



Zerstörungsfreie Untersuchung von Betonbauteilen mit dem Impact-Echo-Verfahren

D. Algernon

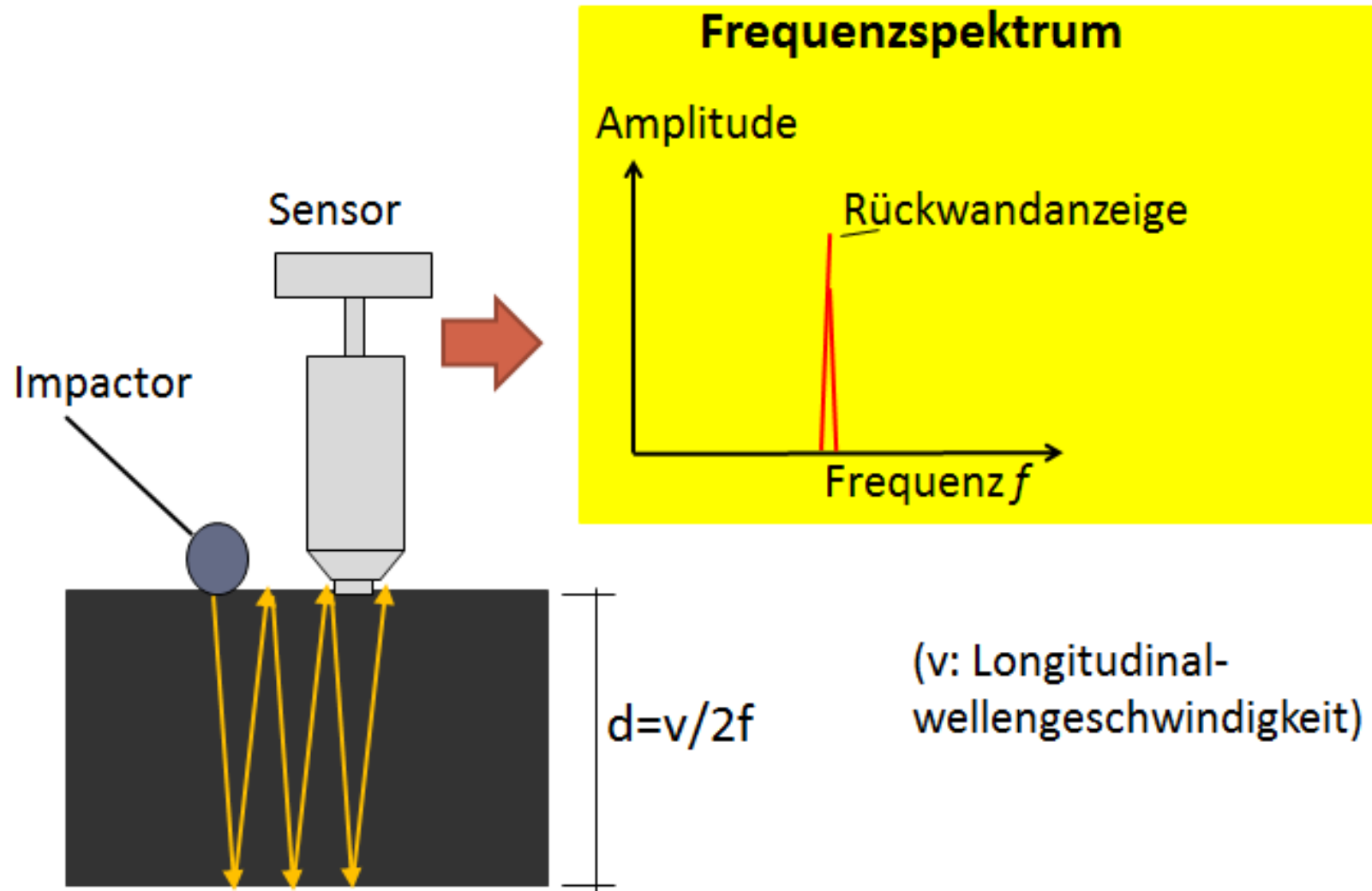
SVTI

Schweizerischer Verein für technische Inspektionen

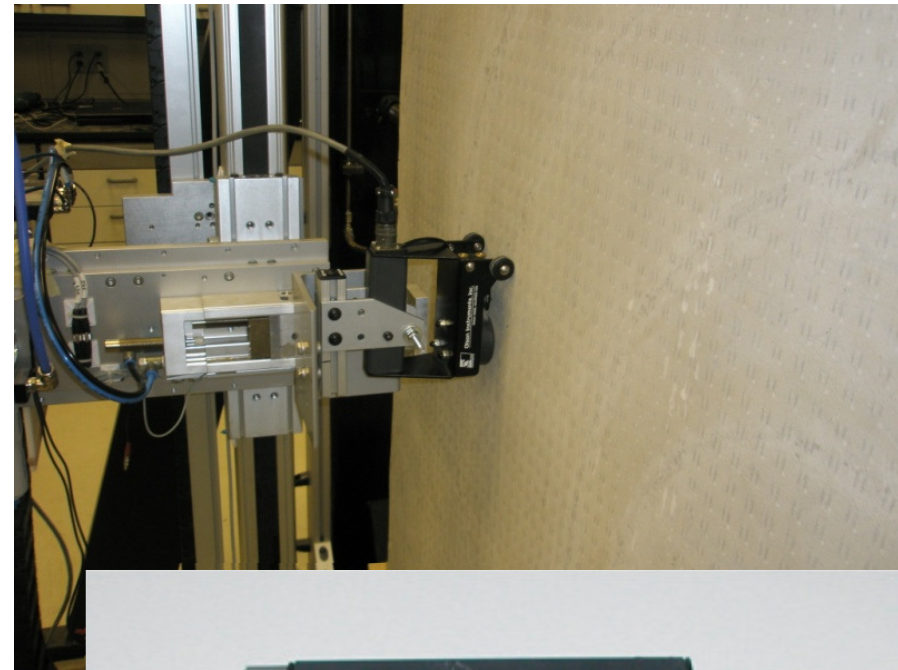
Nuklearinspektorat

- Impact-Echo - Prinzip
- Bildgebung
- Anwendungen
- Tücken
- Ausblick: Mikrofone als berührungslose Sensoren

Impact-Echo



manuell/automatisiert

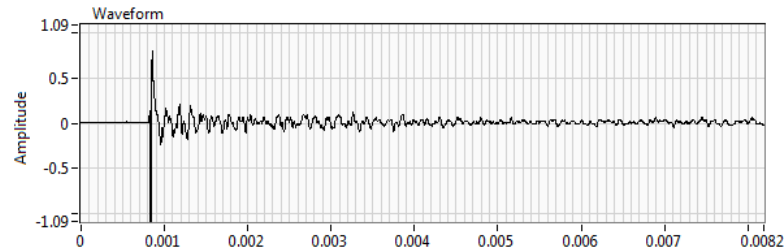


- Dickenmessung
- Ortung von Delaminationen
- Ortung von Hohlstellen bzw. Inhomogenitäten (z.B. Kiesnester)
- Spannkanalortung und -untersuchung bei Spannbetonbauwerken (Vorspannung mit nachträglichem Verbund)

Dickenmessungen

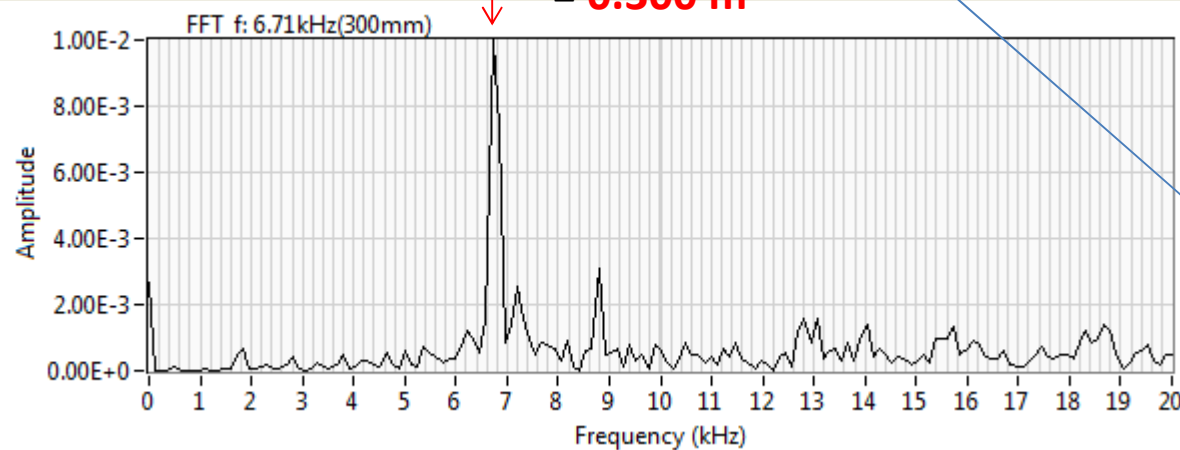
Dickenmessungen (1)

Zeitsignal

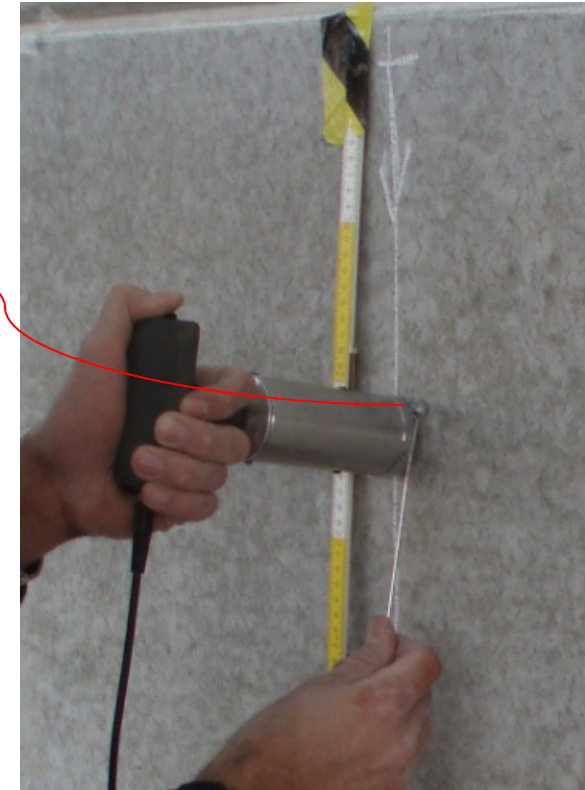


Fast Fourier Transform (FFT)

Frequenzspektrum



$$d = v/2f = 4040(\text{m/s}) / (2 \cdot 6.71 \text{ kHz}) = 0.300 \text{ m}$$



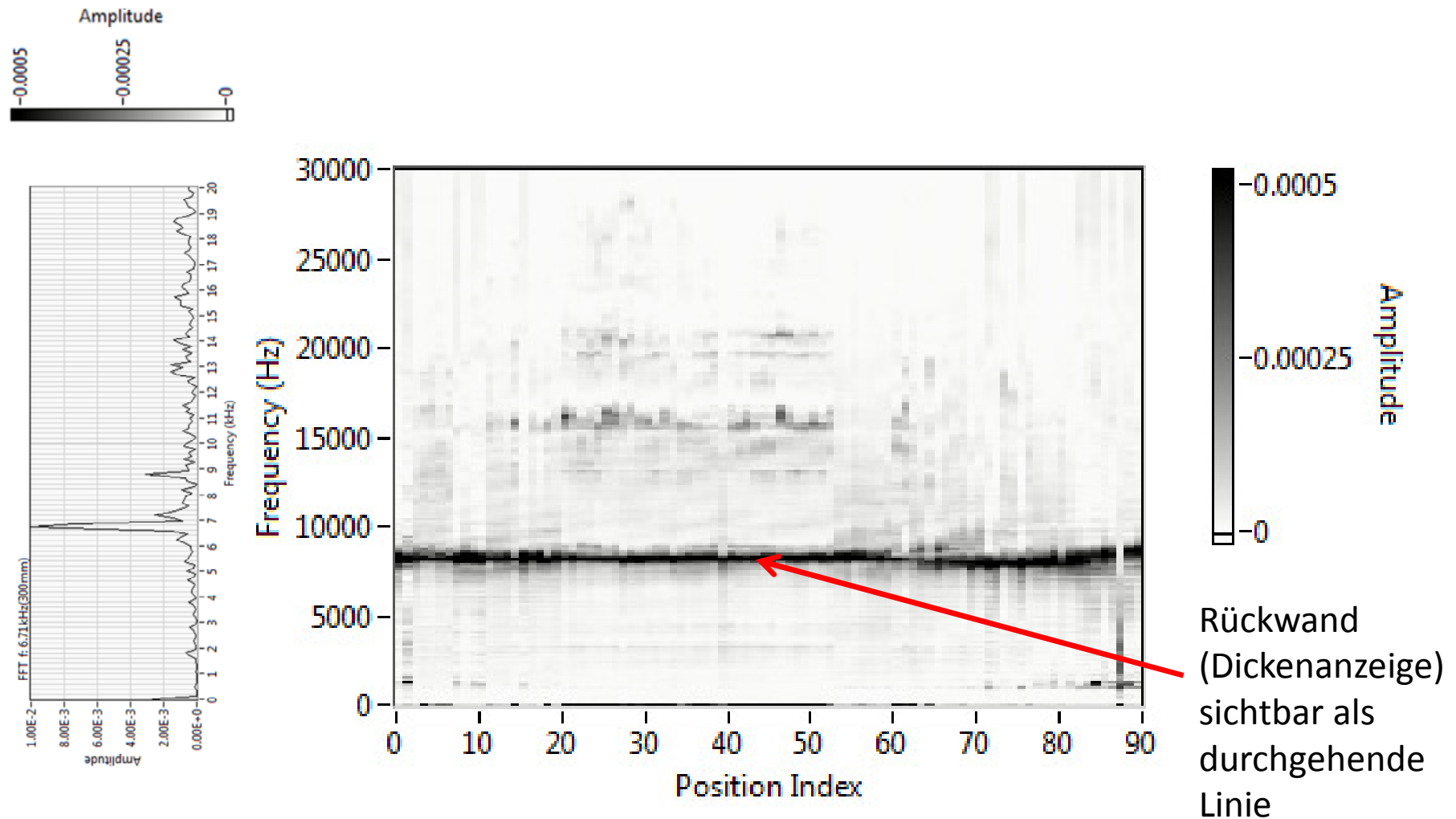
Kenntnis der
Schallgeschwindigkeit

- Kalibrierung
- Schätzung (ca. 4000 m/s)



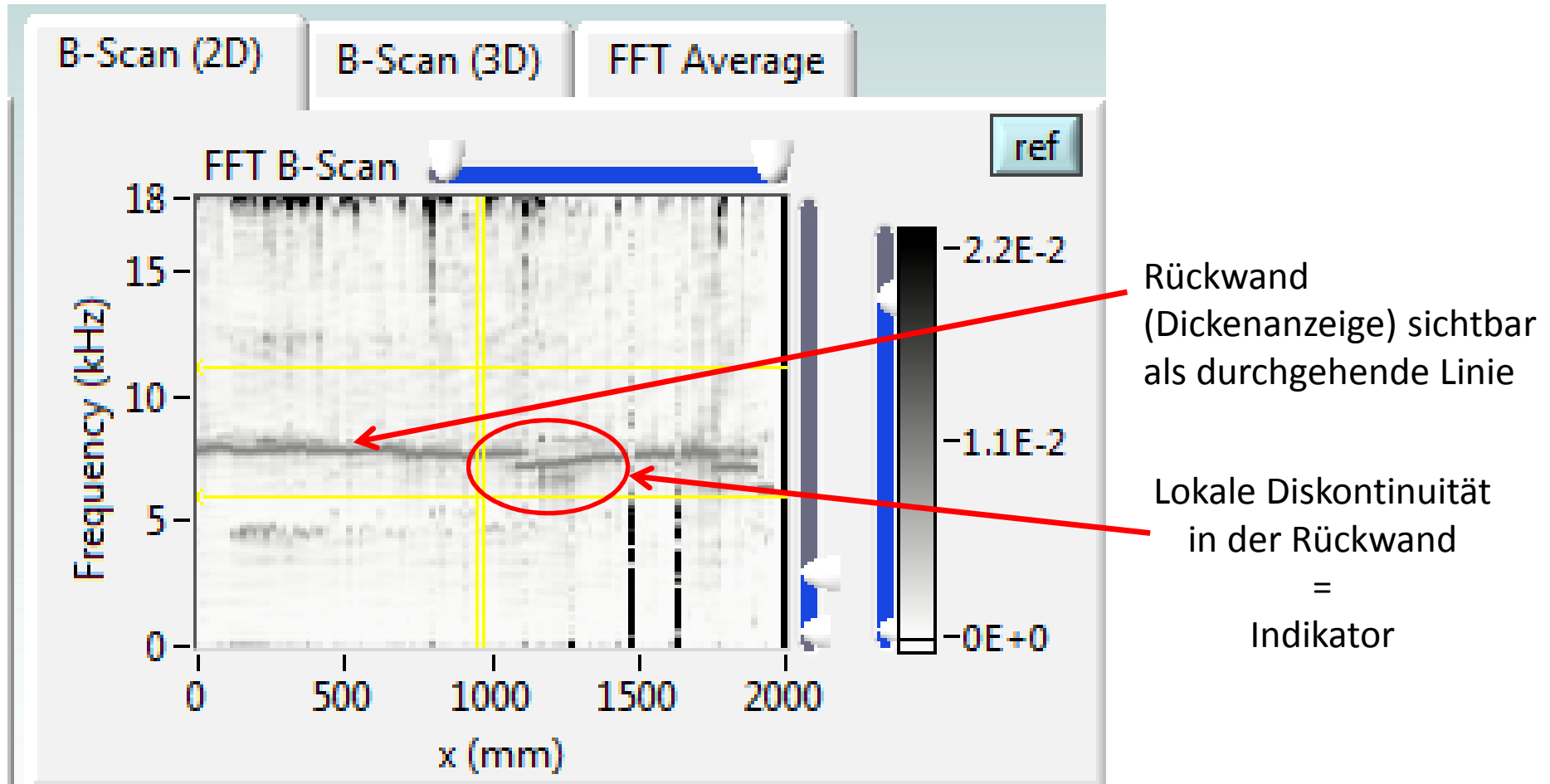
C-Scan: Schnitt durch Reihe von B-Scans bei einer bestimmten Tiefe (Frequenz), Tiefenschnitt parallel zur Oberfläche

B-Scan (Impact-Echogramm)



Indirekte Detektion

- Visualisierung der Frequenzspektren an den Messpunkten entlang der Messlinie



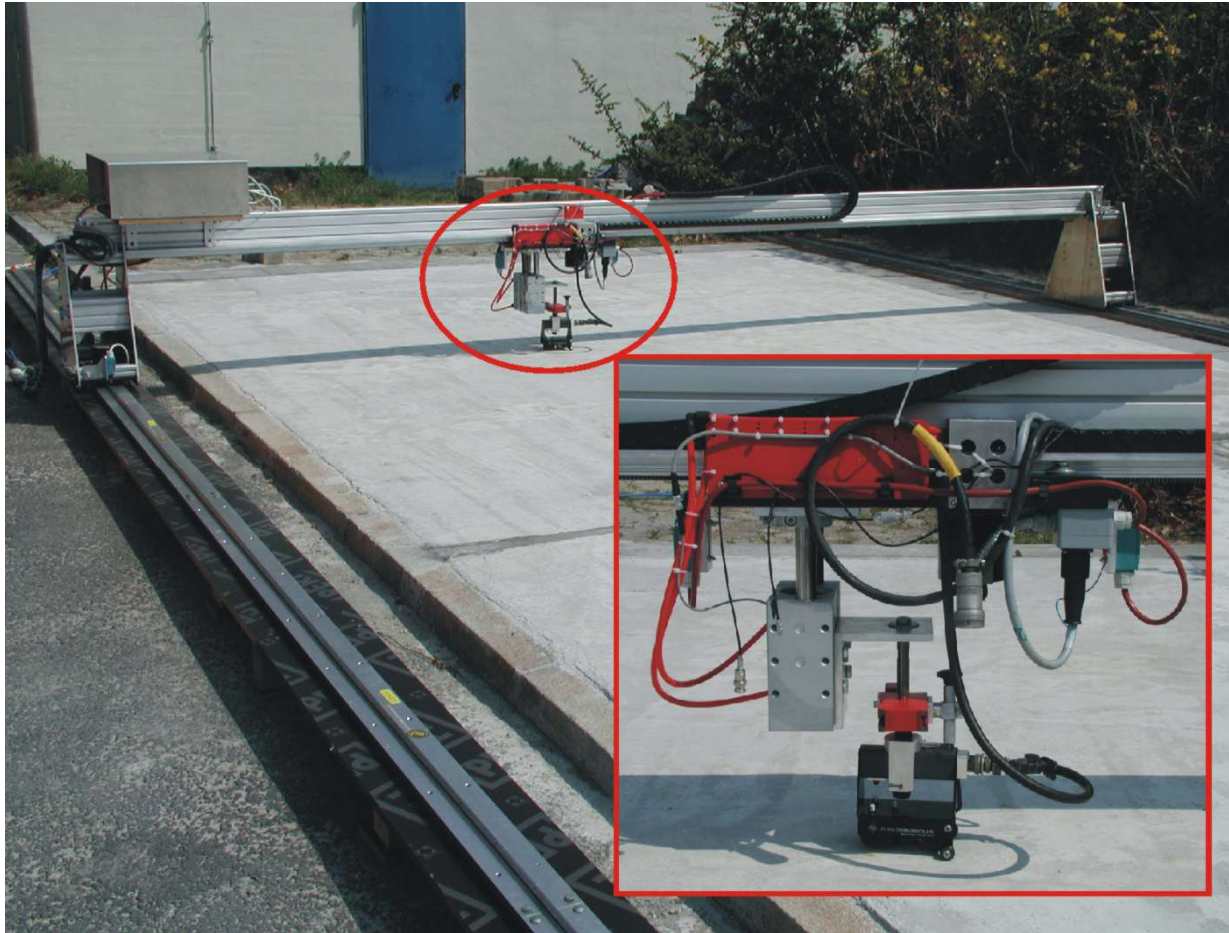
Automatisierung



-Automatisierte
Untersuchung von
Bauwerken

-Impact-Echo und
andere Verfahren
(Radar, Ultraschall,
...)

Impact-Echo-Automatisierung

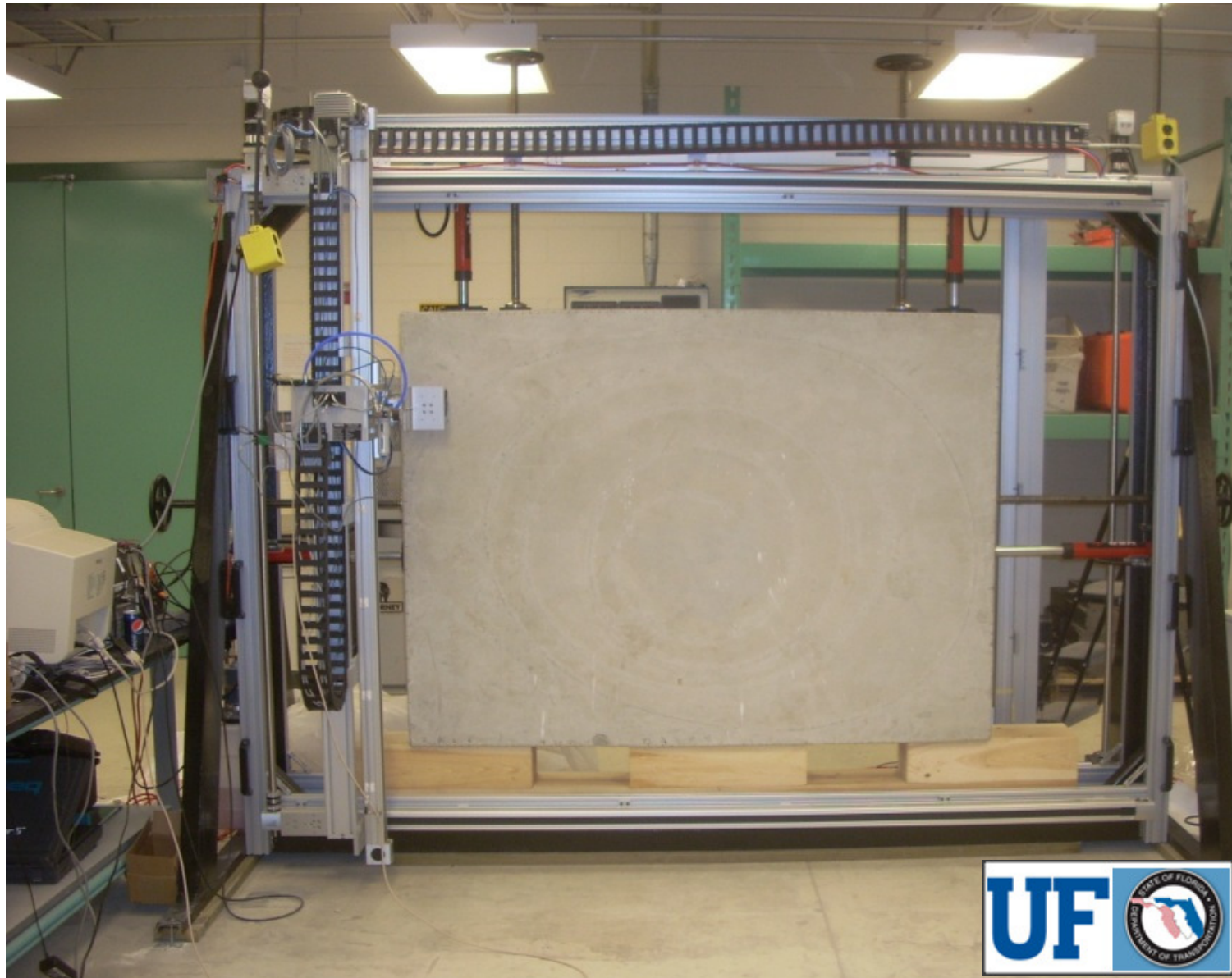


- Vollständig automatisierte Scannersysteme
- Hohe Positioniergenauigkeit
- Konstanter Anpressdruck
- hohe Messgeschwindigkeit
- Höchstmaß an Reproduzierbarkeit
- Auch für große Messflächen mit hoher Punktdichte geeignet

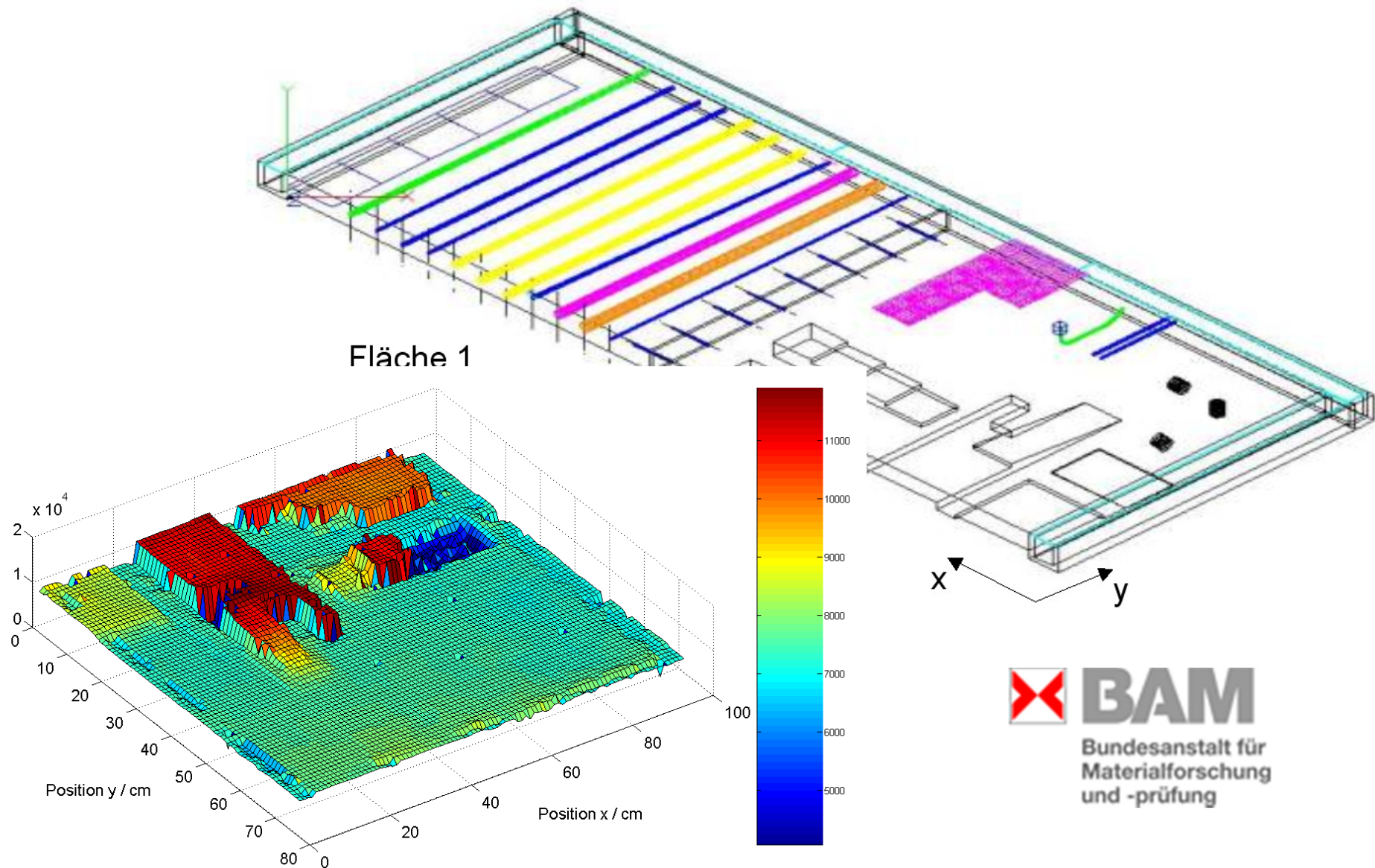
Impact-Echo-Automatisierung



Impact-Echo-Automatisierung



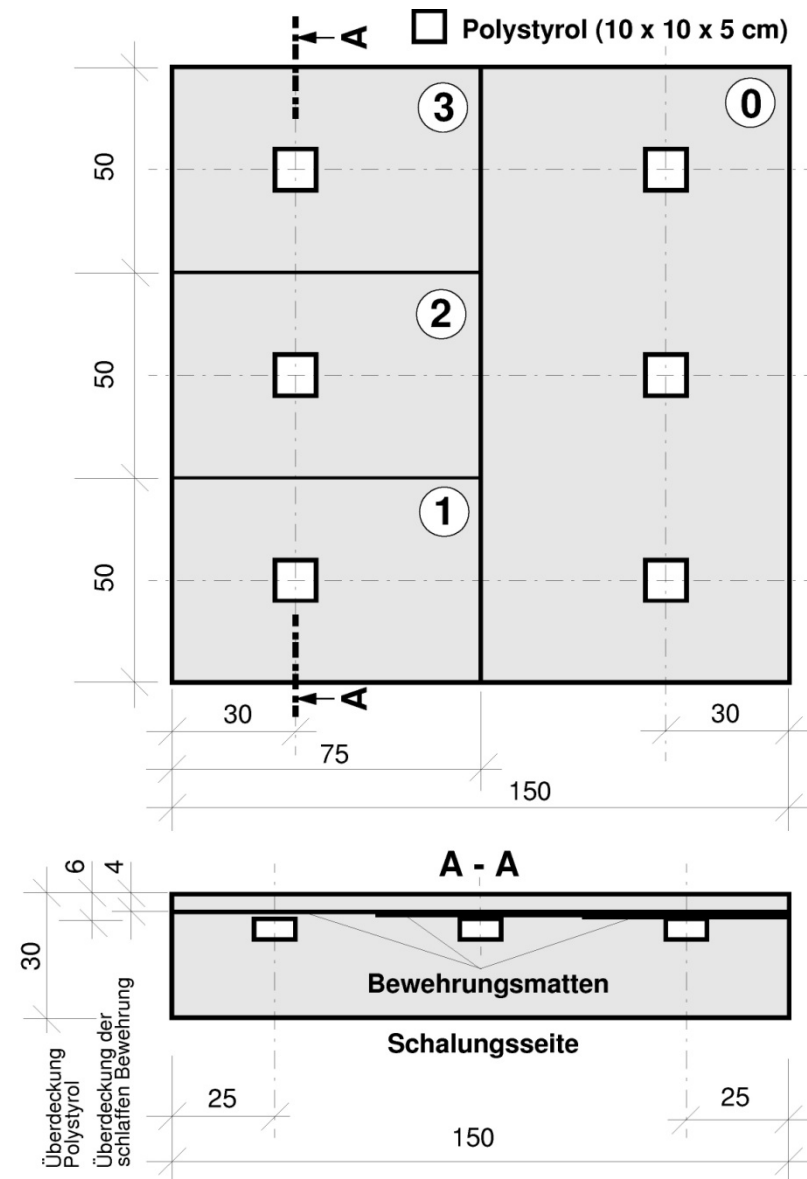
3D Dickenplots



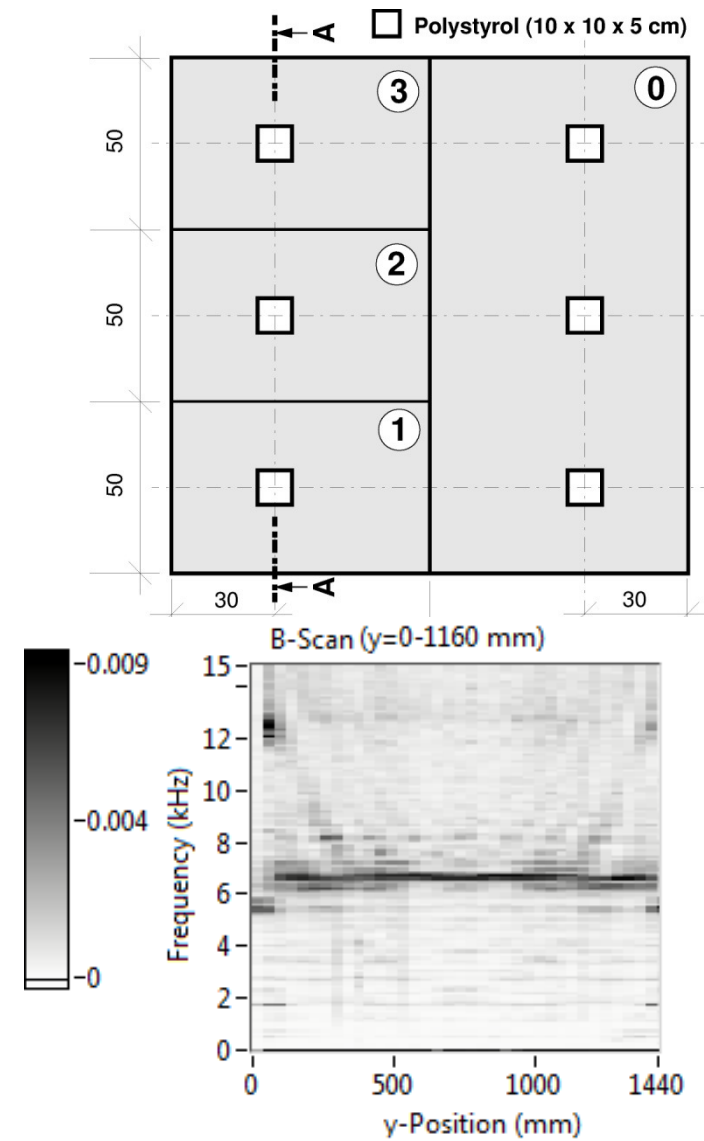
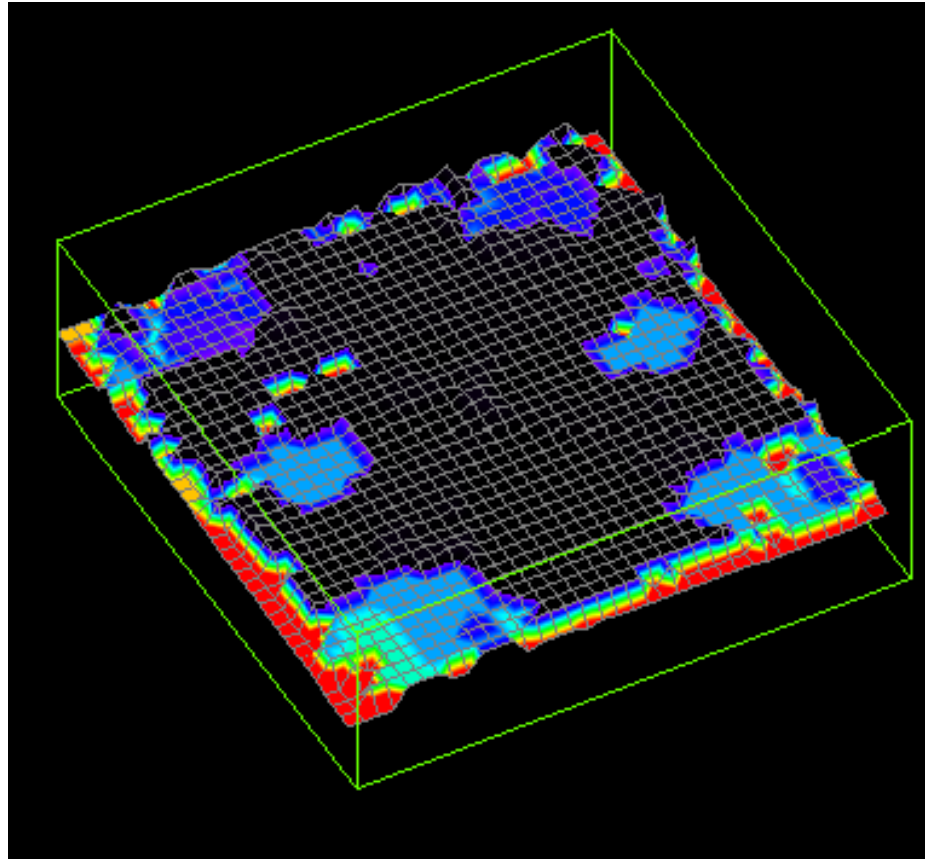
Delaminationen

(flächige Ablösungen)

Ortung von Delaminationen (1)

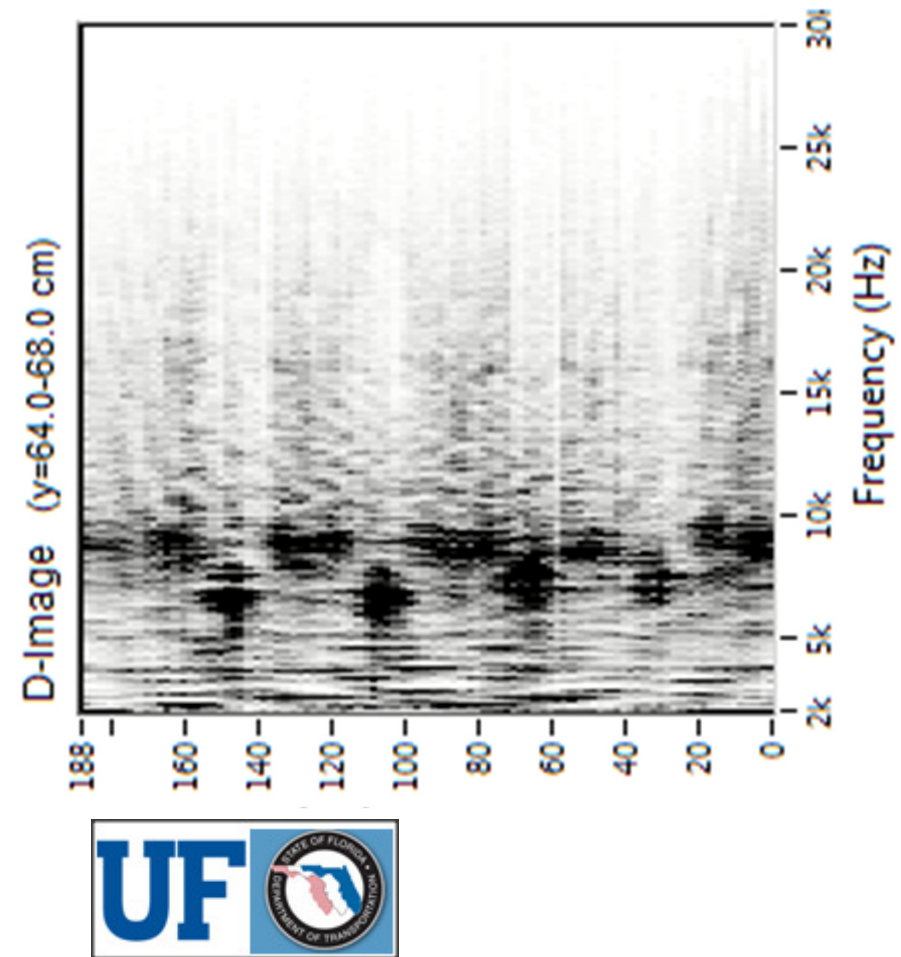
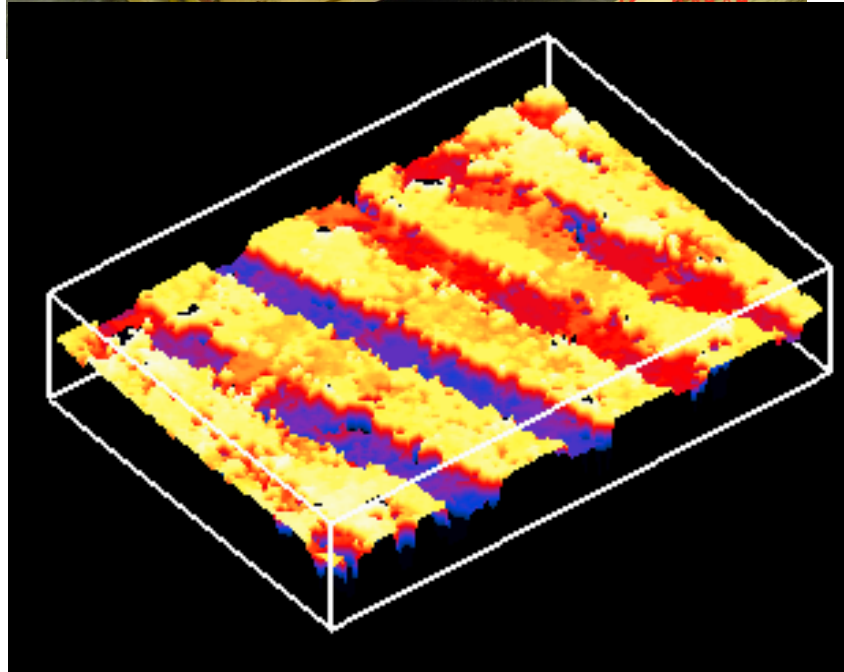
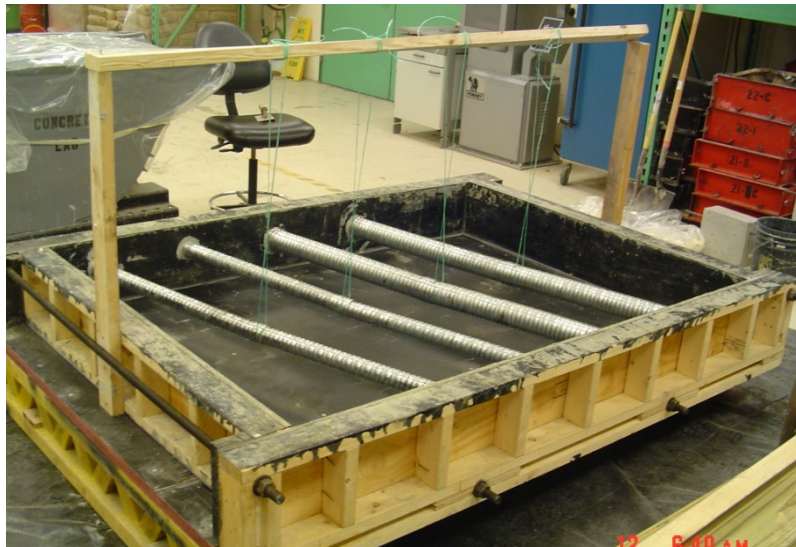


Ortung von Delaminationen (2)

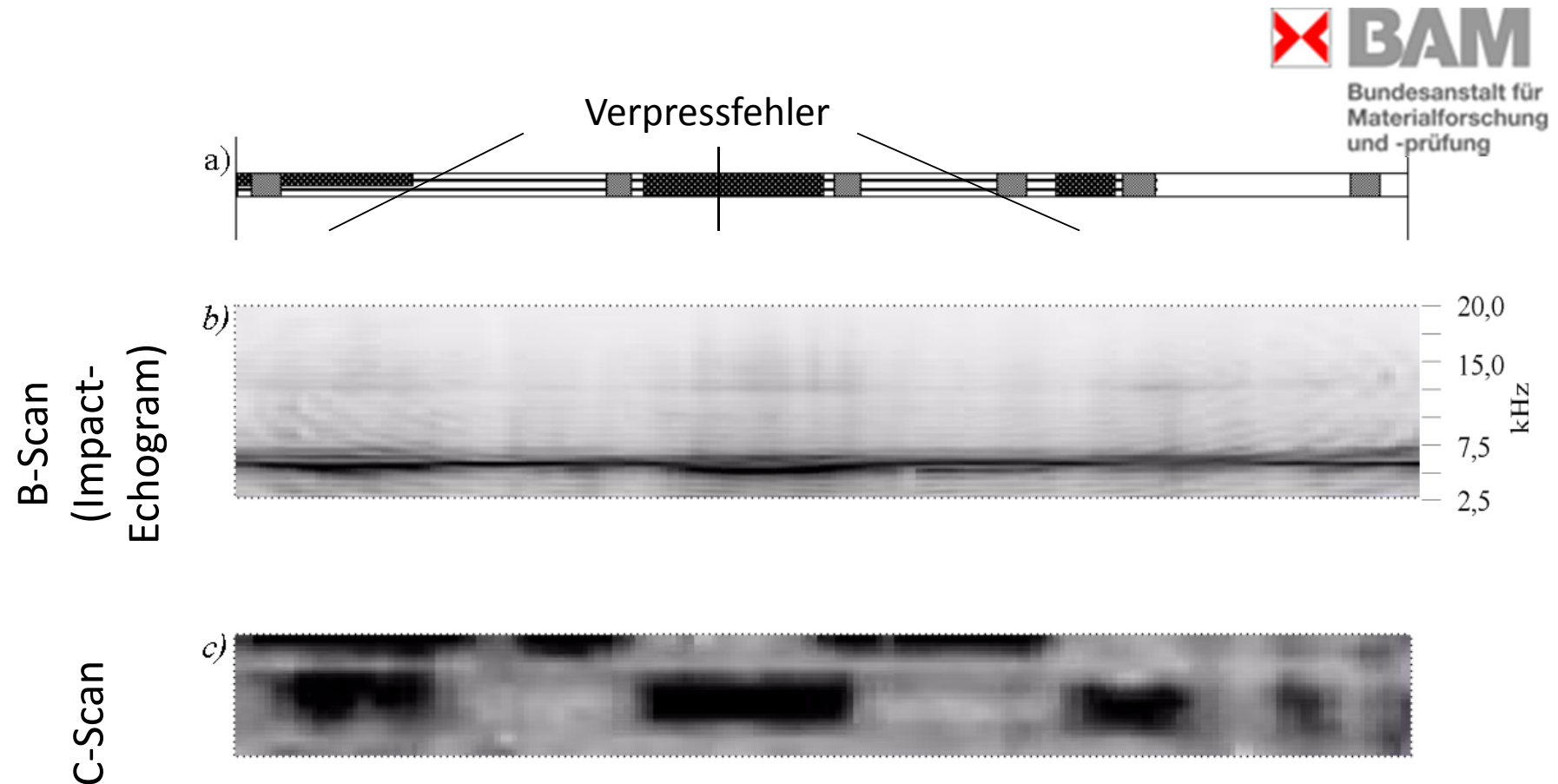


Spannkanal- untersuchungen

Spannkanaluntersuchung (1)



Spannkanaluntersuchungen (2)



Detektion von Verpressfehlern anhand eines relativen Vergleichs der scheinbaren Rückwandverschiebung entlang des Spannkanals

Spannkanaluntersuchungen (3)

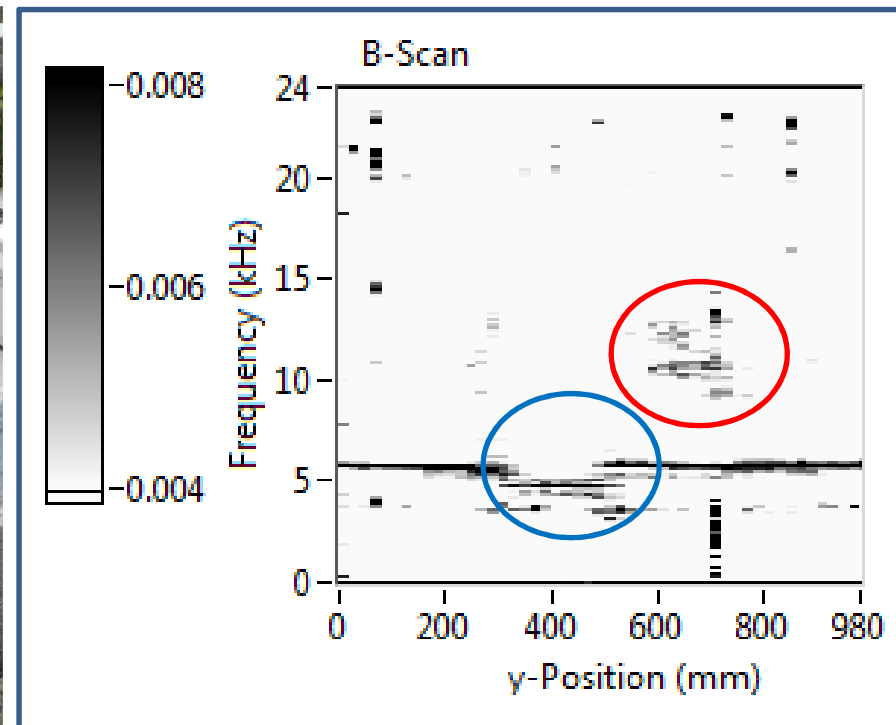
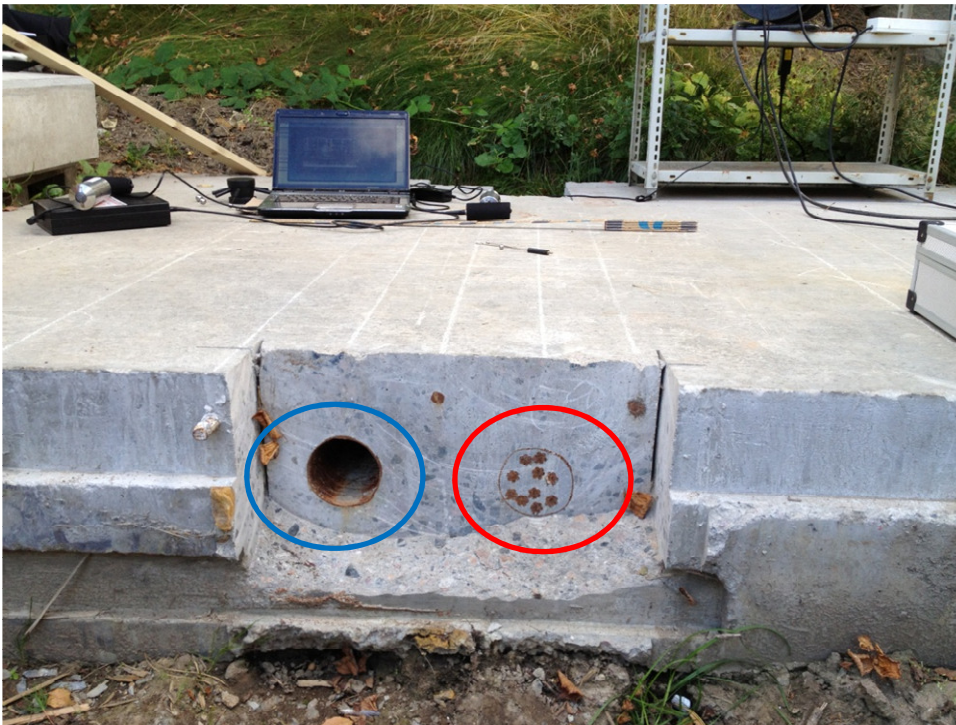
Unverfülltes Hüllrohr:

indirekter Nachweis durch Rückwandverschiebung

Vollständig verpresster Spannkanal:

Nachweis durch direkte Reflexion

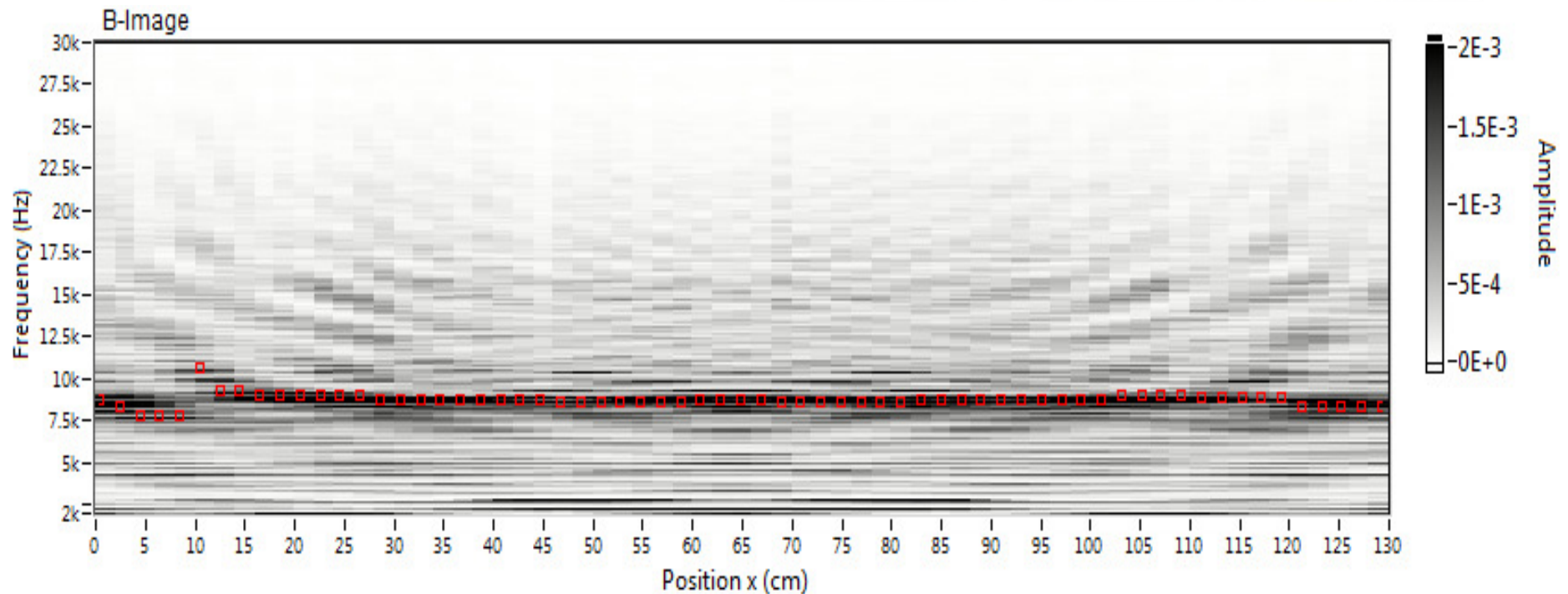
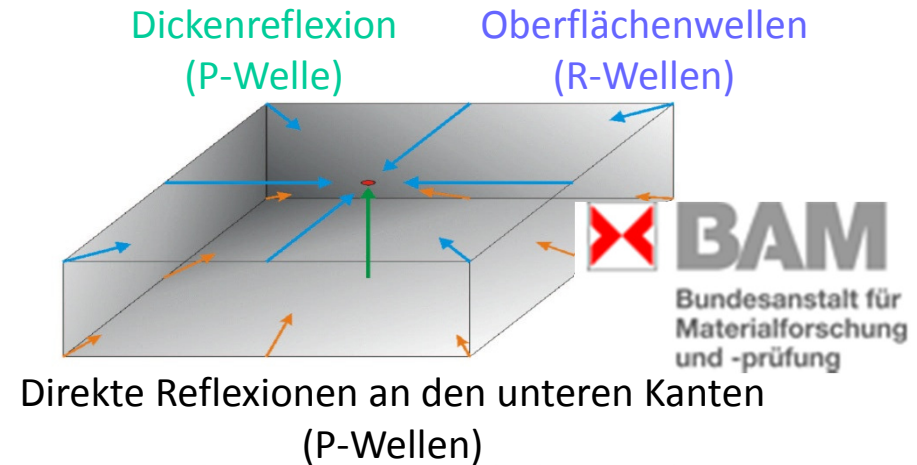
Vorsicht: nur selten so klar anzutreffen!



Tücken

Geometrieeffekte

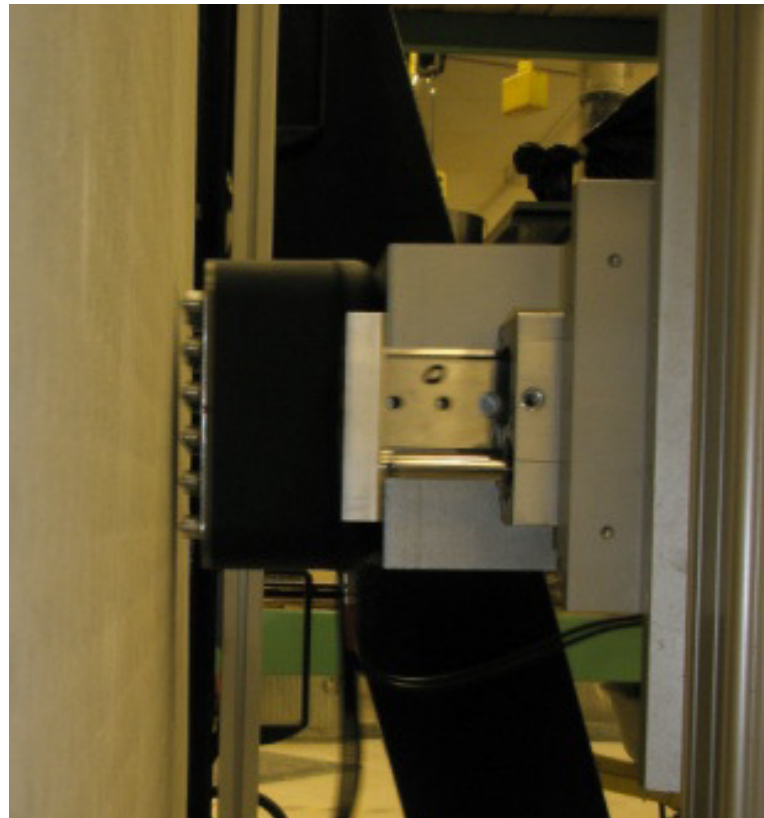
- Reflexionen an den Grenzen des Bauteils
- Gefahr:
Fehlinterpretation



Verwandte: Ultraschall Puls-Echo

Eyecon by ACS, (RU)

- Trockene Ankopplung
- 0° Transversalwelle
- 55 kHz Mittenfrequenz
- 12 Senderelemente
- 12 Empfaengerelemente
- **SAFT Datennachverarbeitung**

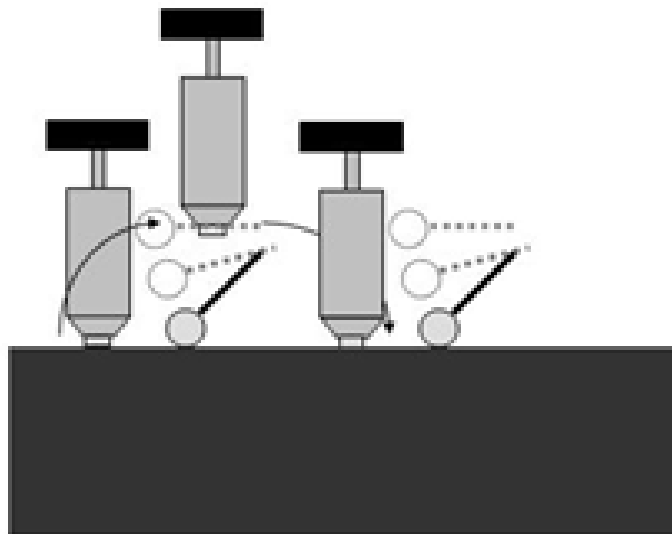


Ausblick

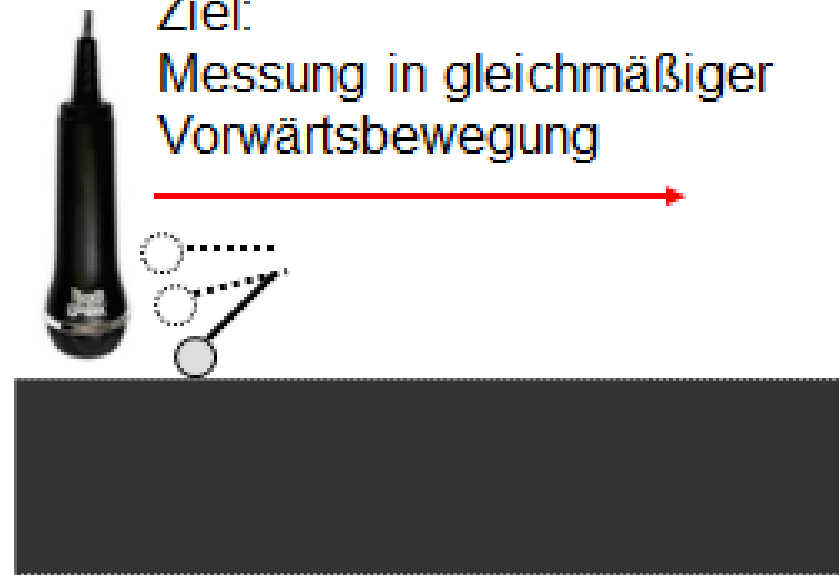
Motivation

Bisher üblich:

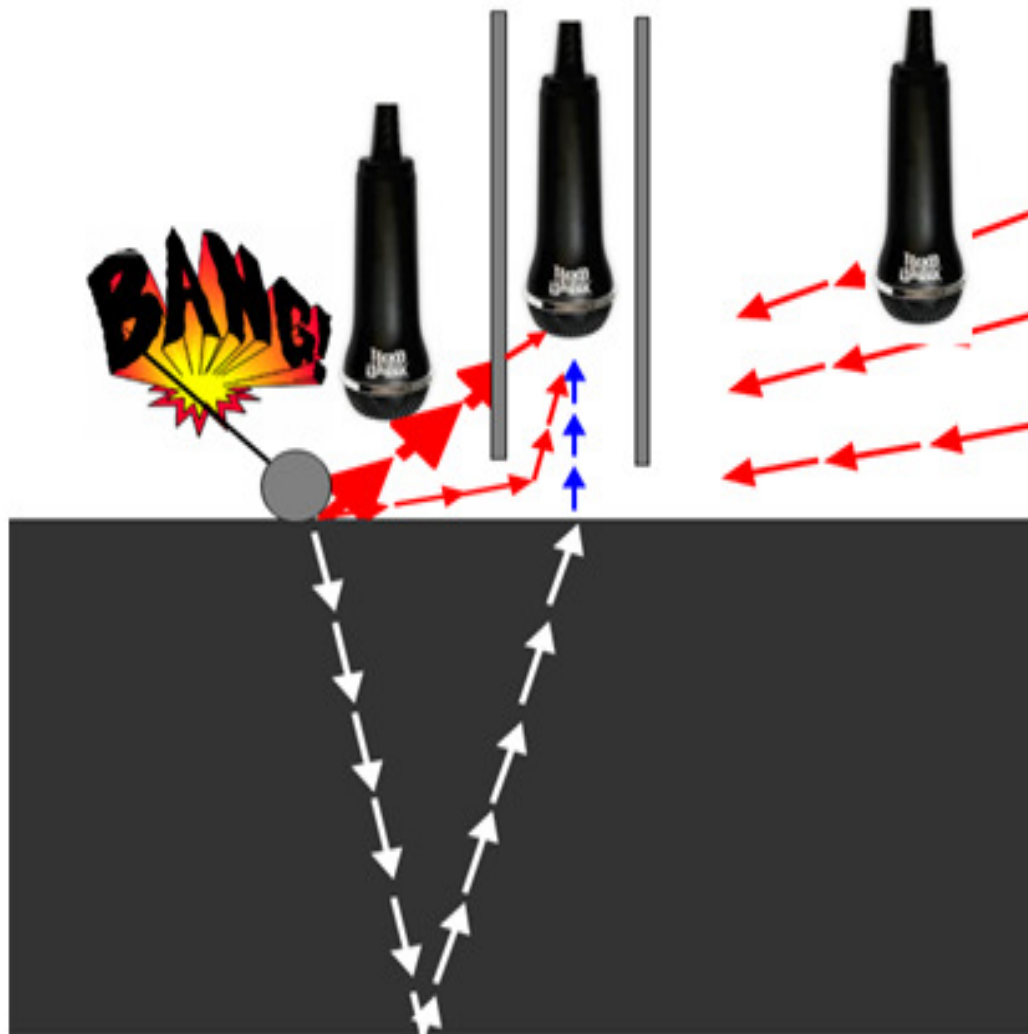
Messung mit Kontaktsensor,
Punkt für Punkt



Ziel:
Messung in gleichmäßiger
Vorwärtsbewegung



Prinzip für robustes IE-Mikrofonsystem



Anforderung:

robust gegenüber

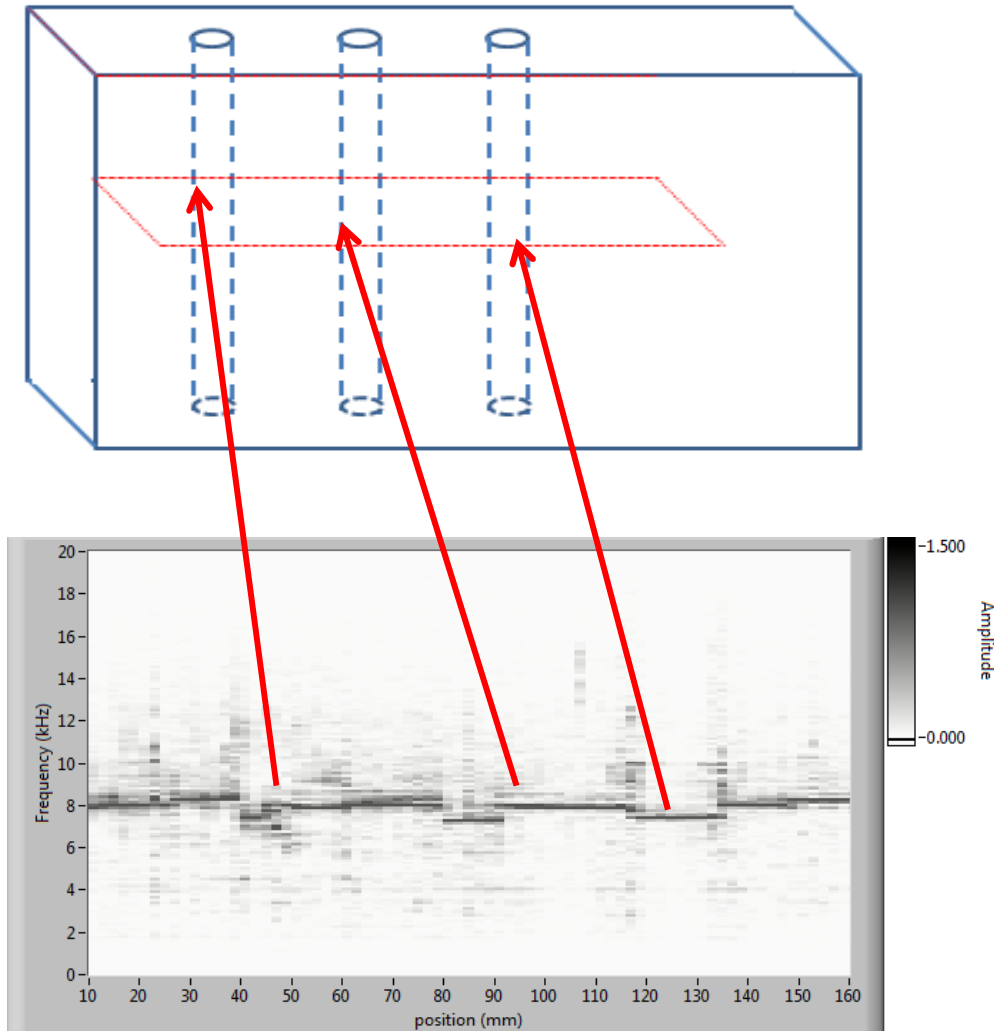
- direkter Luftwelle
- Umgebungsgeräusch
- Verkehrgeräusch

Weg:

- Kombination von Mikrofonen
- Teilweise akustische Abschirmung
- Signalverarbeitung

Spannkanallokalisierung/Mikrofonmessung

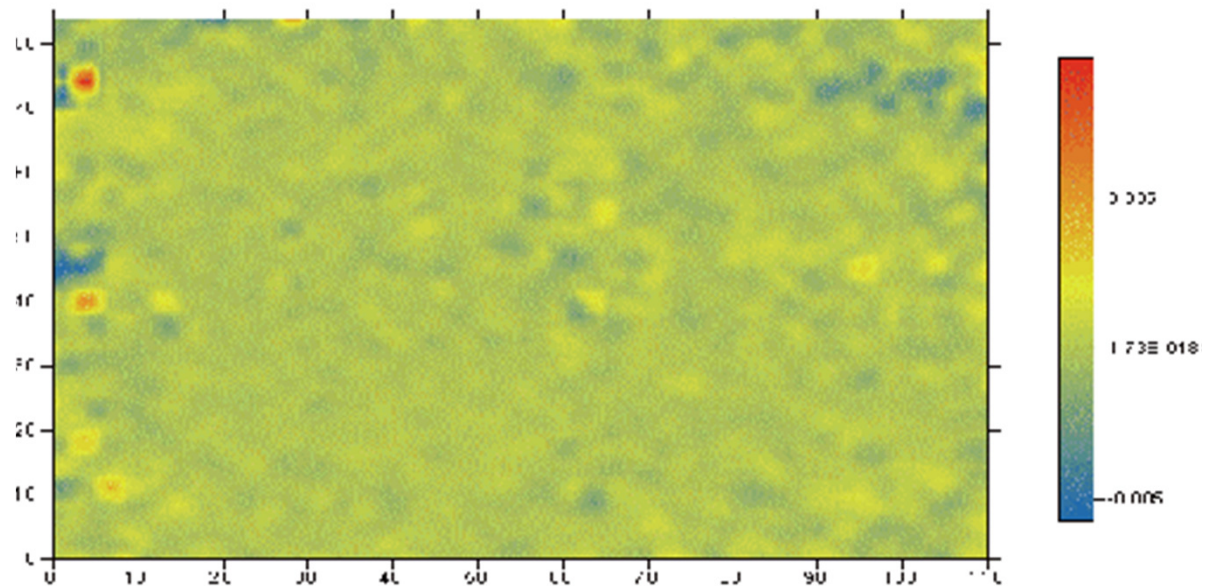
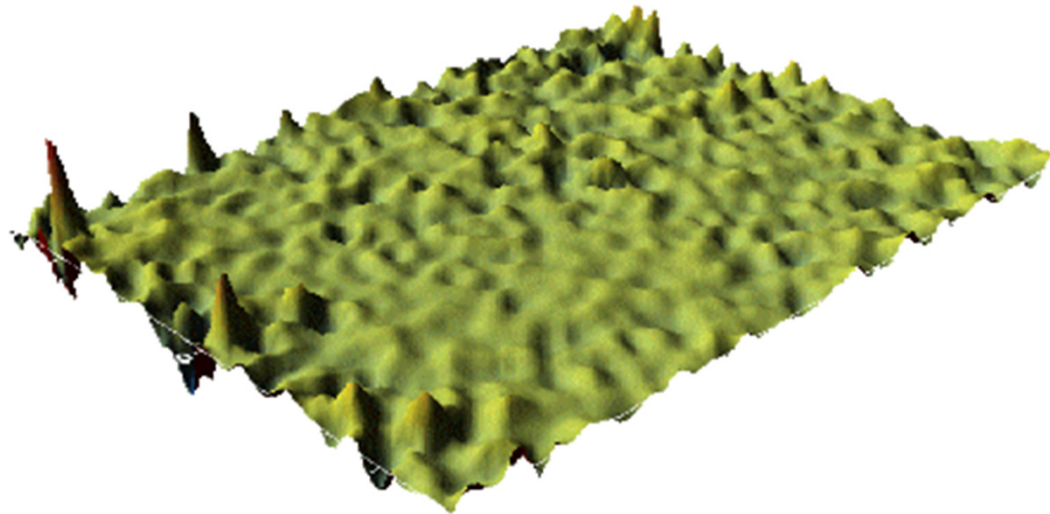
- Testkörper der BAM
- Berührungslose Mikrofonmessung
- Klare Detektion der Spannkanäle aufgrund scheinbarer Rückwandverschiebung



Nutzung verschiedener Wellenarten

Bestimmung von Materialeigenschaften

- Nutzung der unterschiedlichen Wellenarten, die durch den Impact erzeugt werden



- Berechnung von **Querdehnzahl** aus Verhältnis von Oberflächenwellengeschwindigkeit zu Longitudinalwellengeschwindigkeit
- Unter Kenntnis von **Rohdichte**: Bestimmung von **Elastizitätsmodul**

Schlussfolgerung

- Impact-Echo:
Relativ weit verbreitetes Verfahren für Beton-ZfP
- Geeignet für breite, flächige Bauteile
- Praxis komplex!
- Bildgebende Anwendung
- Dickenmessung, Delamination, Hohlstellen, Spanncanäle
- Einsatz von Mikrofonen vielversprechend (Entwicklungsphase)
- Bestimmung von Materialeigenschaften durch Auswertung unterschiedlicher Wellenarten

Vielen Dank

daniel.algernon@svti.ch

+41-44-877-6259