

23. Bautechnisches Seminar NRW, Ratingen, 29.10.2014

Voruntersuchungen an alten Gebäuden – Baustoffliche Aspekte –

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Brameshuber

Institut für Bauforschung der RWTH Aachen University (ibac)

Eine lange Geschichte...



Entwicklung des Speck's Hof



1430 bis 1909

Geschäftshaus

1929

Messehaus
10.000 m²

1945

Zerstörung Dach,
5 Jahre offen

1981/82

Renovierung

1992 bis 1995

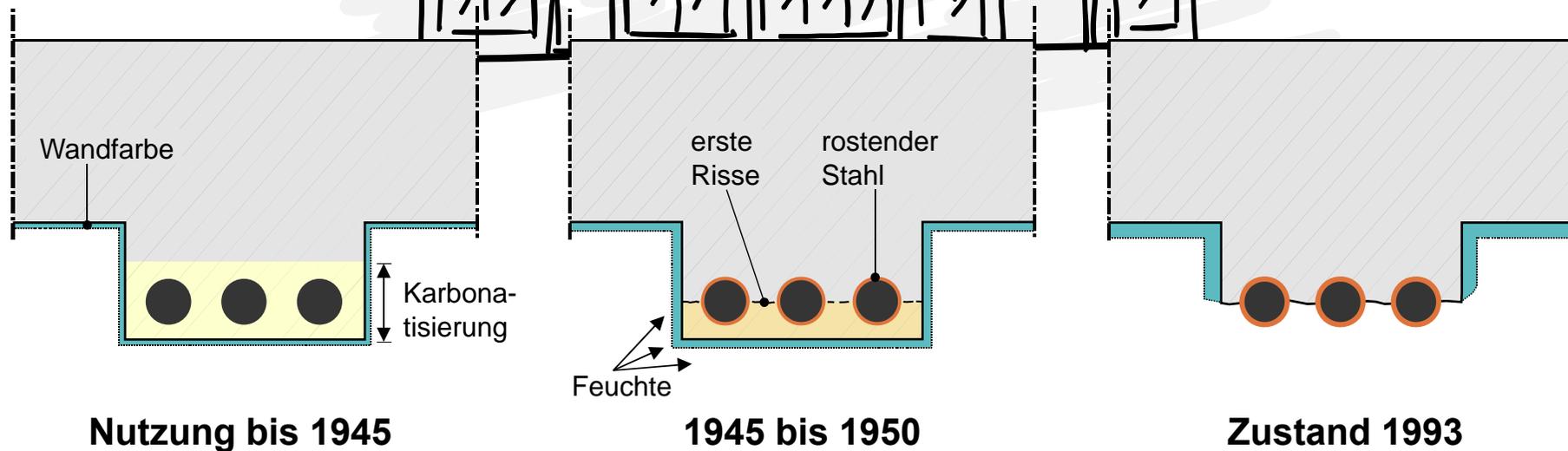
vollständige Sanierung und
Ausbau zur Einkaufspassage

Das Problem...

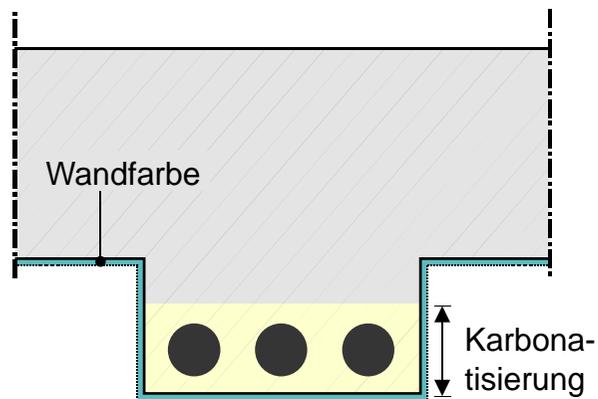


Folge:

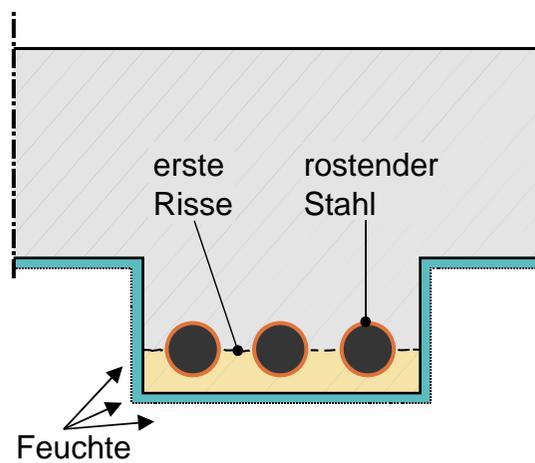
80 Microm



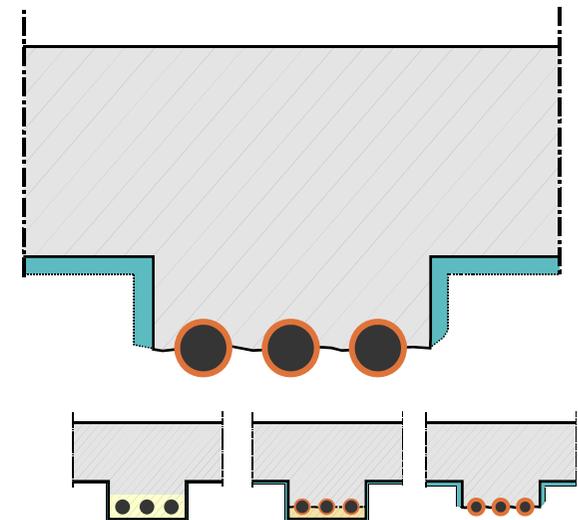
Speck's Hof heute



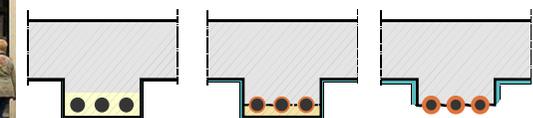
Nutzung bis 1945



1945 bis 1950



Speck's Hof heute



Merklblatt DBV "Bauen im Bestand"

INHALTSVERZEICHNIS

⋮

4 Bestandsaufnahme

⋮

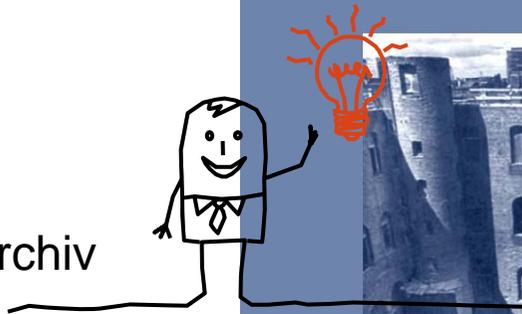
4.2 Sichtung vorhandener Unterlagen

⋮

- Informationen über besondere Einwirkungen
(...Kriegseinwirkungen, ...)

⋮

– Stadtarchiv



–



Wikipedia (seit 2001):

"...Im zweiten Weltkrieg wurde der Gebäudekomplex stark beschädigt und büßte seine Dachaufbauten ein..."

Merklblätter

DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.

Bauen im Bestand

Leitfaden
Guideline

Fassung Januar 2008



Gliederung

■ Vorstellung Projekt

■ Aufgabenstellungen

- Mauerwerk – Schadenaufnahme, Druckfestigkeit, Elastizitätsmodul
- Stahlstützen – Tragfähigkeit
- Stahlträger – Tragfähigkeit, Korrosionszustand
- Kappendecken – Druckfestigkeit, Stahlträger
- Bodenplatte – Dicke

■ Weitere Beispiele

■ Schlussfolgerungen

Alte Mälzerei, Hafen Düsseldorf, nach dem Umbau



Bildquelle:
Zeitschrift Tür Tor Fenster Report
Ausgabe 4/2005

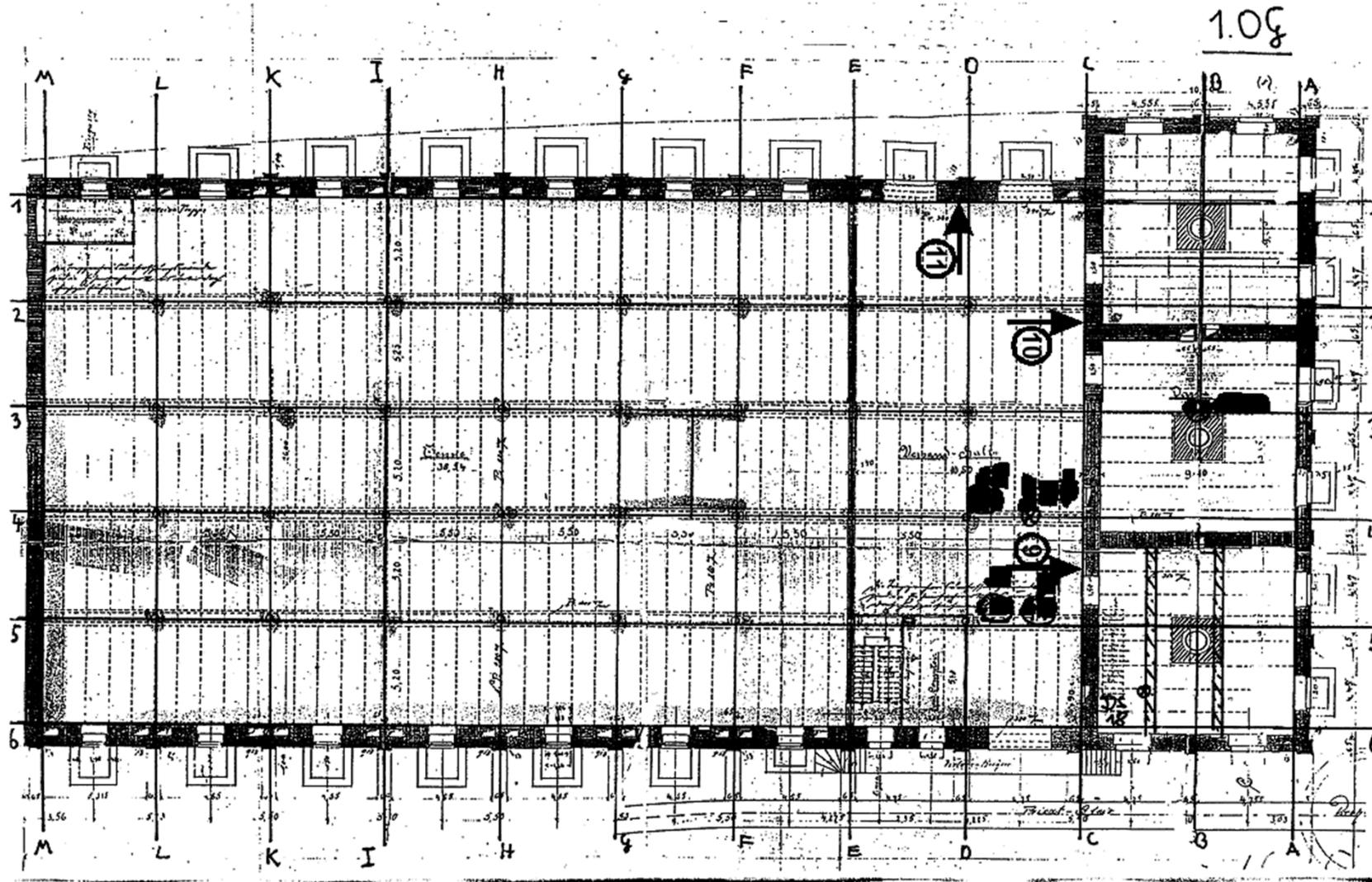
li.: Alte Mälzerei,
re.: Colorium von William Alsop

Vergleich "alt" und "neu"



Bildquelle:
Zeitschrift Tür Tor Fenster Report
Ausgabe 4/2005

Untersuchungen zum Mauerwerk – Kennzeichnung der Entnahmestellen

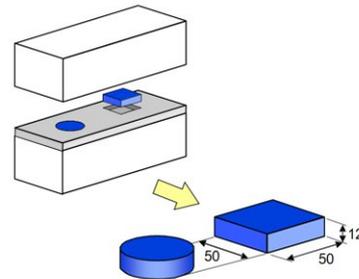


Untersuchungen zum Mauerwerk – Stein- und Mörteldruckfestigkeit / Probekörperentnahme

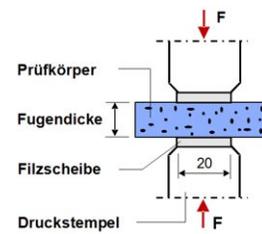


Prüfung der Mörteldruckfestigkeit in der Fuge DIN 18555-9

Probekörperentnahme



Prüfschema



Maße in mm

Ermittlung der zulässigen Spannung σ_0 des Mauerwerks – Auswertung Daten

Einteilung in Bauteile	Innenwand		Außenwand Durchbruch		Außenwand Fassade	
	Stein	Mörtel	Stein	Mörtel	Stein	Mörtel
Anzahl Probekörper	23	21	9	4	8	9
Mittelwert Druckfestigkeit [N/mm ²]	21,7	1,2	29,0	6,2	28,1	1,4
Standardabweichung [N/mm ²]	11,1	0,6	14,7	1,7	9,2	0,8
Erwartungswert $E_{75\%}$ [N/mm ²]	7,6	0,5	8,0	3,0	11,1	0,3

Weitere Einflussnehmende Faktoren:

- Umrechnung Fugendruckfestigkeit / Normdruckfestigkeit (*hier 2,0*)
- Umrechnung Mörteldruckfestigkeit Nennwert / Mittelwert (*hier 1/1,25*)
- Gestaltfaktor Prüfwert / Normwert f
- Umrechnung Steindruckfestigkeit Nennwert / Mittelwert (*hier 1/1,25*)

Ermittlung der zulässigen Spannung σ_0 des Mauerwerks

$$\beta_{D,mw} = K \cdot \beta_{D,st}^\alpha \cdot \beta_{D,m}^\beta$$

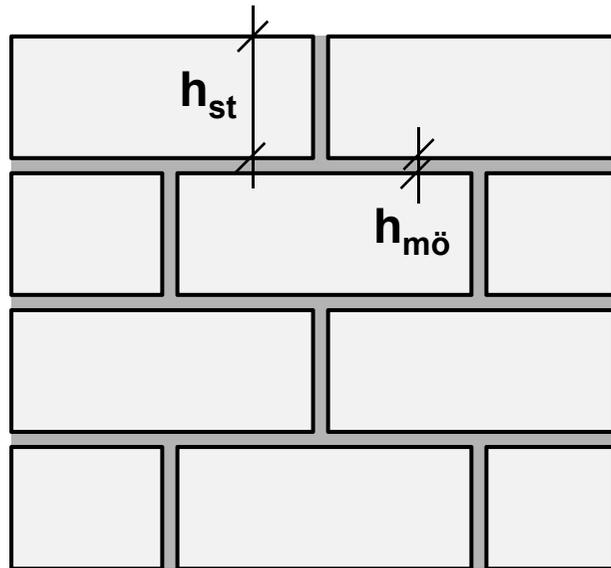
- Weitere Einfluss nehmende Faktoren:
- Schlankheit Wand
 - Qualität der Ausführung

$$\text{NM, Mz : } \beta_{D,mw} = 0,66 \cdot \beta_{D,st}^{0,57} \cdot \beta_{D,m\ddot{o}}^{0,26} \quad (\text{nach Mauerwerkkalender 2012})$$

- Qualität der Ausführung \rightarrow 70 % Vollfugigkeit (Schätzung)
- Schlankheit $\lambda = 10 \rightarrow 1/1,1$
- $\sigma_0 = \beta_{D,mw}/\gamma$ mit $\gamma = 3$

Bauteil	σ_0 [N/mm ²]	f_k [N/mm ²] = 2,77 · σ_0
Innenwand	0,37	1,03
Außenwand Durchbruch	0,61	1,70
Außenwand Fassade	0,41	1,12

Untersuchungen zum Mauerwerk – Elastizitätsmodul



1.)

$$E_{mw} = \frac{h_{mö} + h_{st}}{\frac{h_{mö}}{E_{mö}} + \frac{h_{st}}{E_{st}}}$$

2.)

$$E_{mw} = 471 \cdot \beta_{D,st}^{0,76} \cdot \beta_{D,mö}^{0,16}$$

(nach Mauerwerkkalender 1985)

Weitere Einfluss nehmende Faktoren:

- Vollfugigkeit der Lagerfugen

Untersuchungen zum Mauerwerk – Fazit

- **Abschätzung der Drucktragfähigkeit aus der Druckfestigkeit Steine und Mörtel ist möglich**
- **Anwendung empirischer Formeln bedarf viel Erfahrung**
- **Ausführungsqualität ist zu beurteilen und in die Berechnung einzubeziehen**
- **Bei Bedarf Abstimmung zwischen Planer, Architekt, Projektsteuerer**

Tragfähigkeit Stahlstützen – Konzept

■ Problem:

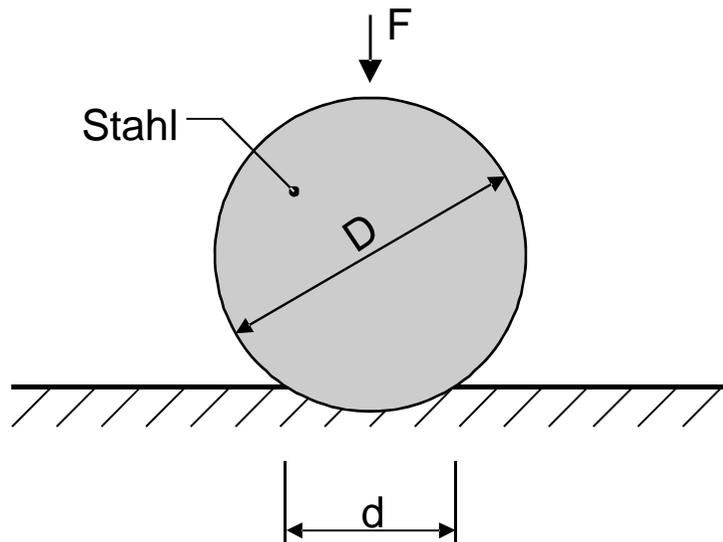
- Stützen aus 19. Jhdt., Gusseisen, Stahlgüte unbekannt
- Zerstörende Entnahme nicht zulässig
- Stützen müssen aus Gründen des Denkmalschutzes erhalten bleiben
- Anzahl: 120 Stck.

■ Lösung:

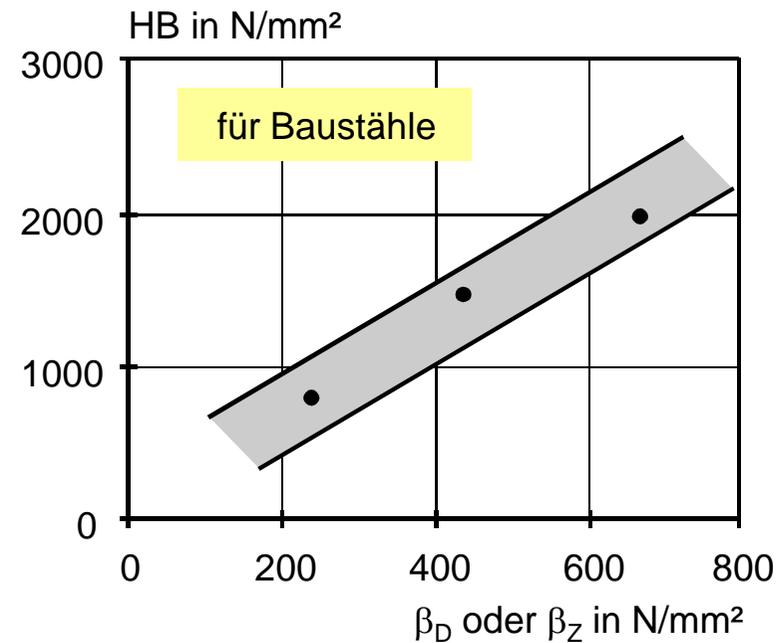
- Erstellung einer Kalibrierfunktion zur Beschreibung der Druck-/Zugfestigkeit
- Zerstörungsarme Prüfung mittels Messung der Brinellhärte an allen Stützen

Tragfähigkeit Stahlstützen – Vorgehensweise zur Erstellung Kalibrierkurve

Brinell-Härte HB

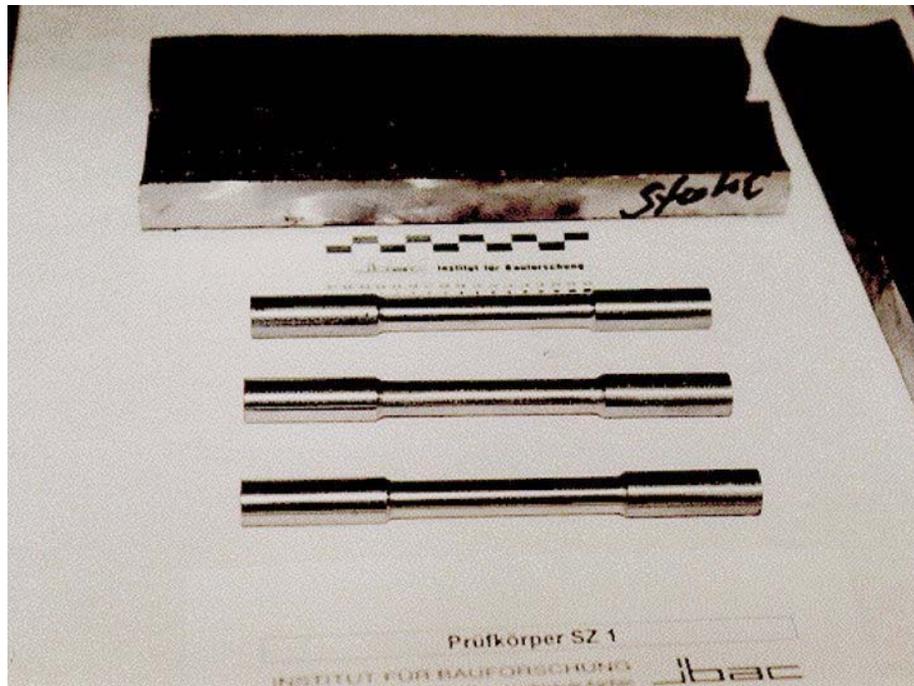


$$HB = \frac{F}{O} = \frac{F}{0,5 \cdot \pi \cdot D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

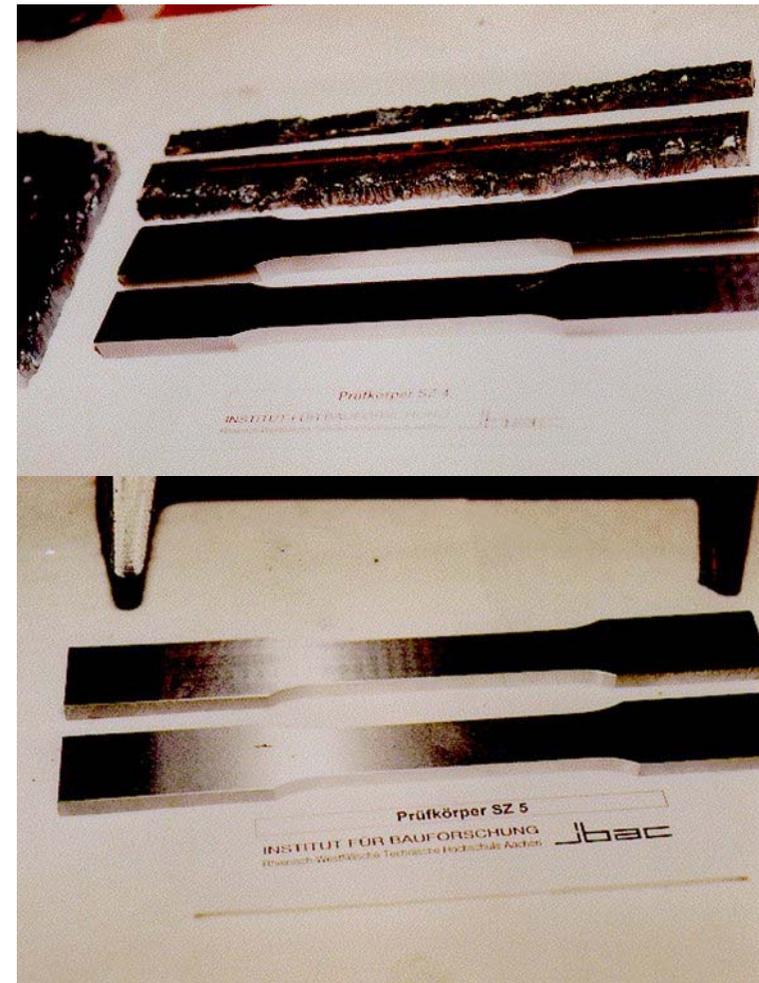


Tragfähigkeit Stahlstützen – Zerstörende Prüfung für Erstellung Kalibrierkurve

Probenahme Stahlstützen



Probenahme Stahlträger



Tragfähigkeit Stahlstützen

- Ergebnis der zerstörenden Prüfungen:

Zugfestigkeit	146 N/mm ²
Druckfestigkeit	569 N/mm ²

- Ergebnis der zerstörungsfreien Prüfungen: Druckfestigkeit ca. 550 N/mm² (20 Stützen)
 - ➔ Vorschlag $R_m^{5\%} = \text{ca. } 460 \text{ N/mm}^2$
 - ➔ zul. σ_D 50% $R_m^{5\%} = 230 \text{ N/mm}^2$ (wg. fehlender Duktilität)

- Schweißbeignung: Chemische Analyse → Kohlenstoffgehalte $\geq 5\%$
 - ➔ Empfehlung: Verzicht auf Schweißen

Kappendecken



Kappendecken – Stahlzugfestigkeit, Korrosionszustand, Betondruckfestigkeit

- **Stahlzugfestigkeit mit Verfahren wie Gusseisenstützen**
- **Korrosionszustand:**
 - Entfernen etwaiger Anstriche
 - Feststellung der Rostschichtstärke
 - Abschätzung Restquerschnitt
- **Betondruckfestigkeit $f_{cm} = \text{ca. } 20 \text{ N/mm}^2$ (große Streuung)**

Betondruckfestigkeit Kappenbeton



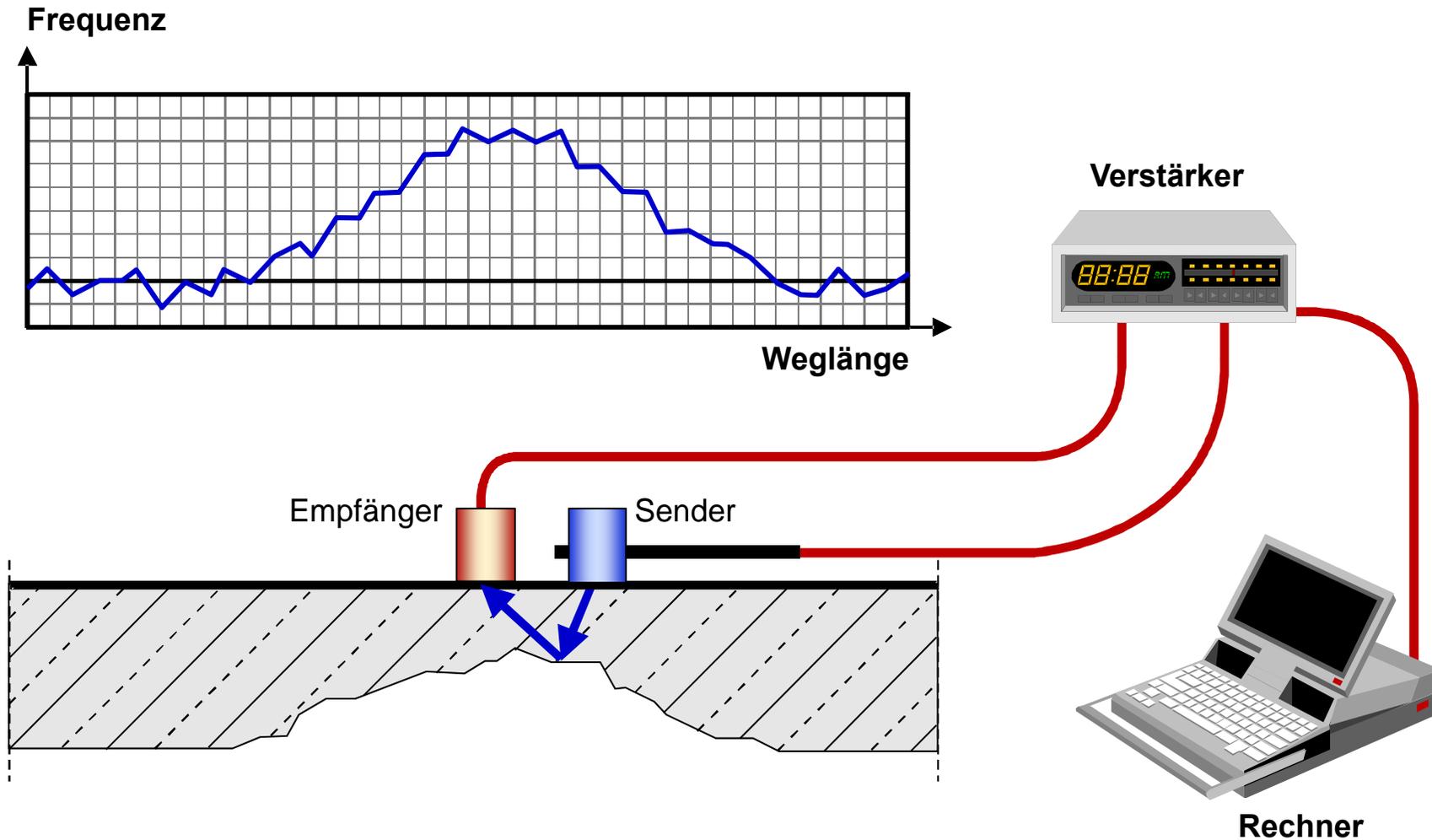
Kappendecken – Stahlzugfestigkeit, Korrosionszustand, Betondruckfestigkeit

- **Stahlzugfestigkeit mit Verfahren wie Gusseisenstützen**
- **Korrosionszustand:**
 - Entfernen etwaiger Anstriche
 - Feststellung der Rostschichtstärke
 - Abschätzung Restquerschnitt
- **Betondruckfestigkeit $f_{cm} = \text{ca. } 20 \text{ N/mm}^2$ (große Streuung)**
- **Probebelastungen und statischer Nachweis**

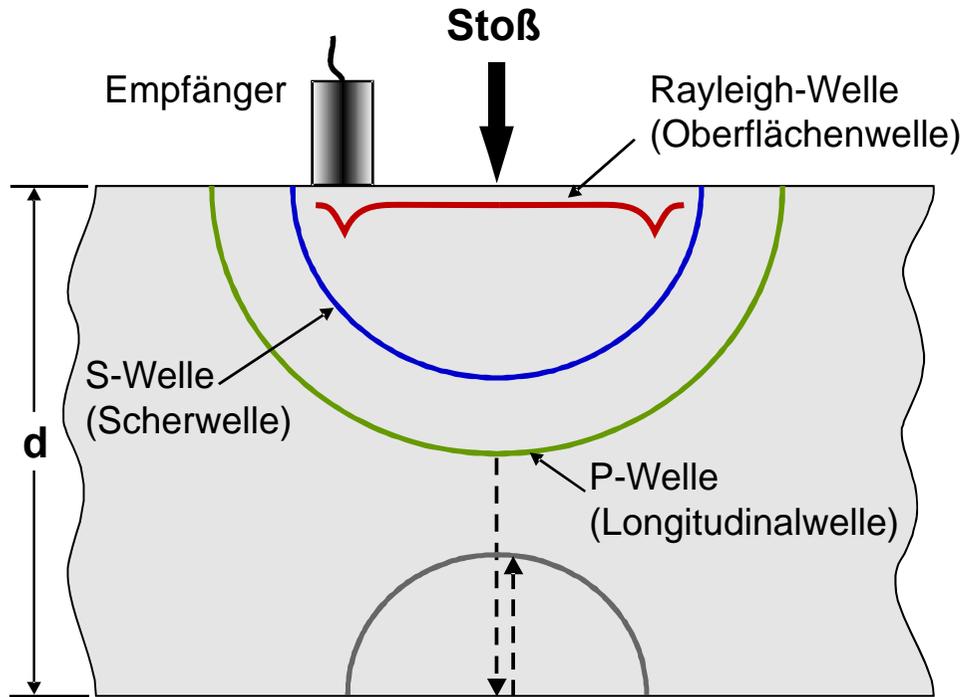
Ermittlung Bodenplattendicke

- **Problemstellung: Hochwasser führt zu Auftrieb**
- **Lösungsansatz 1:**
Bohrkernentnahme über gesamte Fläche → erhebliche Schädigung
- **Lösungsansatz 2:**
Zerstörungsfreie Prüfung mittels Ultraschall oder Impact-Echo-Verfahren
- **Umgesetzt: Lösungsansatz 2 mit Testphase**

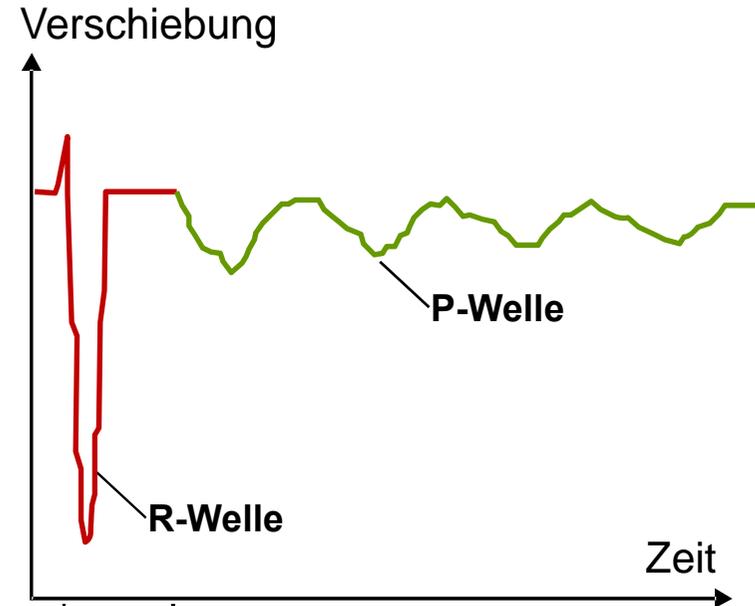
Impact-Echo-Verfahren – Prinzip



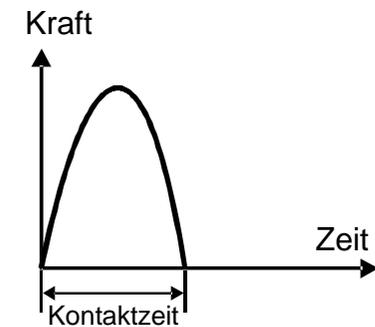
Impact-Echo-Verfahren – Grundlagen



$$c_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot f(\mu)}$$



$$c_p = \frac{2d}{\Delta t}$$



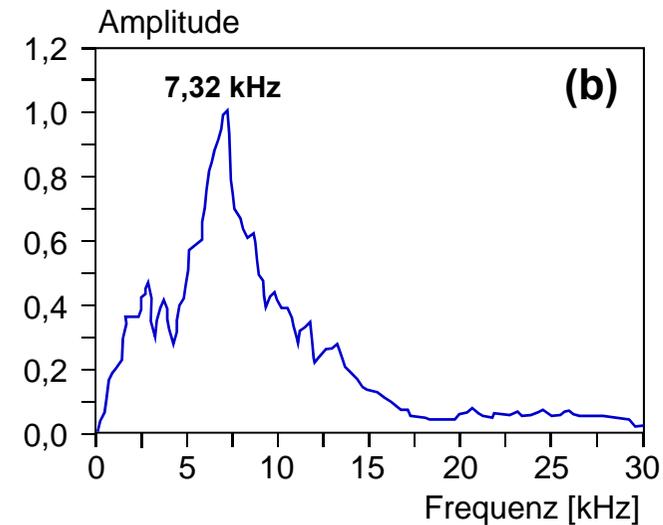
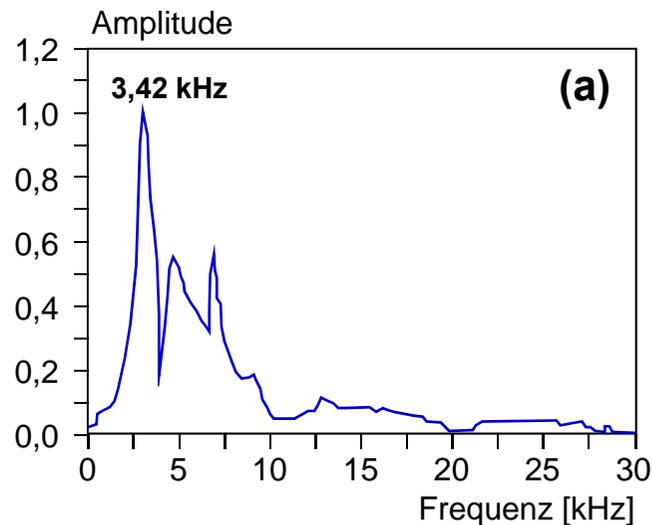
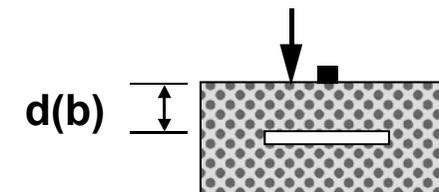
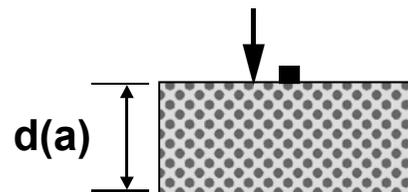
Impact-Echo-Verfahren – Frequenzanalyse

$$d = \frac{v_s}{2 \cdot f}$$

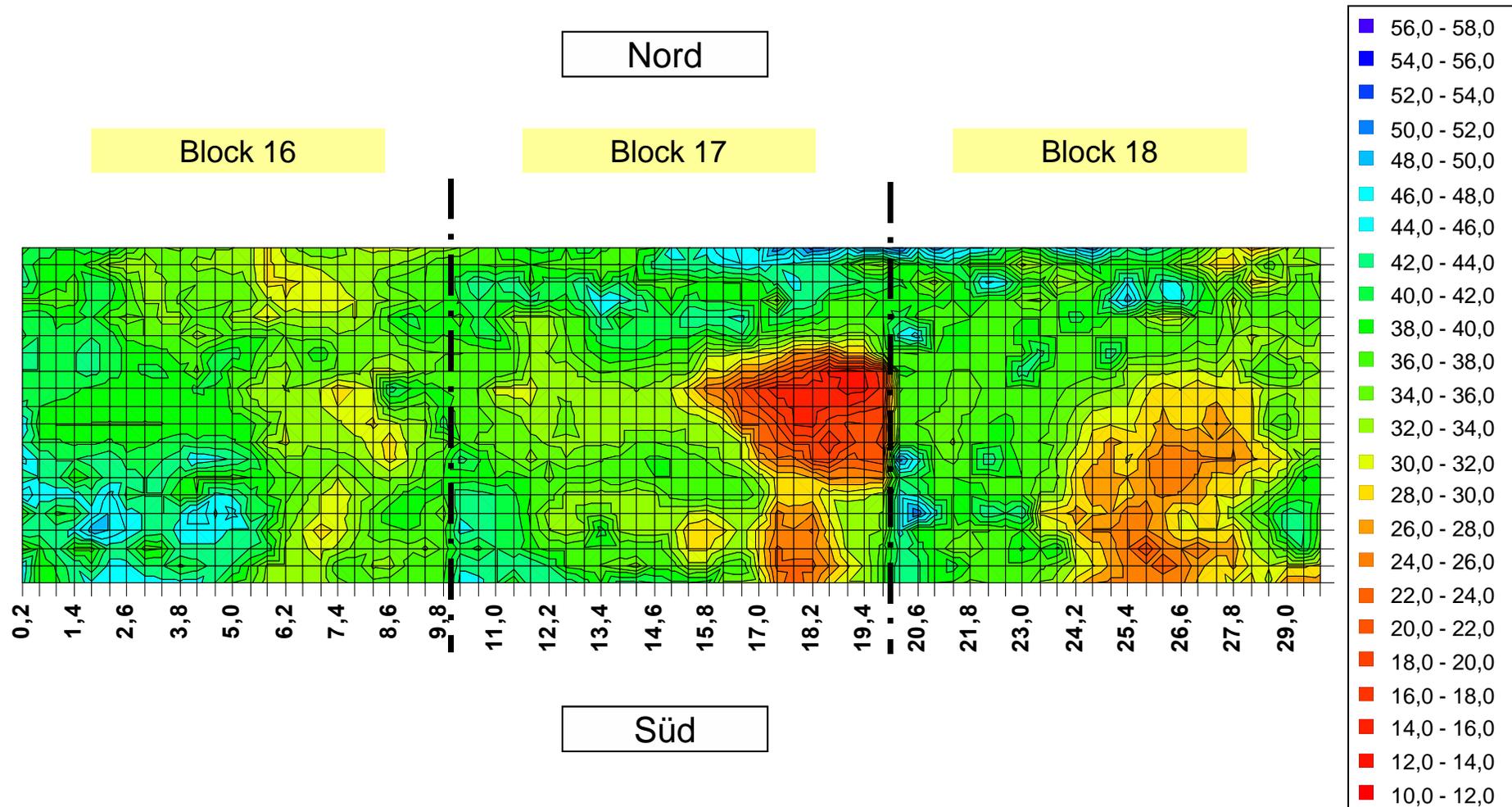
Beispiel: $v_s = 3,42 \text{ km/sek}$
 $f = 3,42 \text{ bzw. } 7,32 \text{ kHz}$



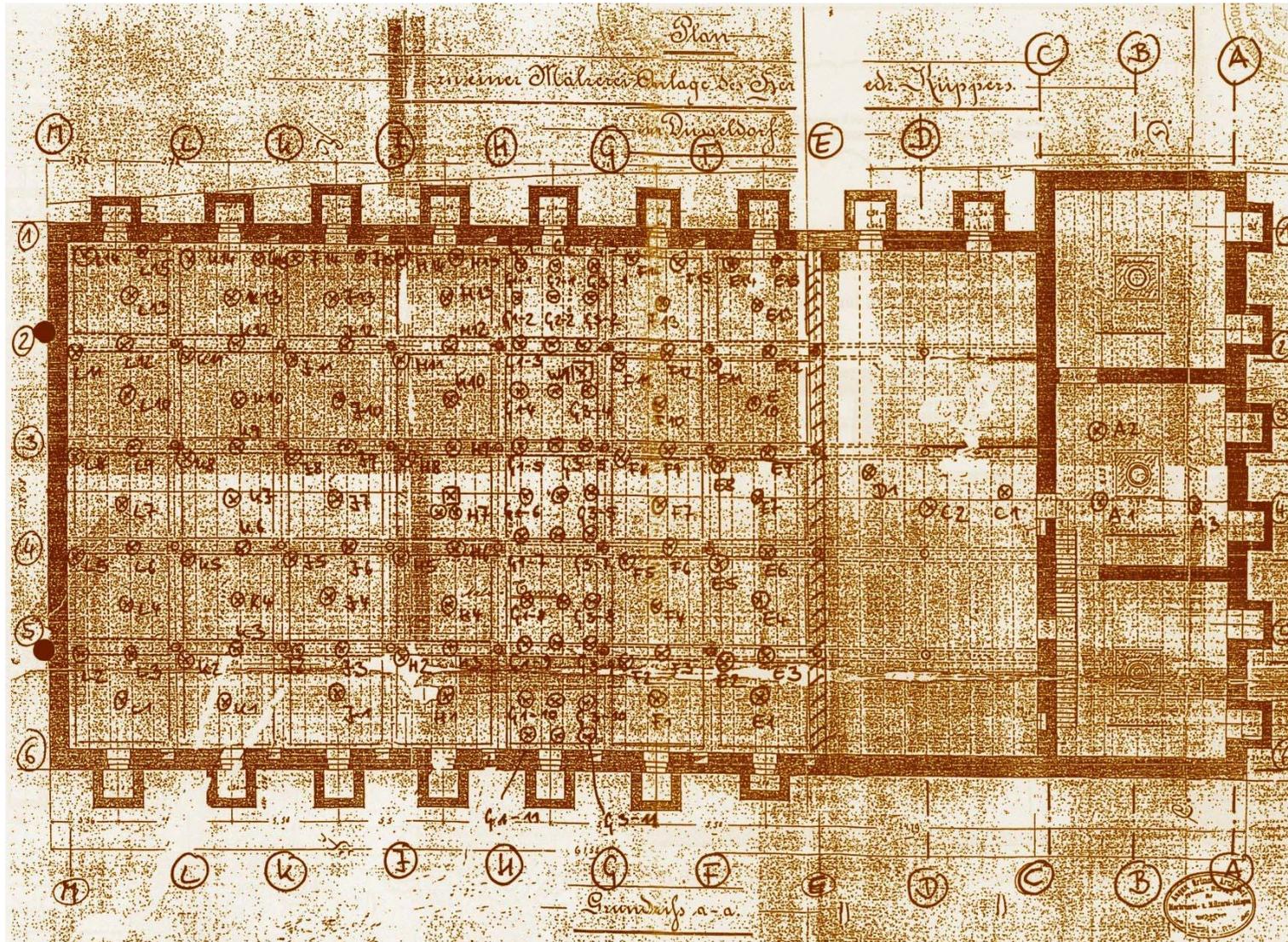
$d(a) = 0,50 \text{ m}$
 $d(b) = 0,23 \text{ m}$



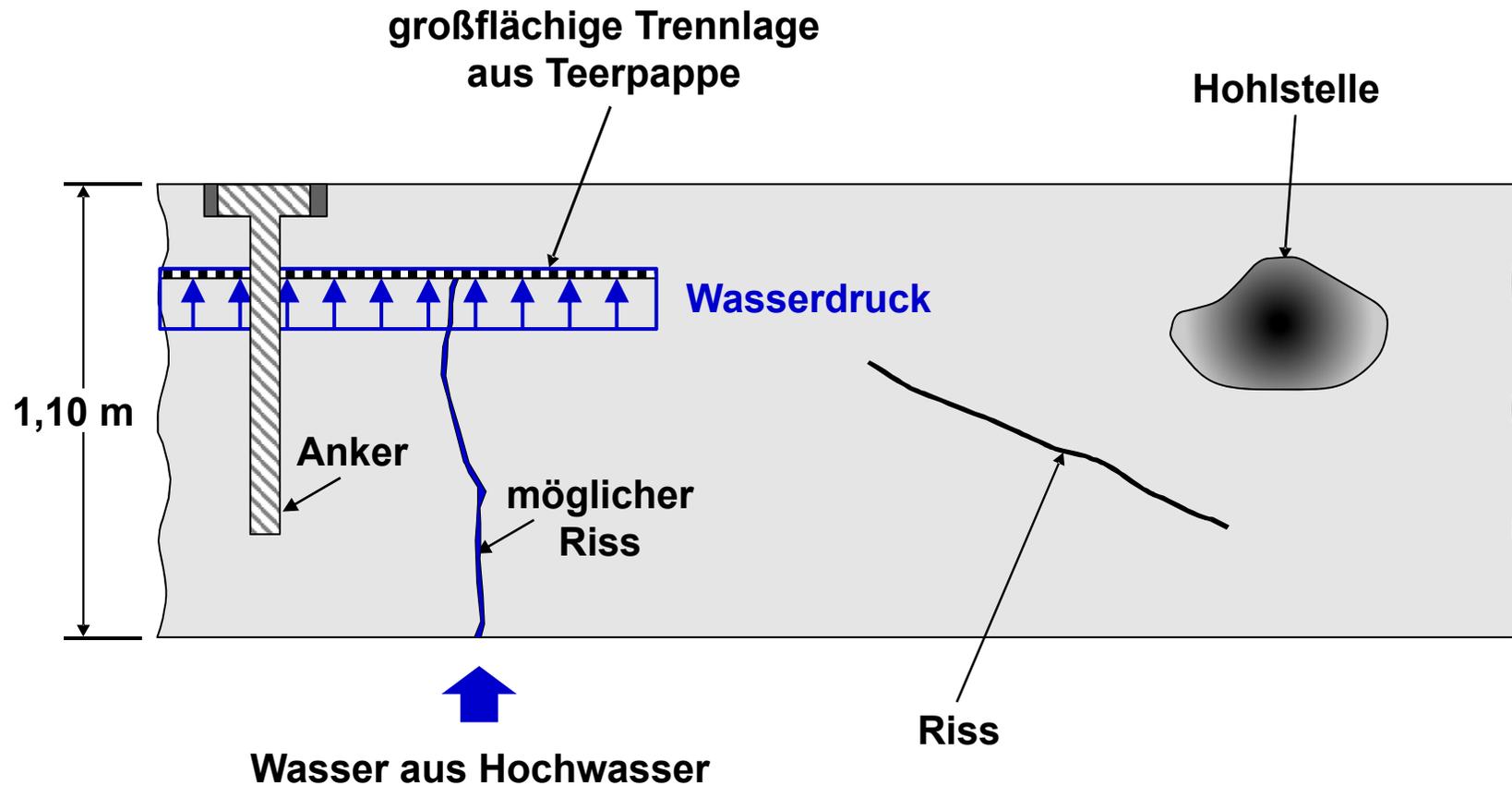
Anwendung IE-Verfahren im Tunnelbau – Wattkopftunnel / Blöcke 16 bis 18



Festlegung des Messrasters Bodenplatte Alte Mälzerei



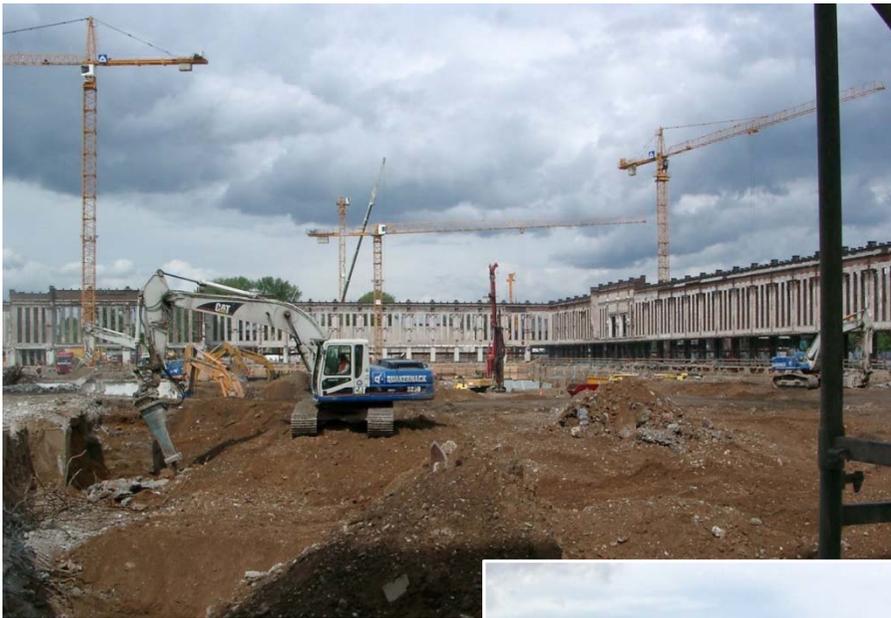
Beispiel für Schadstellen in Bodenplatte



Weiteres Beispiel – Messe Köln

- **Denkmalgeschützte Fassade**
- **Beurteilung der Tragfähigkeit der Mauerwerk-Stahl-Verbundpfeiler für den Bauzustand**
- **Begutachtung im laufenden Baustellenbetrieb**

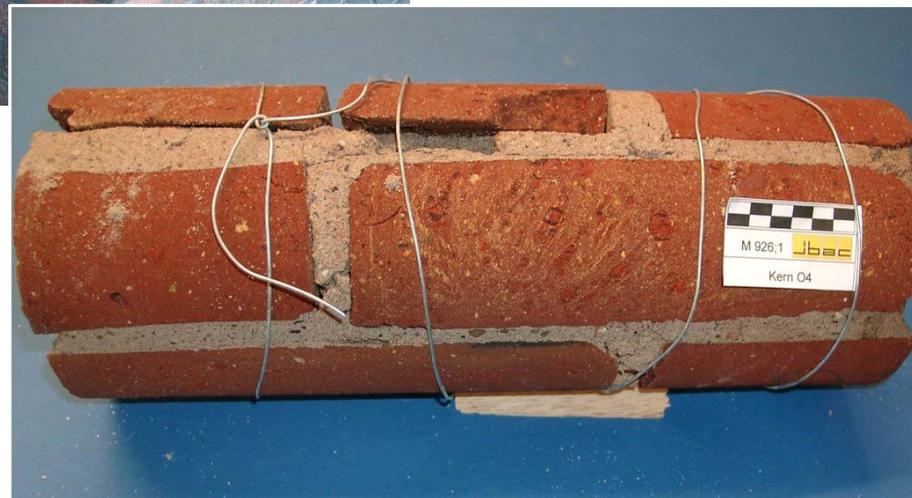
Messe Köln – Zustand bei Begutachtung im Juni 2006



Messe Köln – Details



Öffnen der Pfeiler – Materialentnahme



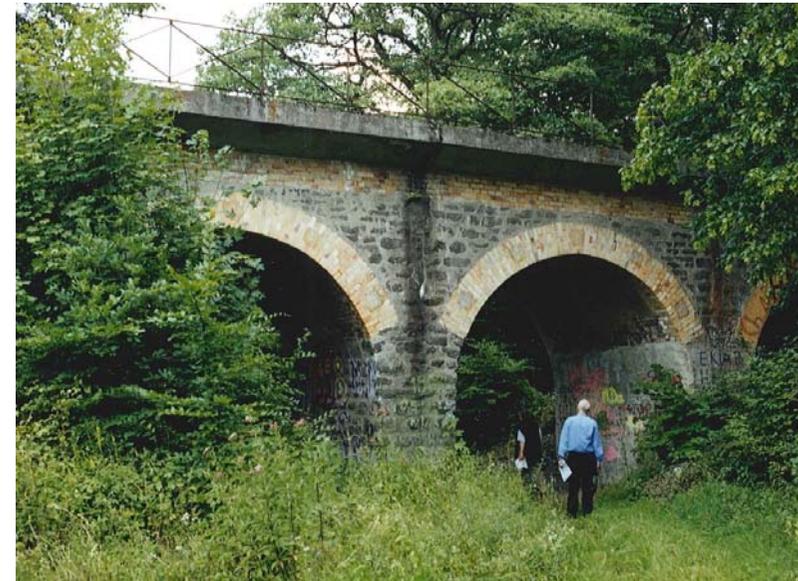
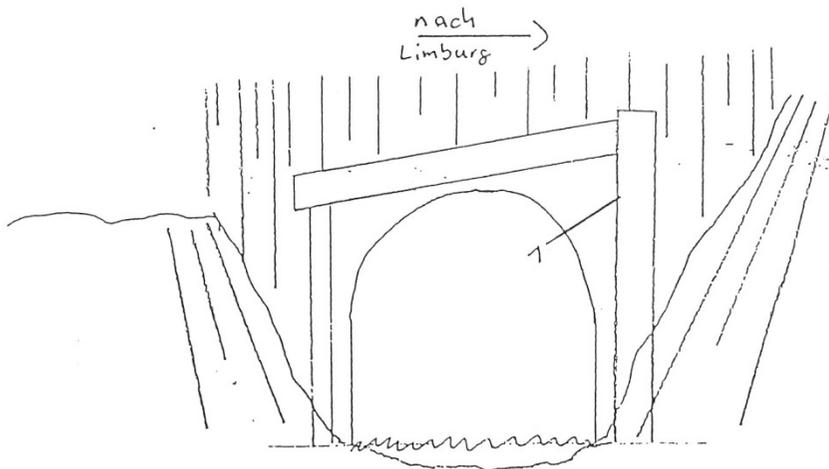
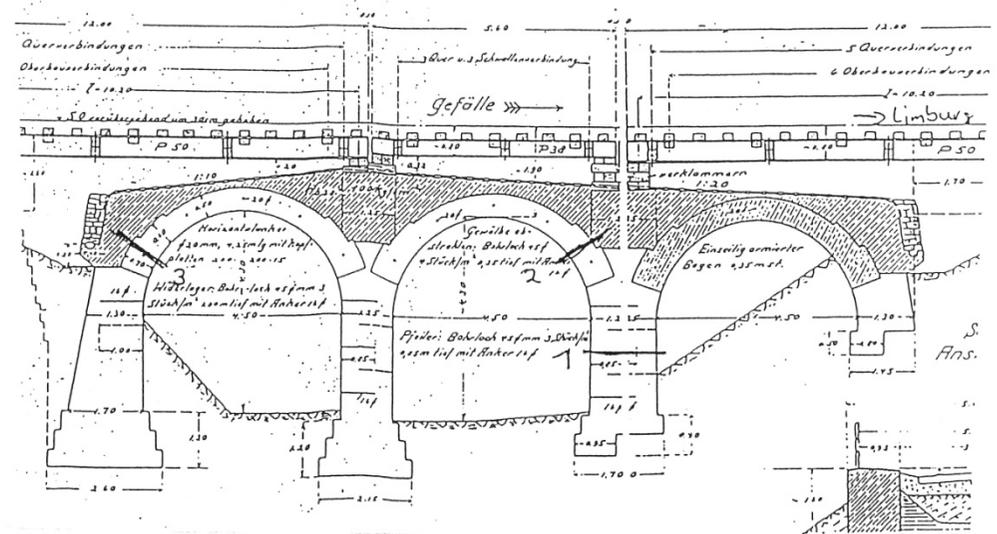
Begutachtung Gesamtzustand



Letztes Beispiel – 30 Brücken der Deutsche Bahn AG

- Beurteilung der Tragfähigkeit und Steifigkeit von Mauerwerkbrücken
- Erhöhung der zulässigen Achslasten im Güterverkehr
- Herausforderung: Anzahl und Unterschiedlichkeit der Brücken
- Erstellung von Ertüchtigungskonzepten

DB-Brücken – Beispiele



Zusammenfassung / Schlussfolgerungen

- **Alte Bauwerke lassen sich mit den verschiedenen Methoden grundlegend und umfassend untersuchen**
- **Abschätzungen zu Steifigkeit und Tragfähigkeit setzen erhebliche Erfahrung beim Umgang mit den jeweiligen Baustoffen voraus**
- **Anwendung von Prüfverfahren an Bauwerken ist Angelegenheit von Spezialisten**
- **Zusammenarbeit und Dialog der am Bau Beteiligten ist zwingend Voraussetzung für den Erfolg**