



Materials Science & Technology

Reflexionen an Wald und Fels

Herbst-Tagung der Schweizerischen Gesellschaft
für Akustik

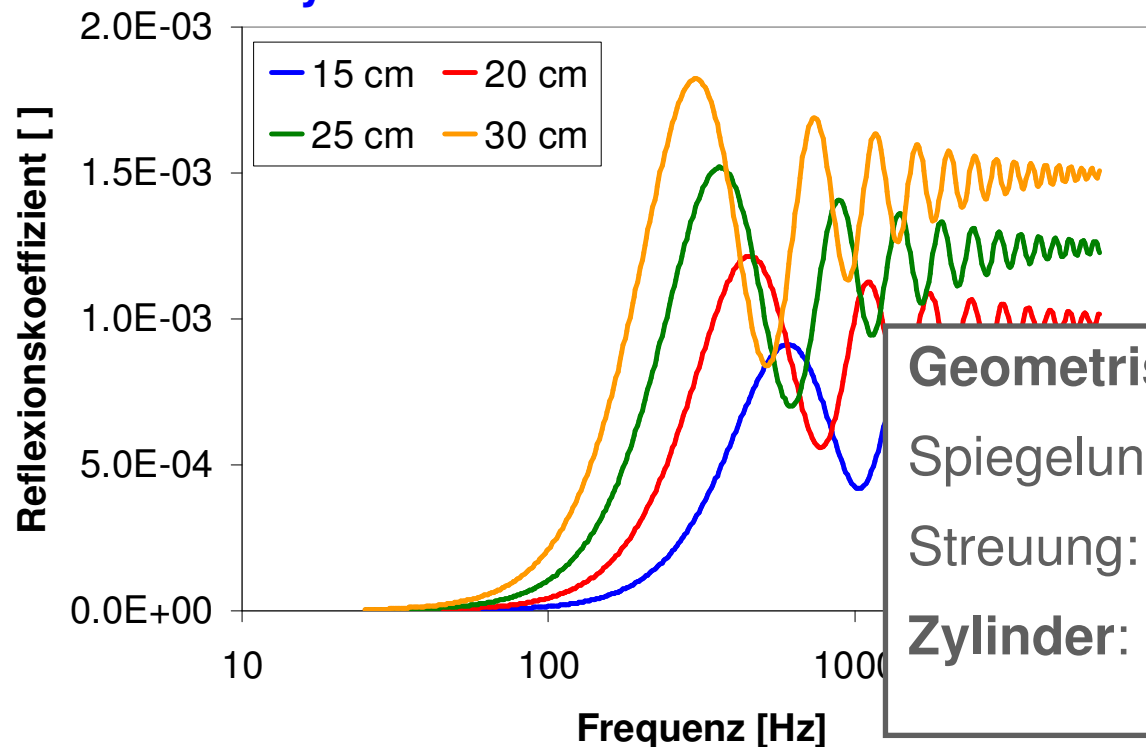
Empa Dübendorf, 5./6. November

Reflexion an einem einzelnen Baum

- Ein einzelner Baum kann als stehender Zylinder modelliert werden.

- Analytische Lösung:
$$\rho = \left[\sum_{m=0}^{\infty} \varepsilon_m \cos(m\phi) (-i)^m H_m^{(1)}(kr) \frac{J'_m(ka)}{H_m^{(1)'}(ka)} \right]^2$$

Zylinderdurchmesser a



$$\rho \sim \frac{1}{r}$$

Geometrische Dämpfung:

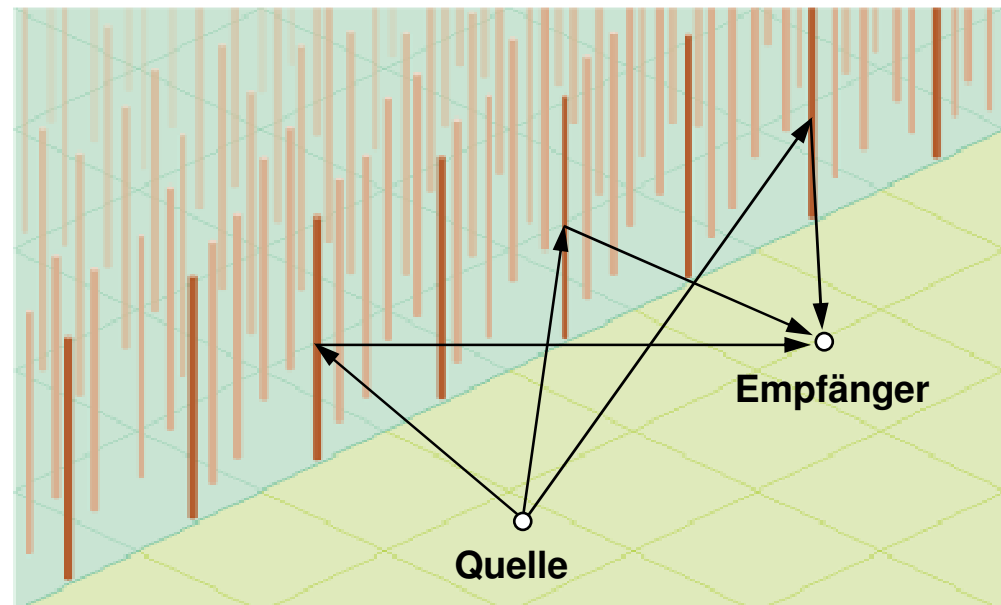
Spiegelung: $20 \cdot \log[r_Q + r_E]$

Streuung: $20 \cdot \log[r_Q] + 20 \cdot \log[r_E]$

Zylinder: $20 \cdot \log[r_Q + r_E] + 10 \cdot \log[\text{Min}(r_Q, r_E)]$

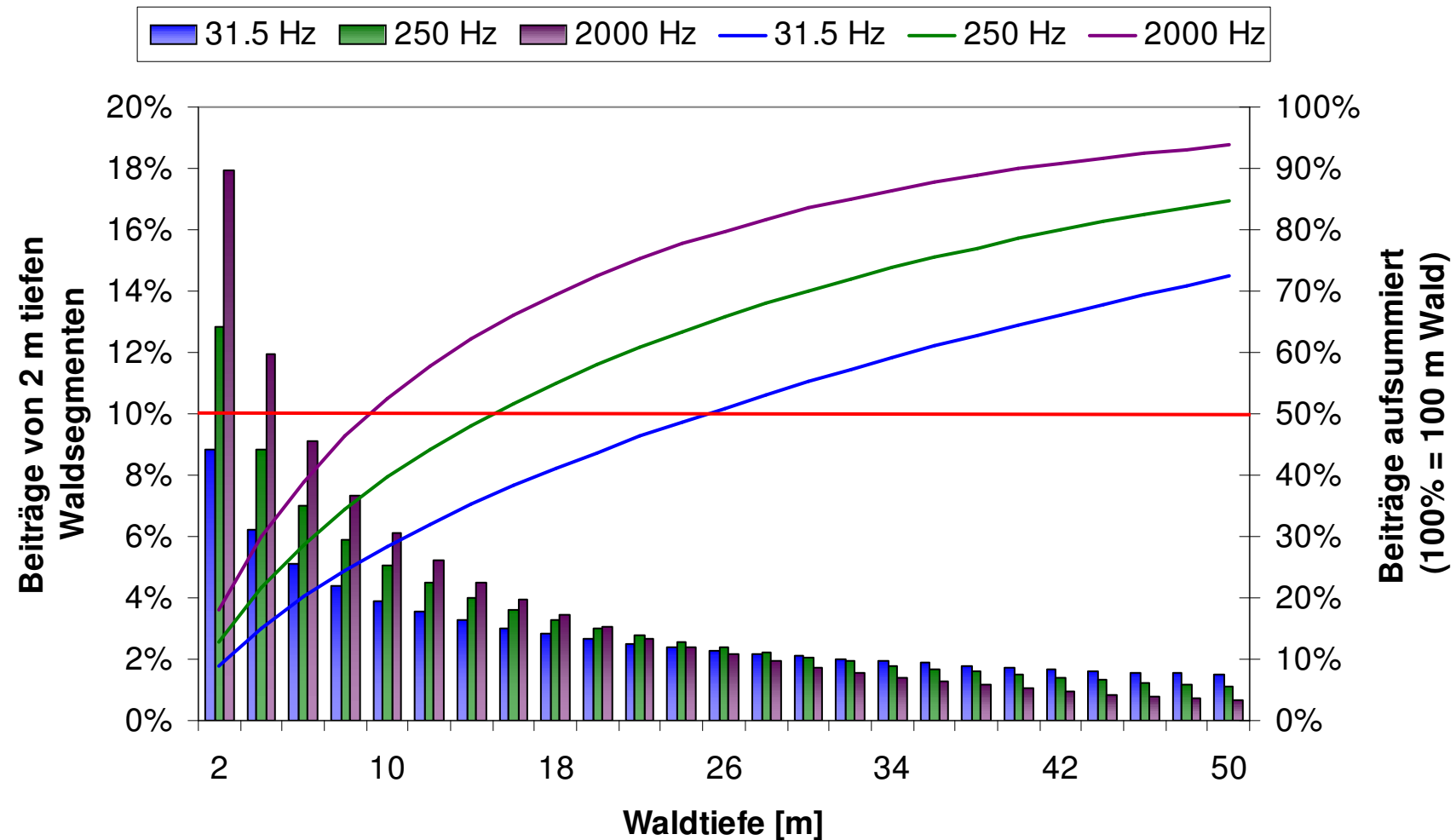
Reflexion an einem gesamten Wald

- Ausbreitungsrechnung für jede Kombination Quelle-Zylinder-Empfänger
- Ausbreitung im Wald zusätzlich A_{fol} gemäss ISO 9613-2
- Gesamte Waldreflexion als energetische Überlagerung der Beiträge der einzelnen Zylinder
- Rechenzeitoptimierungen
 - Nur Zylinder am Rand
 - Segmentierung (25 m)
 - Keine Hinderniswirkung, nur Sichtbarkeitskontrolle
 - Tabellierter Bodeneffekt
 - Look-up-table für ρ



Repräsentative Anzahl Bäume

→ Bestimmung in Funktion von Geometrie und Frequenz



Korrekturen und Erweiterungen

- Korrektur für endliche Zylinderhöhe
- Korrektur für kurze Distanzen
- Vertikale Abstrahlcharakteristik
- Beiträge vom Walddach

Statistische Kenngrößen für Wald

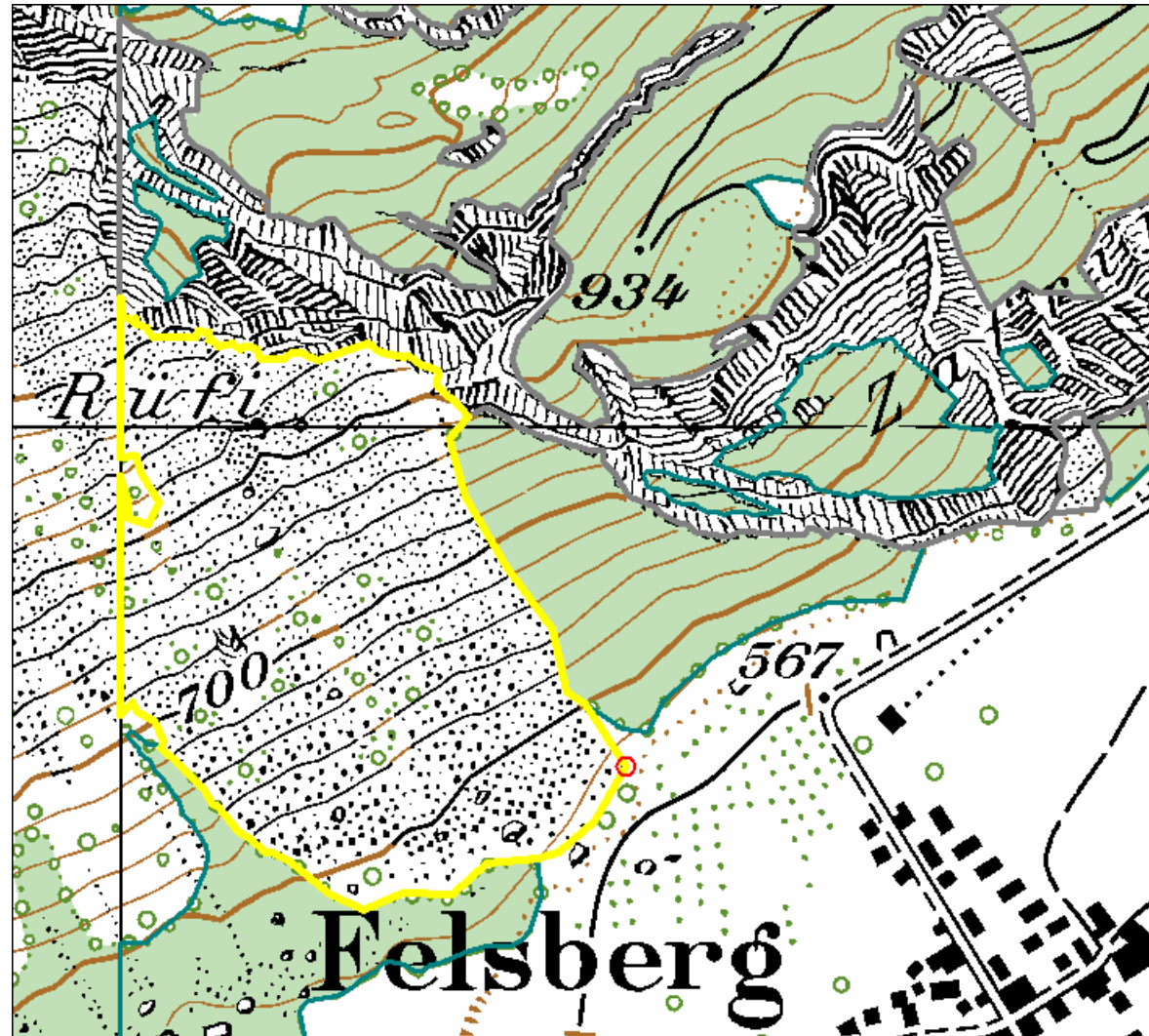
Waldstatistik: Wald bis 1000 m über Meer – nur Waldrand bis 30 m

Waldtyp	Anz. Bäume [N/100 m ²]	Durchmesser [cm]	Höhe [m]
> 90% Nadelbäume	6.11 ± 14%	27.5 ± 14%	22.1 ± 14%
> 50% Nadelbäume	5.26 ± 10%	28.5 ± 11%	22.5 ± 11%
> 50% Laubbäume	4.75 ± 12%	27.7 ± 13%	21.8 ± 13%
> 90% Laubbäume	4.50 ± 9%	26.4 ± 10%	20.2 ± 10%
Mittel	5.01 ± 5%	27.5 ± 6%	21.5 ± 6%
Standardwerte	5	27.5	20

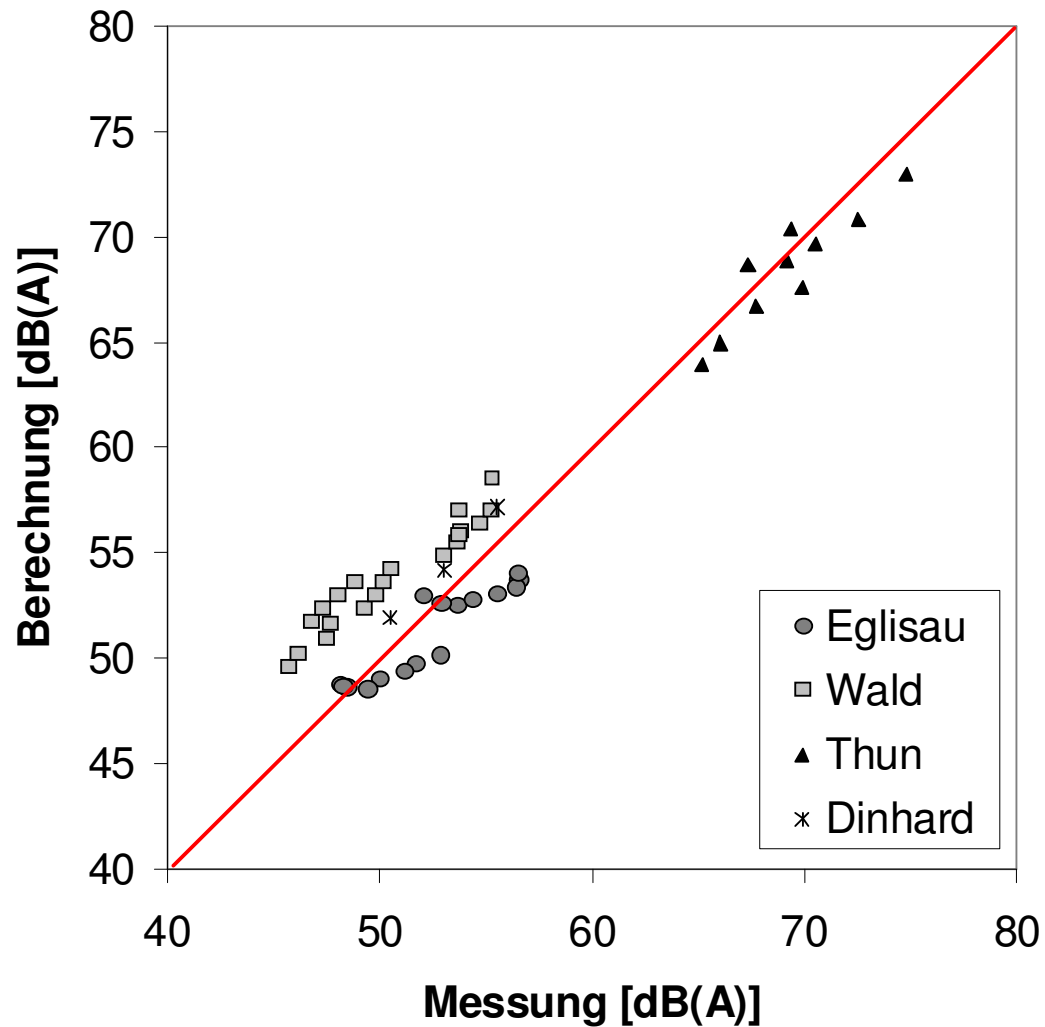
Identifikation von Wald und Fels

Vektor 25-Modell

- Wald
- Fels
- Geröll

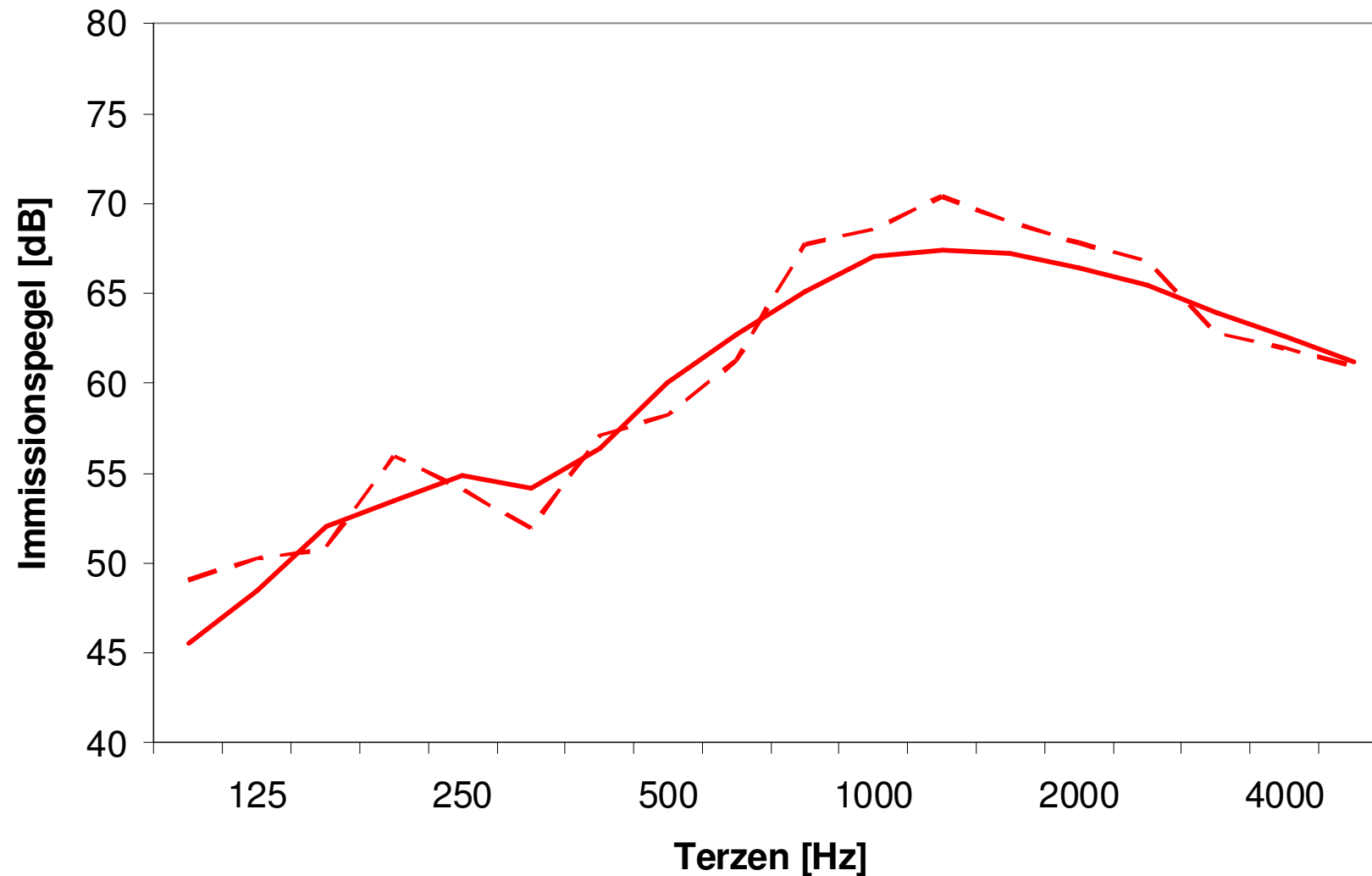


Validierung des Waldreflexionsmodells



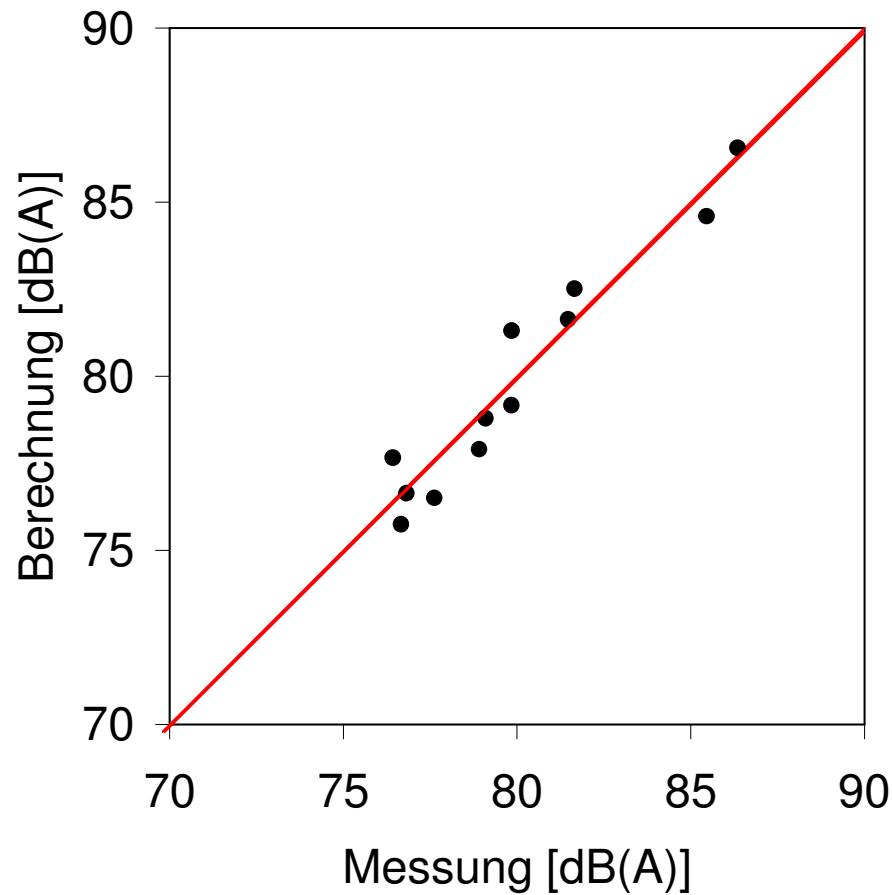
Mw: - 0.9 dB
Stabw: 2.5 dB

Validierung des Waldreflexionsmodells



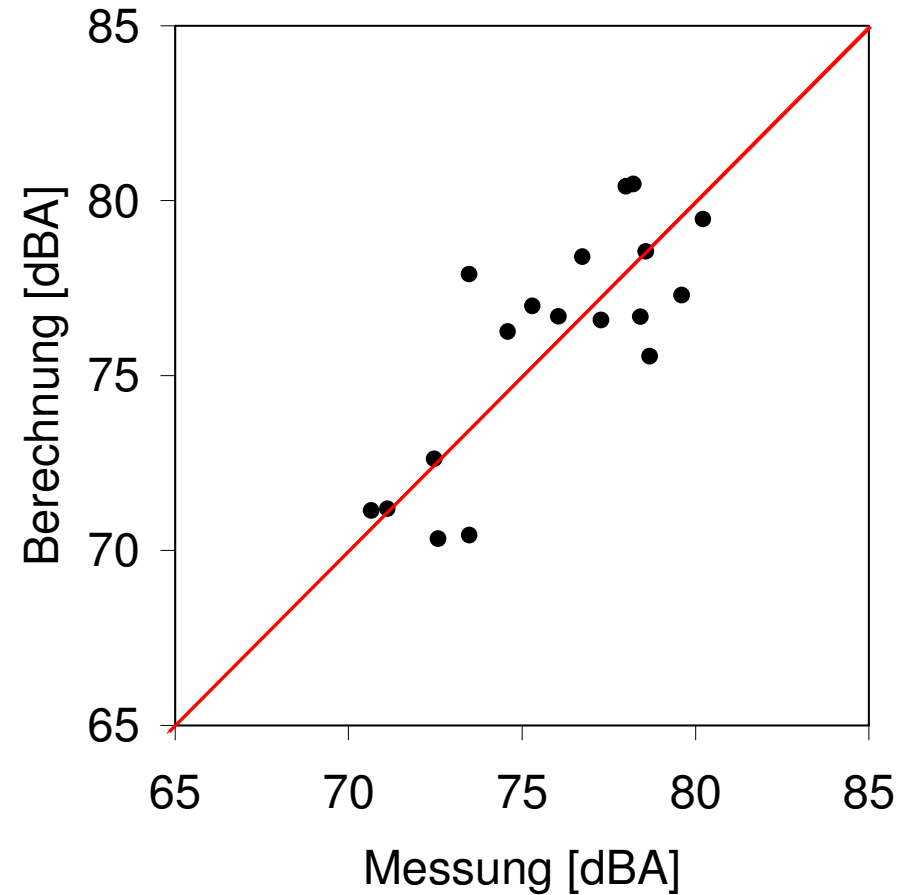
Validierung des Felsreflexions-Modells

Chur



Mw: 0.1 dB(A)
Stabw: 0.9 dB(A)

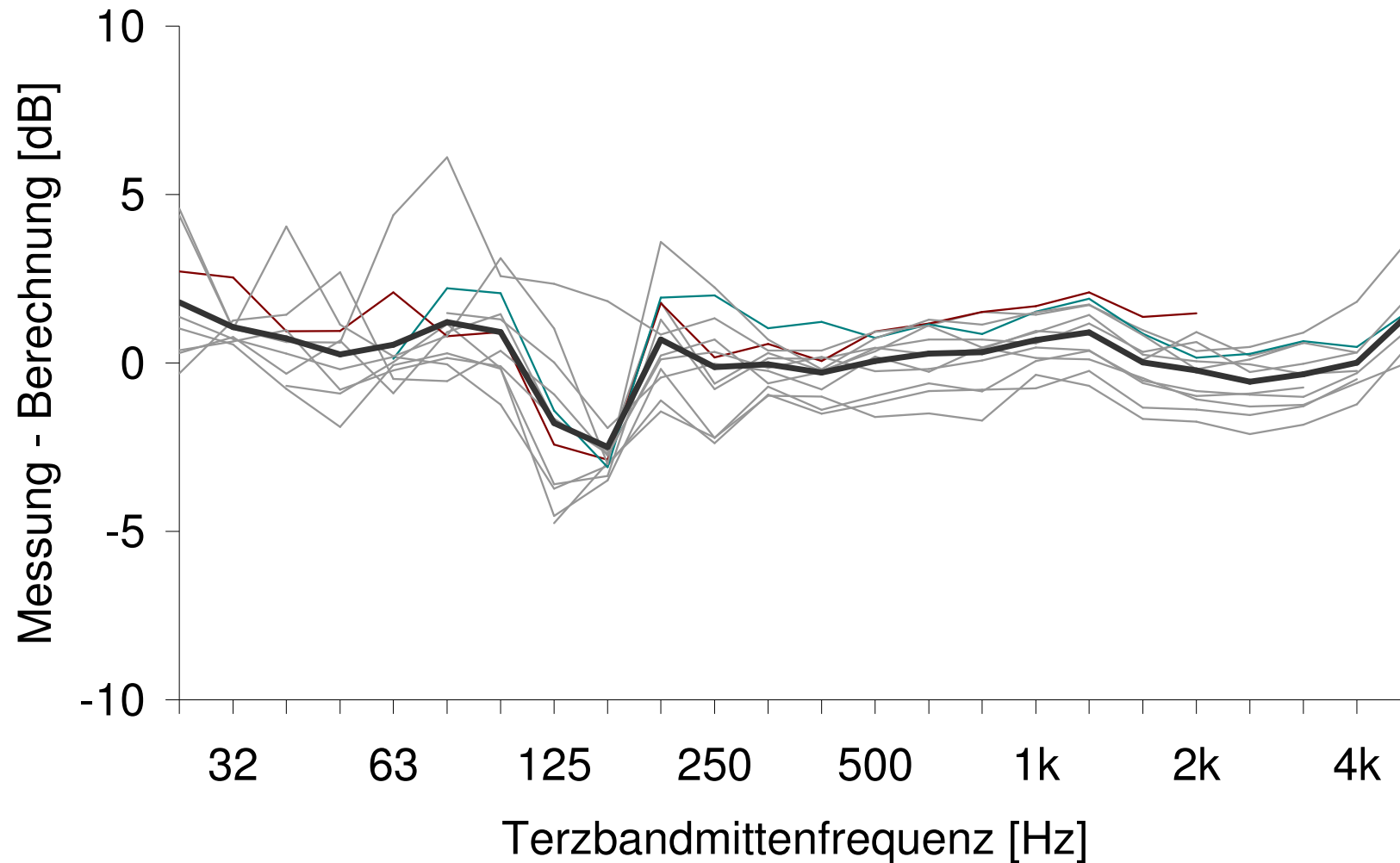
Val Crystallina



Mw: - 0.1 dB(A)
Stabw: 2.1 dB(A)

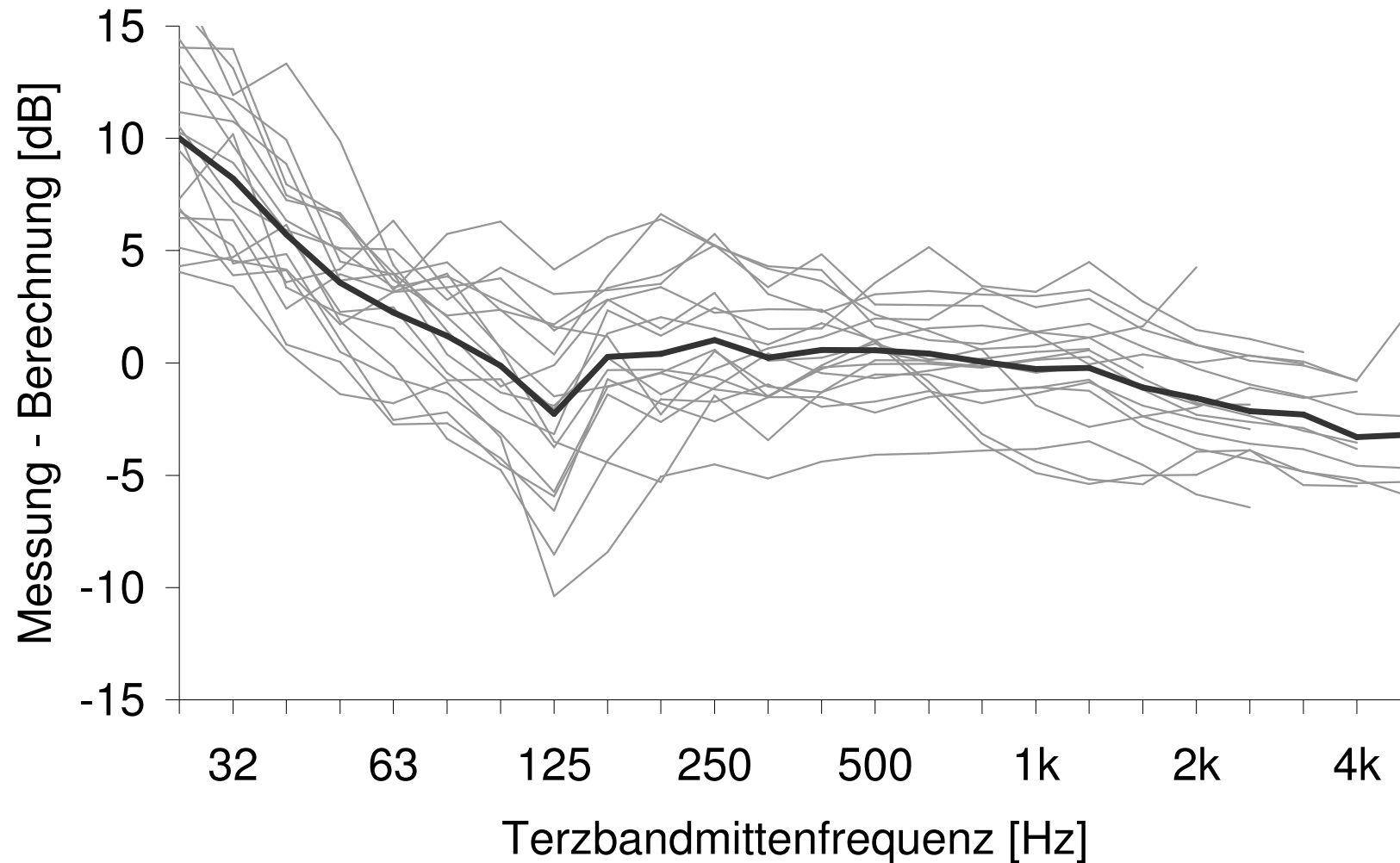
Validierung des Felsreflexions-Modells

Chur



Validierung des Felsreflexions-Modells

Val Cristallina



Schlussbemerkung

- Die Berechnungsmodelle für Wald und Fels erreichen eine ansprechende Genauigkeit.
- Die notwendigen Inputdaten für einen flächendeckenden, automatisierten Einsatz sind vorhanden.
- Dank einer vereinfachten Ausbreitungsrechnung und weiterer Optimierungen ist der Rechenzeitaufwand auch für Engineering-Modelle vertretbar.