

Leistungsvermögen von ZfP-Verfahren

SVTI Schweizerischer Verein für technische Inspektionen

Nuklearinspektorat

ZfP-Labor

Gliederung

- ➔ Grundgedanken
- ➔ Anwendungsbeispiele zur Erprobung von Verfahren an Testkörpern
- ➔ Beurteilung der Leistungsfähigkeit
- ➔ Qualifizierung
- ➔ Schlussfolgerung



Grundgedanken

- **Kenntnis des Leistungsvermögens Grundlage für die Verwertbarkeit der Prüfung**
- **Leistungvermögen ist stets abhängig vom speziellen Anwendungsfall**
- **Messungen beruhen auf physikalischen Eigenschaften**
- **Unterliegen stets Messungenauigkeit**

Mess(un)genauigkeit

- ➔ Mit welcher Genauigkeit soll die Messung erfolgen?

Antwort meist: **So genau wie möglich...**

- ➔ Welche Genauigkeit
 - ➔ ist technisch möglich?
 - ➔ ist wirtschaftlich?
 - ➔ ist für die Zustandsbewertung, Ortung etc. tatsächlich notwendig?



Ermittlung des Leistungsvermögens

- Insbesondere an der BAM weitreichende Erfahrung in Bezug auf Validierung von ZfP-Verfahren für Beton**
- Wichtigkeit von Testkörpern zur Erprobung und Demonstration von Systemen erkannt**
- Strassenbehörden insbesondere in den USA nutzen zunehmend Potenzial von moderner ZfP und Automatisierung**
- Beispiel: Florida Department of Transportation (FDOT) NDE Validation Center**

FDOT Validation Center



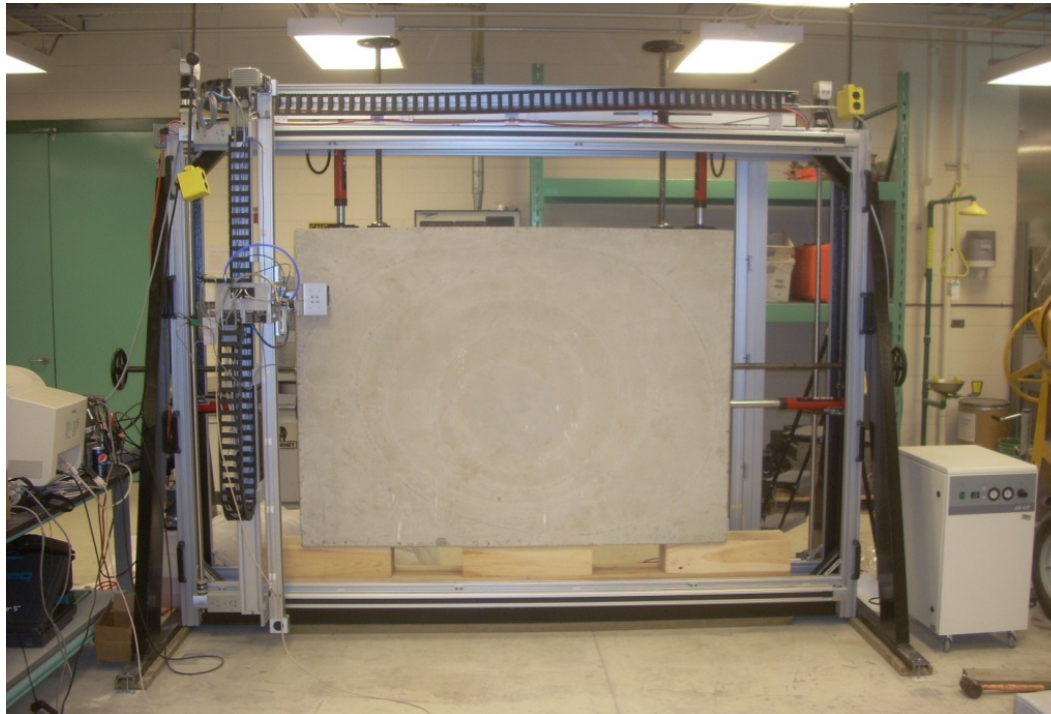
UF UNIVERSITY of FLORIDA

SVTI
ASIT



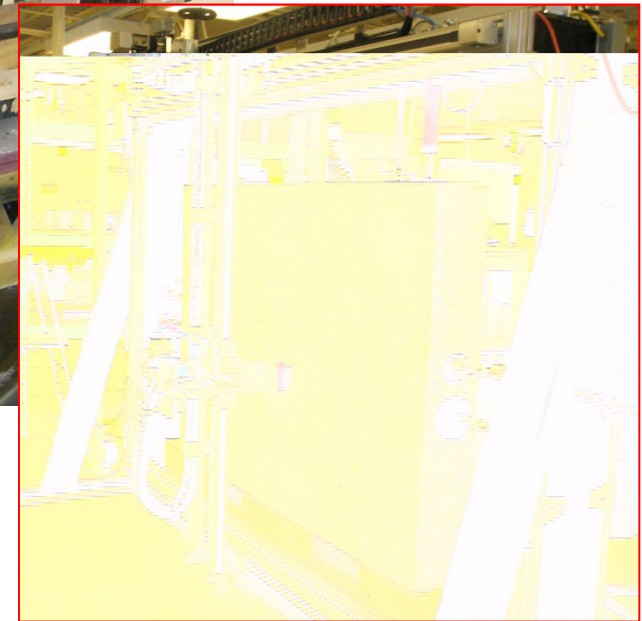
Automatisierung

- ➔ Reproduzierbarkeit
- ➔ Präzision
- ➔ Grosse Messflächen
- ➔ Nuklear: Vermeidung von Dosis



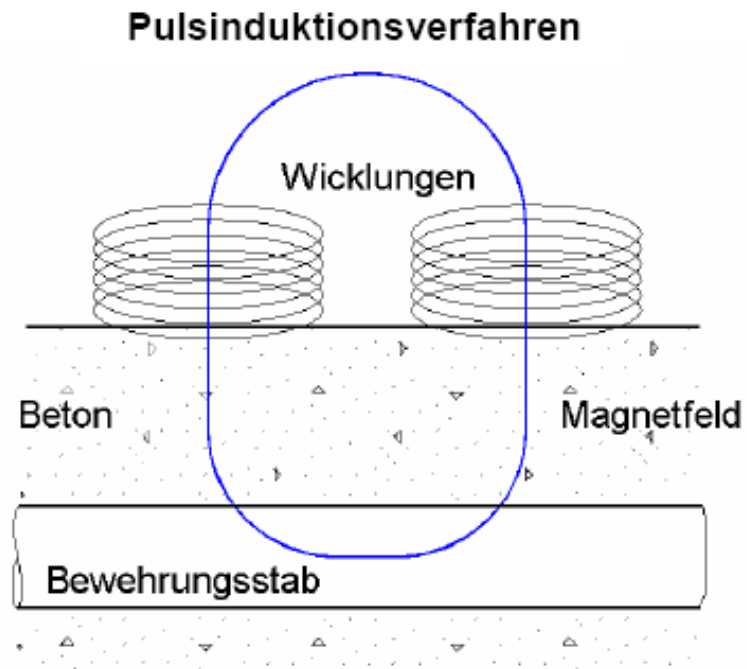
- a) Bewehrungs-
suche
- b) Ultraschall
- c) Impact-Echo
- d) Radar
- e) Laser

Testkörper mit Bewehrungsstahl (beidseitig)

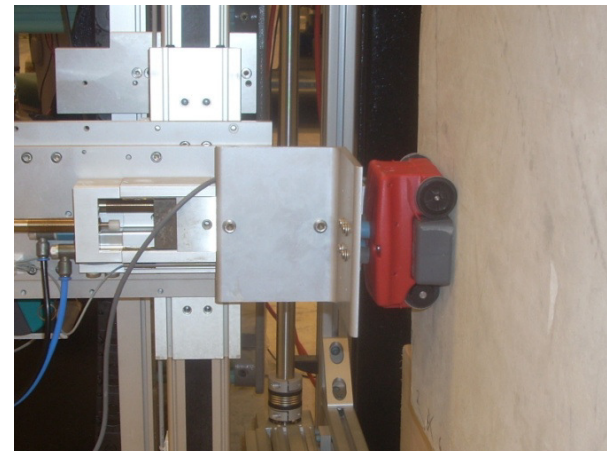


UF UNIVERSITY of
FLORIDA

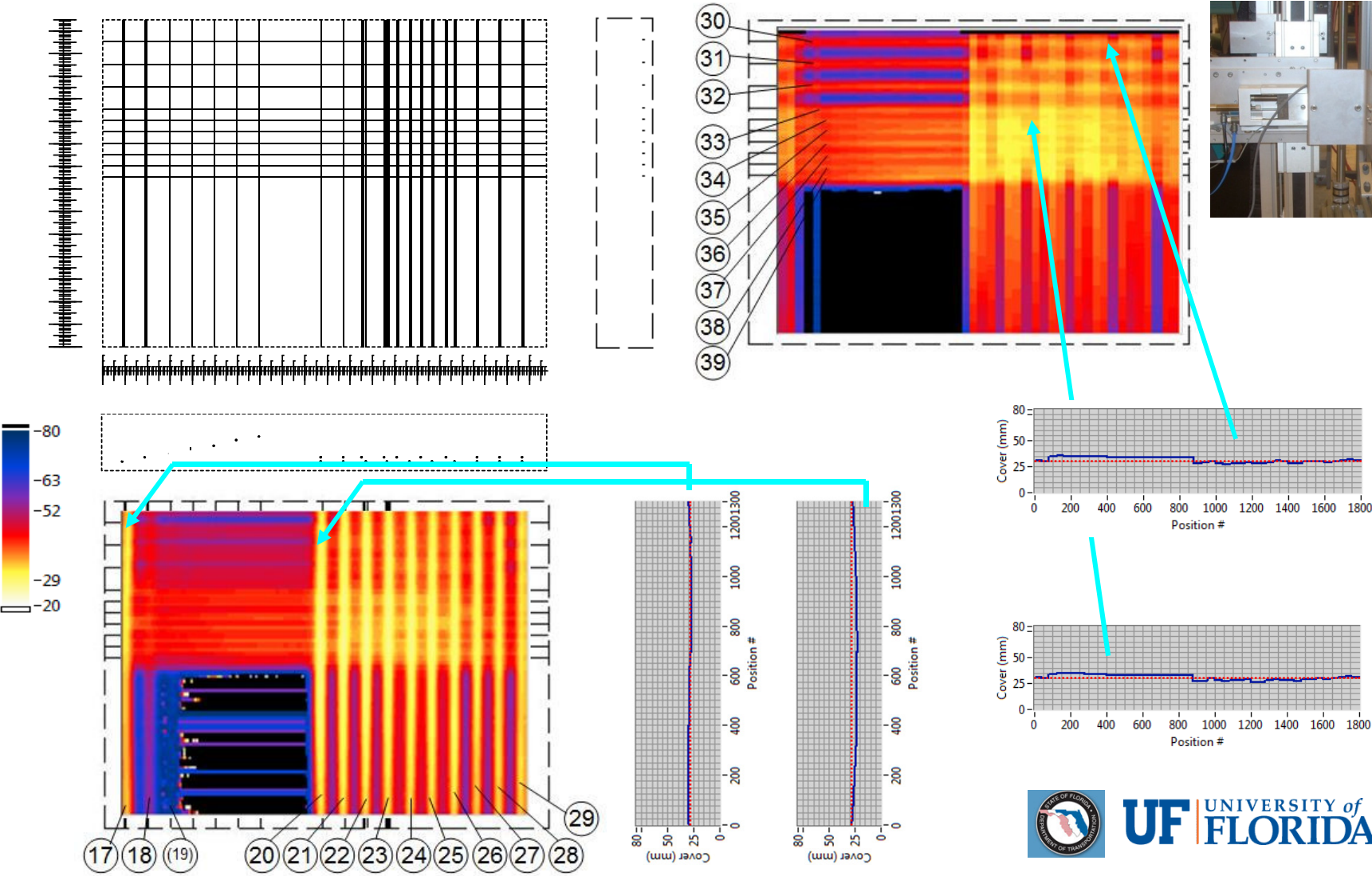
Beispiel: Bewehrungssuchgerät



Bemerkung:
Heutzutage vielfach abgelöst
durch Radar, dennoch weit
verbreitet im Einsatz

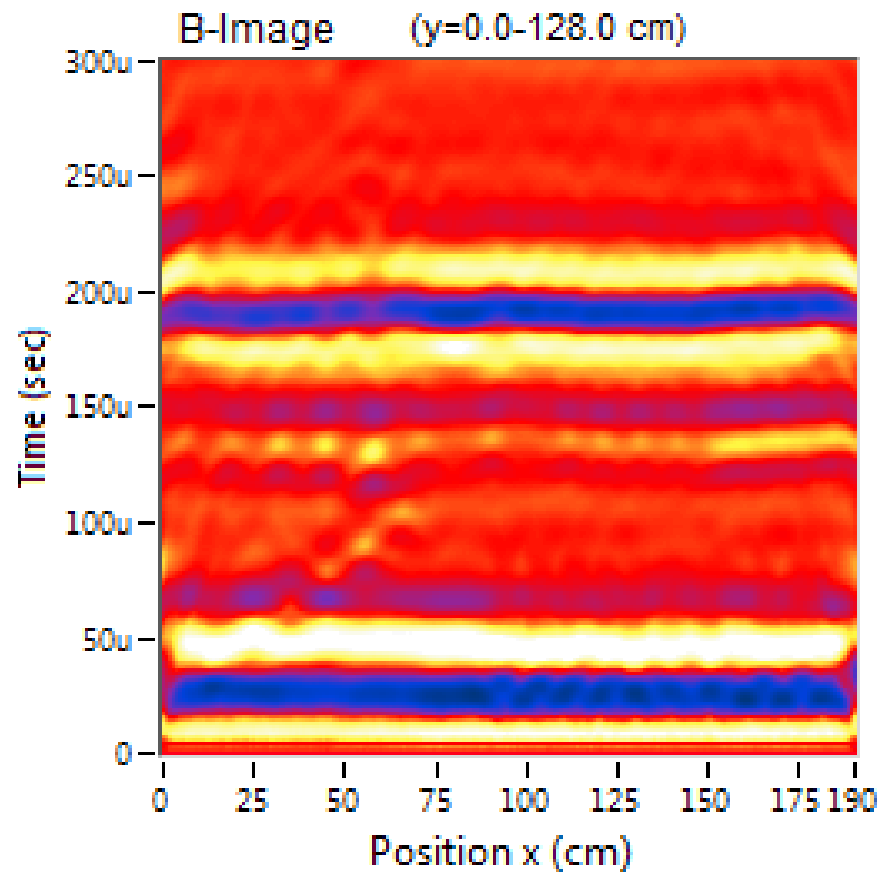


Ergebnisse Bewehrungssuchgerät



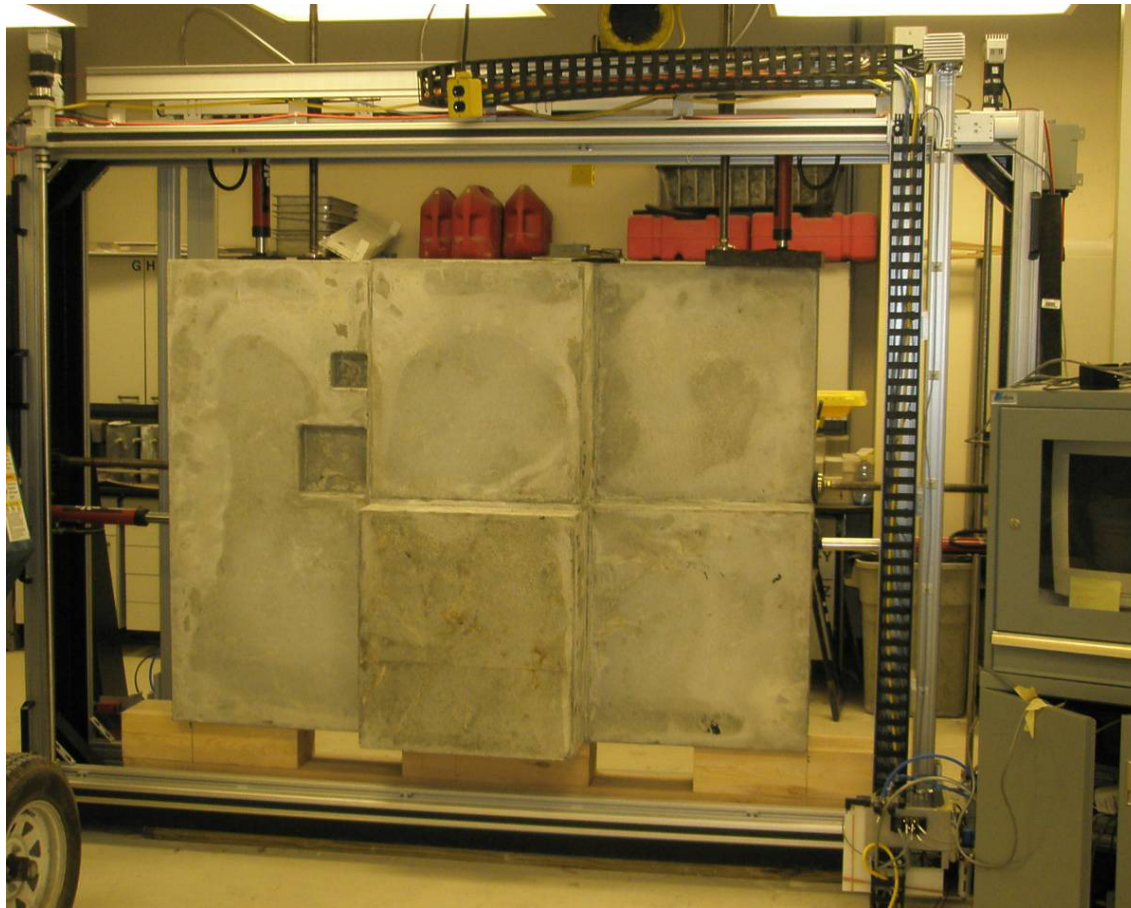
Ortung mehrerer Bewehrungslagen durch Ultraschall

Scanlinien (Querschnitte) in
X-Richtung



Dickenmessungen

Testkörper in automatisiertem Prüfstand

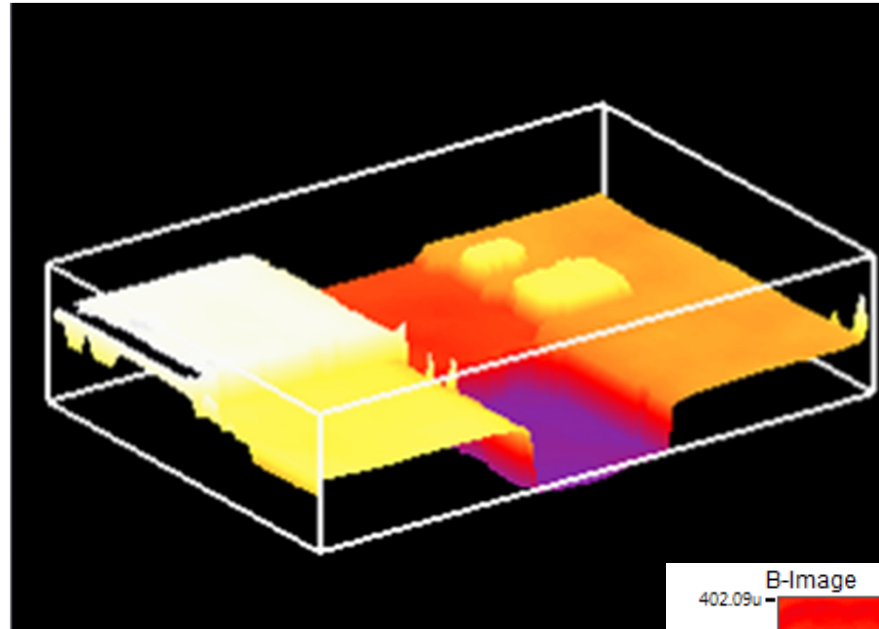


Dickenbereiche

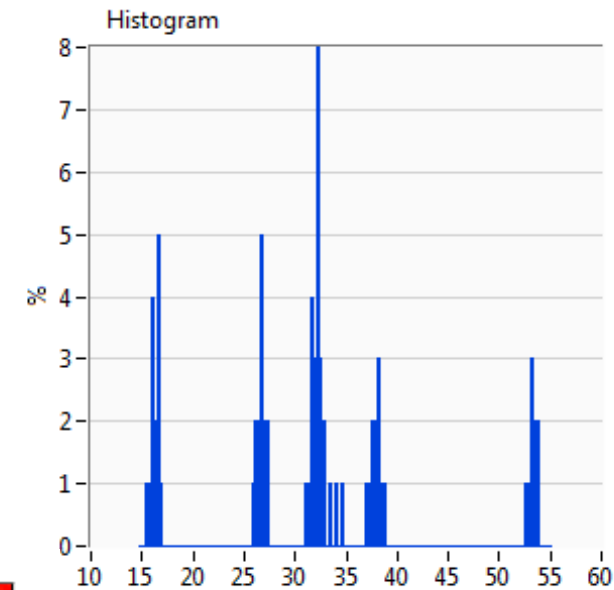
10 – 55 cm

Ergebnis Dickenmessungen mit Ultraschall

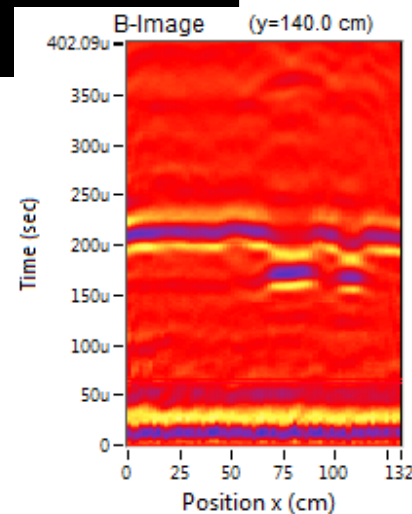
Ultraschall



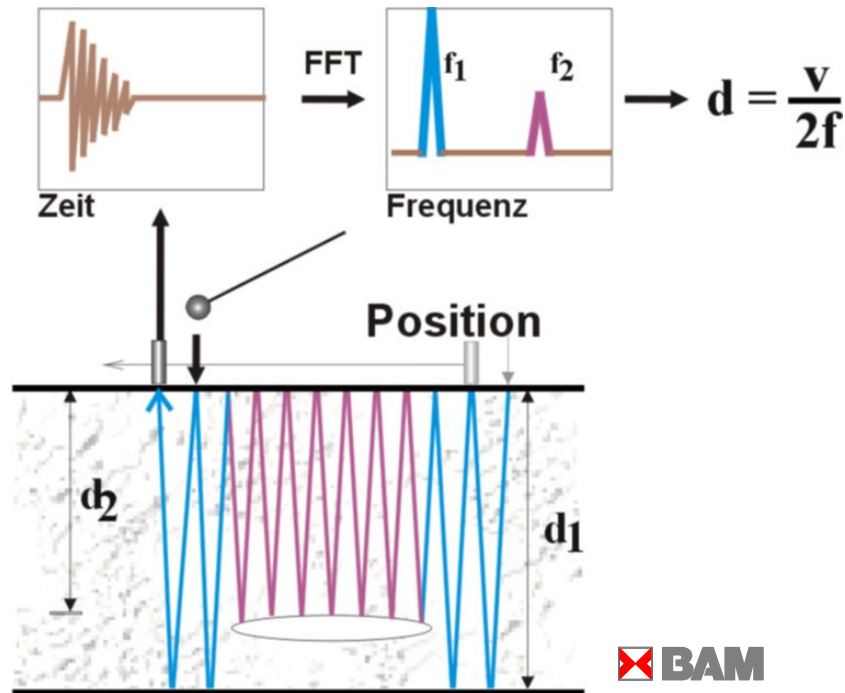
Statistik



- Bildgebend
- SAFT-Signalverarbeitung
- 3D Visualisierung
- Statistische Auswertung



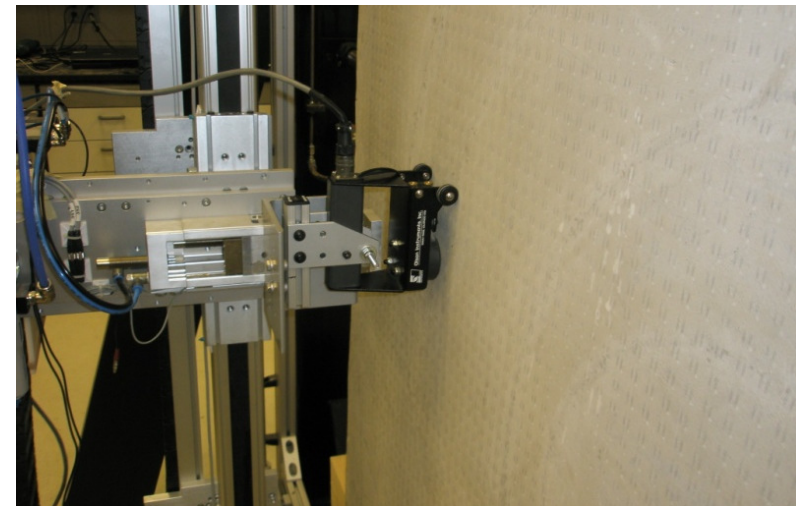
Impact-Echo



IE Principle



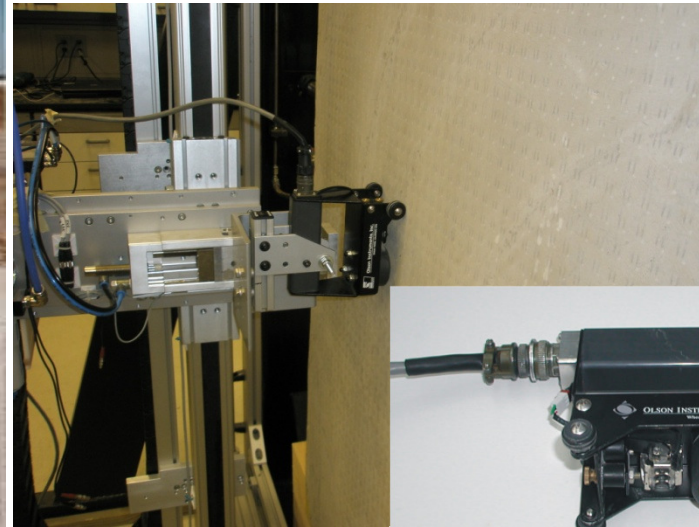
Impact-Echo Messkopf
(Olson Instruments)



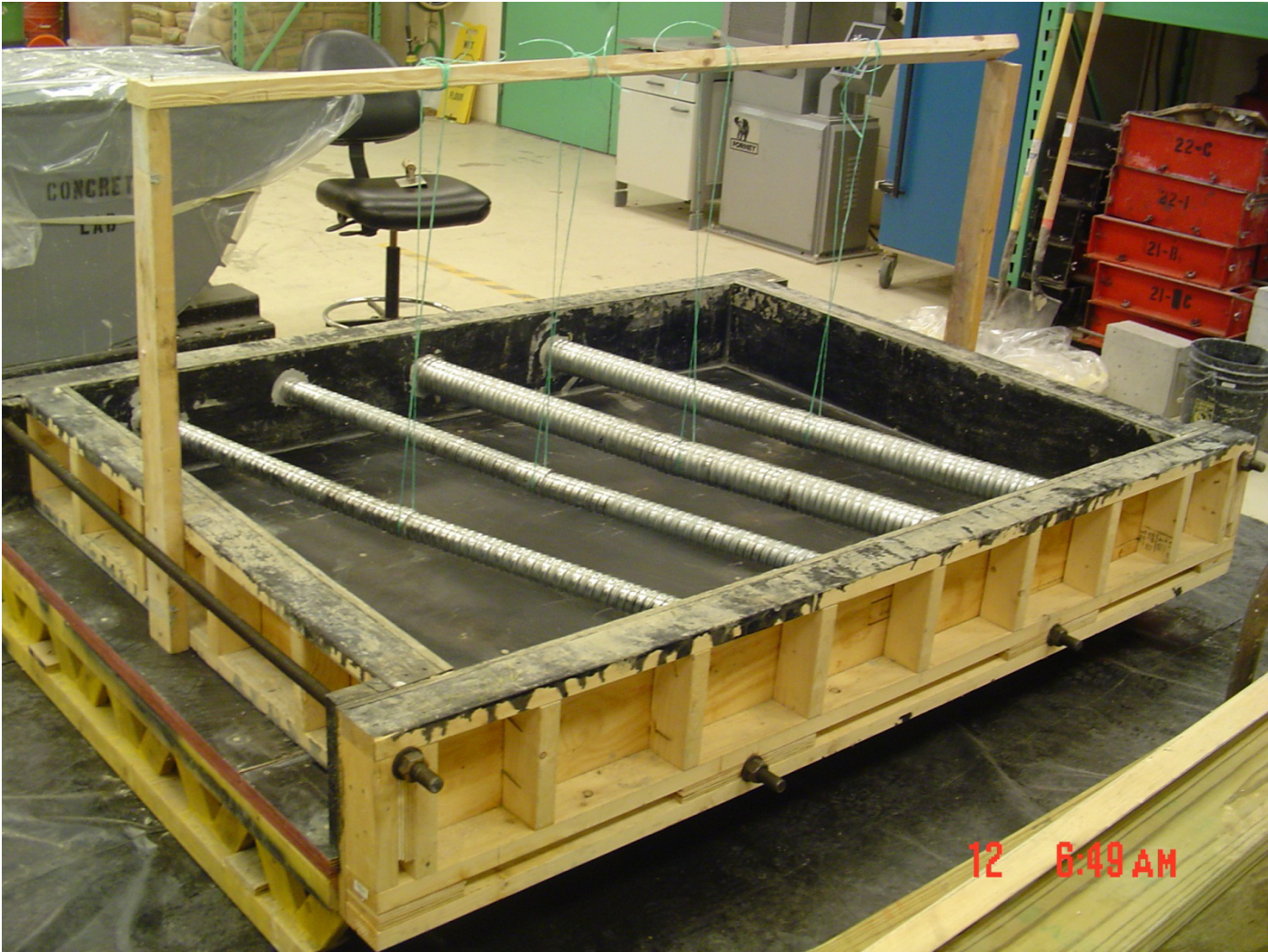
Montiert an Scannersystem (automatisiert)

Impact-Echo

SVTI
ASIT

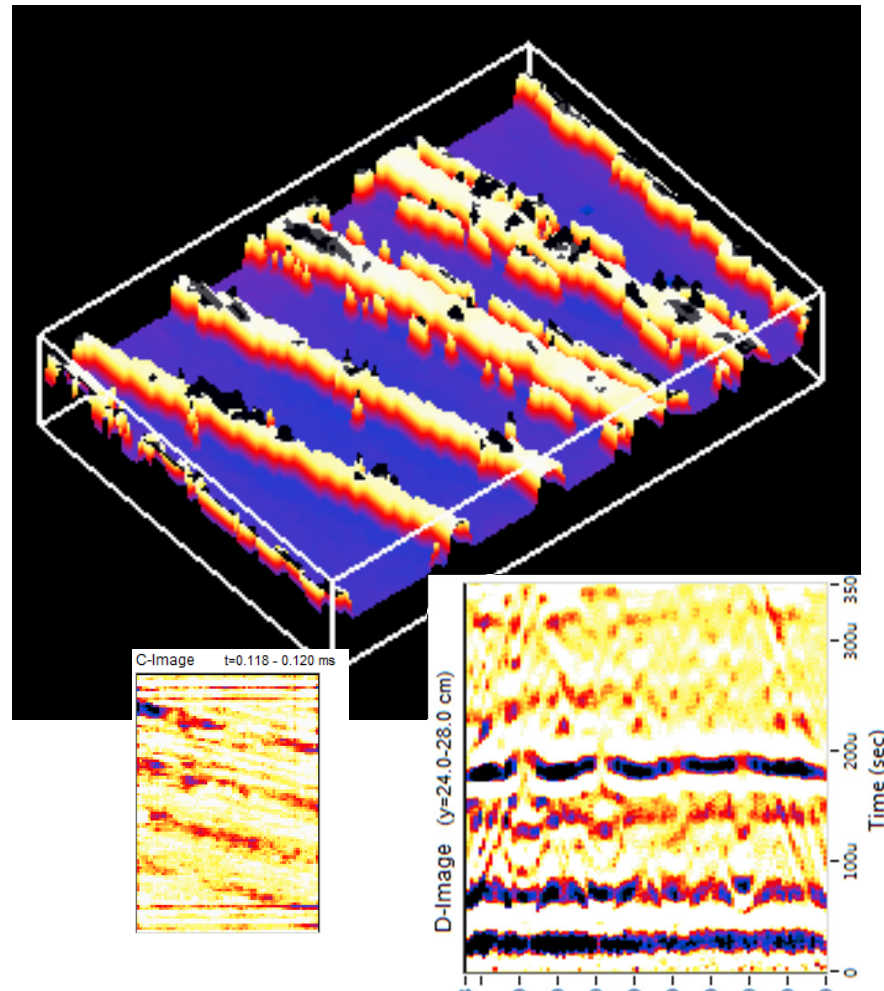


Spannkanalortung (und Untersuchung)

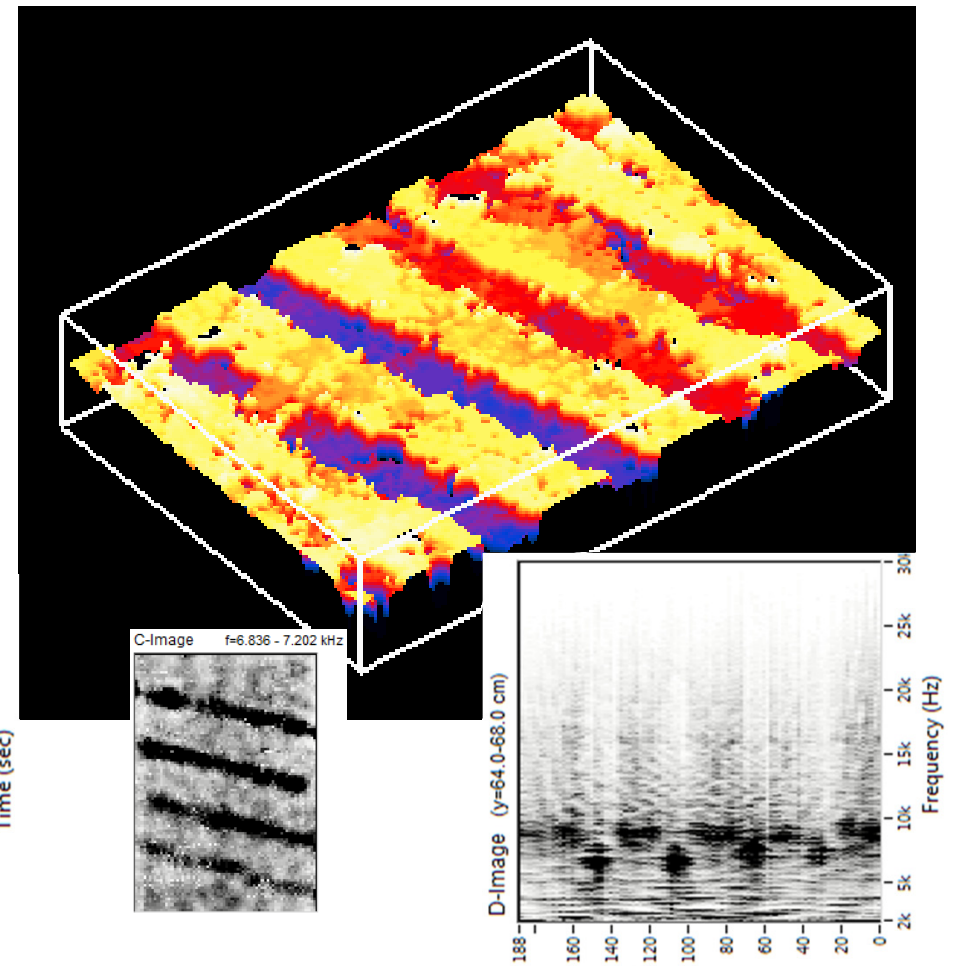


Spannkanäle: Ergebnisse von Ultraschall und Impact-Echo

Ultrasound



Impact-Echo



Messung der Elastischen Parameter

→ Impact-Echo-Messung

→ Longitudinalwellengeschwindigkeit C_L

→ Oberflächenwellengeschwindigkeit C_O

Transversalwellengeschwindigkeit C_T

→ Erhöhung Aussagekraft:
zusätzliche Ultraschallmessung von C_T

 C_L C_O C_T 

Poissonzahl ν

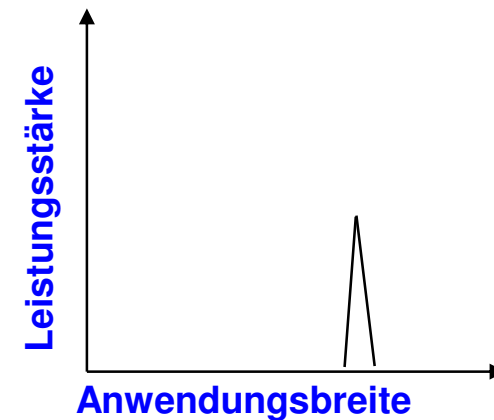
(Dynamischer) Elastizitätsmodul E

Gleitmodul (Schubmodul) G

Sinnvolle Auswahl von ZfP-Verfahren

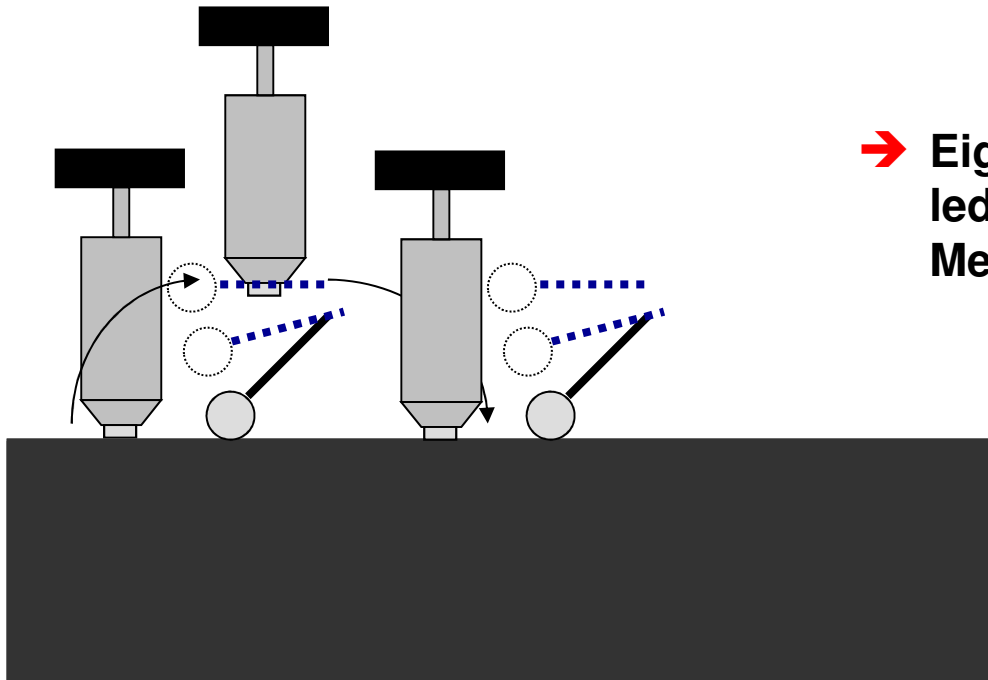
Beispiel:

- **Persönliche Meinung:**
„Ultraschall ist Impact-Echo in der Mehrzahl der Anwendungen überlegen“
- **Jedoch:**
 - Mikrofone → berührungslose Messung
- **Ausblick: schnelle, kontinuierliche Messung mit Impact-Echo**
- **Wirtschaftlich → grössere Prüfbereiche**



Herkömmliche Durchführung IE

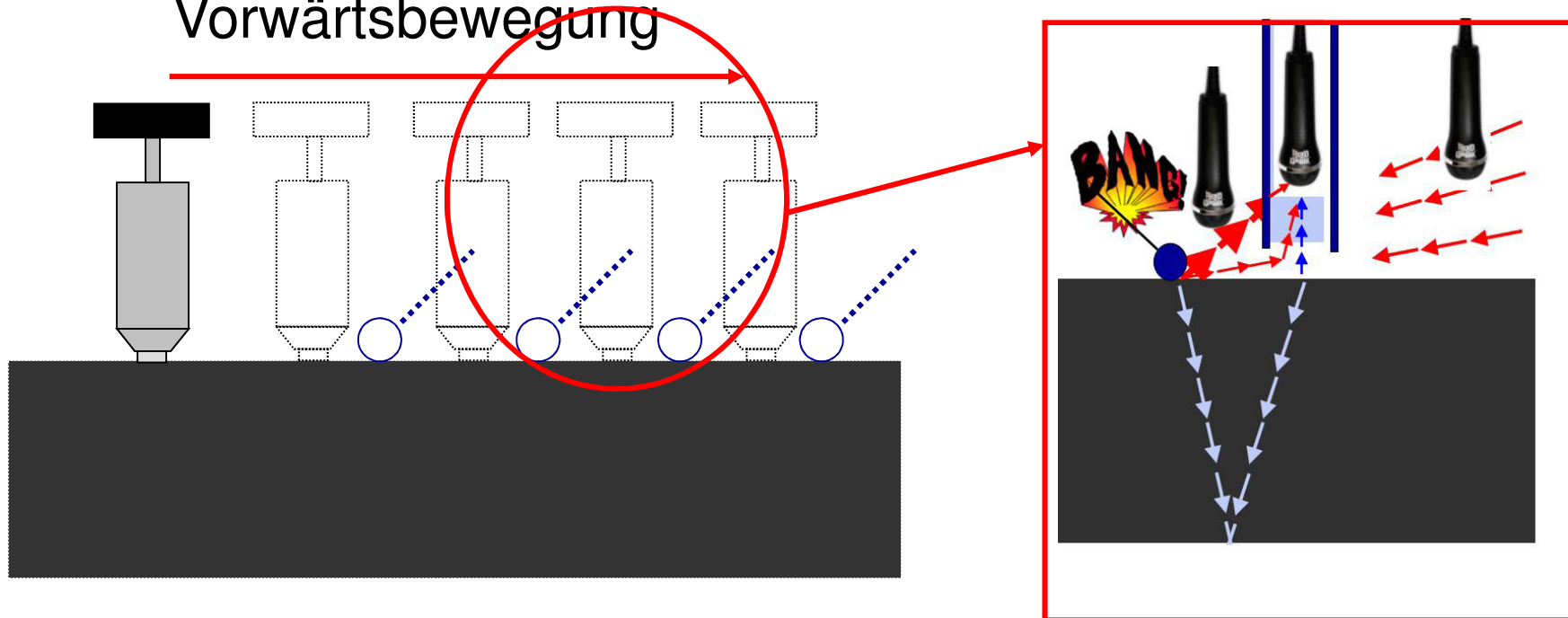
- ➔ Ankopplung zeitaufwändig
- ➔ Bei rauen und unebenen Flächen generell schwierig



- ➔ Eigentliche Messung dauert lediglich 10 ms pro Messpunkt

Ziel

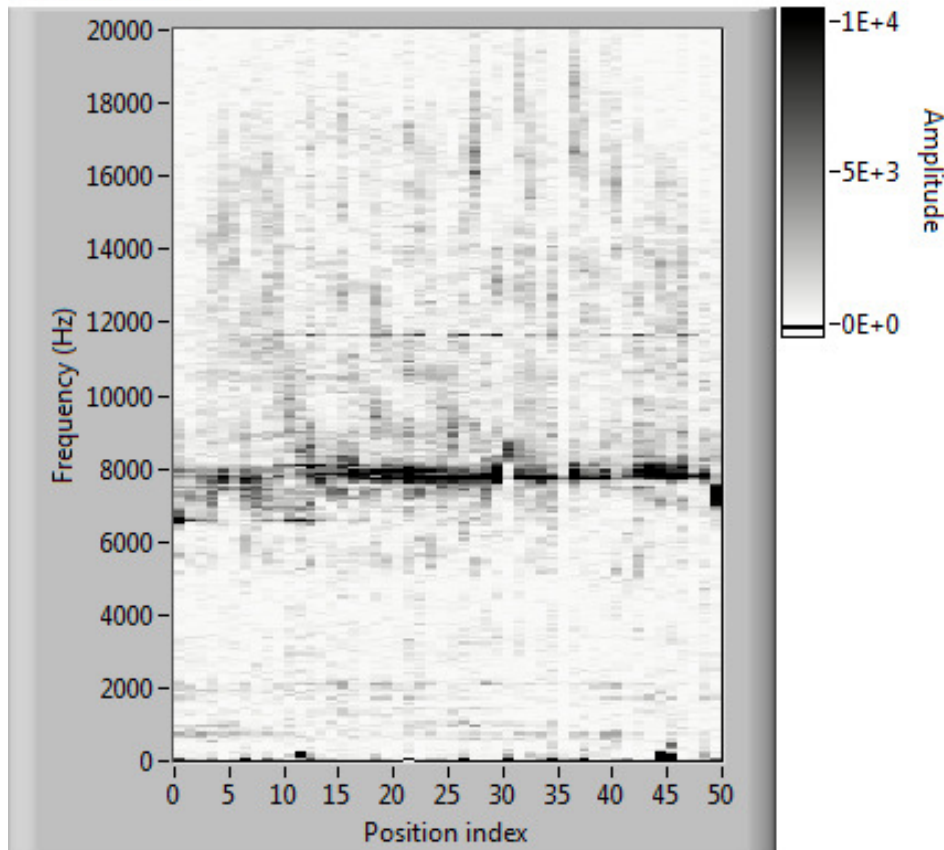
Messung in gleichmäßiger
Vorwärtsbewegung



Möglicher Weg: **Luftankopplung** von Sensoren.
Impact-Anregung hingegen unkritisch

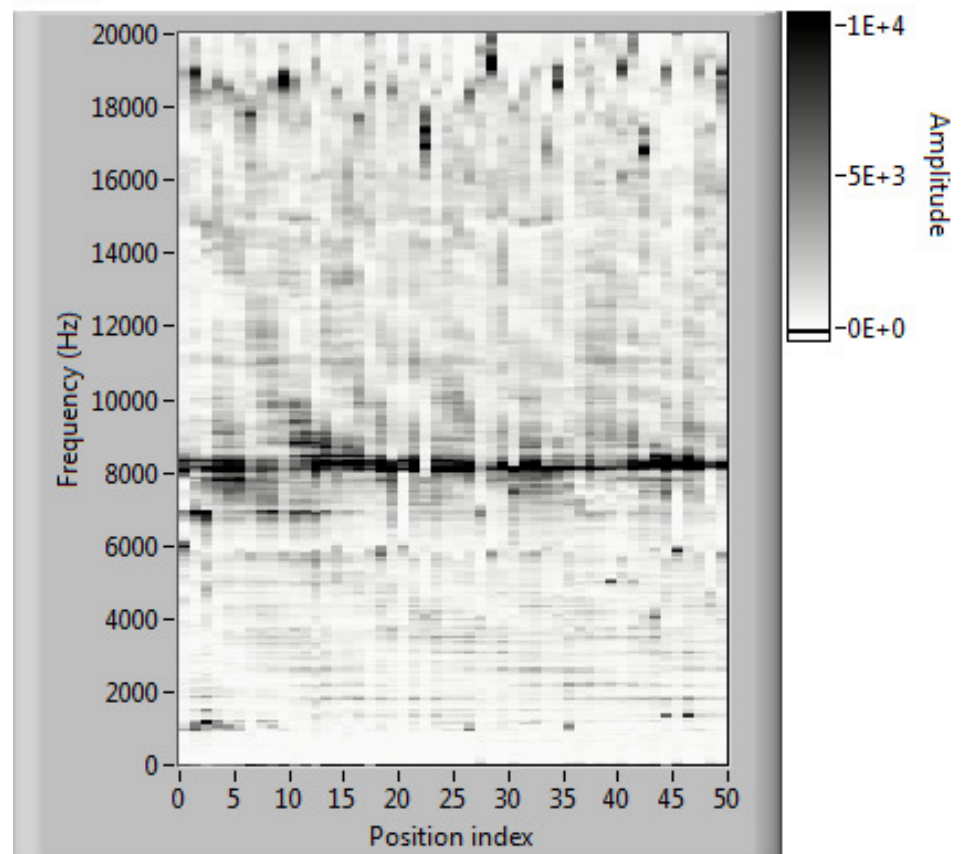
Vergleich von Impact-Echo-Ergebnissen

B-Scan (Schirm)



Mikrofon

B-Scan



Konventioneller
Kontaktsensor

Prüfanweisungen (Prozedur)

- ➔ Entwickelte, niedergeschriebene Vorgehensweise, die nachweislich zur erfolgreichen Lösung der Prüfaufgabe führt
- ➔ Geltungsbereich
- ➔ Leistungsgrenzen
- ➔ Grundlage für systematische Vorgehensweise bei der Prüfung und Beurteilung des Leistungsvermögens

Beurteilung des Leistungsvermögens

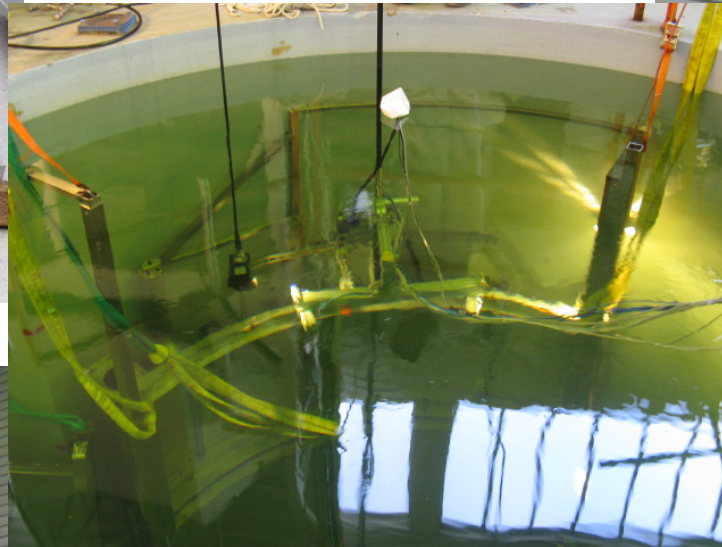
- Ziel: objektiv, realistisch**
- Versuche an Testkörper oder Komponente**
- Praxis der Qualifizierung von ZfP an mechanischen Anlagenkomponenten (Behälter, Rohrleitungen, etc.)**
 - Qualifizierung der Prozedur und Geräte**
 - Technische Begründung**
 - Testkörperversuche (blind oder offen)**
 - Personalqualifizierung**
 - Blindtest**
- Unterstützung durch Simulationsrechnungen**

Beispiel Praktische Demonstration

Testkörper mit realitätsnahen Fehlern



Scannersystem



**Scannersystem während
Messung an Attrappe unter
Wasser**

1:1 Attrappe (Gemoetrie)



Schlussfolgerung

- ➔ Leistungsvermögen von ZfP-Verfahren stets auf spezielle Prüfaufgabe beziehen
- ➔ Randbedingungen beachten
- ➔ Kenntnisse über Leistungsvermögen und -grenzen sind essenziell für Nutzen von ZfP-Untersuchungen.
- ➔ Definierte Prüfprozeduren erarbeiten
- ➔ Objektive Beurteilung des Leistungsvermögens in Testkörperversuchen ermitteln
- ➔ Erfahrung aus Qualifizierung von ZfP-Prüfsystemen für mechanische Anlagenkomponenten nutzen

Vielen Dank