

IWT
Solutions AG

Eine neue Methode zur schnellen und sicheren Stahlidentifikation für Retro-Fit und Re-Use

Peter Langenberg, Benedikt Döbereiner, B. Sabotke,
Felix Bexter, alle IWT-Solutions AG
Bertram Kühn, THM, Giessen



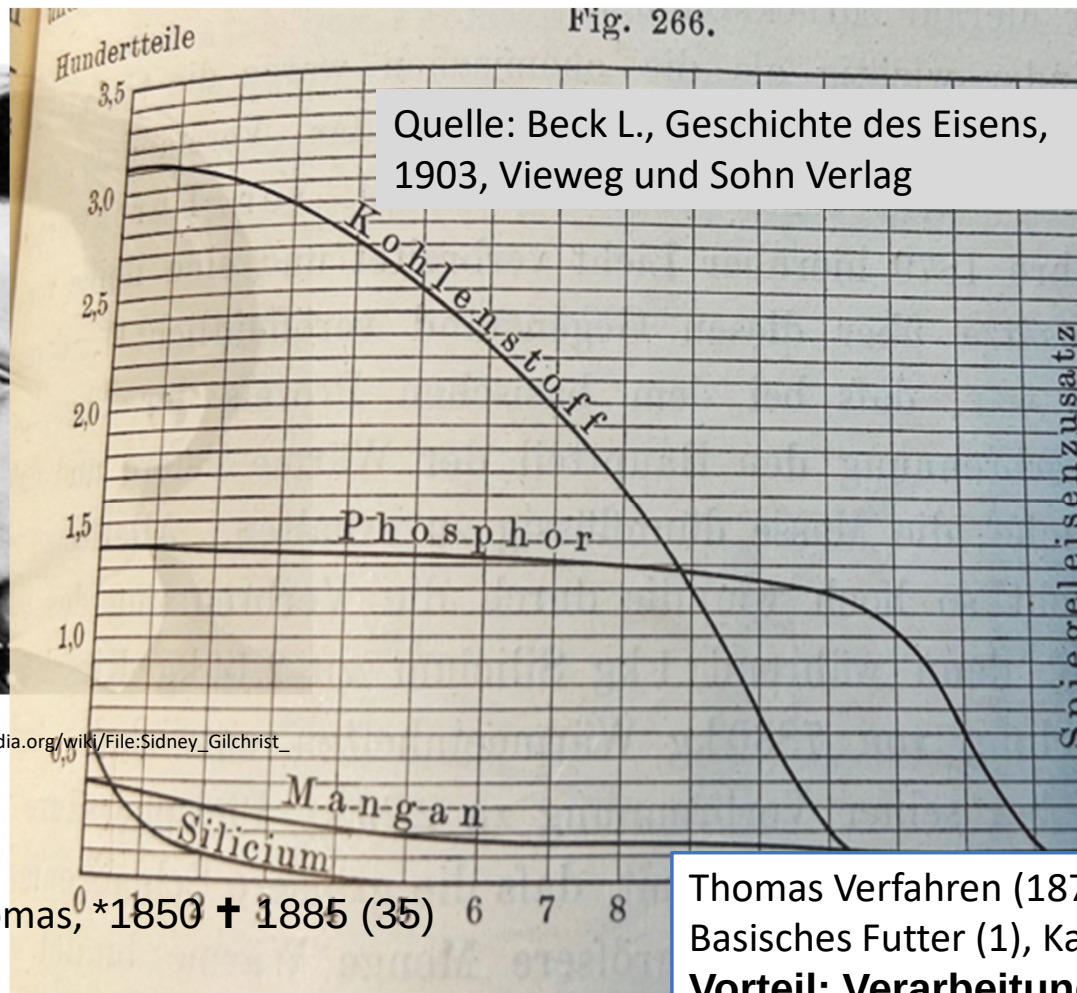
- **Ein Blick zurück**
- **Wie kann zerstörungsfreie Stahlidentifikation gelingen (Schritt 1)**
 - Von der Idee über die Messmethode zum Stahl-Identifikations-Modul und der praktischen Anwendung
- **Was geht noch?**
 - Weitere Prüfmethoden zur Erhöhung der Informationsdichte
- **Das 5 Stufen Modell**
 - Abgestuftes Vorgehen optimiert Aufwand und Ergebnis





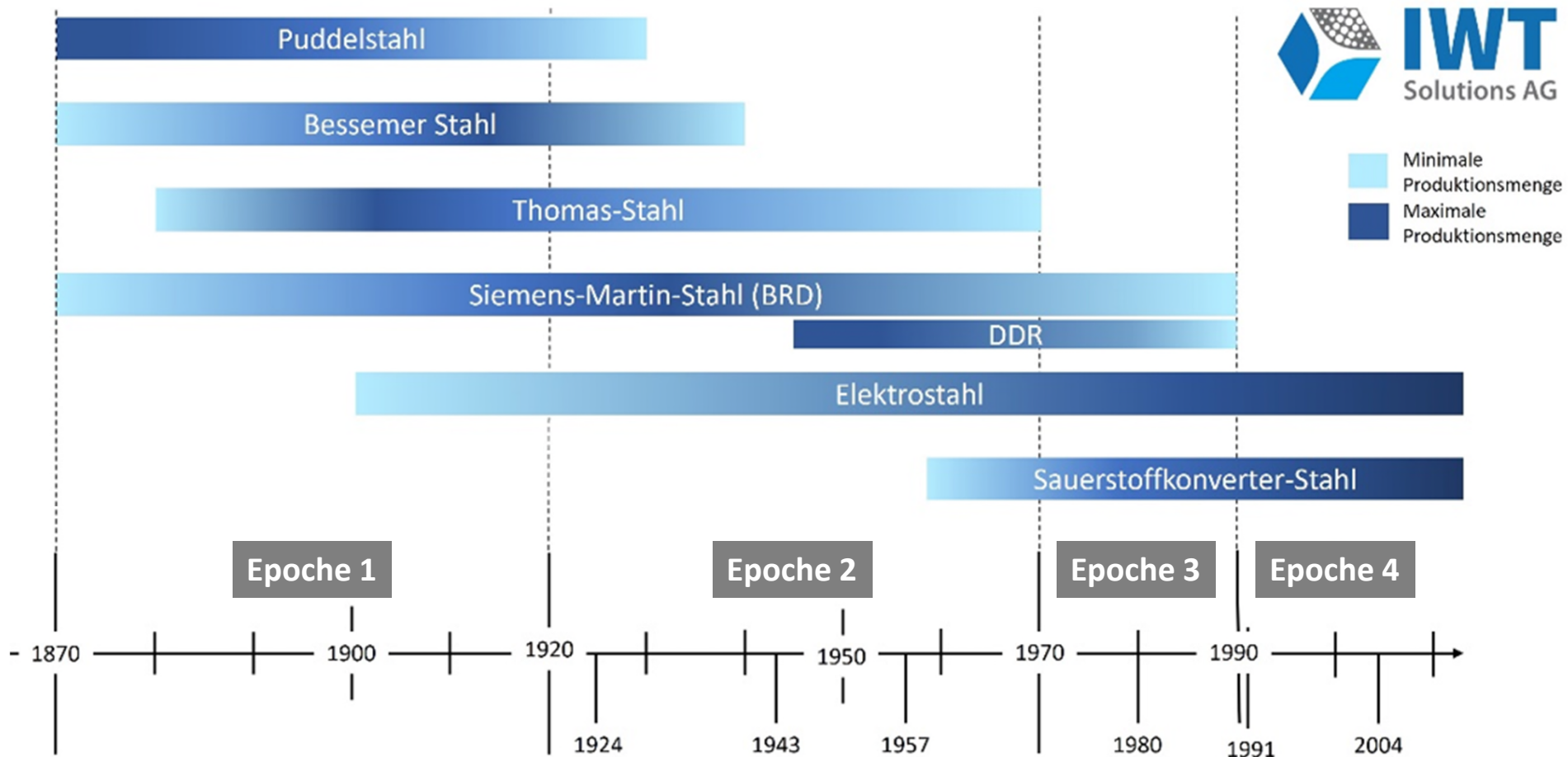
Quelle Wikipedia:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sidney_Gilchrist_Thomas_669x762.jpg

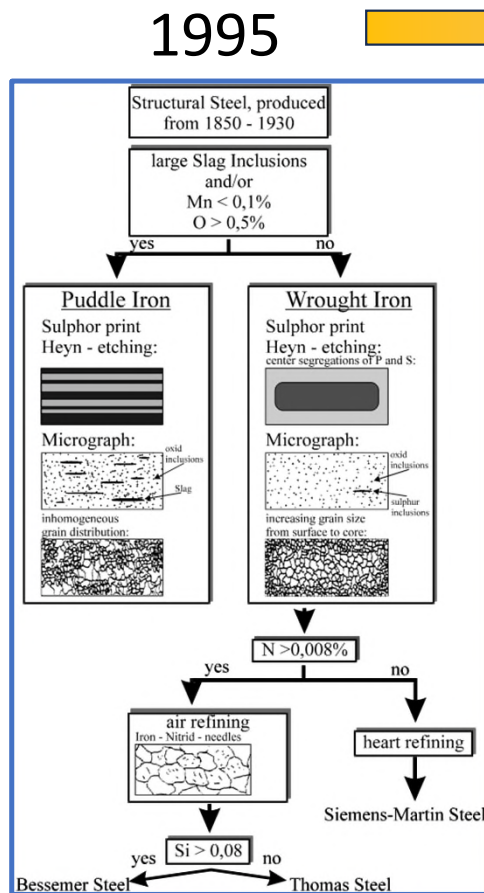
Sidney Gilchrist Thomas, *1850 † 1885 (35)



Thomas Verfahren (1876/77):
Basisches Futter (1), Kalkzuschlag (2), Nachblasen (3)
Vorteil: Verarbeitung von phosphorreichem Roheisen

Stahlherstellungsmethoden von damals bis heute



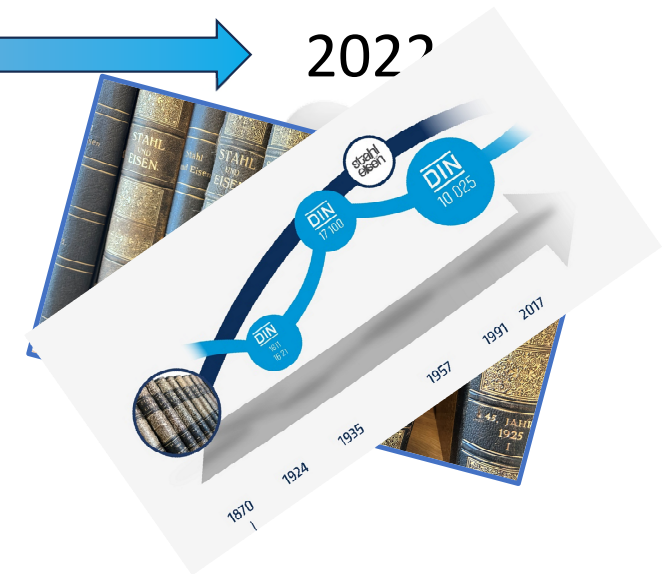


P. Langenberg, 1995, Dissertation RWTH Aachen

Richtlinie			
Bautechnik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik		Tragsicherheit Eisenbahnbrücken	
Grundlagen für die Nachrechnung		805.0103	
Werkstoffe (Baustoffe)		Seite 1	

Stahlgüte	Nomineller Wert der Streckgrenze f_{yk} bzw. $f_{yk,k}$ [N/mm²]	Nomineller Wert der Zugfestigkeit f_{uk} bzw. $f_{uk,k}$ [N/mm²]	Elastizitätsmodul E [N/mm²]	Schubmodul G [N/mm²]
Flusseisen (Puddelstahl) vor 1900, Schweißstahl	220	320	200.000	77.000
Flusseisen nach 1900, Flusstahl (Thomas-, Siemens-Martin-Stahl)	240	335	210.000	81.000
Baustahl St-37 ab 1950 $t \leq 40\text{mm}$	240	360	210.000	81.000
Baustahl St-48	312	480	210.000	81.000
Baustahl St-52	360	510	210.000	81.000
Aktuelle Baustähle nach EN 10025 Siehe DIN EN 1993-1-1				
Schrauben 4.6	240	400	-	-
Schrauben 5.6	300	500	-	-
Schrauben 10.9	900	1000	-	-
Niete USt 36	205	330	-	-
Niete RSt 44	250	440	-	-

Soweit keine charakteristischen Werte aufgrund von Abnahmeprüfungen vorliegen, **dürfen für die in Tabelle 1 genannten Werkstoffe die dort aufgeführten Werte verwendet werden:**



StIM

Stahl Identifikations Modul
© IWT-Solutions AG

- **Ein Blick zurück**
- **Wie kann zerstörungsfreie Stahlidentifikation gelingen (Schritt 1)?**
 - Von der Idee über die Messmethode zum Stahl-Identifikations-Modul und der praktischen Anwendung
- **Was geht noch?**
 - Weitere Prüfmethoden zur Erhöhung der Informationsdichte
- **Das 5 Stufen Modell**
 - Abgestuftes Vorgehen optimiert Aufwand und Ergebnis



Typische Ausgangssituation:

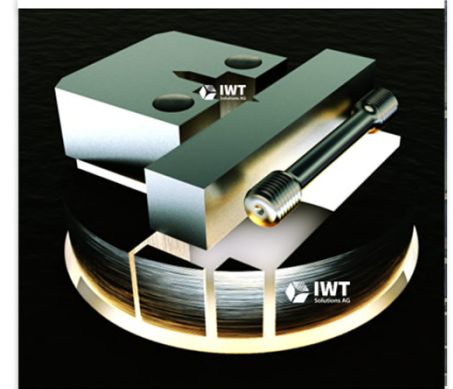
- Bauwerk aus dem Jahr 18__/19__ mit unvollständigen Bestandsunterlagen und wenigen oder keinen Angaben zu den verwendeten Stählen.



σ_{YS}	?
σ_{UTS}	?
...	?

Typisches Verfahren:

- Stichprobenartige Überprüfung, jedoch nur in Bereichen der Stahlkonstruktion, die für die strukturelle Integrität der Stahlkonstruktion **nicht kritisch** sind.
- Die **Probenahme erfolgt** durch Entnahme von **Bohrkernen** (..oder kleinen Ausschnitten aus überkragenden Endträgern).



Typische Ausgangssituation:

- Bauwerk aus dem Jahr 18__/19__ mit unvollständigen Bestandsunterlagen und wenigen oder gar nicht dokumentierten verwendeten



Problem

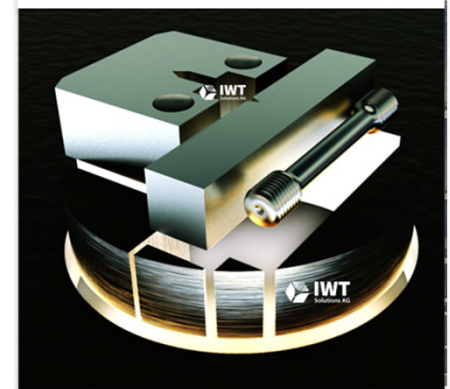
Es werden nur wenige und vielleicht unkritische Bereiche der Struktur analysiert!



Fragmentierte Übersicht über die verwendeten Stähle!

Typisches Verfahren

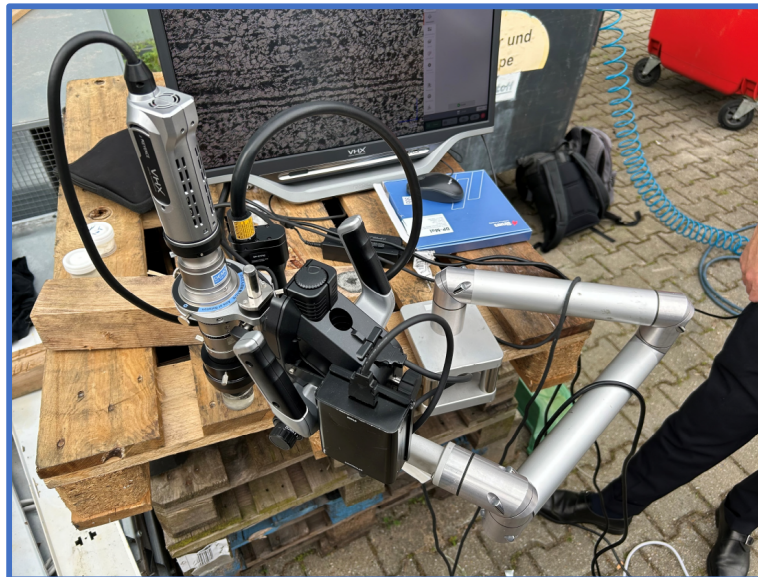
- Stichprobenartig der Stahlkonstruktion der Stahlkonstruktion
- Die **Probenahme erfolgt** durch Entnahme von **Bohrkernen** (..oder kleinen Ausschnitten aus überkragenden Endträgern).



1. Mobile Optical Emission Spectroscopy (OES)



2. Digitale Metallographie

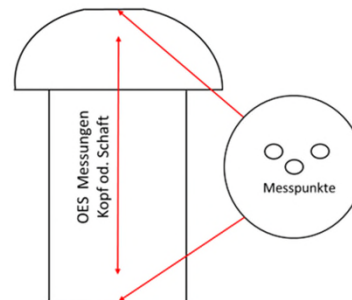
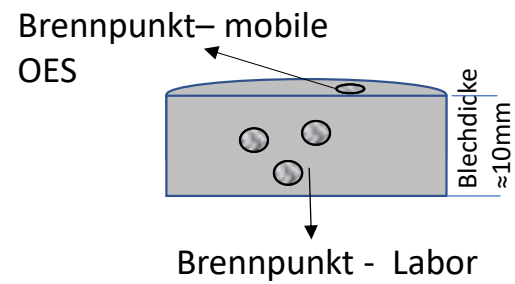


3. Mobile Härtemessung



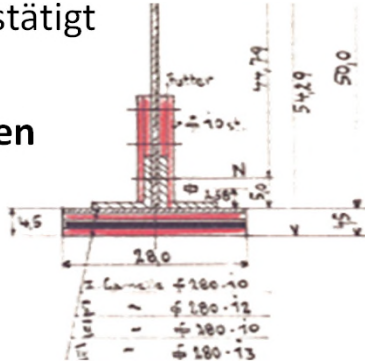
1. Messung der chemischen Zusammensetzung - vom Laborgerät zum mobilen Gerät

LABOR



MOBIL



Objekt	Ostbahnhof Berlin 106 Messorte		Siemensbahn Berlin 740 Messorte	
Fragestellung	Puddel- oder Flusstahl?		Stahlsorten wie vorgesehen eingebaut?	
Herausforderung	• 2 Bauwerksabschnitte • 4 Bauzeitenfenster v. 1878-1935 • alte Verstärkungsmaßnahmen, wo?		• 7 Bauwerksabschnitte • 5 ausführende Firmen, div. Stahllieferanten • Einer der ersten Bauten mit St 48 • Bauzeit 1927-1929	
Ergebnis	• Stahlsorten aus tlw. vorhandenen Bestandsunterlagen bestätigt • Neue Erkenntnisse zu Querträgern und Stützen 		• Überwiegende Bestätigung der Bestandsunterlagen • nicht dokumentierte Stahlsorte (St Si) und • Übereinstimmung Messergebnis mit Prägung hochfester Nieten gefunden	

Verifikation der Methode 1/2 - Bestimmung der absoluten Differenz zwischen Labor und mobilem Messergebnis

Mobil

Labor

Differenz

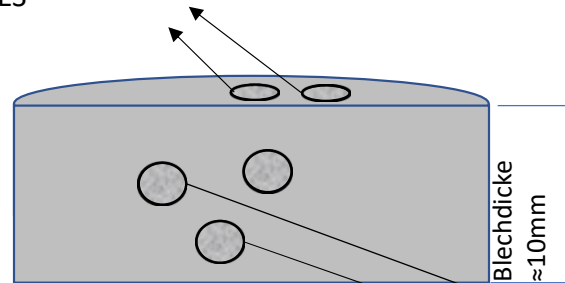
		Mobil										Labor										Differenz									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Cu		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Cu		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Cu	
Mobil	52_13_2	0,227	0,19	0,73	0,024	0,043	0,04	0,04	0,160	0,00	Labor	0,230	0,21	0,74	0,026	0,056	0,04	0,05	0,159	0,00		0,003	0,02	0,01	0,002	0,013	0,01	0,01	0,001	0,00	
Mobil	R2_31_1	0,270	0,27	0,73	0,042	0,049	0,02	0,04	0,141	0,00	Labor	0,275	0,30	0,80	0,041	0,052	0,02	0,04	0,151	0,00		0,005	0,02	0,06	0,001	0,003	0,00	0,00	0,01	0,00	
Mobil	7_12	0,304	0,19	0,64	0,021	0,041	0,01	0,05	0,002	0,19	Labor	0,297	0,21	0,67	0,028	0,048	0,01	0,06	0,001	0,20		0,007	0,02	0,03	0,007	0,007	0,00	0,01	0,001	0,01	
Mobil	R2_23	0,128	0,86	0,80	0,024	0,046	0,02	0,06	0,147	0,00	Labor	0,135	0,95	0,85	0,031	0,048	0,02	0,06	0,159	0,00		0,007	0,10	0,04	0,007	0,002	0,00	0,01	0,012	0,00	
Mobil	28_65																														
Mobil	4_31																														
Mobil	R6_62																														
Mobil	4_32																														
Mobil	69_16																														
Mobil	4_23																														
Mobil	64_16																														
Mobil	70_16																														
Mobil	51_13_2																														
Mobil	22_31																														
Mobil	R5_13																														
Mobil	52_31_3																														
Mobil	46_62																														
Mobil	70_13																														
Mobil	4_28																														
Mobil	69_31_3																														
Mobil	4_13																														
Mobil	5_13_1																														
Mobil	R5_31_1																														
Mobil	R4_16																														
Mobil	59a_27																														
Mobil	23_81																														
Mobil	5_12_2																														
Mobil	4_14																														
Mobil	23_23																														
Mobil	12_36																														
Mobil	22_12																														
Mobil	44_62																														
Mobil	R4_31	0,227	0,29	0,85	0,025	0,059	0,05	0,04	0,161	0,00	Labor	0,271	0,29	0,70	0,033	0,042	0,03	0,05	0,157	0,00		0,044	0,01	0,04	0,005	0,005	0,01	0,01	0,001	0,00	
Mobil	52_16_2	0,270	0,10	0,80	0,035	0,029	0,01	0,03	0,114	0,00	Labor	0,315	0,12	0,84	0,06	0,065	0,01	0,04	0,118	0,00		0,045	0,02	0,04	0,025	0,036	0,01	0,01	0,004	0,00	
Mobil	R2_13	0,162	0,89	0,84	0,027	0,056	0,01	0,05	0,149	0,01	Labor	0,116	0,92	0,85	0,03	0,048	0,02	0,06	0,16	0,00		0,046	0,03	0,01	0,003	0,008	0,01	0,01	0,011	0,00	
Mobil	R3_31_1	0,212	0,22	0,65	0,031	0,039	0,03	0,04	0,183	0,00	Labor	0,258	0,24	0,70	0,036	0,045	0,03	0,05	0,194	0,01		0,046	0,02	0,05	0,005	0,006	0,01	0,00	0,011	0,00	
Mobil	8_22	0,247	0,31	0,59	0,018	0,053	0,01	0,04	0,010	0,16	Labor	0,301	0,29	0,63	0,021	0,043	0,02	0,05	0,012	0,18		0,054	0,02	0,04	0,003	0,01	0,01	0,01	0,002	0,02	
Mobil	58_16	0,375	0,01	0,61	0,032	0,023	0,01	0,03	0,002	0,07	Labor	0,310	0,09	0,62	0,046	0,037	0,01	0,04	0,002	0,07		0,065	0,02	0,01	0,014	0,014	0,00	0,01	0	0,00	
Mobil	22_13	0,195	0,22	0,54	0,024	0,051	0,01	0,03	0,002	0,11	Labor	0,261	0,27	0,57	0,075	0,052	0,01	0,04	0,003	0,12		0,066	0,05	0,03	0,051	0,001	0,00	0,01	0,001	0,01	
Mobil	64_33_1	0,190	0,22	0,87	0,027	0,042	0,02	0,05	0,002	0,15	Labor	0,262	0,26	0,89	0,033	0,049	0,03	0,05	0,003	0,16		0,072	0,04	0,02	0,006	0,007	0,01	0,00	0,001	0,01	
Mobil	28_31	0,234	0,24	0,47	0,009	0,034	0,02	0,05	0,003	0,15	Labor	0,320	0,25	0,51	0,013	0,044	0,03	0,05	0,005	0,16		0,086	0,01	0,04	0,004	0,01	0,01	0,00	0,002	0,01	
Mobil	7_31	0,165	0,24	0,56	0,016	0,038	0,01	0,05	0,003	0,20	Labor	0,262	0,26	0,59	0,016	0,037	0,02	0,05	0,003	0,21		0,097	0,02	0,03	0	0,001	0,01	0,00	0	0,01	

Brennpunkt- mobile OES

Blechedicke
≈10mm

Brennpunkt - Labor

Brennpunkt- mobile OES

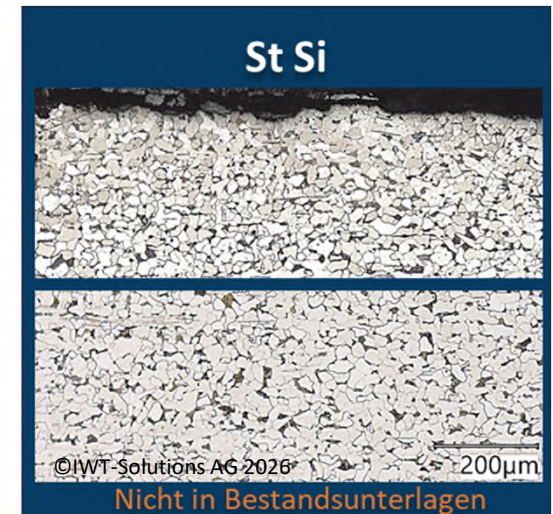
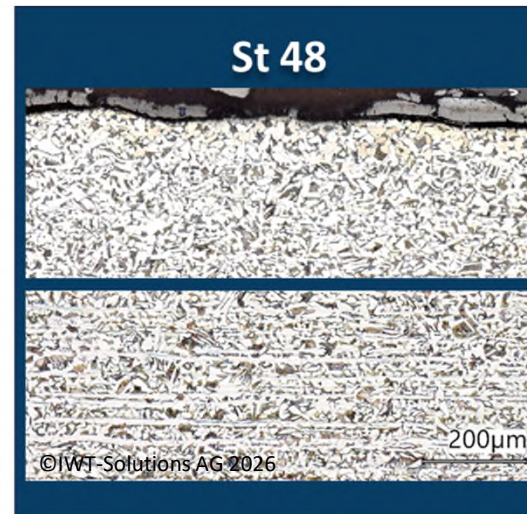
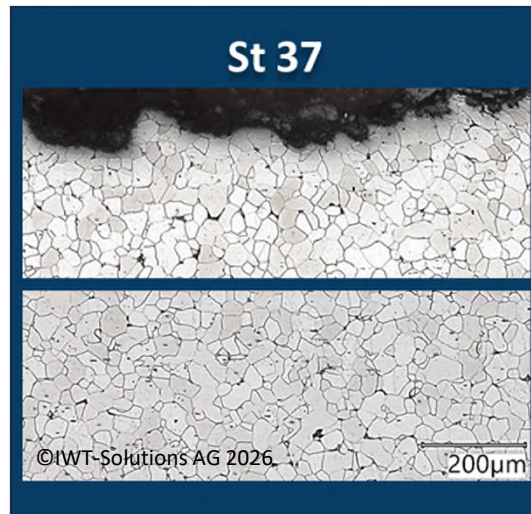


Brennpunkt - Labor

Verifikation der neuen Methode – 2/2

Ergebnisse Labor mit Gefüge und Zugversuch

	Stahl- sorte	R _m - BK
		[MPa]
Mobil	St Si	
BK	St Si	571
Mobil	St Si	
BK	St Si	567
Mobil	St 48	
BK	St 48	521
Mobil	St 48	
BK	St 48	550
Mobil	St 48	
BK	St 48	484
Mobil	St 48	
BK	St 48	516
Mobil	St 48	
BK	St 48	505
Mobil	St 48	
BK	St 48	549
Mobil	St 37	
BK	St 37	435
Mobil	St 37	
BK	St 37	433
Mobil	St 48	
BK	St 48	584



	R _{m min} [MPa]	R _{m max} [MPa]
St 37	360	440
St 48	470	570
St Si	490	~630

- Der Vergleich von OES-mobil und Labor bestätigt das StIM - Klassifizierungsschema.
- Ergebnis der Zugversuche bestätigen die Bestimmung der Stahlsorte.
- Verifikation durch Gefügeanalyse positiv.

Mob-OES
Chemische Analyse



Altstahl-Identifikations-Modul (StIM[®])



Stahl Identifikations Modul
© IWT-Solutions AG

- 1. Puddelstahl
- 2. Flussstahl
- 3. St 37
- 4. St 48
- 5. St 34 oder 44
- 6. St 52

- Winkel
- Stütze
- Blech
- Lamelle
- Steg
- Niete



Bauteil	Beschreibung	Schaltwerk				Bestandsunterlagen	Empfehlung für Nachrechnung
		St 48	St 48-TH	St Si	St 37		
11	Hauptträger_Steg	1	3	0	0	St 48	St 48
12	Hauptträger_Gurt_1.Lamelle	4	0	0	0	St 48	St 48
13	Hauptträger_Gurt_2.Lamelle	5	0	0	0	St 48	St 48
14	Hauptträger_Gurt_3.Lamelle	2	0	0	0	St 48	St 48
16	Hauptträger_Stegsteife	3	0	0	0	St 48	St 48
31	Querträger_Steg	2	0	0	0	St 48	St 48
32	Querträger_Gurt_1.Lamelle	0	0	0	0	St 48	St 48
33	Querträger_Gurt_2.Lamelle	0	0	0	0	St 48	KP
35	Querträger_Gurt_3.Lamelle	0	0	0	0	St 48	KP
36	Querträger oberer Halswinkel	0	0	0	0	St 48	KP
41	Längsträger_Steg	0	3	1	0	St 48	St 48
51	Buckelblech	0	0	0	2	St 37	St 37
81	Fußweg_Konsole	1	0	0	0	St 37	St 37
82	Fußweg_Geländer	0	0	0	1	St 37	St 37
83	Fußweg_Stiel	0	0	0	0	St 37	KP

Ergebnis

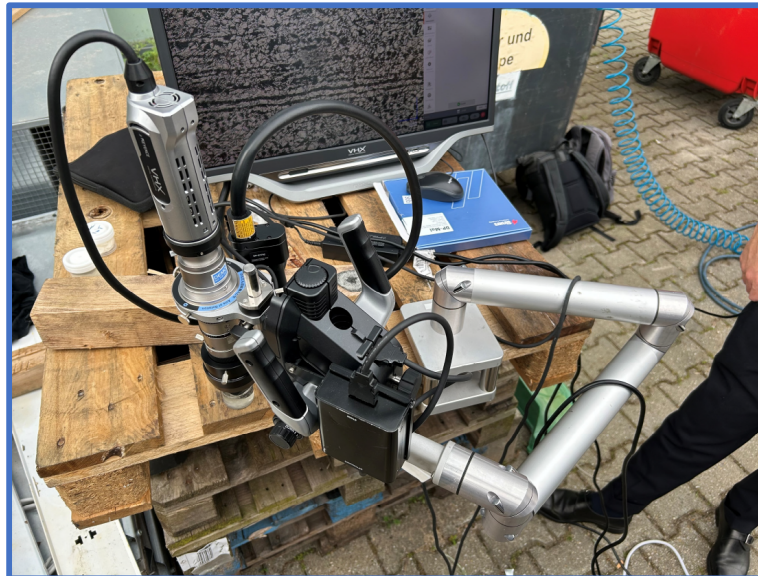
- **Ein Blick zurück**
- **Wie kann zerstörungsfreie Stahlidentifikation gelingen (Schritt 1)?**
 - Von der Idee über die Messmethode zum Stahl-Identifikations-Modul und der praktischen Anwendung
- **Was geht noch?**
 - Weitere Prüfmethoden zur Erhöhung der Informationsdichte
- **Das 5 Stufen Modell**
 - Abgestuftes Vorgehen optimiert Aufwand und Ergebnis



1. Mobile Optical Emission Spectroscopy (OES)



2. Digitale Metallographie



3. Mobile Härtemessung



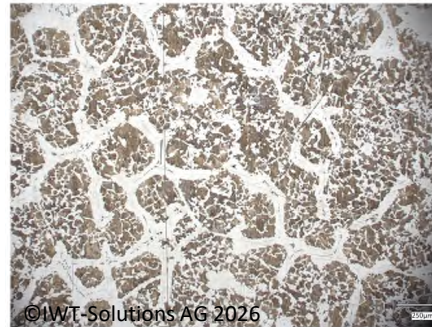


- Mobile Metallographie zur Ermittlung des vorliegenden Gefügezustandes
- Aufdeckung von Inhomogenitäten, z. B.:
 - Randentkohlung,
 - Martensitbildung,
 - Widmanstätten.
- Ermittlung der Phasenzusammensetzung.
- Analyse von Schweißverbindungen und Kaltverformungen

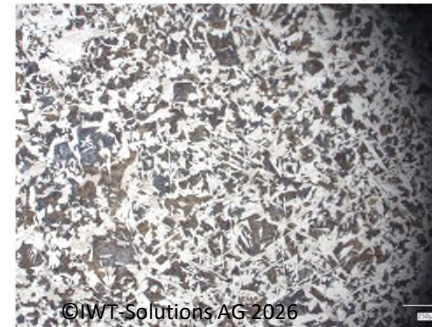




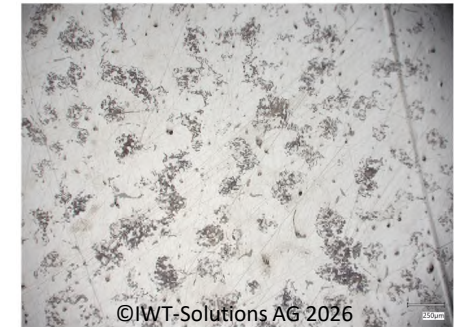
Gussgefüge



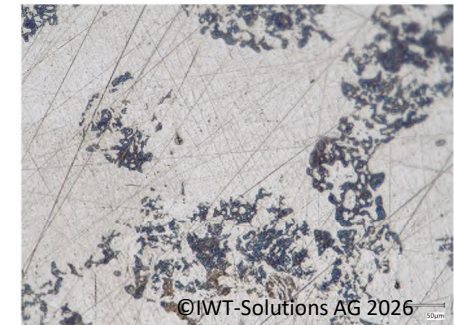
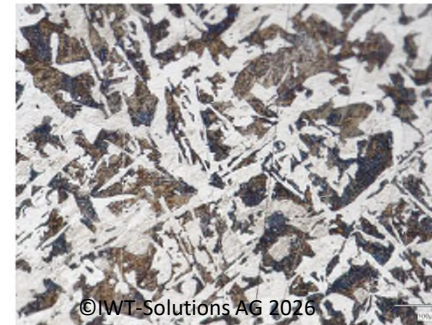
Widmanstätten



Randentkohlung



100 X



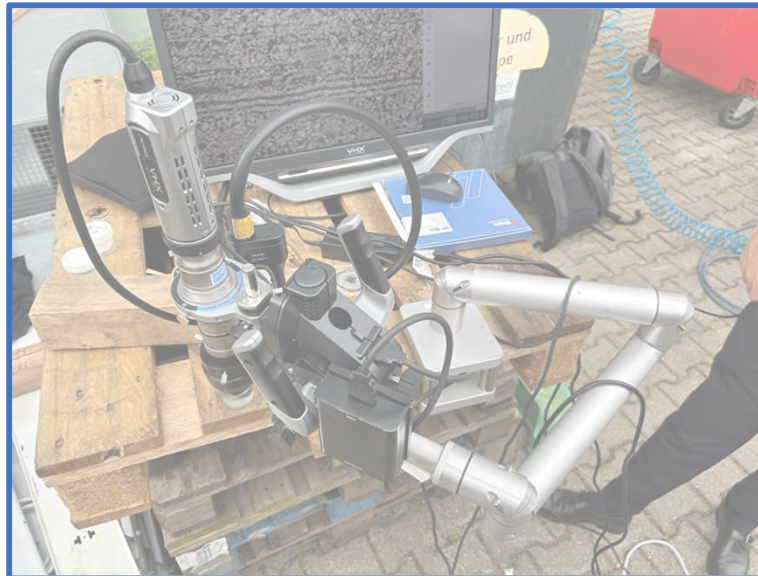
500 X

Copyright alle Bilder IWT-Solutions AG, Vervielfältigung und Nutzung nur nach schriftlicher Zustimmung durch IWT-Solutions AG (www.iwt-ag.de)

1. Mobile Optical Emission Spectroscopy (OES)



2. Digitale Metallographie



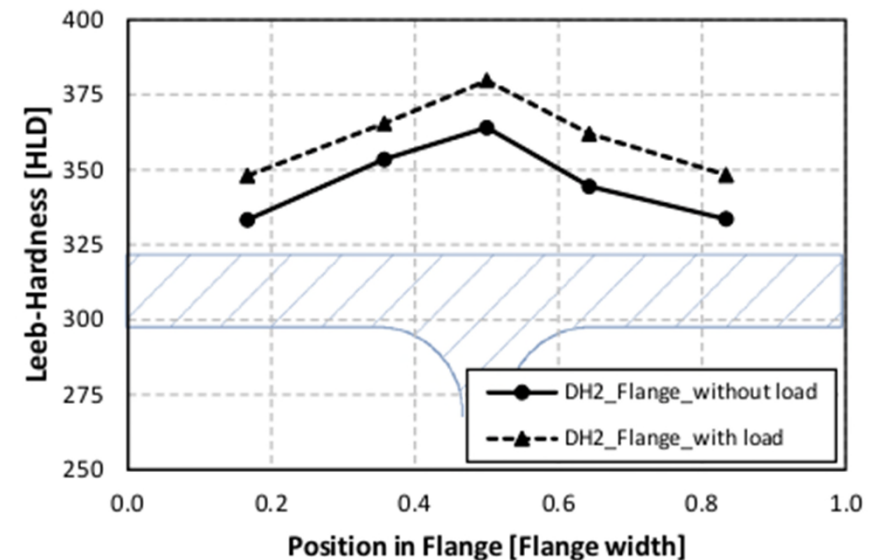
3. Härtemessung



Copyright alle Bilder IWT-Solutions AG, Vervielfältigung und Nutzung nur nach schriftlicher Zustimmung durch IWT-Solutions AG (www.iwt-ag.de)

Aktuell 2: ambulante Ermittlung Spannungs-Dehnungs-Kurve

1. Mobile Härtemessung verschiedene Methoden; Rückprall (Leeb), **Eindringkörper (UCI)**
2. Mobile Härtemessungen können durch Korrelationen in Festigkeitswerte R_m umgewandelt werden (Streckgrenze R_{EL} kann dann jedoch nur aus normativem Streckgrenzenverhältnis ermittelt werden.)
3. Problematisch für Rückprallmethode ist die Bauteildicke und Einspannung



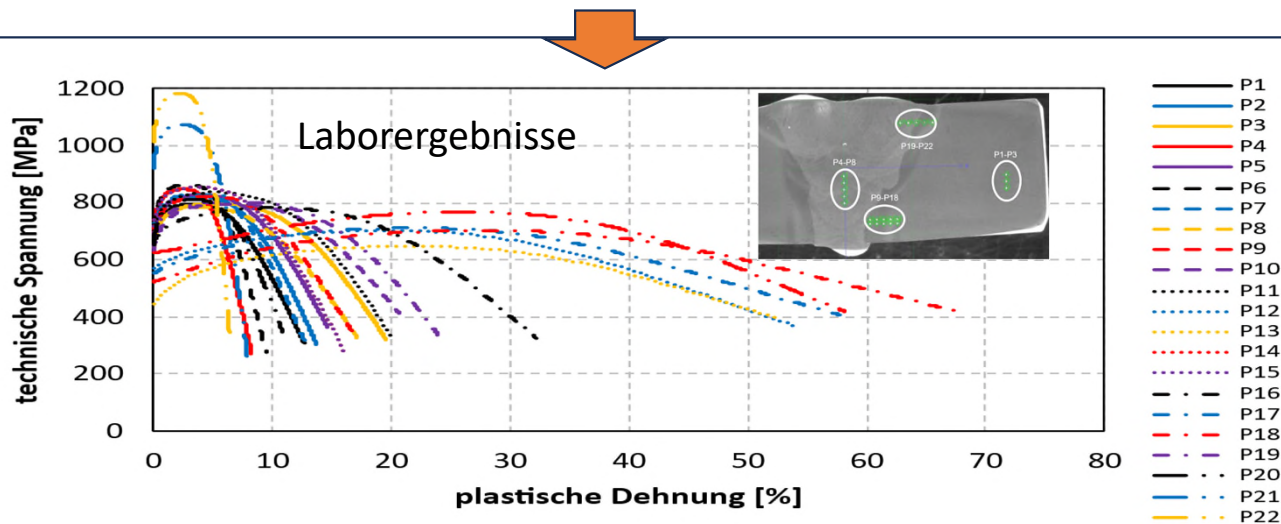
Copyright alle Bilder IWT-Solutions AG, Vervielfältigung und Nutzung nur nach schriftlicher Zustimmung durch IWT-Solutions AG (www.iwt-ag.de)

Erprobung von ersten Prototypen für die mobile Härtemessung

- Var. 1: HV10 (klassisch)
- Var. 2: mittels i3D® - Ermittlung von Spannungs-Dehnungs-Kurven)

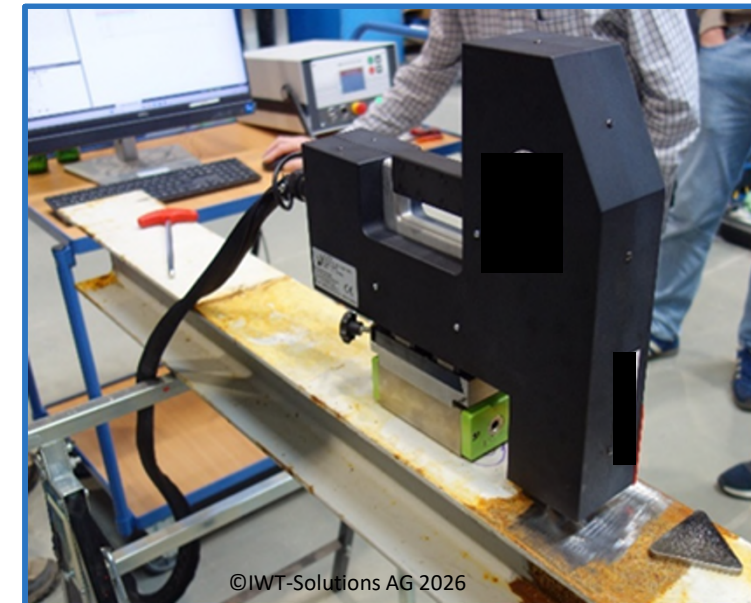
In Zusammenarbeit mit:

- LfS RWTH Aachen
- KBS
- Imprintec



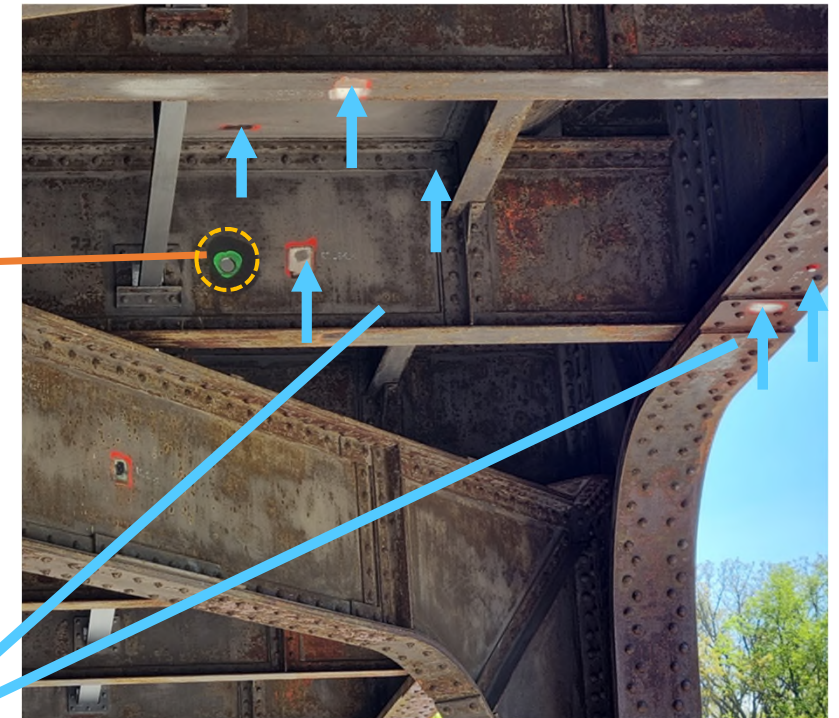
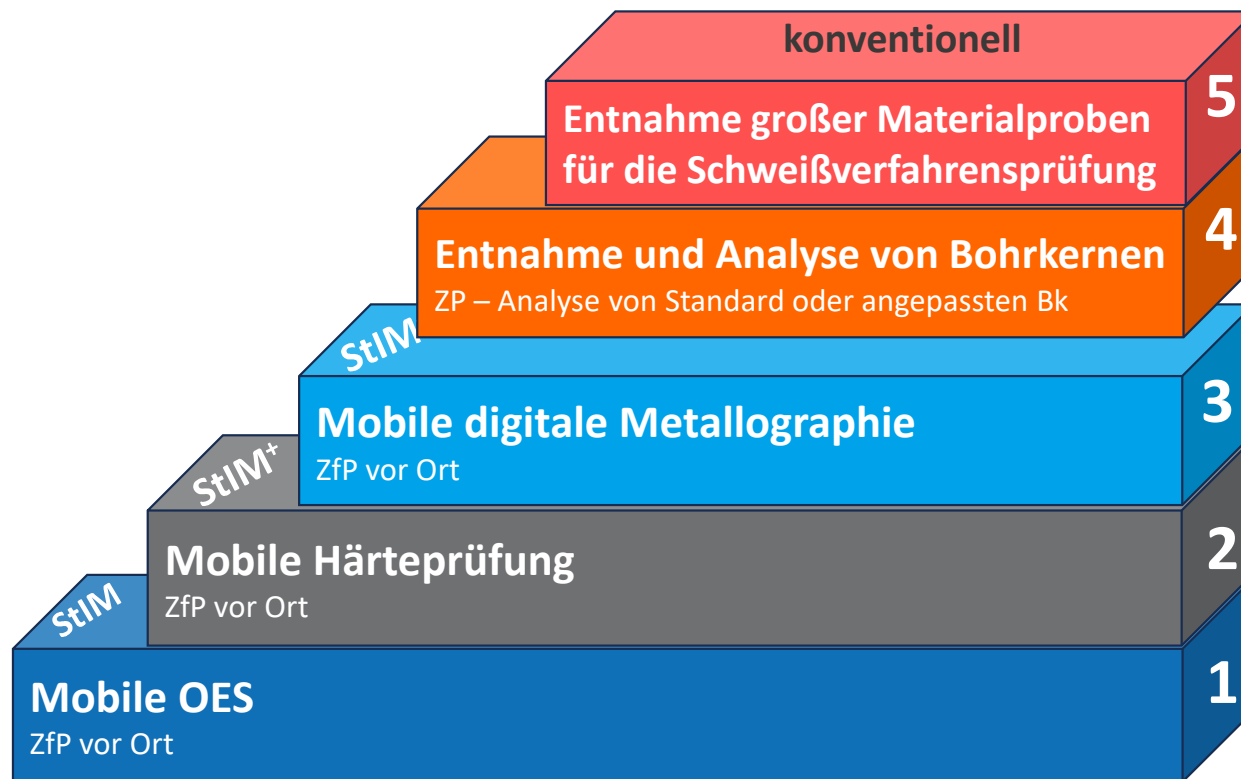
Stellen der Mikroindentation (links) und abgeleitete Fließkurven (rechts) bei hochfesten Schweißverbindungen [29]

F. Eyben, H. Bartsch, S. Schaffrath, M. Feldmann, C. Häffner, D. Lenz, M. Könemann und S. Münstermann, Innovative Tragfähigkeitsanalyse geschweißter Stahlbauteile mit Hilfe der Schädigungsmechanik (Schlussbericht FOSTA-P1415), 2023.



- **Ein Blick zurück**
- **Wie kann zerstörungsfreie Stahlidentifikation gelingen (Schritt 1)?**
 - Von der Idee über die Messmethode zum Stahl-Identifikations-Modul und der praktischen Anwendung
- **Was geht noch?**
 - Weitere Prüfmethoden zur Erhöhung der Informationsdichte
- **Das 5 Stufen Modell**
 - Abgestuftes Vorgehen optimiert Aufwand und Ergebnis





Anwendung der neuen Methode (n) Erfolgreiche Projekte in ganz Deutschland



Bahnhöfe



Stadien



auch mal ohne Hubsteiger



Stahlgussglocke von 1920 in
Zusammenarbeit mit dem
Deutschen Museum München und
Ing.Büro. Mensinger/Stadler

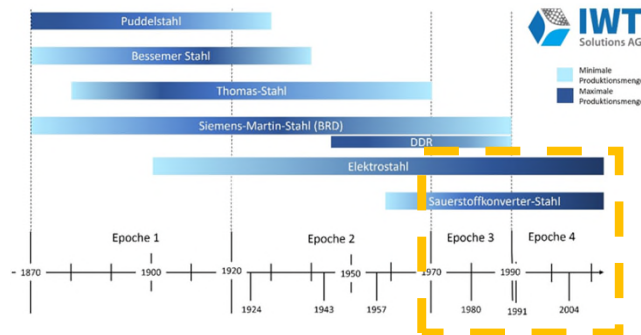
Copyright alle Bilder IWT-Solutions AG, Vervielfältigung und Nutzung nur nach schriftlicher Zustimmung durch IWT-Solutions AG (www.iwt-ag.de)

Vorteile ambulante Methoden (nach dem Stufenmodell)

- umfangreiche Bauteilerfassung = **hohe Informationsdichte.**
- **sofort einsetzbar** (Bahn Ri 805) und schnell (bis zu 120 Messungen/Tag).
- **Keine Beschädigung** der Bauteile.
- **Zeitersparnis** (Ergebnis sofort verfügbar !!!!!).
- frühzeitige Identifizierung von Stahl = **Planungssicherheit.**



- **Einsatz auch für Re-Use!!!!**



©IWT-Solutions AG 2026

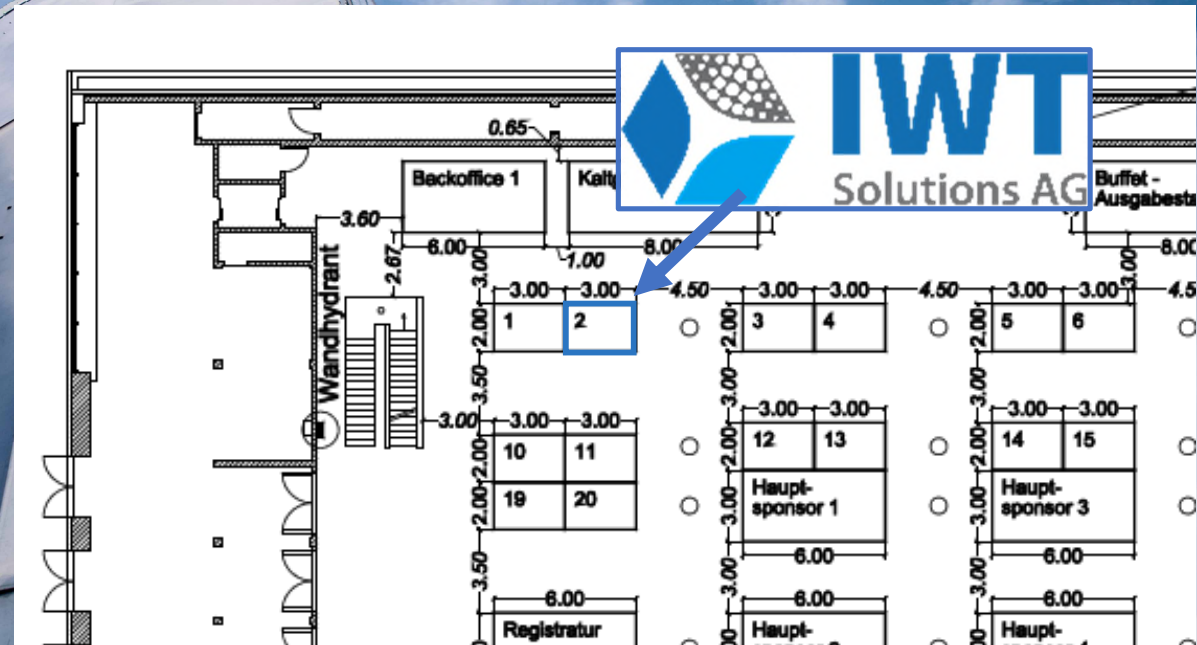


©IWT-Solutions AG 2026



©IWT-Solutions AG 2026

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
...und schauen Sie gerne in der Ausstellung vorbei.



Prof. Dr.-Ing. Peter Langenberg und Team

Mail: office@iwt-ag.de

Web: www.iwt-ag.de

Phone: 0241 9010 7080