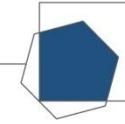




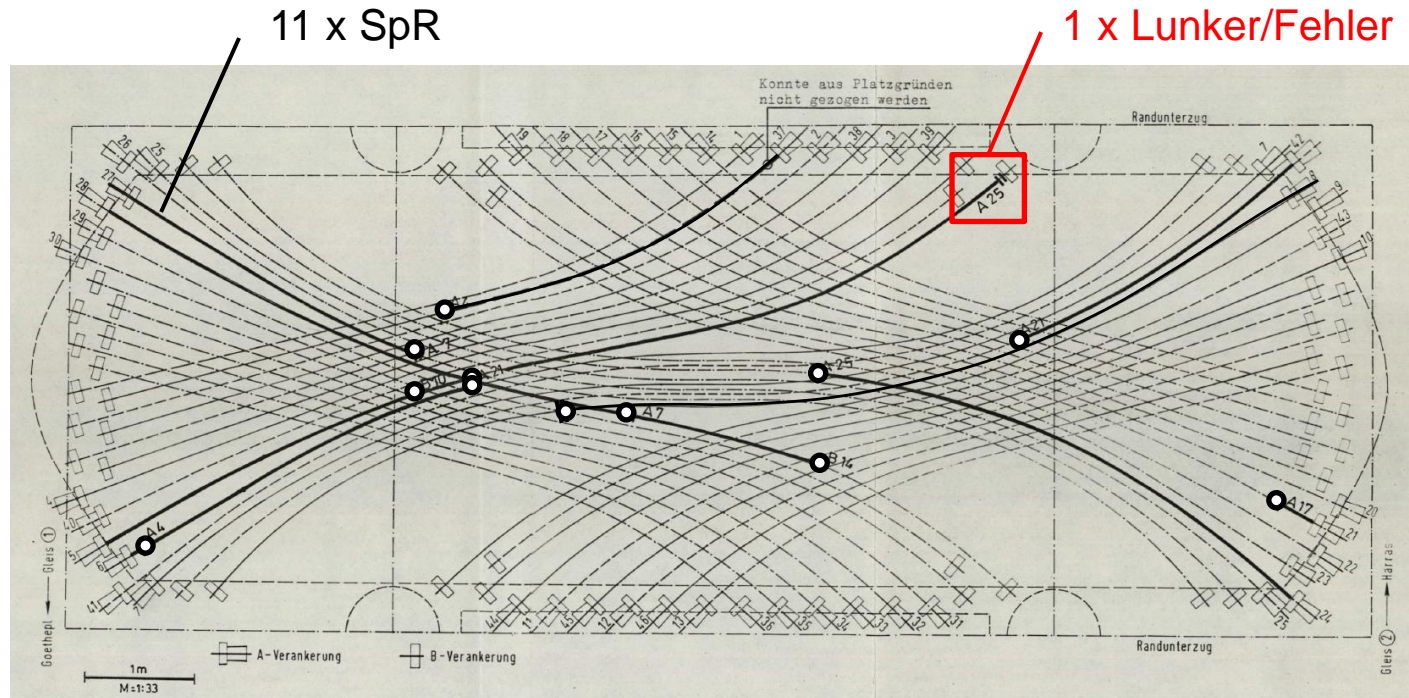
U-Bhf. Poccistraße: Ultraschalldetektion von Spanngliedbrüchen

Dr. Katrin Runtemund
matrics engineering GmbH, München





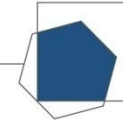
Ausgangssituation (1978)



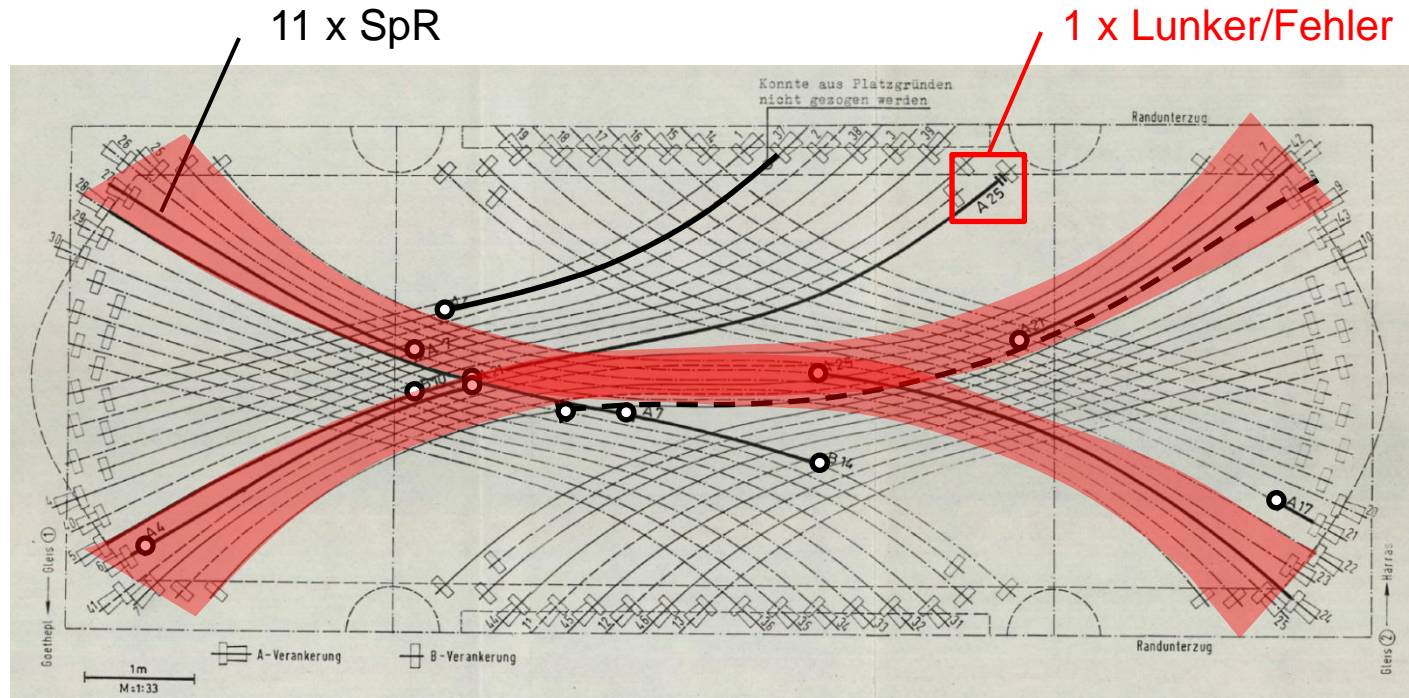
Eignung Ultraschallprüfmethode? Dunkelziffer?

Bruchentwicklung seit 1978? Anzahl?

Wo sind Brüche am wahrscheinlichsten („kritische Bereiche“)? Einflussfaktoren?



Ausgangssituation (1978)



Eignung Ultraschallprüfmethode? Dunkelziffer?

Bruchentwicklung seit 1978? Anzahl?

Wo sind Brüche am wahrscheinlichsten („kritische Bereiche“)? Einflussfaktoren?



Ultraschallprüfverfahren

- Verfahren
- Voruntersuchungen

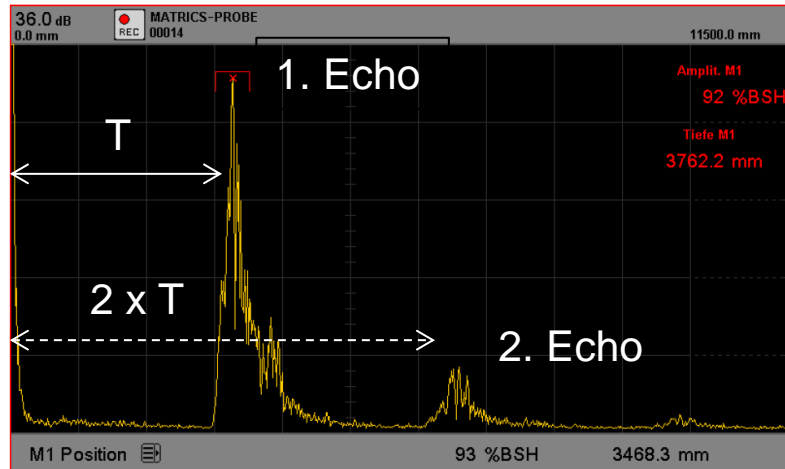
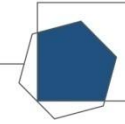
Untersuchung am Bauwerk

- Auswahl der Tonnen
- Ergebnis der Ultraschallprüfung

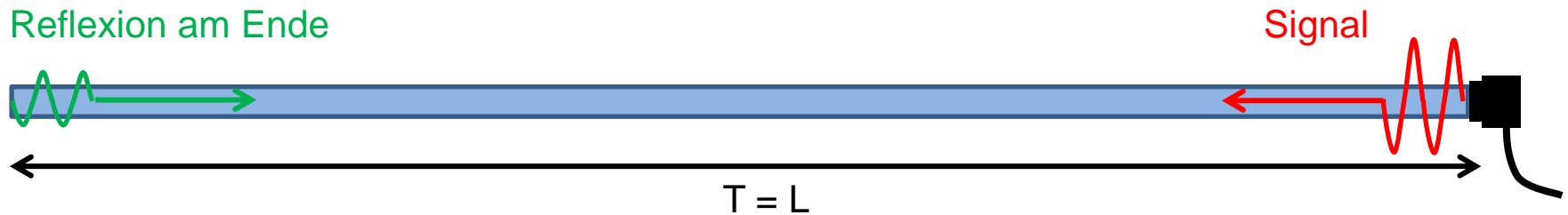
Auswertung der Ergebnisse

- Eignung des Verfahrens
- Kritische Bereiche
- Einflussgrößen

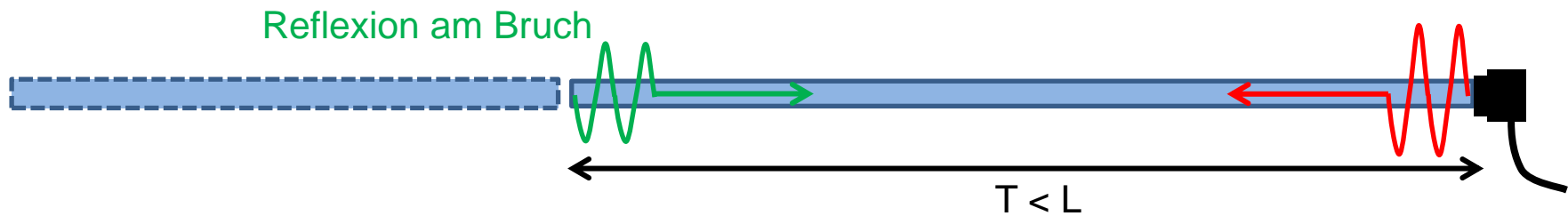
Zusammenfassung



Reflexion am Ende



Reflexion am Bruch





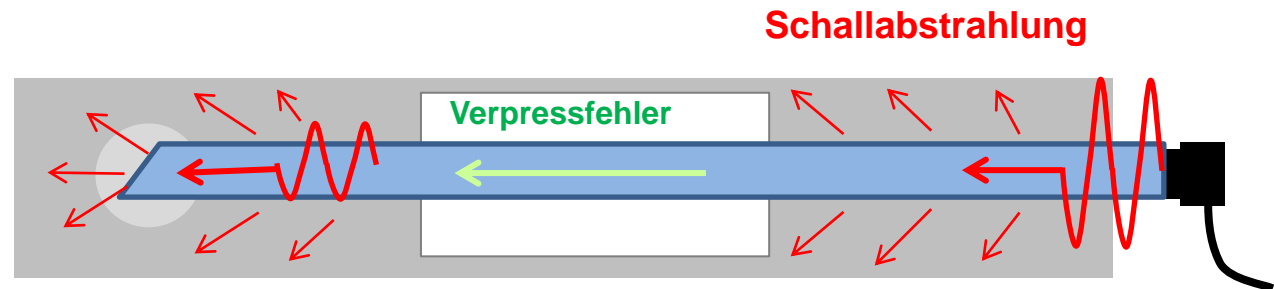
Fall 1: $T = \text{Spanngliedlänge}$ → Spannglied intakt

Fall 2: $T < \text{Spanngliedlänge}$ → Bruch

Fall 3: kein Echo → ?

Problem: Reichweite des Signals begrenzt

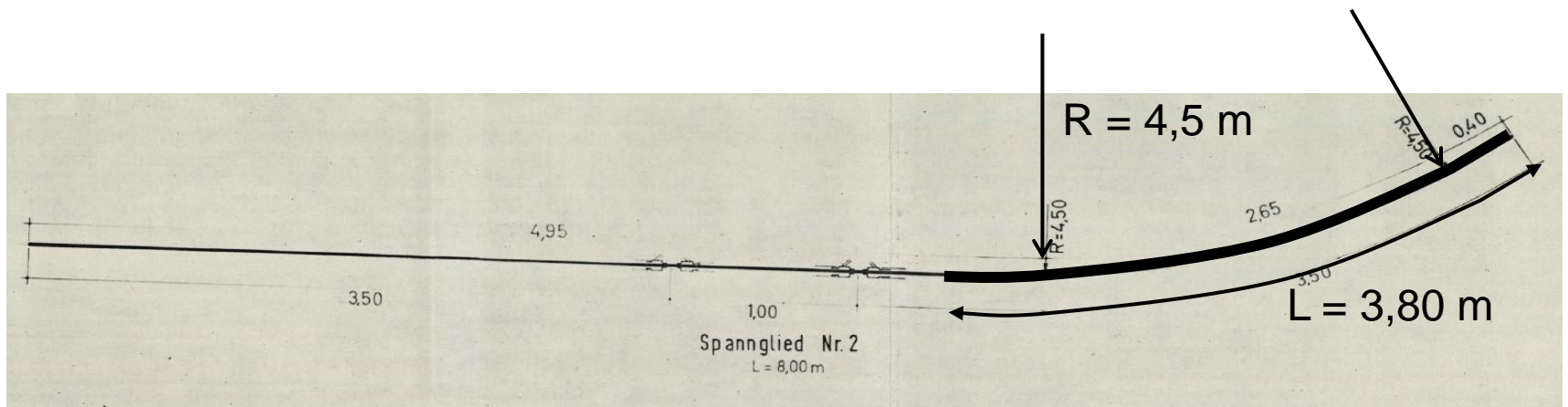
- Verpresszustand des Spanngliedes?
- Zustand der Stabendflächen (Neigung? / Riefen? / Einbettung in den Mörtel?)
- Spanngliedgeometrie (Krümmung)?

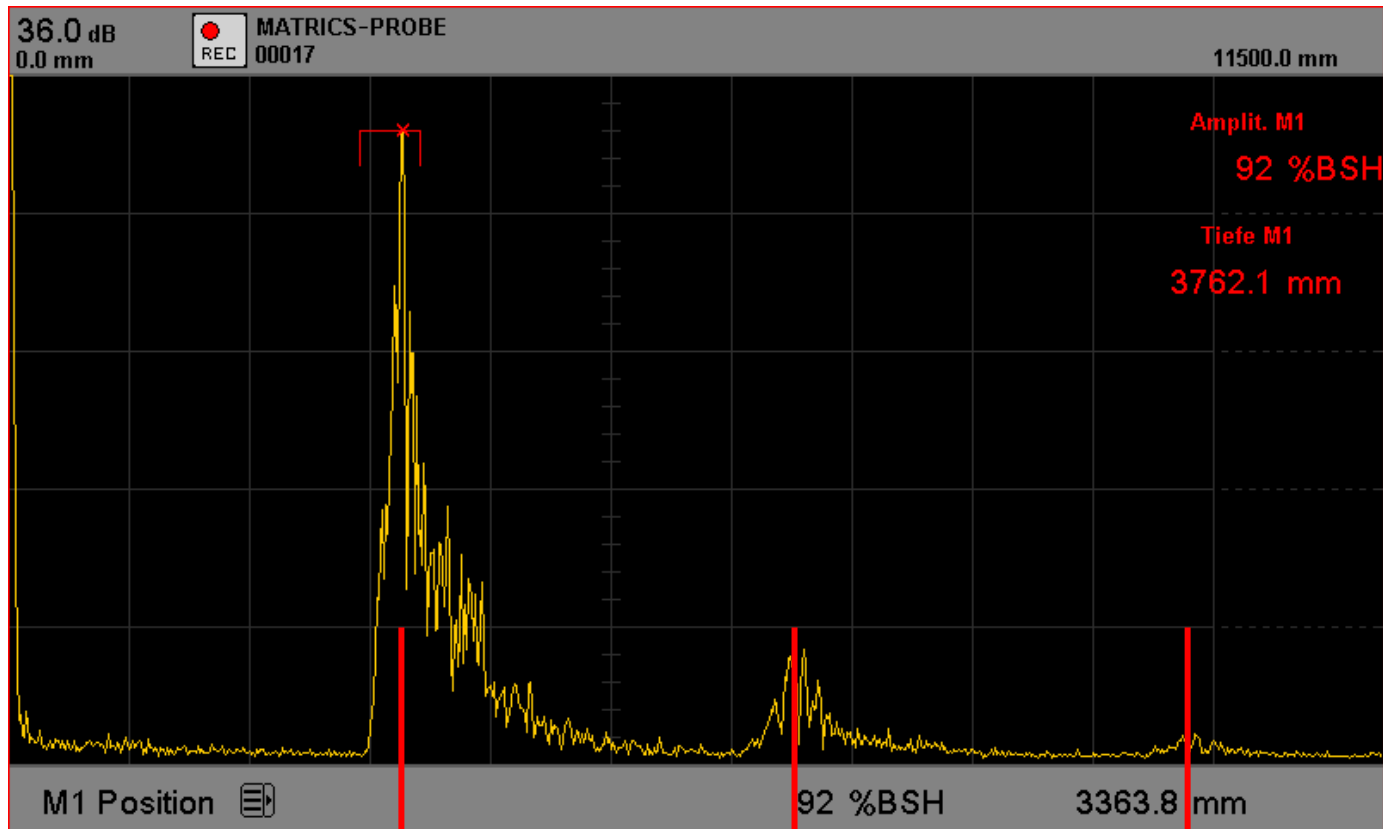
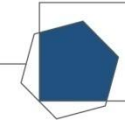




Abschätzung der max. Reichweite des Signals

- Vergleichbare Geometrie (Krümmung)
- Stab unverpresst (keine Schallabstrahlung)
- Stabende im „optimalen Zustand“





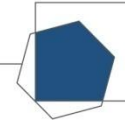
$$T_1 = 1,01 * L$$

$$T_2 = 2,00 * L$$

$$T_3 = 2,99 * L$$

3 Reflexionen

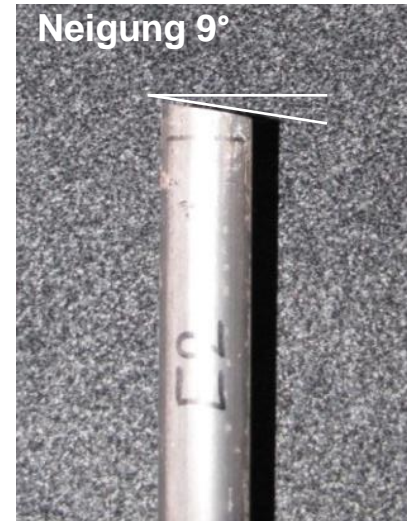
$$\rightarrow L_{\max} = 3 * 3,80 \text{ m} = 11,00 \text{ m}$$



$\leq 3^\circ$
 $L_{\max} = 11,0 \text{ m}$



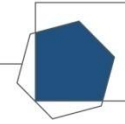
$>3 \text{ bis } 6^\circ$
 $L_{\max} = 7,0 \text{ m}$



$> 6^\circ$
Länge nicht exakt erfassbar

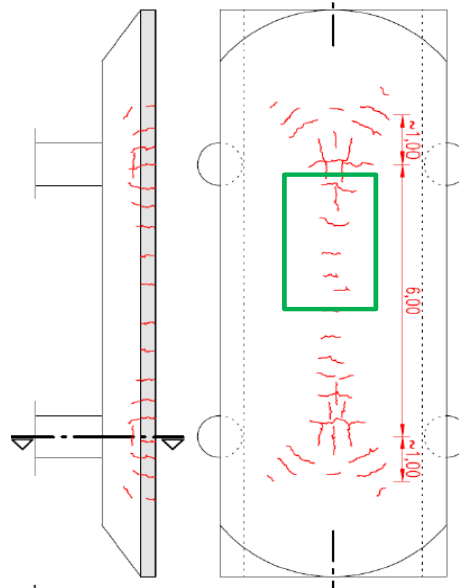
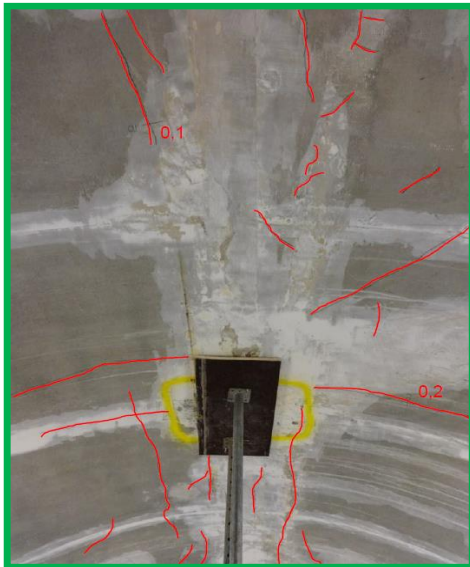


Untersuchungen am Bauwerk



Messung an 2 Tonnenschalen:

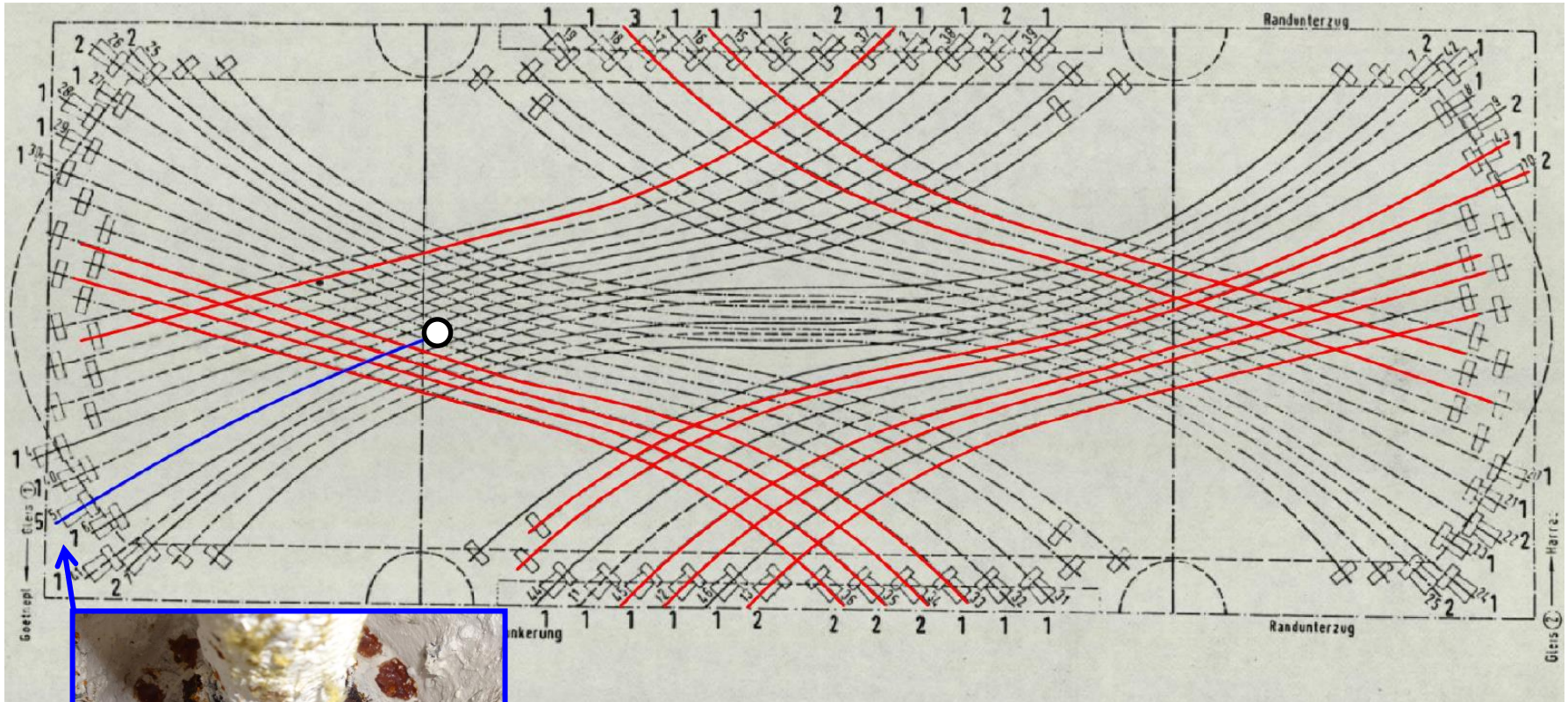
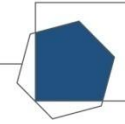
B26 → auffälliges Rissbild (Ankündigungsverhalten, KHP Dortmund, 2012)



A7 → schlechter Verpresszustand, höhere Bruchhäufigkeit

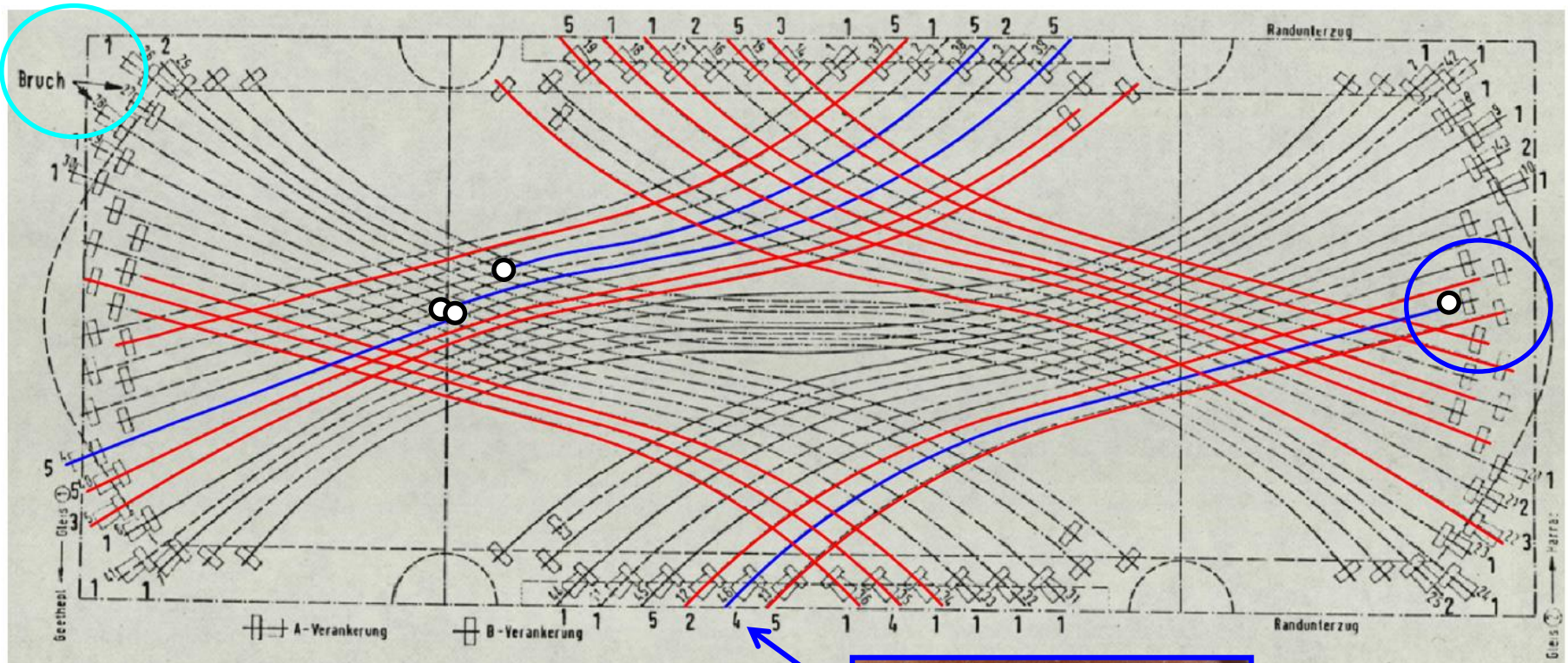
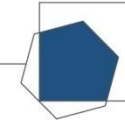
- 14 Spannglieder mit Verpressfehler
- 2 alte Brüche

Messung Tonne B26 „Risse“



- 1 x Bruch ($T < L$)
- 12 x vollständig intakt ($T = L$)
- 33 x kein Echo

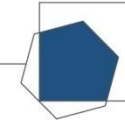
Messung Tonne A7 „Hohlstellen“



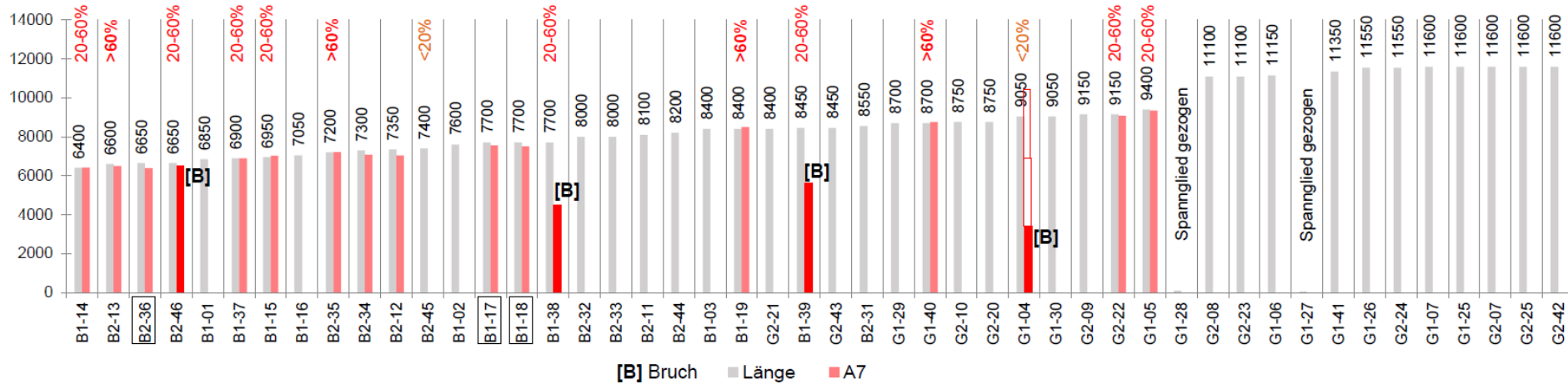
- 2 x alter Bruch
- 4 x Bruch ($T < L$)
- 14 x vollständig intakt ($T = L$)
- 26 x kein Echo = keine Information ?



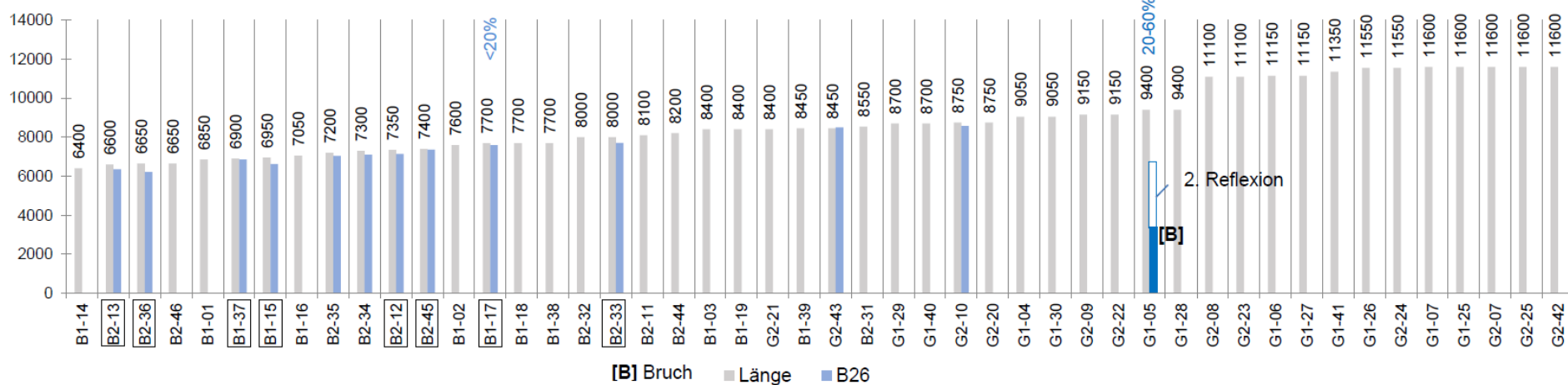
Ermittlung der Reichweite



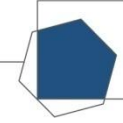
Erfasste Echos für die Tonne A7



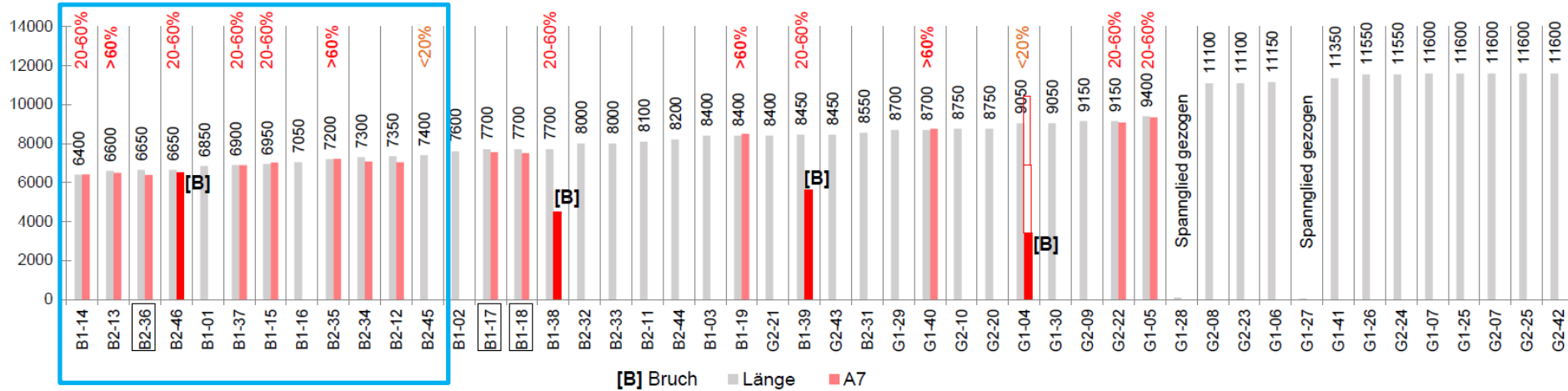
Erfasste Echos für die Tonne B26



Ermittlung der Reichweite

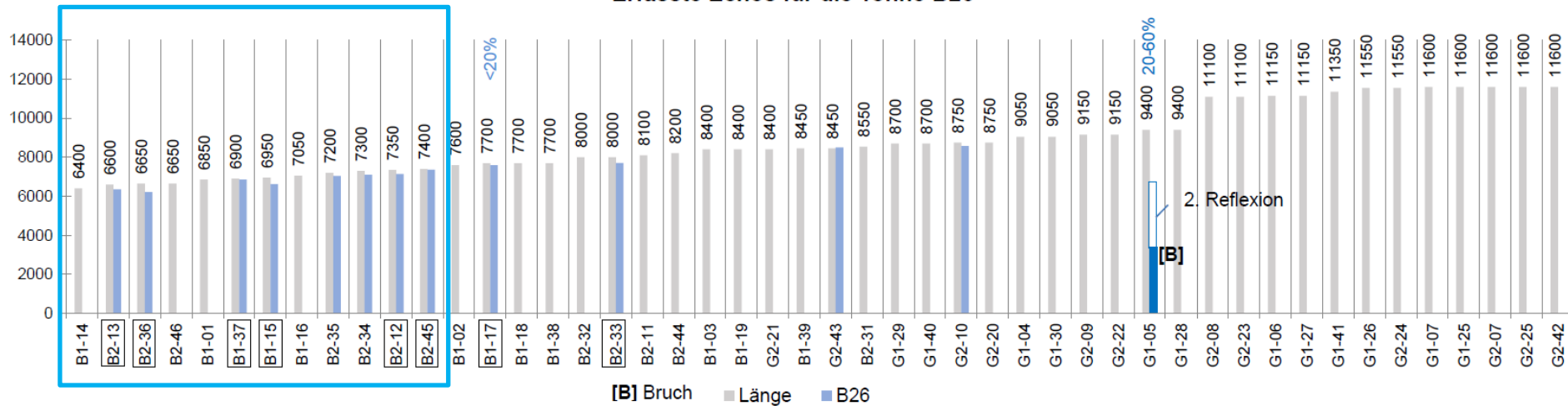


Erfasste Echos für die Tonne A7

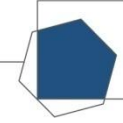


100 % erfassbar

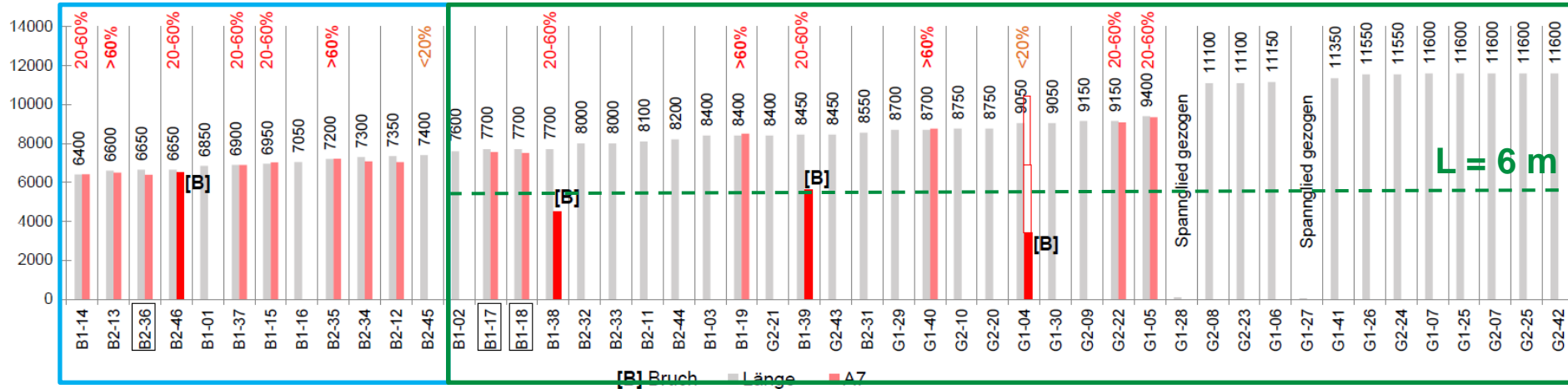
Erfasste Echos für die Tonne B26



Ermittlung der Reichweite



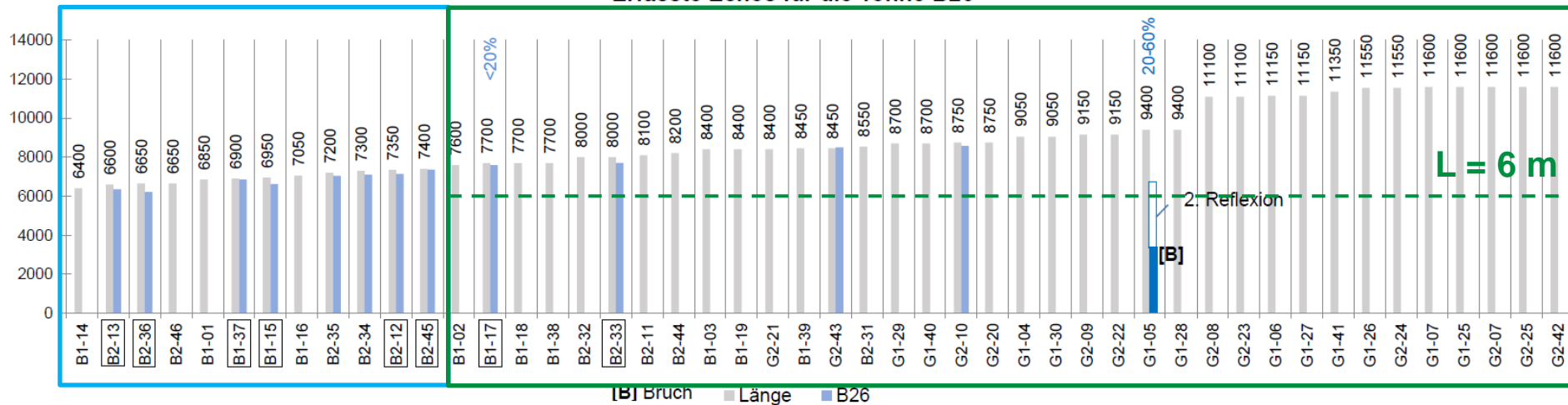
Erfasste Echos für die Tonne A7



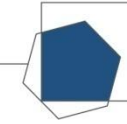
100 % erfassbar

ca. 6 m der Länge erfassbar

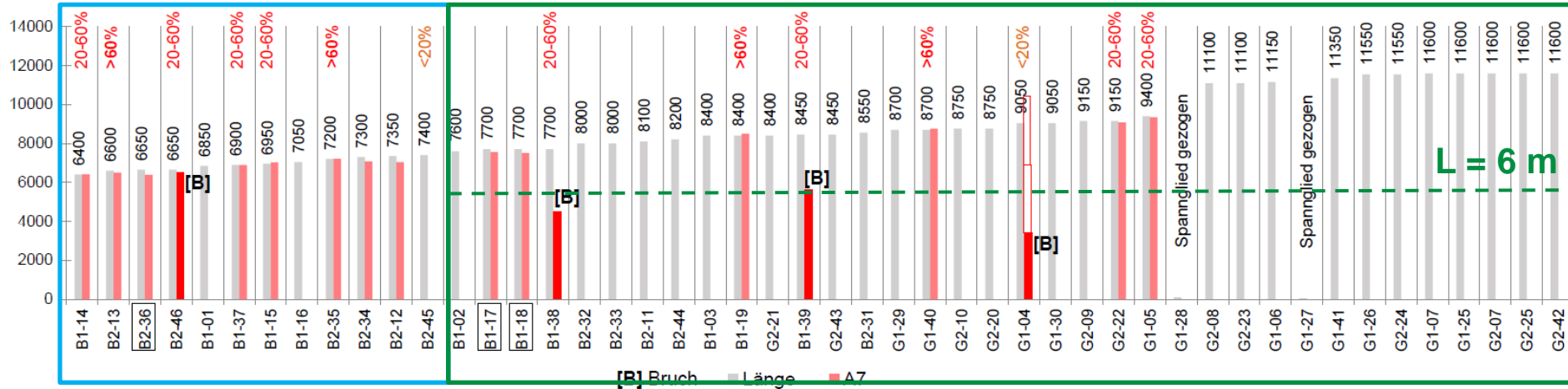
Erfasste Echos für die Tonne B26



Ermittlung der Reichweite



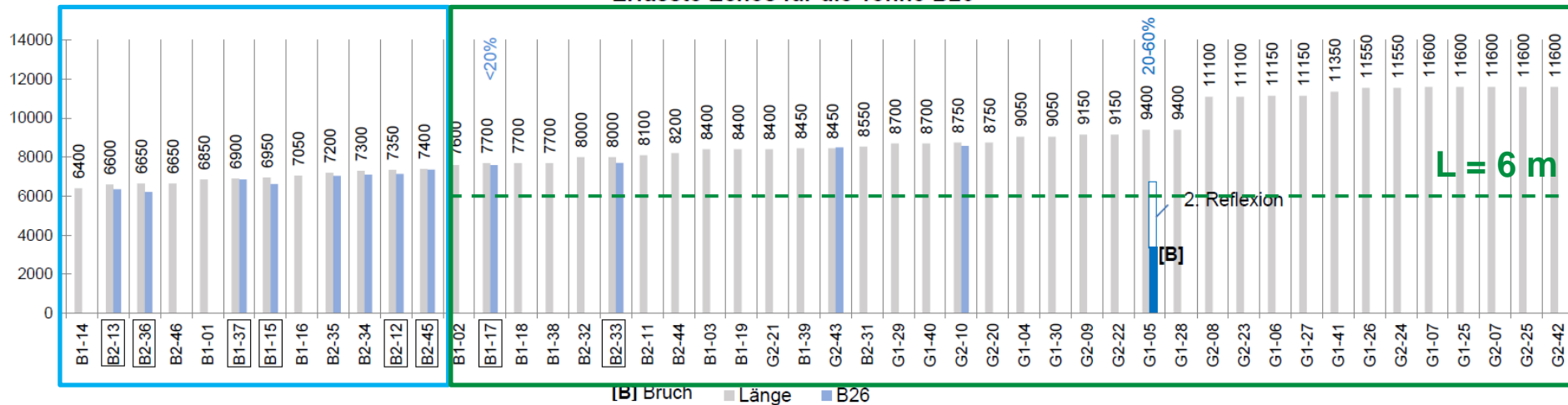
Erfasste Echos für die Tonne A7



Kein Echo = intakt

Kein Echo = teil-intakt

Erfasste Echos für die Tonne B26

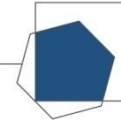




Bewertung des Verfahrens

Echte Reichweite

matrics



engineering

65-70 % erfassbar

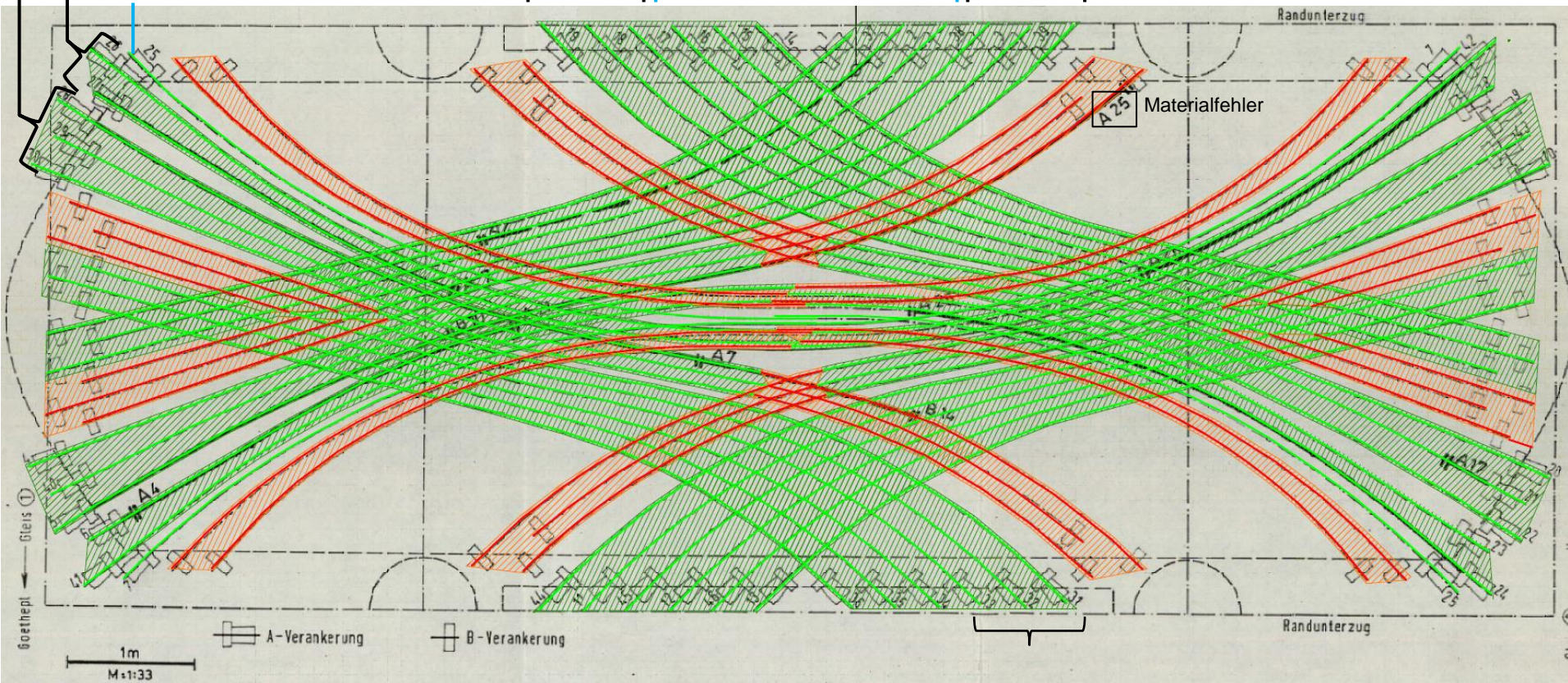
50-55 % erfassbar

100 % erfassbar

70-80 % erfassbar

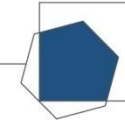
100 % erfassbar

70-80 % erfassbar



Erfassbarkeit Brüche

matrics



engineering

65-70 % erfassbar

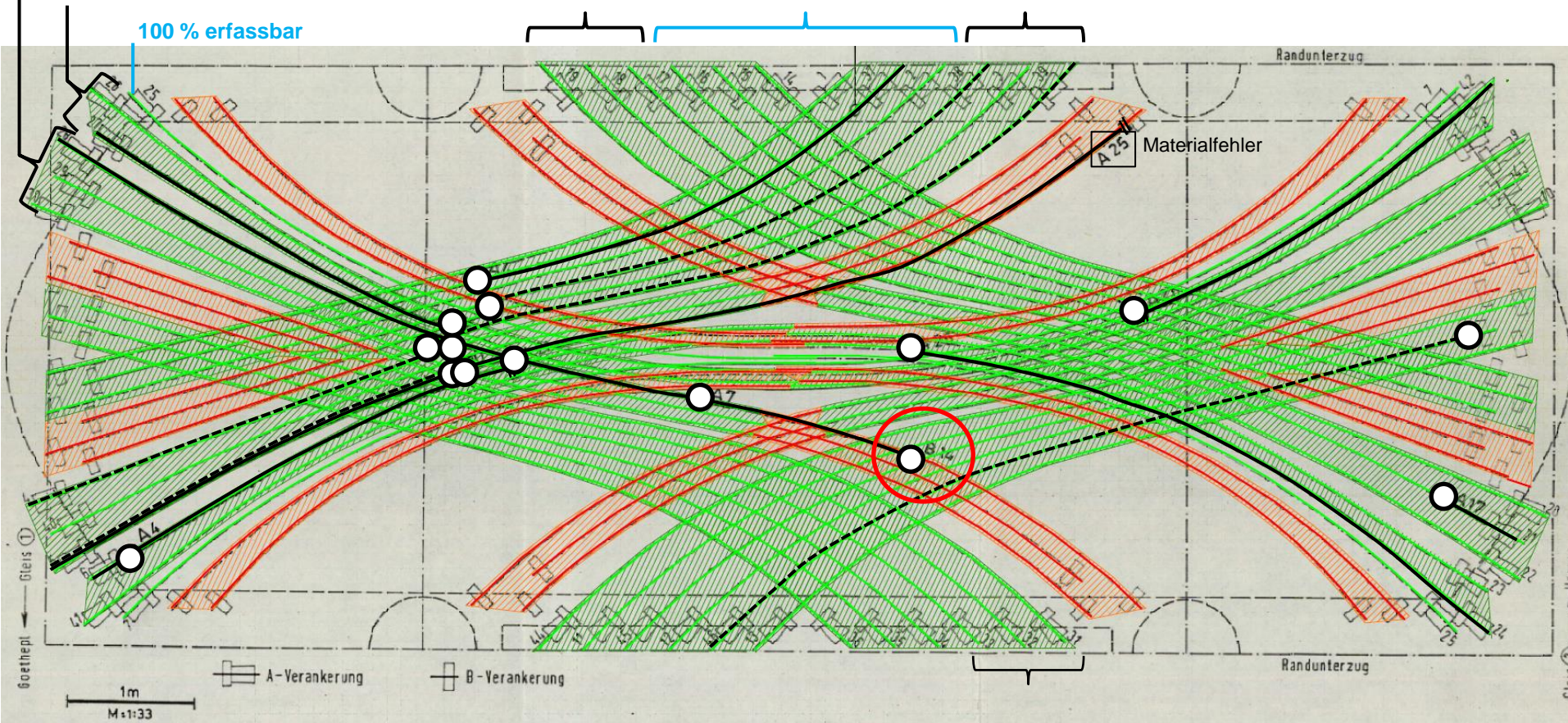
50-55 % erfassbar

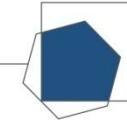
100 % erfassbar

70-80 % erfassbar

100 % erfassbar

70-80 % erfassbar





65-70 % erfassbar

50-55 % erfassbar

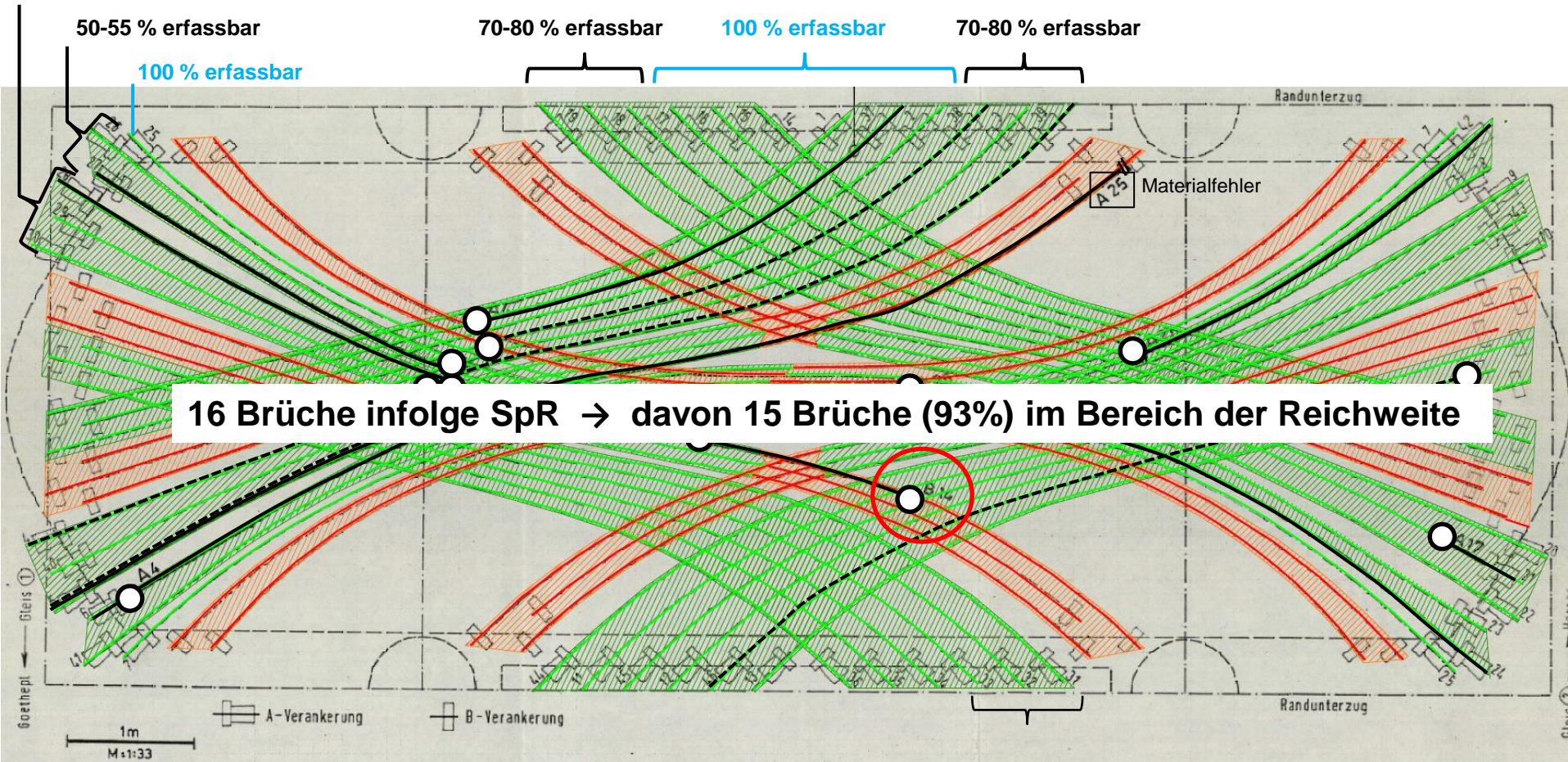
100 % erfassbar

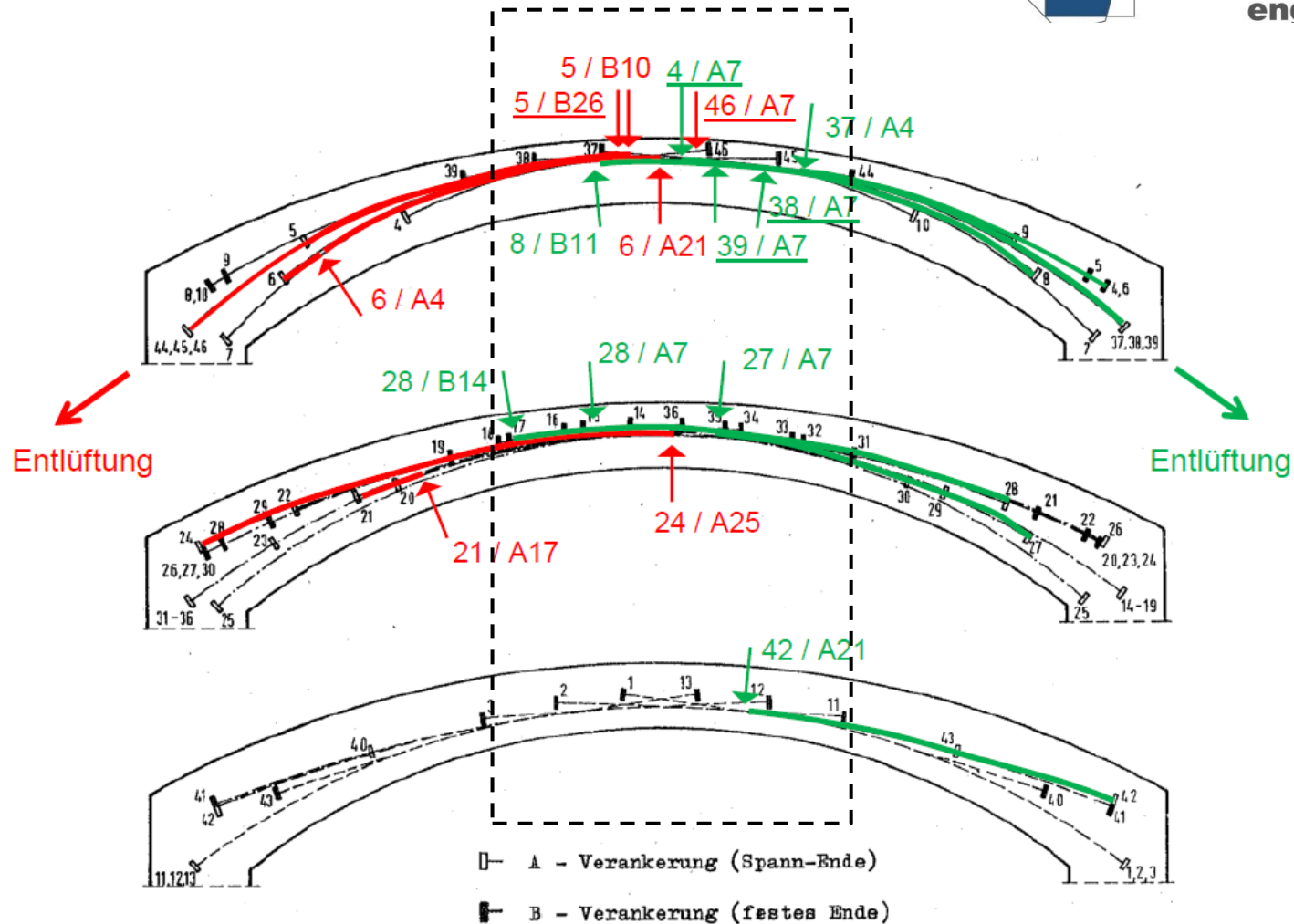
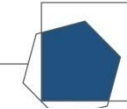
70-80 % erfassbar

100 % erfassbar

70-80 % erfassbar

16 Brüche infolge SpR → davon 15 Brüche (93%) im Bereich der Reichweite

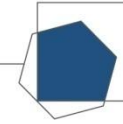




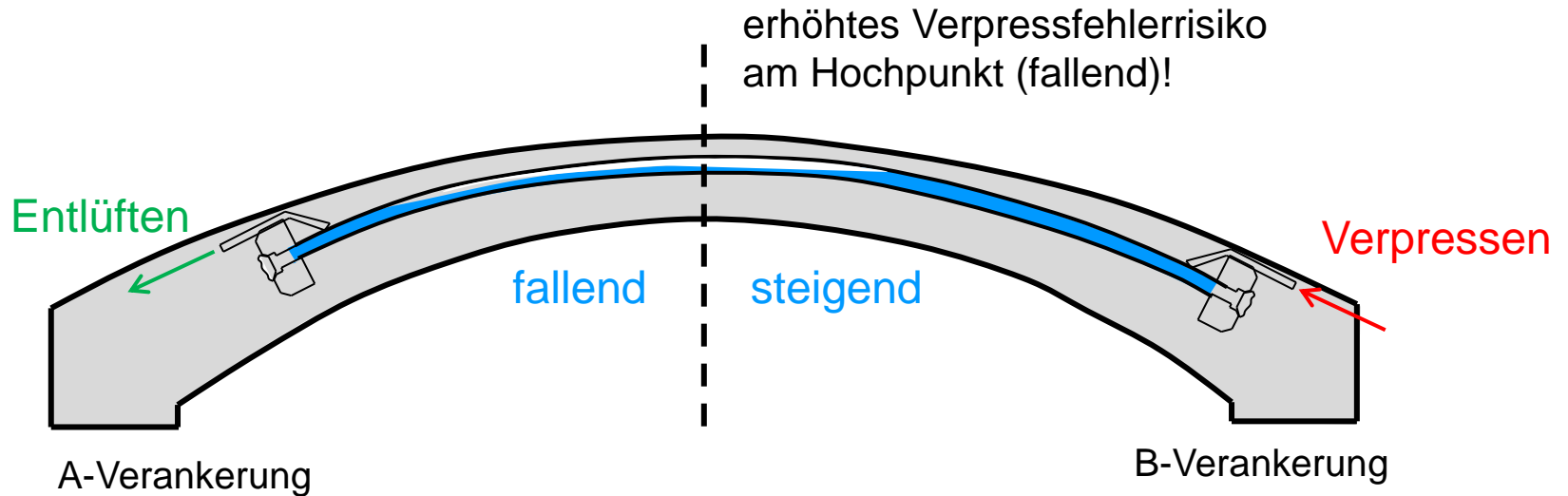
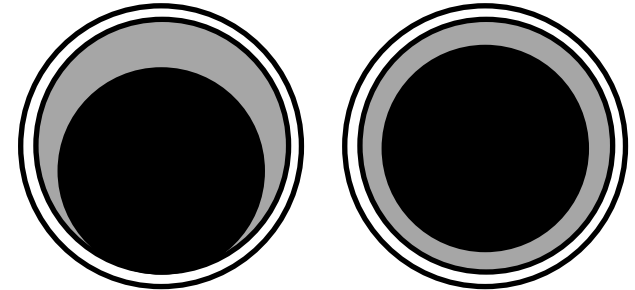
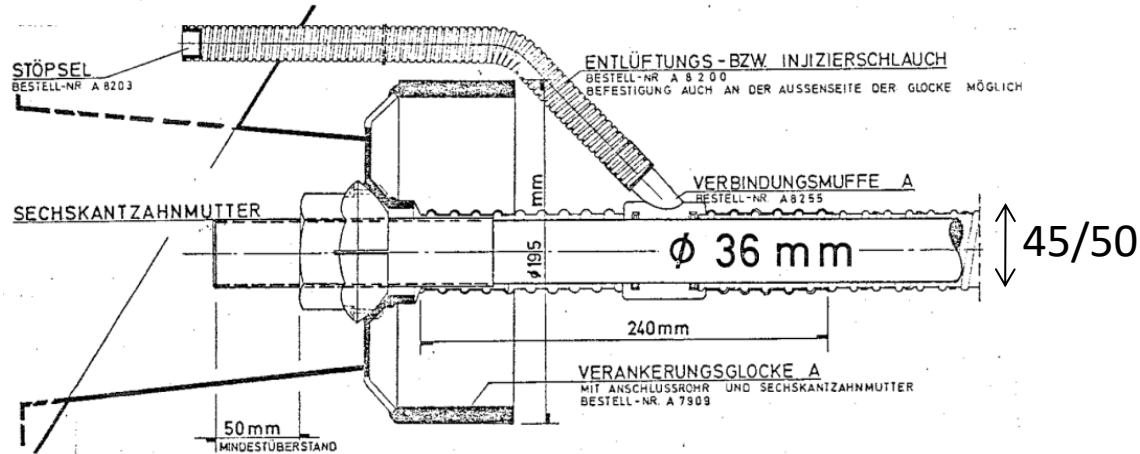
16 Brüche infolge SpR → davon 14 Brüche im Bereich der Gewölbemitte (Hochpunkt)

Verpressfehlerrisiko

matrics



engineering



Verpressfehlerrisiko vs. Bruchhäufigkeit



Alle gebrochenen Spannglieder wiesen Verpressfehler auf

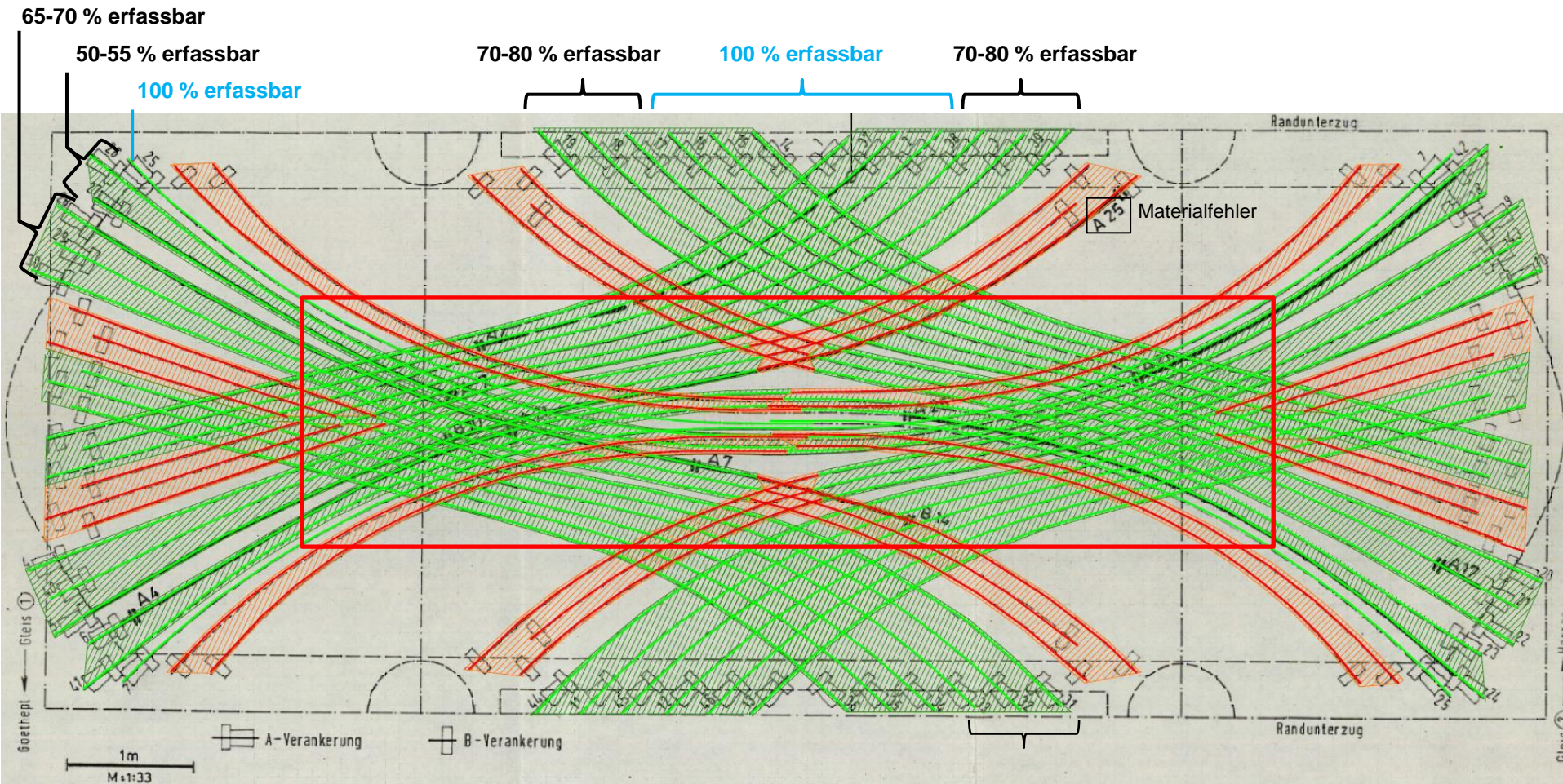
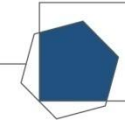
Tonne A7:

14 Spannglieder mit Verpressfehler → davon 6 gebrochen (42 %)

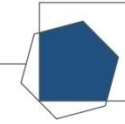
Tonne B26

2 Spannglieder mit Verpressfehler → davon 1 gebrochen (50%)

→ Bruchrisiko ~ Verpressfehler



Bereiche mit erhöhtem Verpressfehlerrisiko erfassbar!



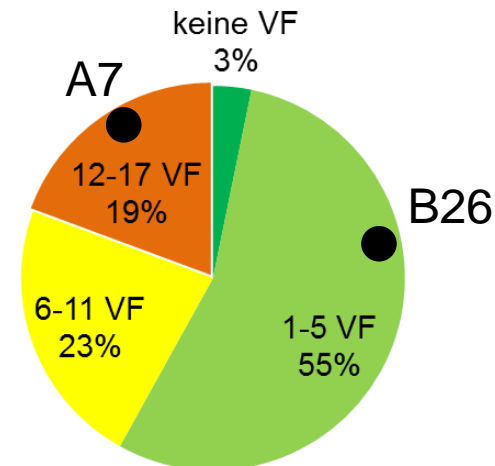
Bruch

- Welche Konsequenzen hat ein Bruch?
- Können weitere Brüche auftreten?
- Stichprobe → Bauwerk?

Kraftausfall/Wiederverankern
2/5 (neu), 9/11 (alt)

Hohlstellen?!
→ Wiederholungsmessung

Hohlstellenhäufigkeit evaluieren



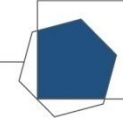


Vorschlag für ersten Ansatz in statischer Berechnung:

1) Hohlstelle = Bruch

oder

2) Bruchmessung



	Messung		Zustand der Spannglieder		
	Echos	Kein Echo	intakt	Bruch	teilintakt
Tonne B26 (Risse)	13	33	19	1	26
Tonne A7 (Hohlst.)	18	26	19	6	21

- Spanngliedlänge bis zu der Brüche zuverlässig detektiert werden können: **6,0 m**
 - **76 % der Spanngliedlänge erfassbar!**
 - Reichweite bei größerem Stichprobenumfang wahrscheinlich erweiterbar
- Alle gebrochenen Spannglieder wiesen Verpressfehler auf
 - **> 93% der Risikobereiche messbar!**
- Der Verpresszustand bestimmt maßgebend die Bruchgefährdung des Spannstahles
- Ein Zusammenhang zwischen der Rissituation und der Bruchhäufigkeit scheint nicht gegeben



Fragen?

Dr. Katrin Runtemund
runtemund@matrics-engineering.com

