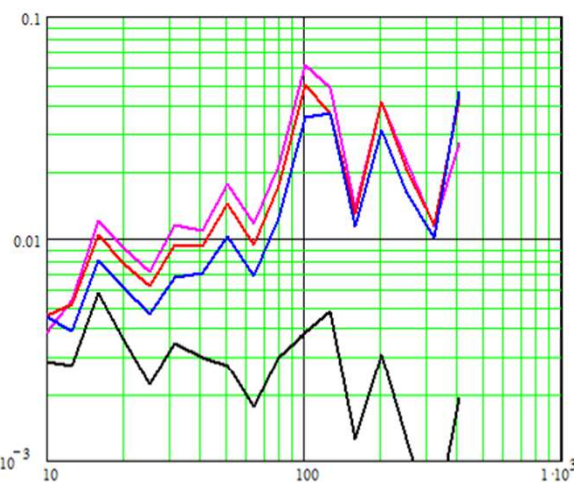
Maßnahmen

Exempl. Messergebnisse:

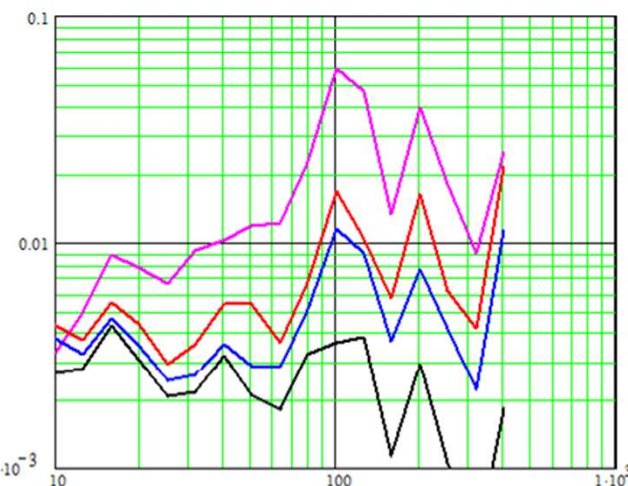
Verschiedene Fälle!



Guter Verbund



Stütze hängt

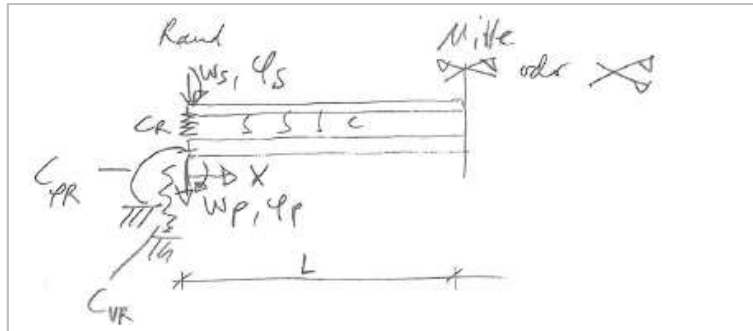


Kein Verbund

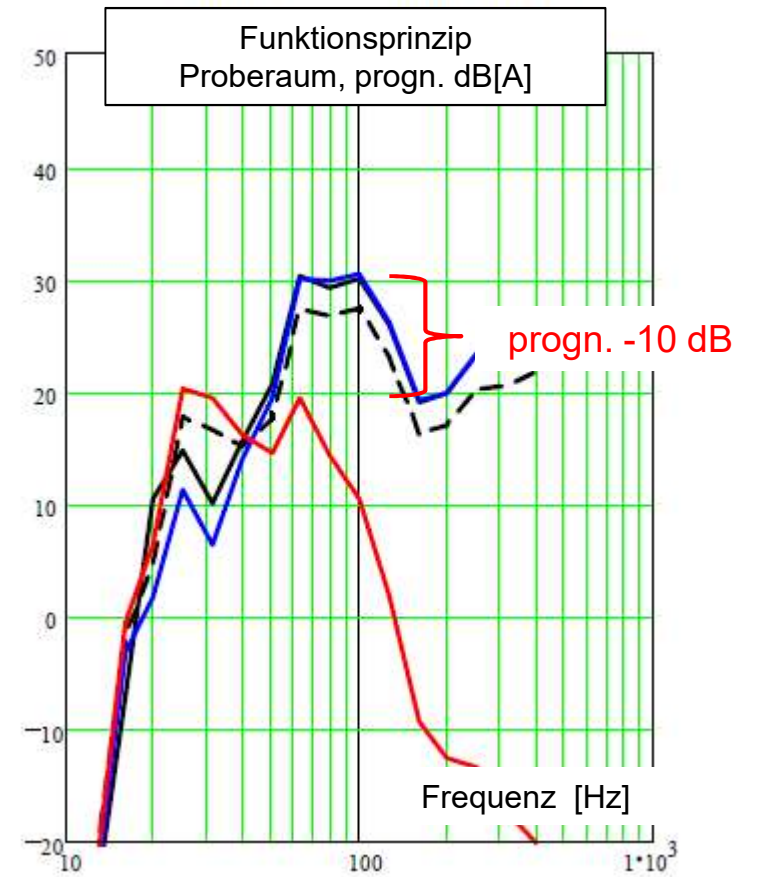
Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

Maßnahmen

Tiefabgestimmte Estriche – berechnet mit DGL-Modell 8. Ordnung



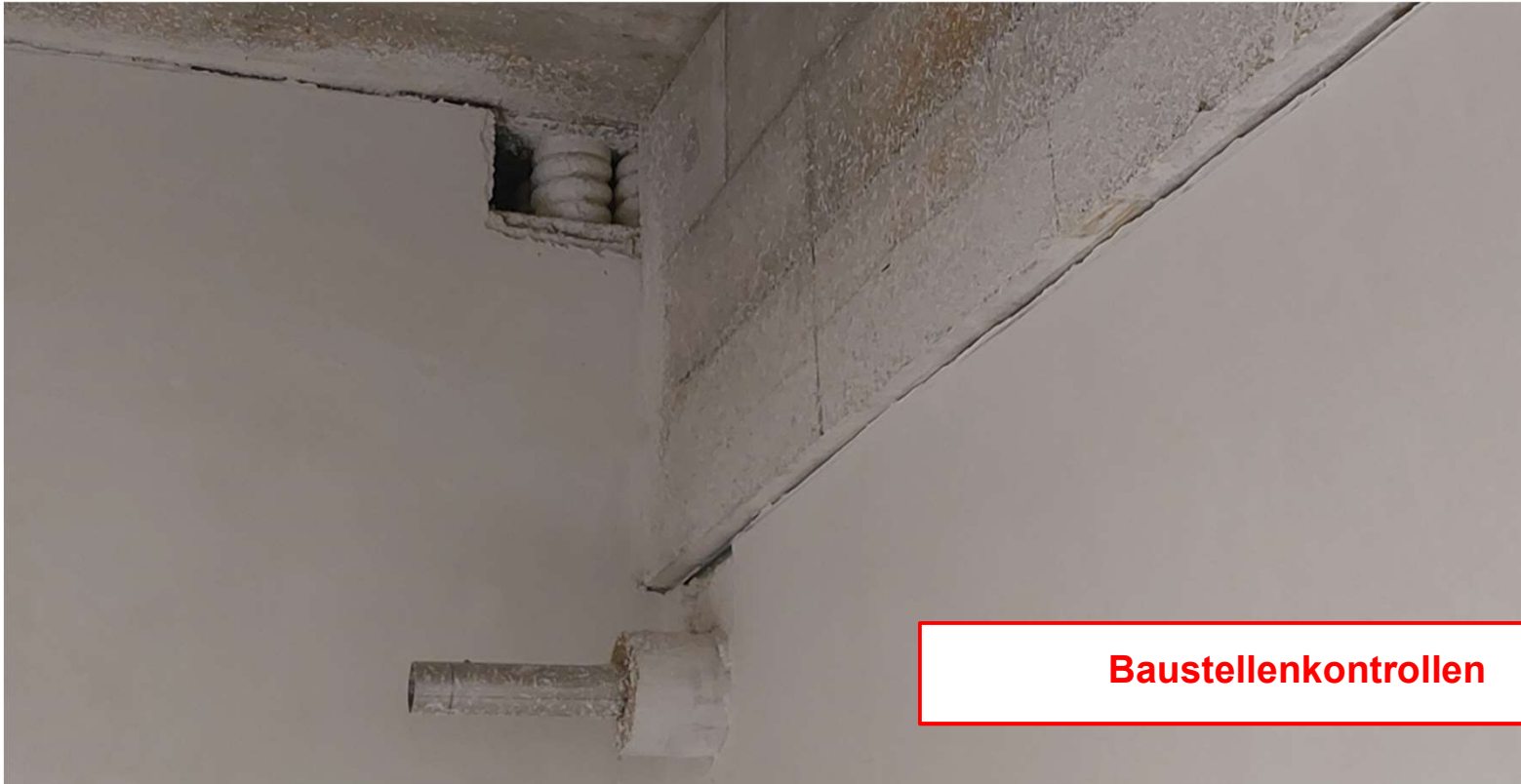
Achtung: Luftfeder!



Teil 2: Entstehungsmechanik – Hintergrundwissen

AUSFÜHRUNG

Punkto Sekundärluftschall ist die Ausführung noch wichtiger als im Erschütterungsschutz



Baustellenkontrollen

Fazit

Gesamteinschätzung

Bewertung

- Naturgemäß gegensätzliche Intentionen (DB AG – Anwohner)
- Schwarz-Weiß-Sicht wenig hilfreich:
Die Bahn als großer Erschütterungsverursacher in Deutschland ist umweltfreundliches Transportmittel!
- Vorschlag unterschiedlicher Bewertungsansätze
NICHT jedoch unterschiedlicher Prognosen (denn nur eine trifft. Alles Andere ist angreifbar)

Übertragungsmechanik, Modellbildung

- Rückwirkungsfreie Verfahren mit fixen Übertragungsfunktionen sind nur begrenzt geeignet



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**