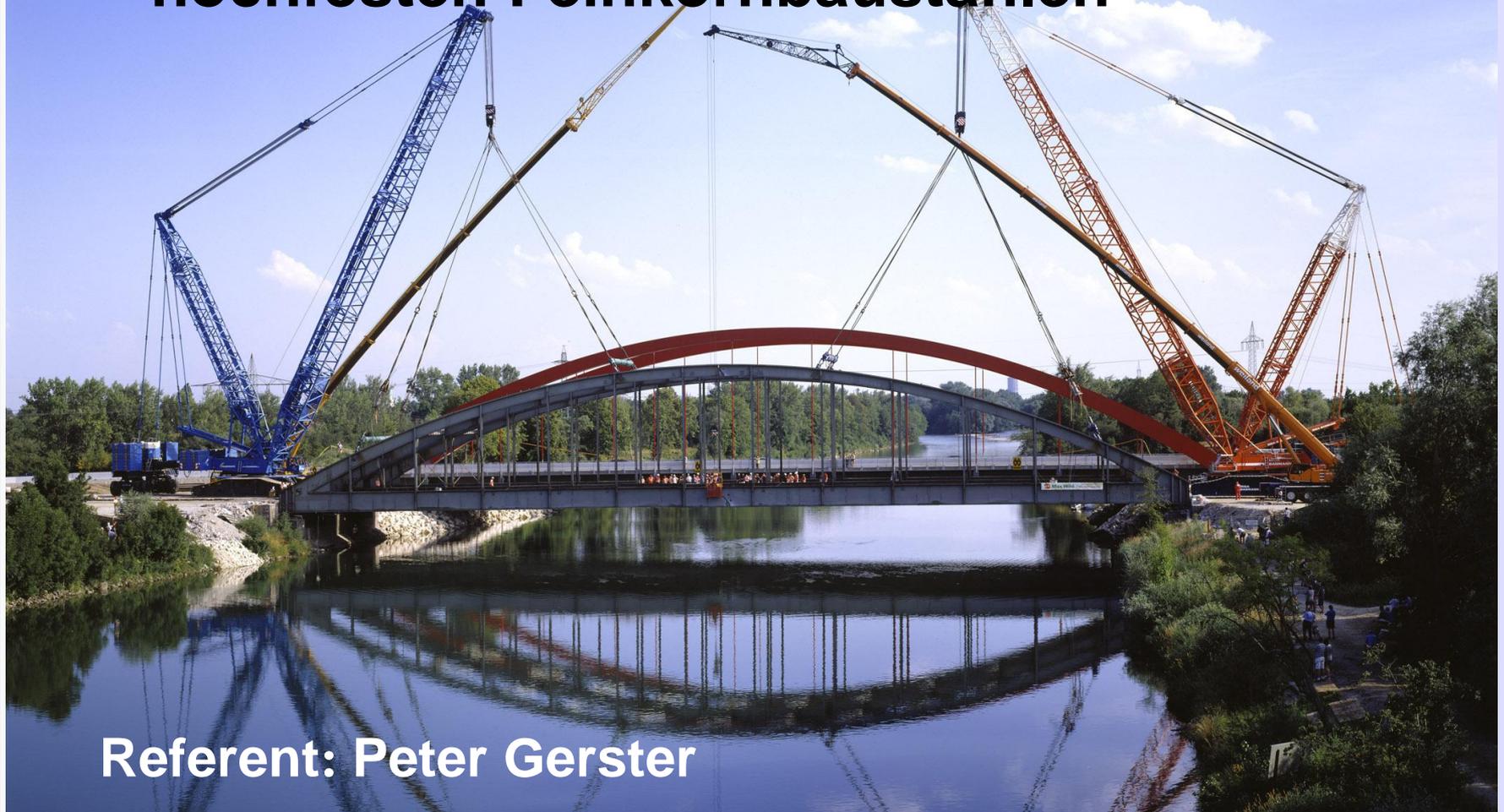


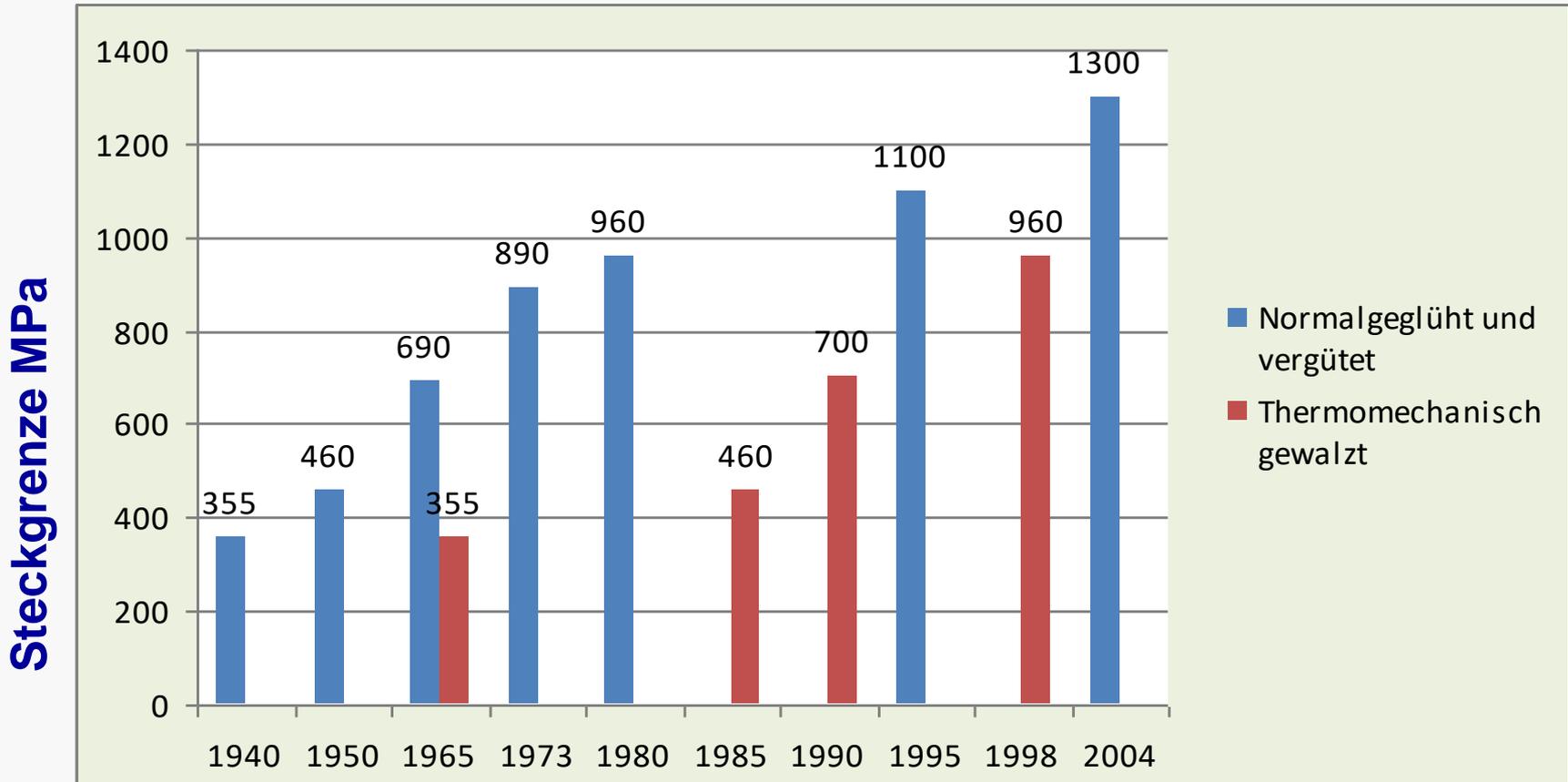
Besonderheiten beim Verarbeiten von hochfesten Feinkornbaustählen

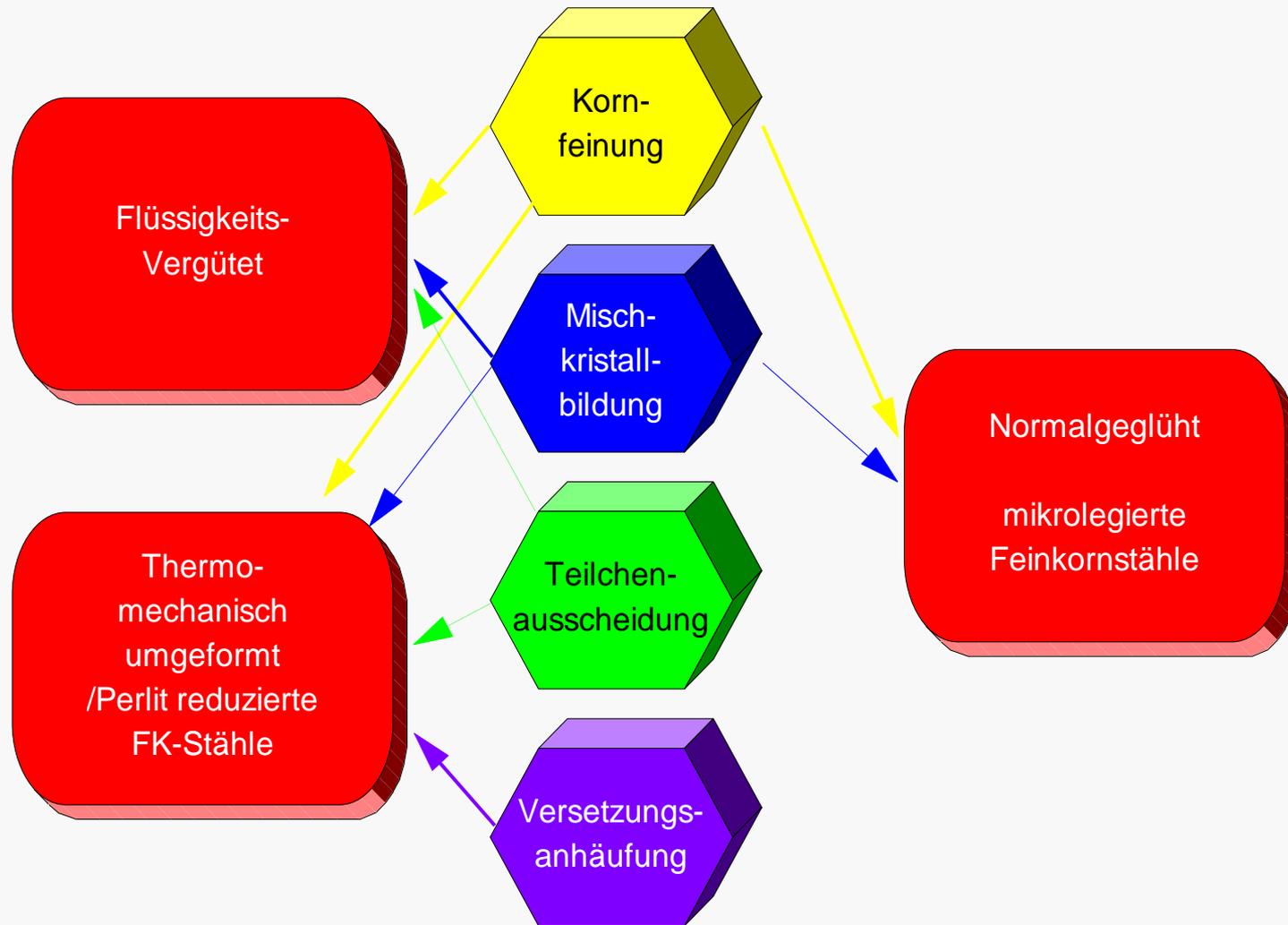


Referent: Peter Gerster

- **Steigender Einsatz höherfester Stähle (S690, S1100, S1300,..)**
- **Neue Technologien der Stahlherstellung (TM-Stähle,...)**
- **Zunehmende Qualitätsanforderungen, speziell Offshore, WEA, Kranbau**
- **Zwang zur Kostensenkung in der Fertigung**
- **Vermehrter Einsatz von Schweißnahtnachbehandlungen zur Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit und Lebensdauer der Schweißkonstruktionen**

Entwicklung der Streckgrenzen der Feinkornbaustähle

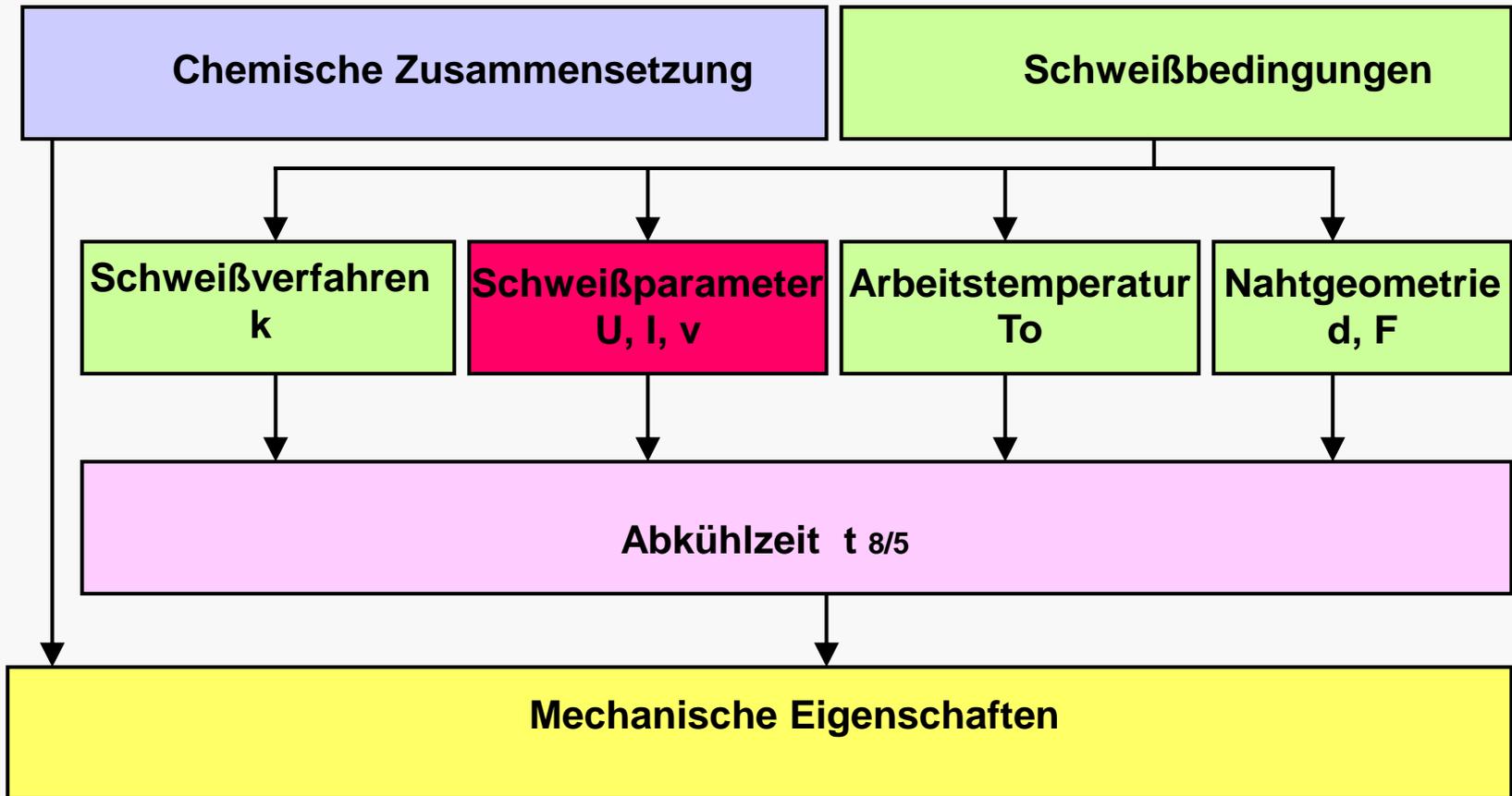


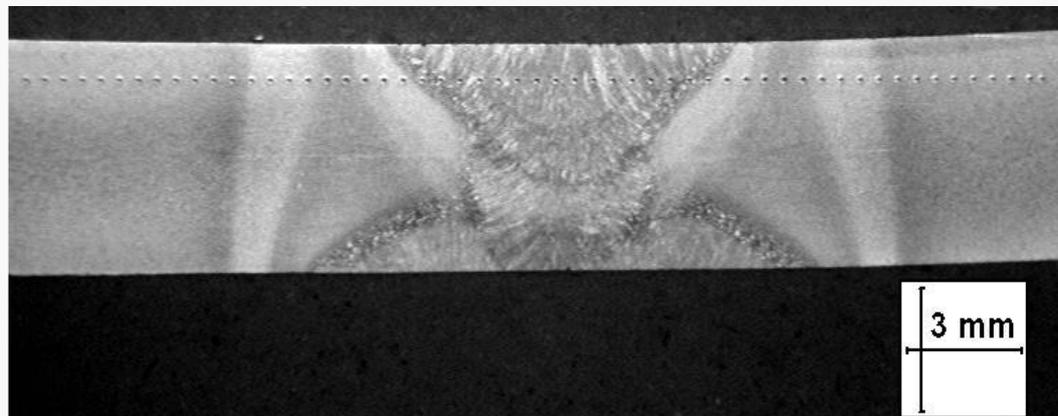
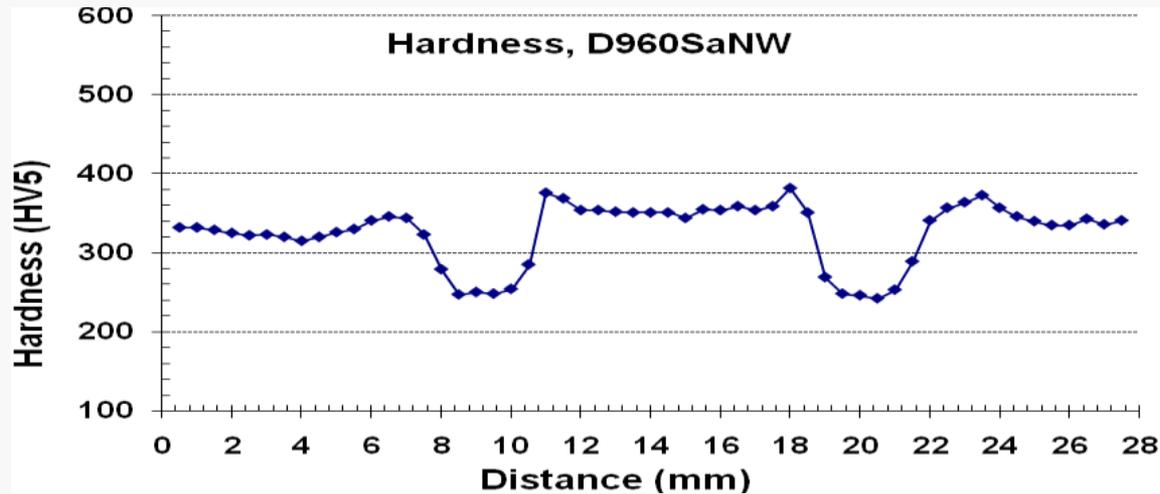


Es ist allgemein bekannt, dass beim Schweißen dieser Stähle die erreichten mechanisch-technologischen Eigenschaften sehr stark von der richtigen Wärmeführung abhängig sind. Diese Wärmeführung wird durch den Begriff Abkühlzeit $t_{8/5}$ definiert.

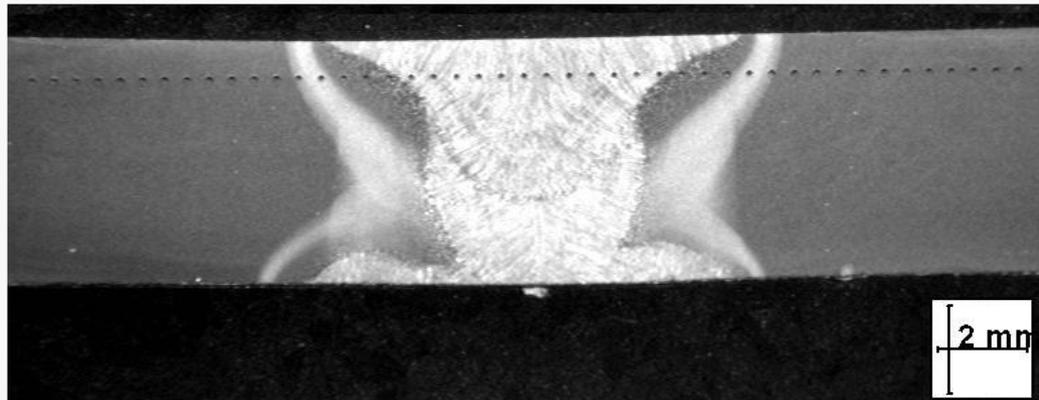
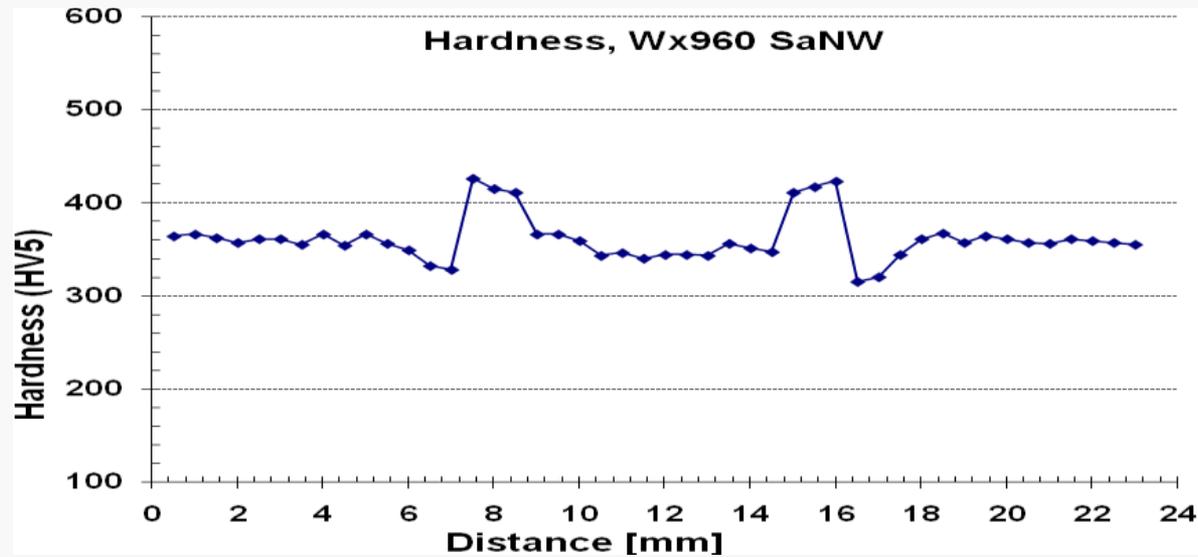
Bei speziellen Schweißpositionen oder z.B. sehr geringen Wandstärken, im Bereich von 2–5 mm, spielen die Wärmeeinflusszone, die Erweichung (geringe Härte) und Härtespitzen eine wichtige Rolle. Das Härteprofil (Härtemapping) der Schweißverbindung wird hauptsächlich durch die Wärmeeinbringung während des Schweißprozesses beeinflusst.

Einflußgrößen für die mechanischen Eigenschaften im Schweißnahtbereich





Härteprofil an einem TM-Stahl, $R_{p0,2} = 960 \text{ MPa}$, $t_{8/5} = 5 - 10 \text{ s}$



Härteprofil eines vergüteten Feinkornbaustahles S960QL, $t_{8/5} = 5 - 10$ s

Härteverlauf HV10 an Schweißproben S890

Blechdicke 8 mm $t_{8/5} \sim 8$ Sek.

Blechdicke 15 mm $t_{8/5} \sim 10$ Sek.

TM(S890MC)

Vergütet (S890QL)

Bruchlage WEZ

$R_{p0,2}$ 840 N/mm²

R_m 900 N/mm²

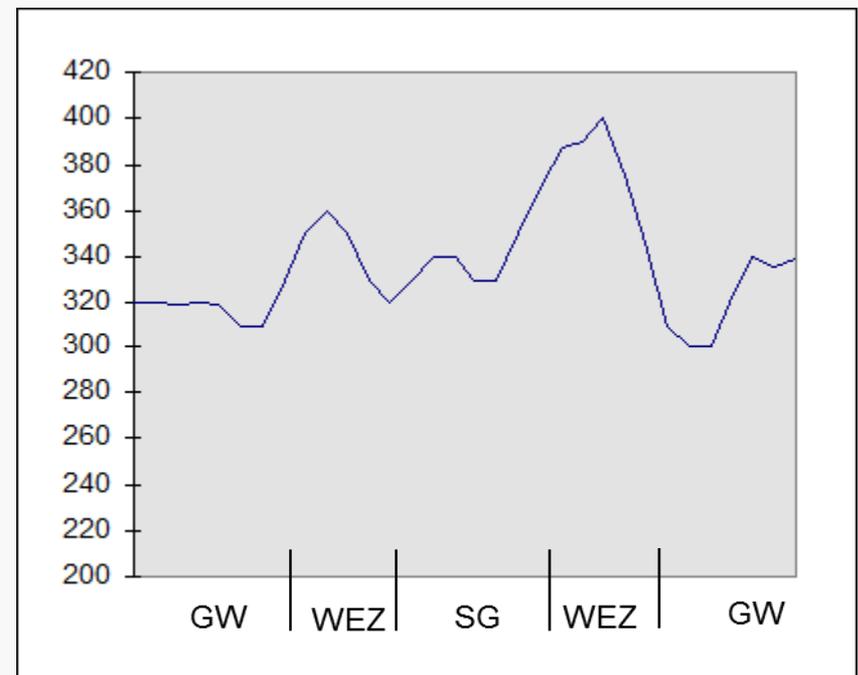
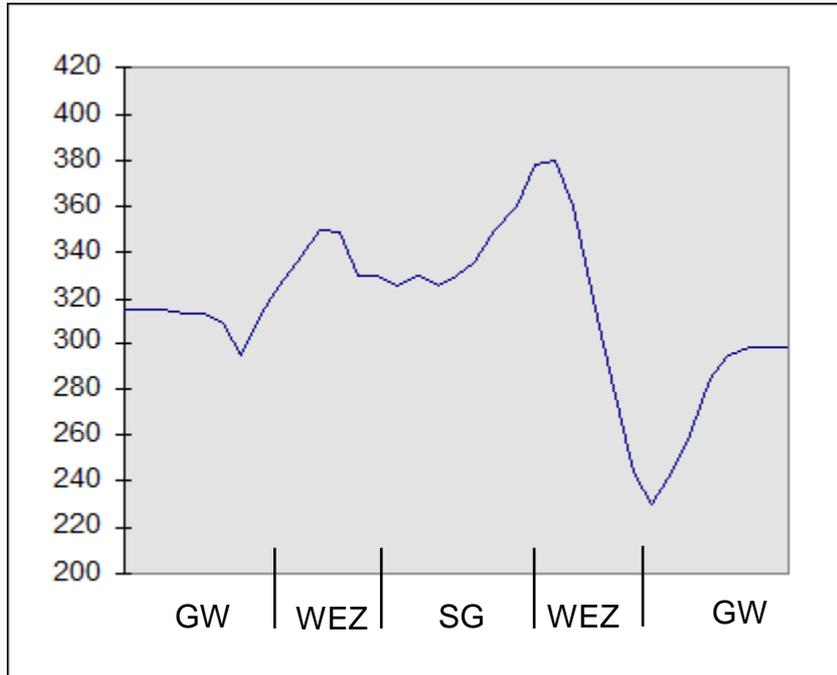
TM(S890MC)

Vergütet (S890QL)

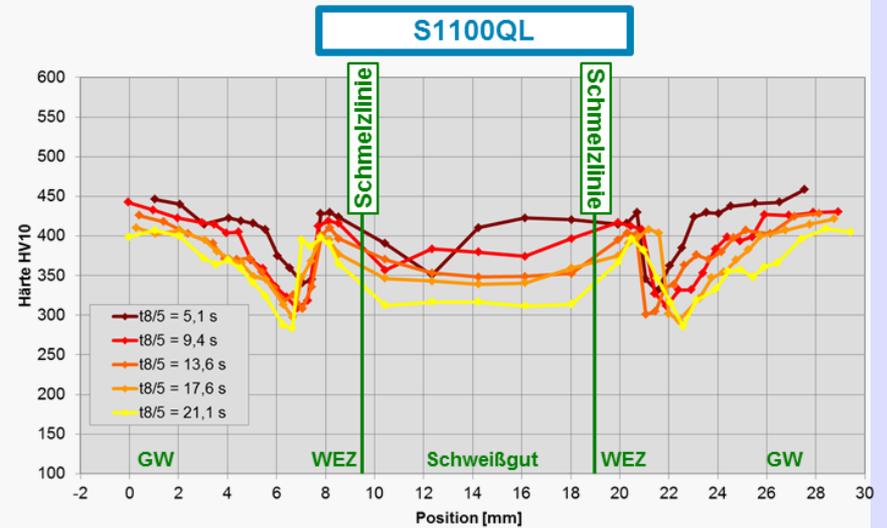
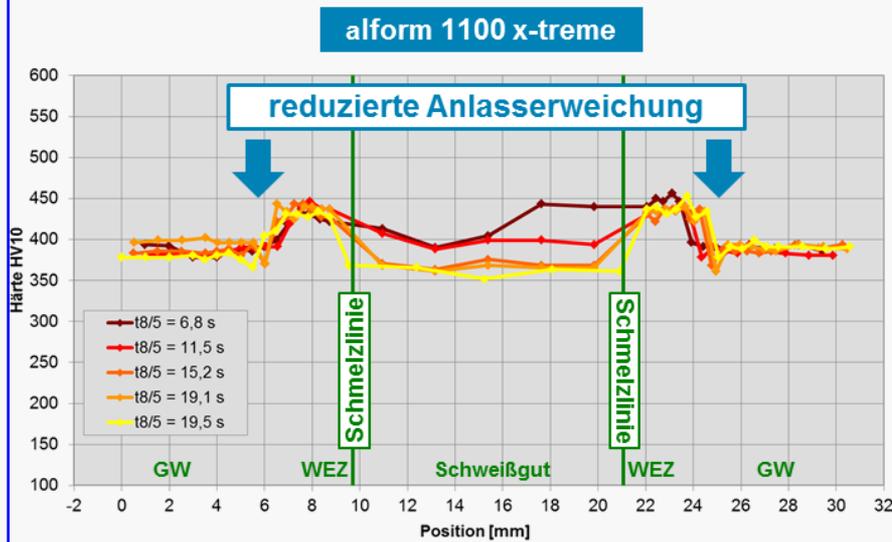
Bruchlage WEZ

$R_{p0,2}$ 940 N/mm²

R_m 1020 N/mm²

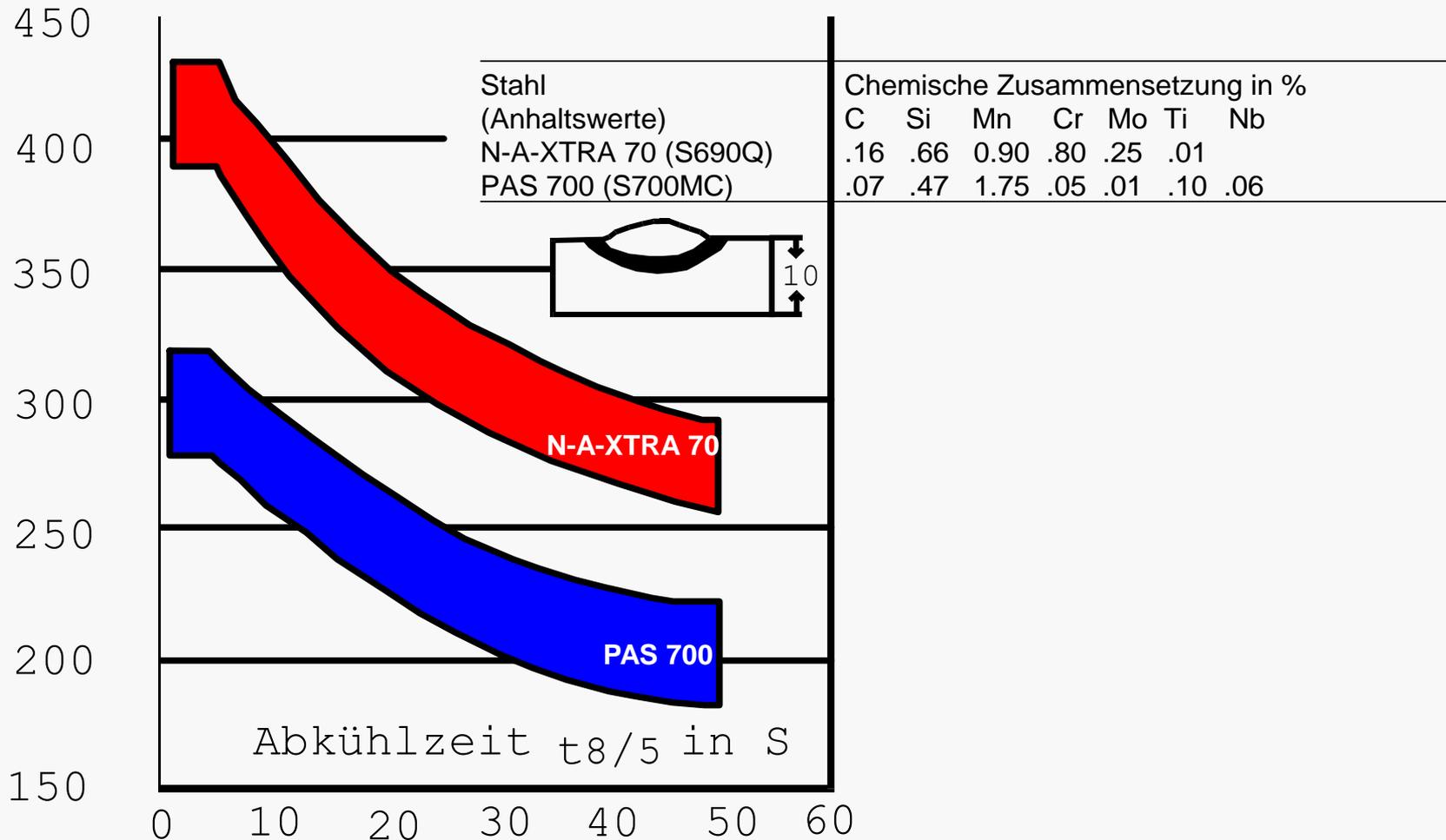


– Härtespur (Decklage)

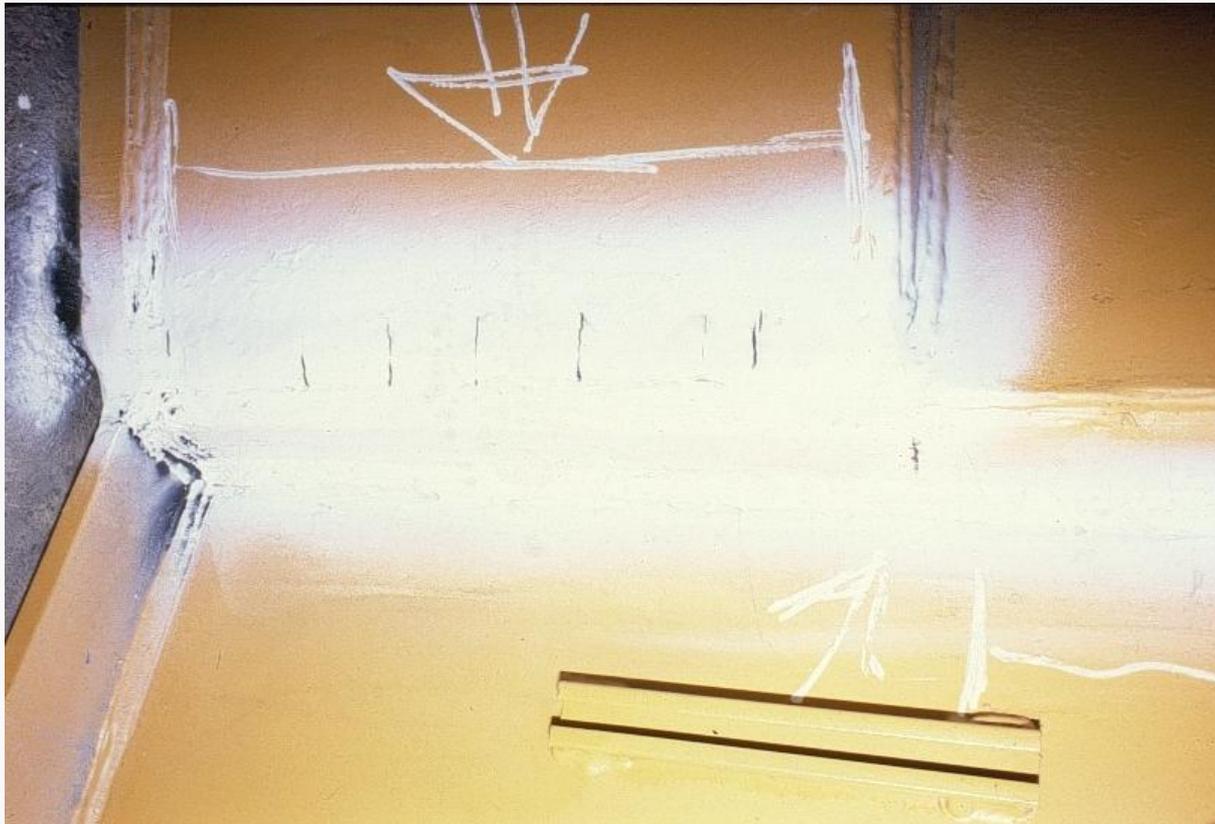


Erweiterter Schweißbereich
 $t_{8/5}$ – Zeitfenster (5-20s)

Härte HV10 / Prüfung nach Stahl / Eisen Prüfblatt 1203



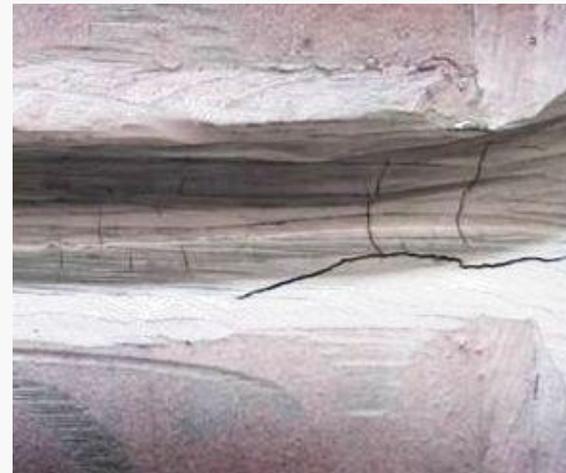
Beispiel für typische Kaltrisse



Ursache:

zu kurze Abkühlzeit $t_8/5$
rel. hoher Wasserstoffgehalt
hohe Eigenspannungen
keine oder zu geringe
Vorwärmung

die Risse verlaufen meist
quer zur Naht

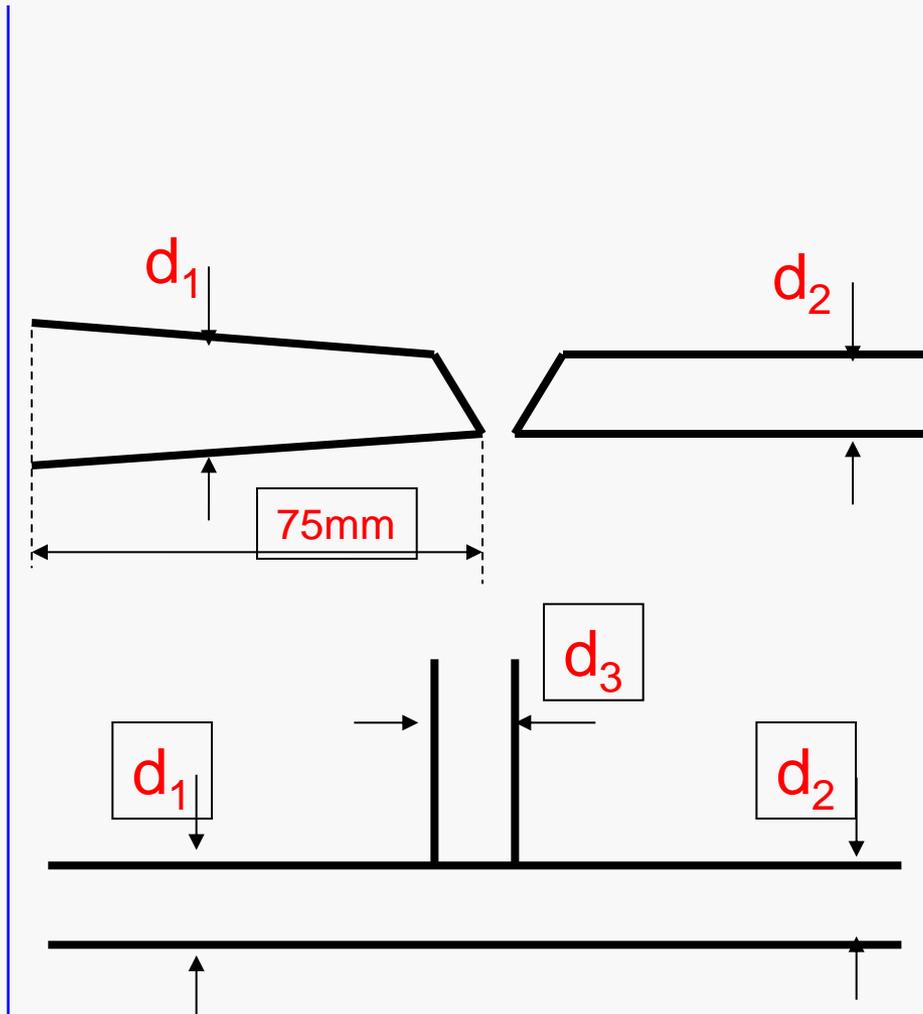


Beispiel:

| | CET |
|--|-----------|
| Grundwerkstoff S690: (Wanddicke 40mm) | 0,33 |
| E 69 4 Mn2NiCrMo B 42 H5: | 0,36-0,38 |

Zu verwendendes CET: $CET_{SG} + 0,03 = 0,39-0,41$

*Wenn das CET des Grundwerkstoffes das des Schweißgutes (SG) um 0,03% übersteigt, ist der Grundwerkstoff maßgebend. Anderenfalls ist das um 0,03% erhöhte CET des Schweißgutes zu verwenden [SEW 088].



$$D_k = d_1 + d_2$$

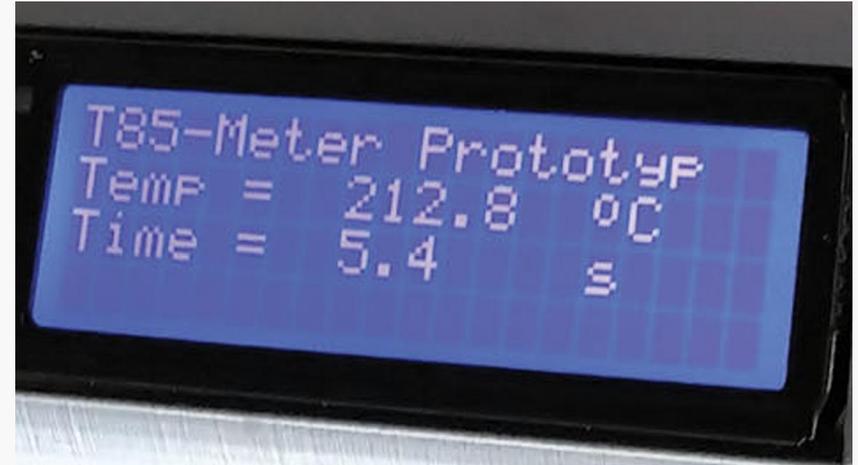
d_1 = durchschnittl. Wanddicke
über eine Länge von 75mm

$$D_k = d_1 + d_2 + d_3$$

Messen der Abkühlzeit $t_{8/5}$ mit Thermoelement



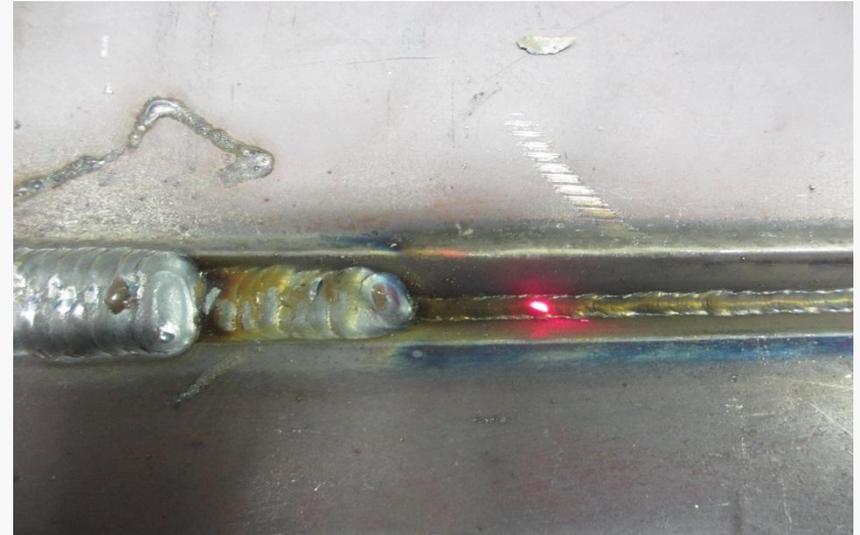




VauQuadrat t8/5-Blaster



berührungslos mit Infrarot Sensor





Applikationsnotiz

T8/5-ZEITMESSUNG

Berührungslose Temperatur-/Zeitmessung (t_{8/5}) in Schweißprozessen



Rohrnahtschweißprozess

Aufgabenstellung

In der Schweißtechnik bedient man sich u. a. der Messung der Abkühlzeit t_{8/5}, also der Zeit, in der die Schweißstelle von 800°C auf 500°C abgekühlt ist. Der gesamte Temperaturverlauf beim Schweißen setzt sich aus einer sehr schnellen Erhitzung, der Schmelzphase und dem wesentlich schnelleren Abkühlen zusammen. Insbesondere im Schweißzonenbereich ist die Abkühlgeschwindigkeit maßgeblich für zulässige oder eben unzulässige Gefügeveränderungen des geschweißten Materials. Die t_{8/5}-Zeit muss in einem vorgegebenen (vom Werkstoff abhängigen) Zeitraum liegen, z.B. zwischen 8 und 15 Sekunden. Wird dieses Zeitintervall über- oder unterschritten, kann es zu Brüchen der Schweißnaht kommen.

Lösung



IMPAC Pyrometer der Serie 140 mit DA 6000-T im Tischgehäuse



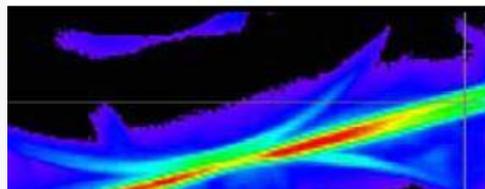
IMPAC Pyrometer der Serie IGA 320/23



Screenshot InfraWin Software: t_{8/5}-Zeitmessung



DA 6000-T



LumaSense Technologies

Temperature and Gas Sensing Solutions

Americas and Australia
Sales & Service
Santa Clara, CA
Ph: +1 800 631 0176
Fax: +1 408 727 1677

Europe, Middle East, Africa
Sales & Service
Frankfurt, Germany
Ph: +49 69 97373 0
Fax: +49 69 97373 167

India
Sales & Support Center
Mumbai, India
Ph: +91 22 67419203
Fax: +91 22 67419201

China
Sales & Support Center
Shanghai, China
Ph: +86 133 1182 7766
Fax: +86 21 5877 2383

info@lumasenseinc.com

LumaSense Technologies, Inc., reserves the right to change the information in this publication at any time.

www.lumasenseinc.com

©2011 LumaSense Technologies. All rights reserved.
AppNote-Welding-DE - Rev. 12/08/2011

April 2012

DVS – DEUTSCHER VERBAND
FÜR SCHWEISSEN UND
VERWANDTE VERFAHREN E.V.

Metall-Schutzgasschweißen von Feinkornbaustählen

DVS
Merkblatt
DVS 0916

Ersetzt Ausgabe November 1997

Das Merkblatt ist unter Mitwirkung der Anwender und Hersteller von Werkstoffen und Schweißzusatzwerkstoffen entstanden. Es enthält praxisnahe Anweisungen auf der Grundlage von der DIN EN 1011 Teil 1 und 2 sowie Stahl-Eisen-Werkstoffblatt (SEW) 088 zum MAG-Schweißen von Stählen, die aufgrund ihrer metallurgischen und mechanisch-technologischen Eigenschaften unter besonderer Wärmeführung zu schweißen sind, insbesondere Feinkornbaustähle.

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Grundwerkstoffe
- 2.1 Entwicklung der Feinkornbaustähle
- 2.2 Die heutigen Feinkornbaustähle
- 3 Schweißzusätze und Hilfsstoffe
- 3.1 Schutzgase
- 3.2 Kombination von Schweißzusatz und Grundwerkstoff
- 3.3 Lagerung von Massiv- und Fülldrahtelektroden, Rücktrocknung
- 4 Einstellrichtwerte
- 5 Anforderungen an den Betrieb
- 5.1 Schweißaufsicht
- 5.2 Schweißer
- 5.3 Schweißstromquellen und Schutzgasschweißbrenner

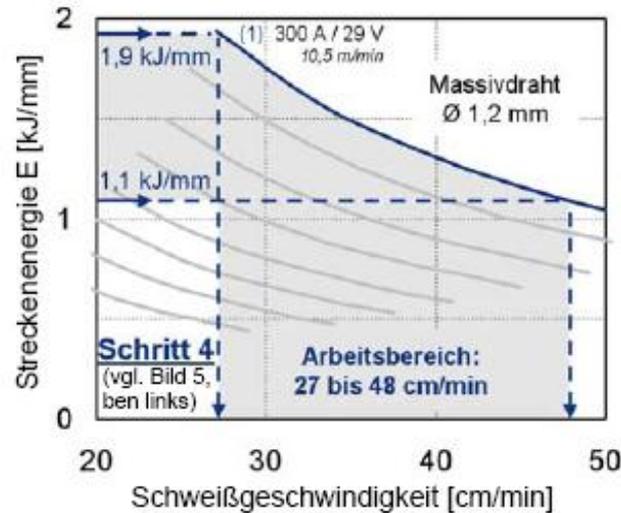
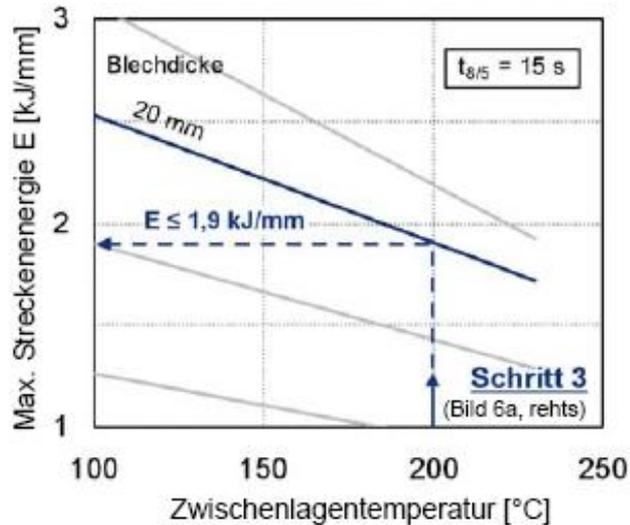
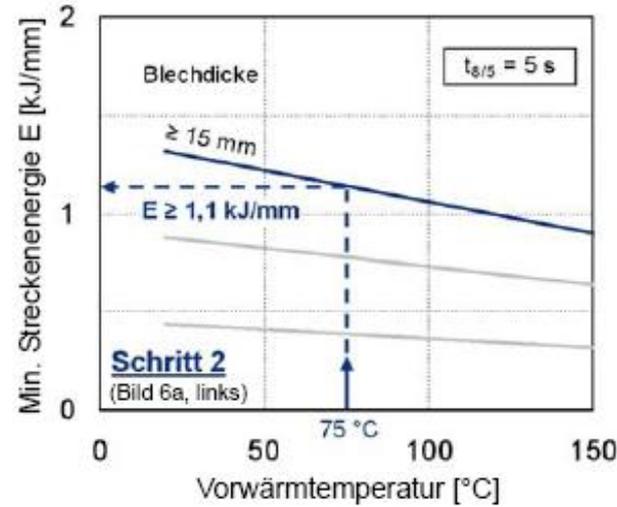
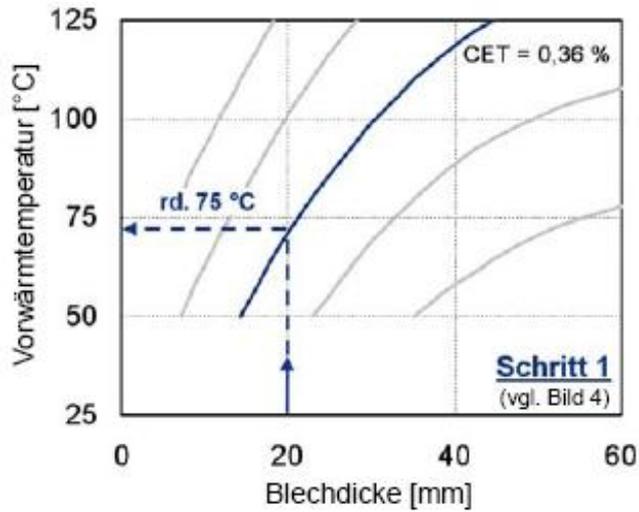
Das Merkblatt enthält weiterhin Empfehlungen zur Wahl der geeigneten Kombination von Zusatzwerkstoffen und Schutzgasen zum MAG-Schweißen von hochfesten Feinkornbaustählen.

Sonderschweißverfahren werden hier nicht behandelt.

2 Grundwerkstoffe

2.1 Entwicklung der Feinkornbaustähle

Feinkornbaustähle zeichnen sich durch eine hohe Festigkeit bei gleichzeitig guter Zähigkeit, Sprödbruchsicherheit und Schweißbarkeit aus. Die Entwicklung der Feinkornbaustähle begann in den Jahren nach dem 1. Weltkrieg. Damals gelang es, durch verschiedene Legierungszusätze die Festigkeit des St 37 mit 230 bis 240 MPa Mindeststreckgrenze bis zum St 52 mit 360 MPa zu



**Ablesebeispiel:
Ermittlung der
erforderlichen
Schweißparameter
Schritt 1 – 4:**

**Vorwärmtemperatur
Streckenergie
Schweißgeschwindigkeit**

Bild 7. Ablesebeispiel für die Festlegung der Schweißbedingungen bei einer Stumpfnah, Stahlsorte S690QL, Blechdicke 20 mm.

7.1 Heften

Heftstellen, die Bestandteile einer Schweißverbindung werden, sind mit Schweißzusätzen auszuführen, die auf den Grundwerkstoff abgestimmt sind (siehe Tabelle 1). Sofern die Heftstellen entfernt werden, können – abweichend von Tabelle 1 – Schweißzusätze mit geringerer Festigkeit verwendet werden.

Die Anwendung weicher Schweißzusätze wirkt sich hinsichtlich der Kaltrissicherheit vorteilhaft aus, sodass mit einer abgesenkten Vorwärmtemperatur bzw. je nach Randbedingungen häufig auch ohne Vorwärmung gearbeitet werden kann. Grundsätzlich sind jedoch die Hinweise zur Wärmeführung in Abschnitt 9 bereits beim Heftschweißen zu beachten.

7.2 Wurzellagen

Abhängig von der chemischen Zusammensetzung des Grundwerkstoffes kann sich infolge der Aufmischung die Festigkeit des Schweißgutes in der Wurzel erhöhen. Gegebenenfalls können auch bei Stählen mit einer Mindeststreckgrenze >460 MPa bei größerer Wanddicke Schweißzusätze für die Wurzelschweißung verwendet werden, die ein Schweißgut niedrigerer Festigkeit liefern.

Zum Beispiel kann für Wurzelschweißungen bei mehrlagigen Schweißnähten für die Festigkeitsbereiche S690 und höher bei Blechdicken ≥ 14 mm der Zusatzwerkstoff G4Si1 nach DIN EN ISO 14341-A eingesetzt werden.

Schweißgeeignete un- und niedriglegierte Stähle
Empfehlungen für die Verarbeitung, besonders für das Schmelzschiessen

Weldable non-alloy and low-alloy steels
Recommendations for processing, in particular for fusion welding

**SEW
088**
5. Ausgabe
5th Edition

Die deutsche Version dieses Stahl-Eisen-Werkstoffblattes ist verbindlich.

The German version of this steel-iron material datasheet shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English version.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich**
- 2 Allgemeine Grundsätze**
- 3 Umformen**
 - 3.1 Warmumformen
 - 3.2 Kaltumformen
- 4 Schweißen**
 - 4.1 Allgemeines
 - 4.2 Schweißverfahren
 - 4.3 Schweißnahtvorbereitung, thermisches Schneiden
 - 4.4 Fertigungsbeschichtungen
 - 4.5 Schweißzusätze und -hilfsstoffe

Contents

- 1 Scope and purpose**
- 2 General principles**
- 3 Forming**
 - 3.1 Hot forming
 - 3.2 Cold forming
- 4 Welding**
 - 4.1 General
 - 4.2 Welding methods
 - 4.3 Weld seam preparation, thermal cutting
 - 4.4 Shop primers
 - 4.5 Welding filler metals and consumables

Auswahlkriterien im Hinblick auf die mech. techn. Eigenschaften des Schweißgutes

Sowohl durch die Aufmischung mit dem Grundwerkstoff als auch durch geänderte Schweißbedingungen können die tatsächlichen Eigenschaften von den Angaben der Schweißzusatzhersteller abweichen. Die größte Vermischung des Schweißgutes mit aufgeschmolzenem Grundwerkstoff findet zwangsläufig im Wurzelbereich statt. Dort ist insbesondere beim Schweißen von Stählen mit hohem Kohlenstoffgehalt mit einer starken Aufhärtung zu rechnen. Um dem entgegenzuwirken kann es zweckmäßig sein, für Stähle mit Mindestwerten der Streckgrenze gleich oder größer 460 MPa im Wurzelbereich niedriger legierte Schweißzusätze zu verwenden als für Füll- und Decklagen. Dies wirkt sich auch reduzierend auf die Spannungen aus, die beim Wurzelschweißen auftreten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der weichen Wurzel ein geringerer Festigkeitswert in der Verbindung auftreten kann. Wenn die konstruktiven Gegebenheiten es gestatten, sollte das gleiche Prinzip auch auf die Kehlnahtschweißung übertragen werden, da sich auf diese Weise die Gefahr der Kaltrissbildung verringern lässt.

Für die Hauptrahmen beim Pistenbully und Powerbully wird fast ausschließlich der Grundwerkstoff S700MC nach DIN EN 10149 eingesetzt. Aufgrund früherer Untersuchungen wurde gemäß Arbeitsanweisung für Feinkornstähle der Schweißzusatz G4Si1 nach DIN EN ISO 14341-A: G 46 5 M21 4Si1 (früher SG 3) hierfür festgelegt, dessen Festigkeitseigenschaften allerdings nicht dem Grundwerkstoff S700MC entsprechen. Exakte Angaben über erreichte mech. techn. Werte liegen nicht vor. Um entscheiden zu können, welcher Schweißzusatz für die Zukunft verwendet wird, werden im Schweißlabor der Hochschule Ulm Schweißversuche mit drei verschiedenen Schweißzusätzen der Firma **Fliess** durchgeführt:

- **SG 3** DIN EN ISO 14341-A: G 46 5 M21 4Si1 Jetziger Serien-Schweißdraht
- **A 31** DIN EN ISO 14341-A: G 50 7 M21 4Mo mögliche Zwischenlösung
- **FK 1** DIN EN ISO 16834-A: G 69 4 M21 Mn3Ni1CrMo artgleicher Schweißzusatz

Entsprechende Schweißanweisungen, -protokolle werden erstellt und die erreichten Werte werden in einem Untersuchungsbericht ermittelt und verglichen.

Die Fa. Auerhammer schweißt gleiche Proben und die Ergebnisse ausgetauscht.

Die hierbei erreichten Ergebnisse werden dann bei der Schulung Teil 2 gemeinsam mit der Konstruktion KGF festgelegt, welcher Schweißzusatz in Zukunft für diesen Grundwerkstoff bei KGF und deren Zulieferanten eingesetzt wird.

Dieses Dokument legt die Probenmaße und das Verfahren für die Durchführung von Querzugversuchen fest, mit denen die Zugfestigkeit und die Lage des Bruches einer Stumpfschweißverbindung ermittelt werden. Dieses Dokument ist anzuwenden für metallische Werkstoffe jeder Produktform, deren Verbindung mit einer beliebigen Stumpfnahht hergestellt wurde.

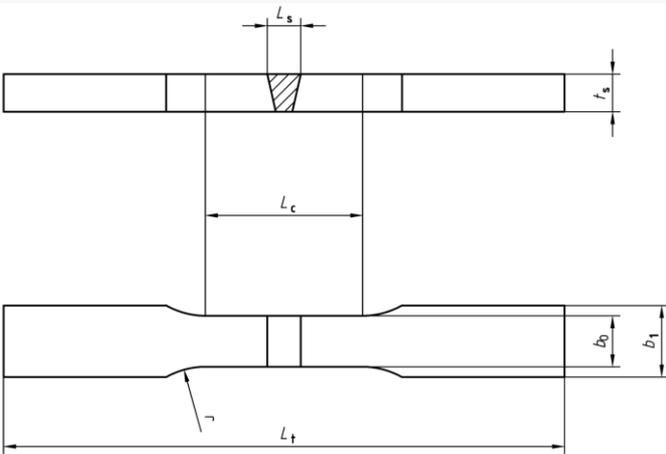


Tabelle 2 — Maße für Bleche und Rohre

Maße in Millimeter

| Benennung | | Kurzzeichen | Maße |
|--------------------------------|--------|-------------|---|
| Gesamtlänge der Probe | | L_t | je nach Prüfgerät |
| Kopfbreite | | b_1 | $b_0 + 12$ |
| Breite der parallelen Länge | Bleche | b_0 | 12 für $t_s \leq 2$ 25 für $t_s > 2$ |
| | Rohre | b_0 | 6 für $D \leq 50$ 12 für $50 < D \leq 168,3$ 25 für $D > 168,3$ |
| Parallele Länge ^{a,b} | | L_c | $\geq L_s + 60$ |
| Radius der Hohlkehle | | r | ≥ 25 |

^a Für Widerstandsschweißen, Pressschweißen und Strahlschweißen (Prozesse 2, 4 und 5 nach ISO 4063), $L_s = 0$.
^b Für einige andere metallische Werkstoffe (z. B. Aluminium, Kupfer und ihre Legierungen) kann $L_c \geq L_s + 100$ notwendig sein.

In unserem Fall 8 mm Blechdicke (bzw. 3 mm):

$$b_0 = 25 \text{ mm}$$

$$b_1 = 37 \text{ mm}$$

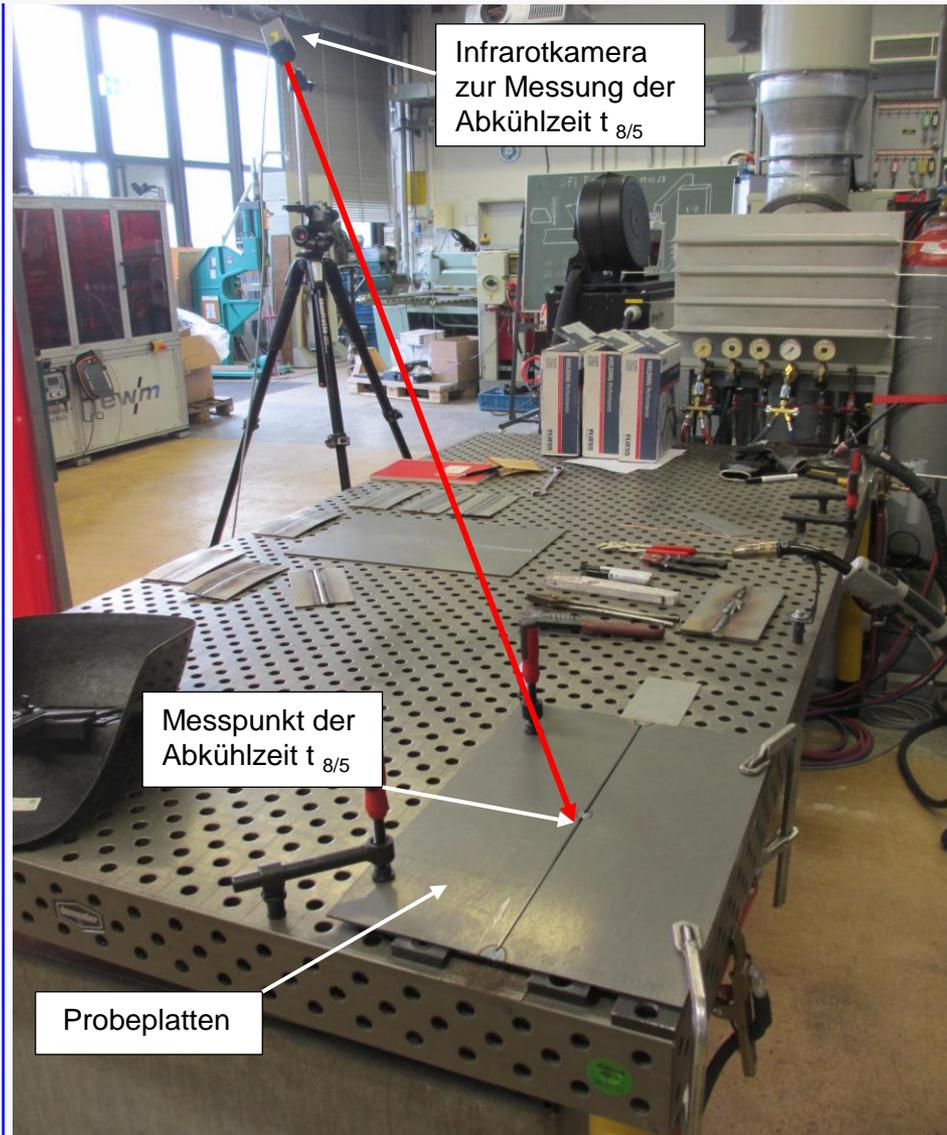
$$L_t = 320 \text{ mm}$$

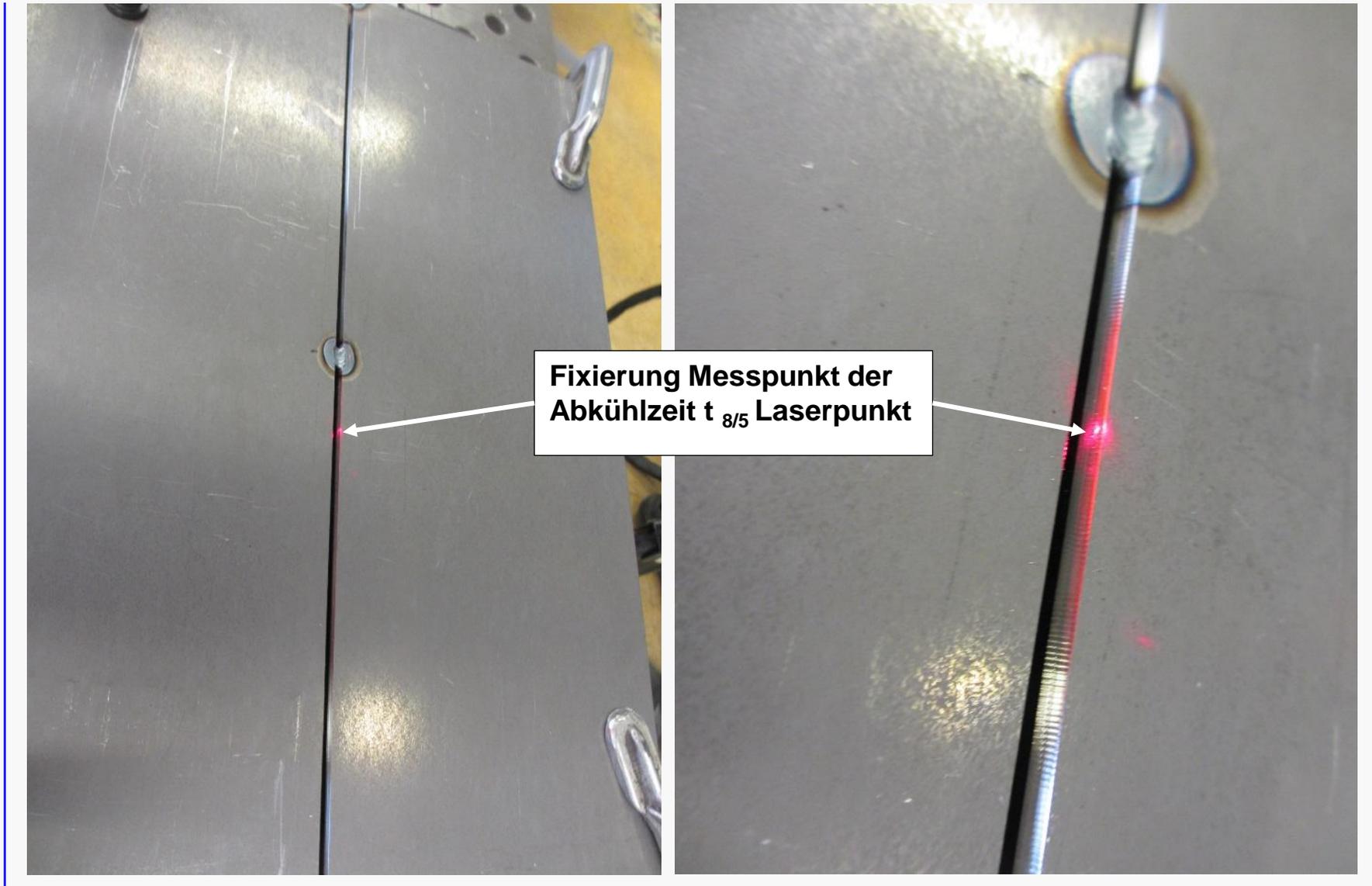
$$L_c = 90 \text{ mm}$$

$$r = \text{min. } 25 \text{ mm}$$

Die Oberfläche der Probe ist spanend so zu bearbeiten, dass alle Nahtüberhöhungen entfernt werden, es sei denn, dass es in der entsprechenden Anwendungsnorm anders festgelegt ist.

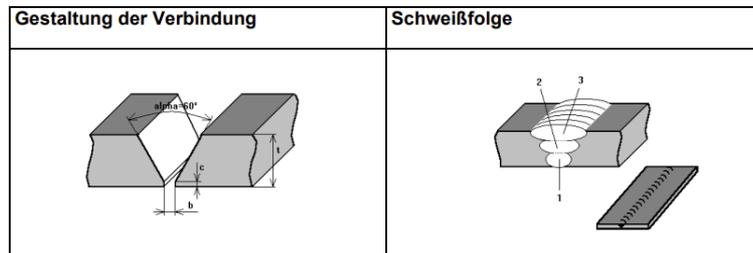
Zusätzlich werden auch gleiche Anzahl Zugproben mit belassener Wurzel und Decklage geprüft.





Schweißprotokoll des Herstellers (WPS) Probe 04

Ort: Ulm
 Prüfer/Prüfstelle: GEC
 Schweißverfahren: MAG
 Vorbereitende Reinigung: fräsen
 WPQR: S700MC
 Grundwerkstoff: ED-SG 3
 Hersteller: Schweißlabor HS Ulm
 Zusatzwerkstoff: ED-SG 3
 Schweißprozess: 135
 Werkstoffdicke in mm: 8
 Nahtart: Stumpfnah
 Schweißposition: PA
 Nahtvorbereitung: V-Nah
 Schweißer: Dambacher



| Lage | Draht-Ø mm | Drahtvor-schub m/min | Strom in A | Spannung in V | Mess-länge cm | Zeit / Messl. S | Schweiß-geschw. cm/min | Strecken-energie in kJ/cm | Arbeits-temp. °C | t 8/5 rech. s | t 8/5 mess. s |
|------|------------|----------------------|------------|---------------|---------------|-----------------|------------------------|---------------------------|------------------|---------------|---------------|
| 1 | 1,0 | 6 | 158 | 19 | 48 | 126 | 24 | 7,30 | RT | | 9,2 |
| 2 | 1,0 | 8,5 | 218 | 25 | 48 | 58 | 48 | 7,00 | 75 | | 8,1 |
| 3 | 1,0 | 10 | 240 | 27 | 48 | 61 | 48 | 8,20 | 75 | | 11 |
| 4 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | |

Schweißzusatz: DIN EN ISO 14341-A G 46 5 M21 4Si1
 Markenname / Charge: Fliess ED-SG 3 / 02661727
 Grundwerkstoff / Charge: S700MC / SSAB 53-8345-714478-04
 Schutzgas: DIN EN ISO 14175 M21 Corgon 18
 Gasdurchflussmenge: 10 l/min
 Einzelheiten über Ausfugen:
 Vorwärmtemperatur:
 Zwischenlagentemperatur: 75°C
 Wärmenachbehandlung:

Hersteller:

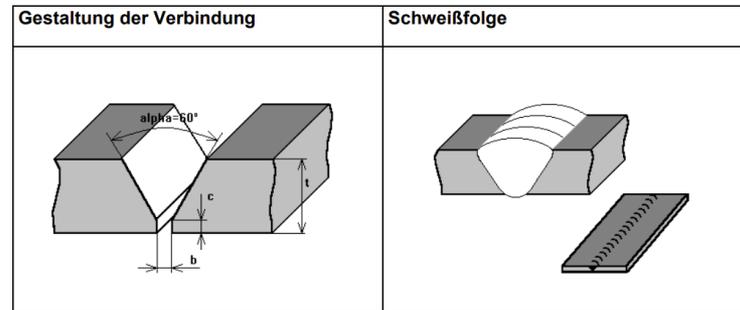
Prüfer:

Datum, Unterschrift

Datum, Unterschrift

Schweißanweisung des Herstellers (WPS) Nr.: Stumpfnah einlagig-PA

Ort: Ulm
 Prüfer/Prüfstelle: GEC
 Schweißverfahren: MAG
 Vorbereitende Reinigung: fräsen
 WPQR: S700MC
 Grundwerkstoff: S700MC
 Hersteller: Schweißlabor HS Ulm
 Zusatzwerkstoff: SG3; A31; FK1
 Schweißprozess: 135
 Werkstoffdicke in mm: 3
 Nahtart: Stumpfnah
 Schweißposition: PA
 Nahtvorbereitung: V-Nah; b=1,5mm, c=1mm
 Schweißer: Dambacher



| Lage | Prozess | Drahtdurch-messer | Strom in Ampere | Spannung in Volt | Schweiß-geschwindigkeit in cm/min | Strecken-energie in kJ/cm |
|---------|---------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 1. Lage | 135 | 1,0 | 120 | 17 | 30 | 4,08 |
| 2. Lage | | | | | | #DIV/0! |
| 3. Lage | | | | | | #DIV/0! |
| 4. Lage | | | | | | #DIV/0! |

Schweißzusatz: Verschiedene
 Markenname: SG3; A31; FK1 Fa. Fliess
 Charge: Siehe Werkzeuge
 Schutzgas: M 21 nach DIN EN ISO 14175 Corgon 18
 Gasdurchflussmenge: 10 l/min
 Einzelheiten über Ausfugen: -
 Vorwärmtemperatur: -
 Zwischenlagentemperatur: -
 Wärmenachbehandlung: -

Hersteller: HS Ulm Schweißlabor

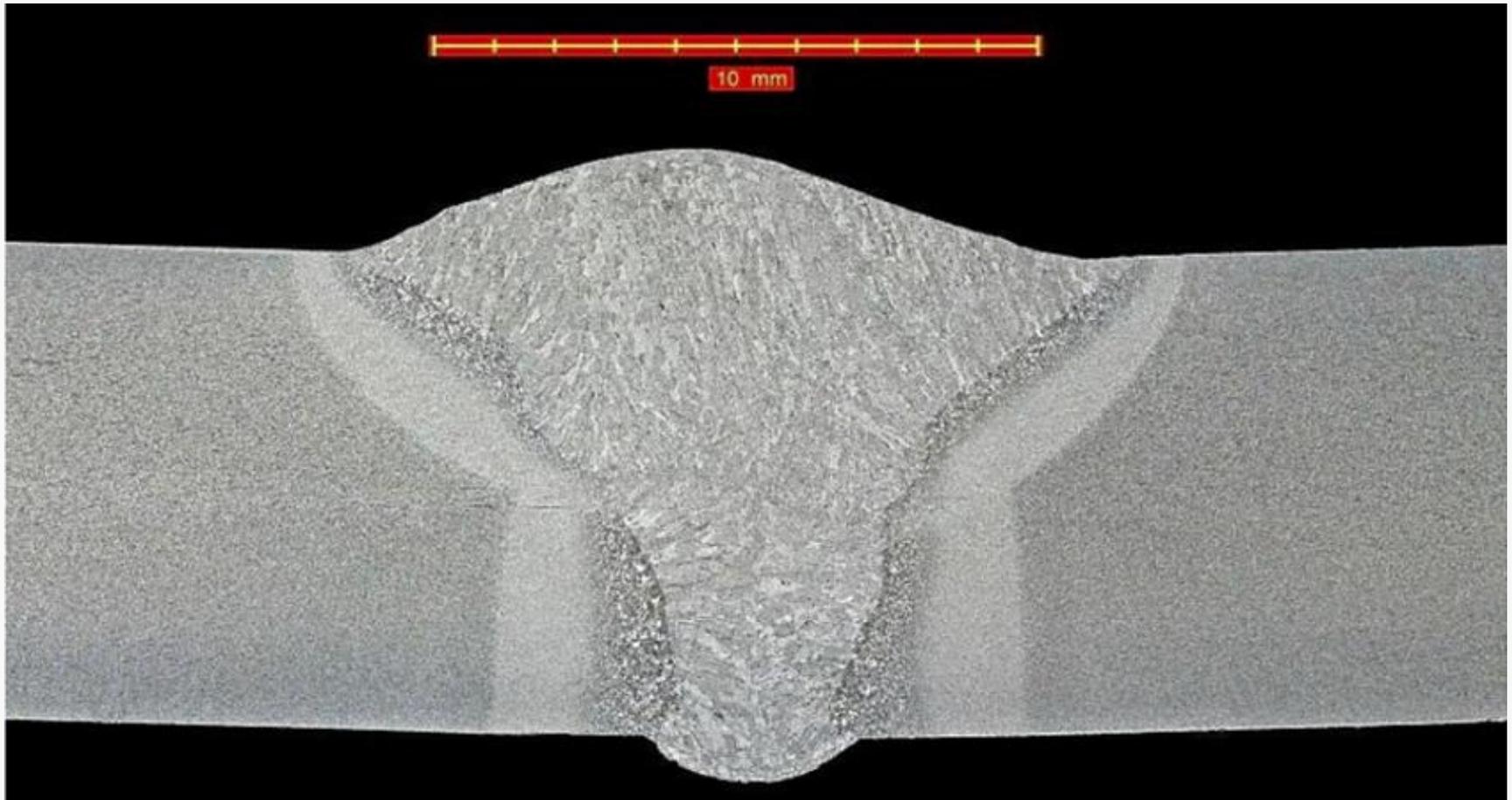
Prüfer:

23.02.2023

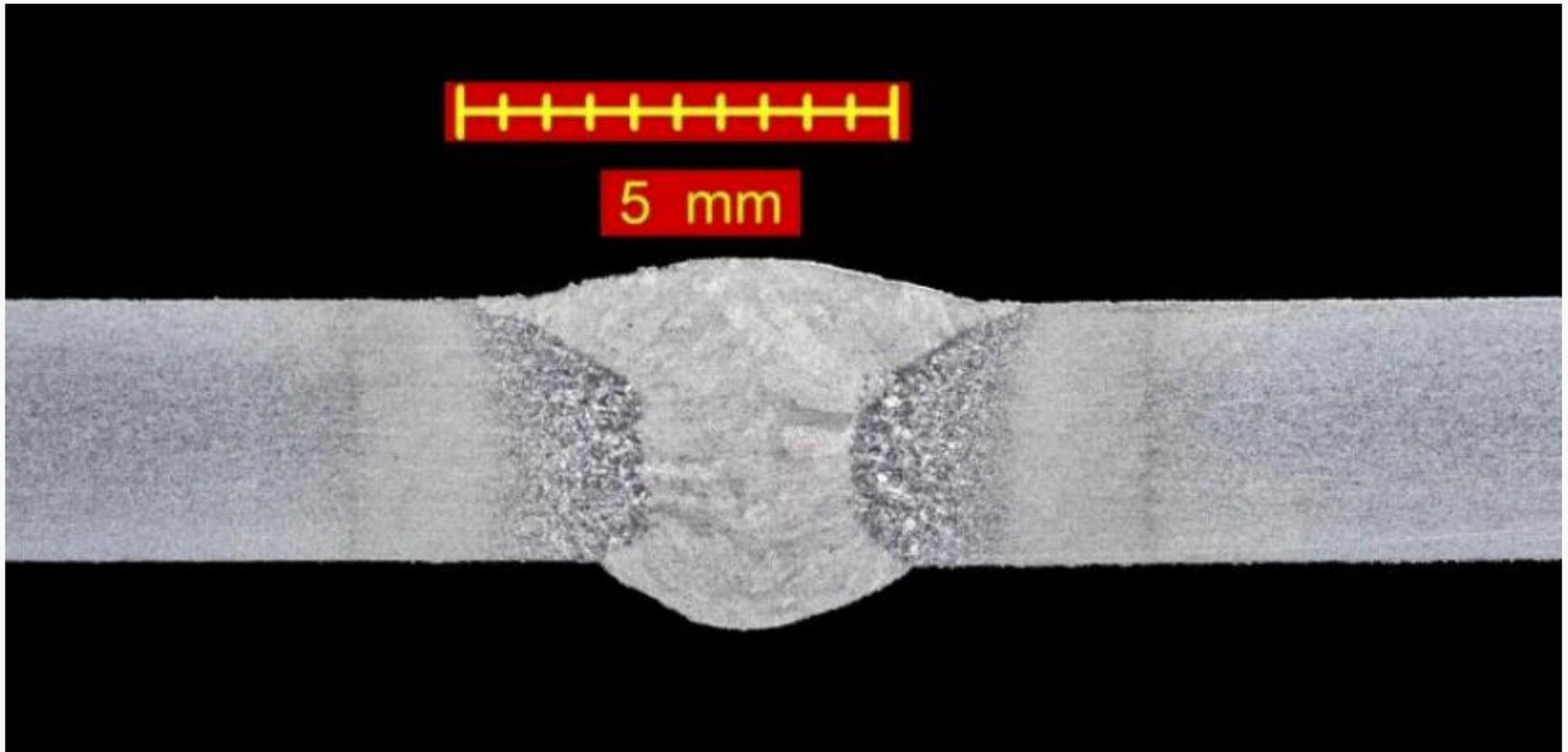
23.02.2023 Gerster

Datum, Unterschrift

Datum, Unterschrift

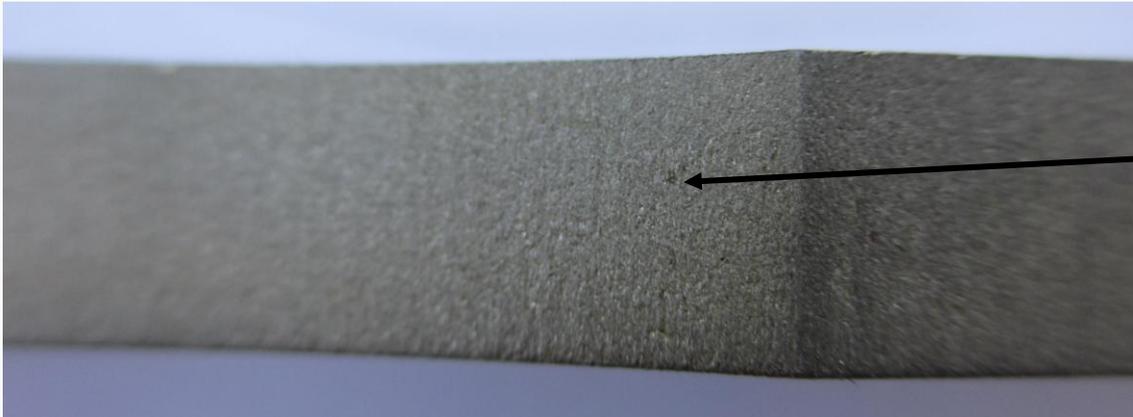


Makroschliff Probe 4 (8mm) Schweißzusatz: ED-SG3 – z.Zt. Serieneinsatz



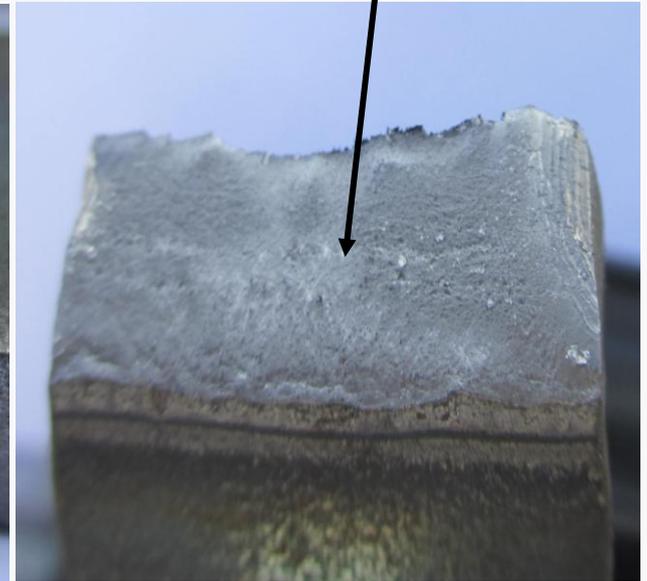
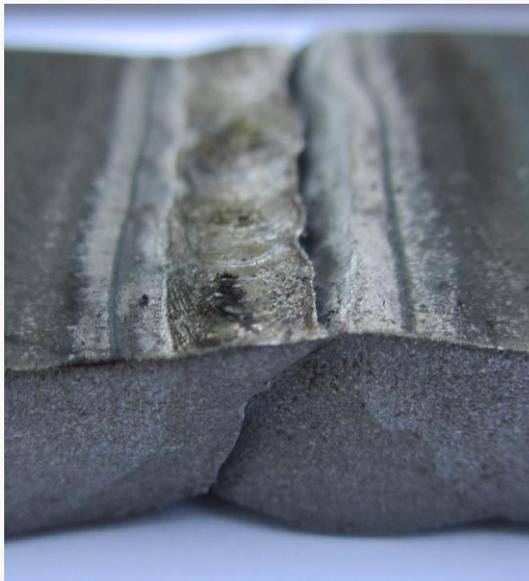
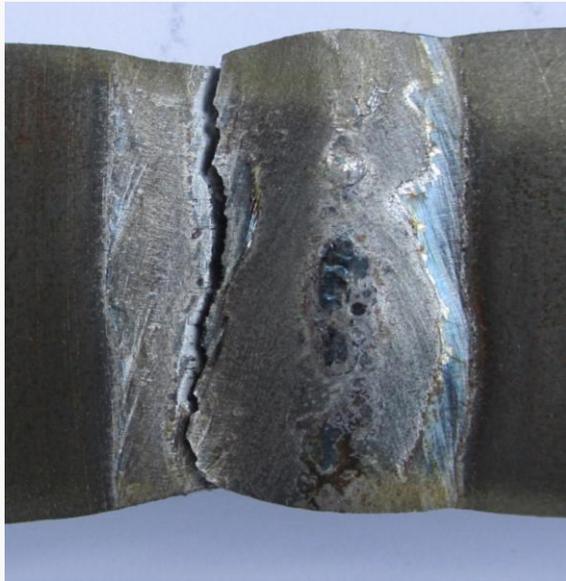
Makroschliff Probe 10 (3mm) Schweißzusatz: ED-SG 3 – Serien-Schweißzusatz

Probe 4: Schweißdraht SG3 Blechdicke 8 mm Nahtübergang belassen

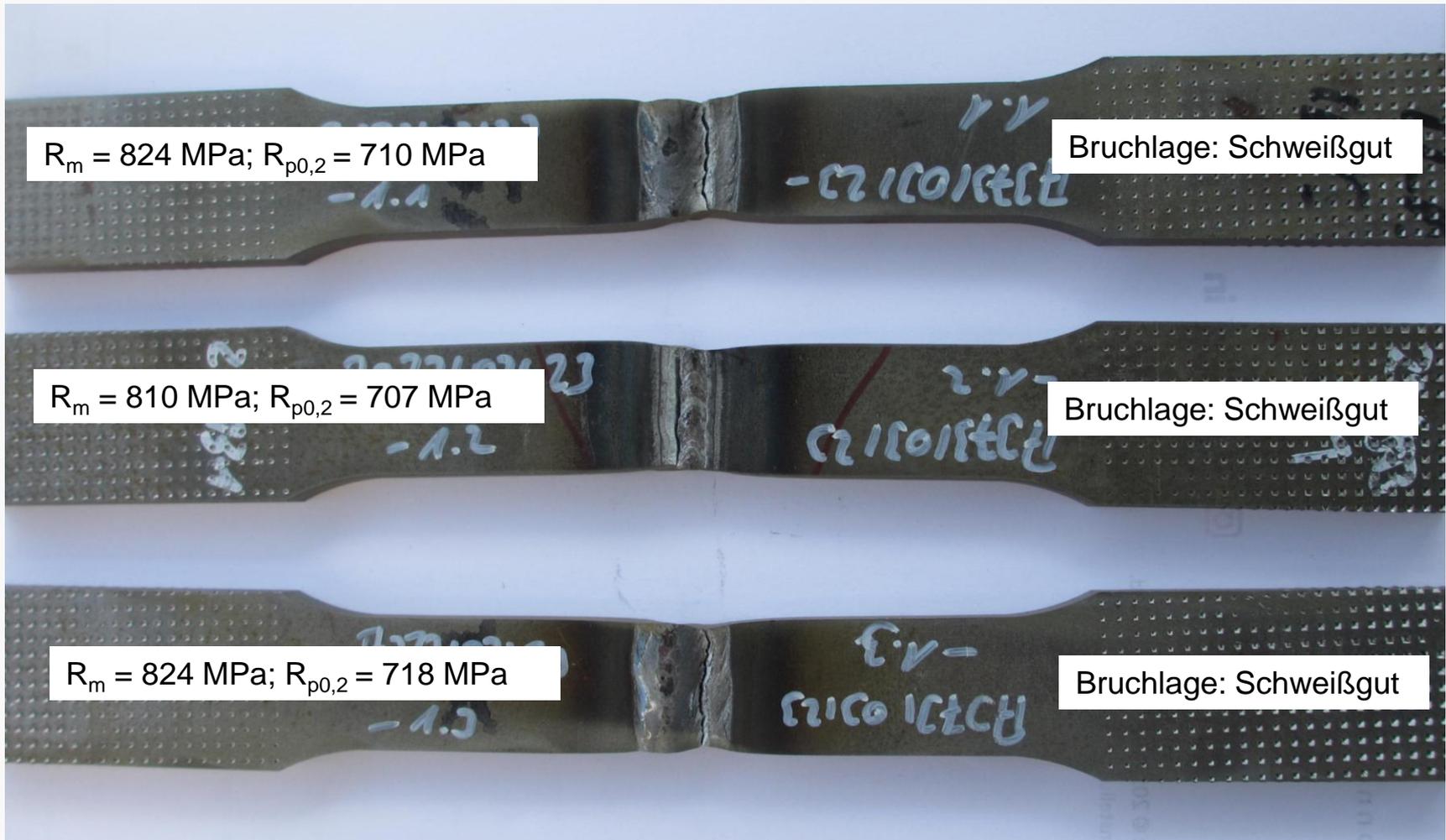


Wasserstrahl-Schnittkante
der Probe

Blick auf Bruchfläche
Schweißgut



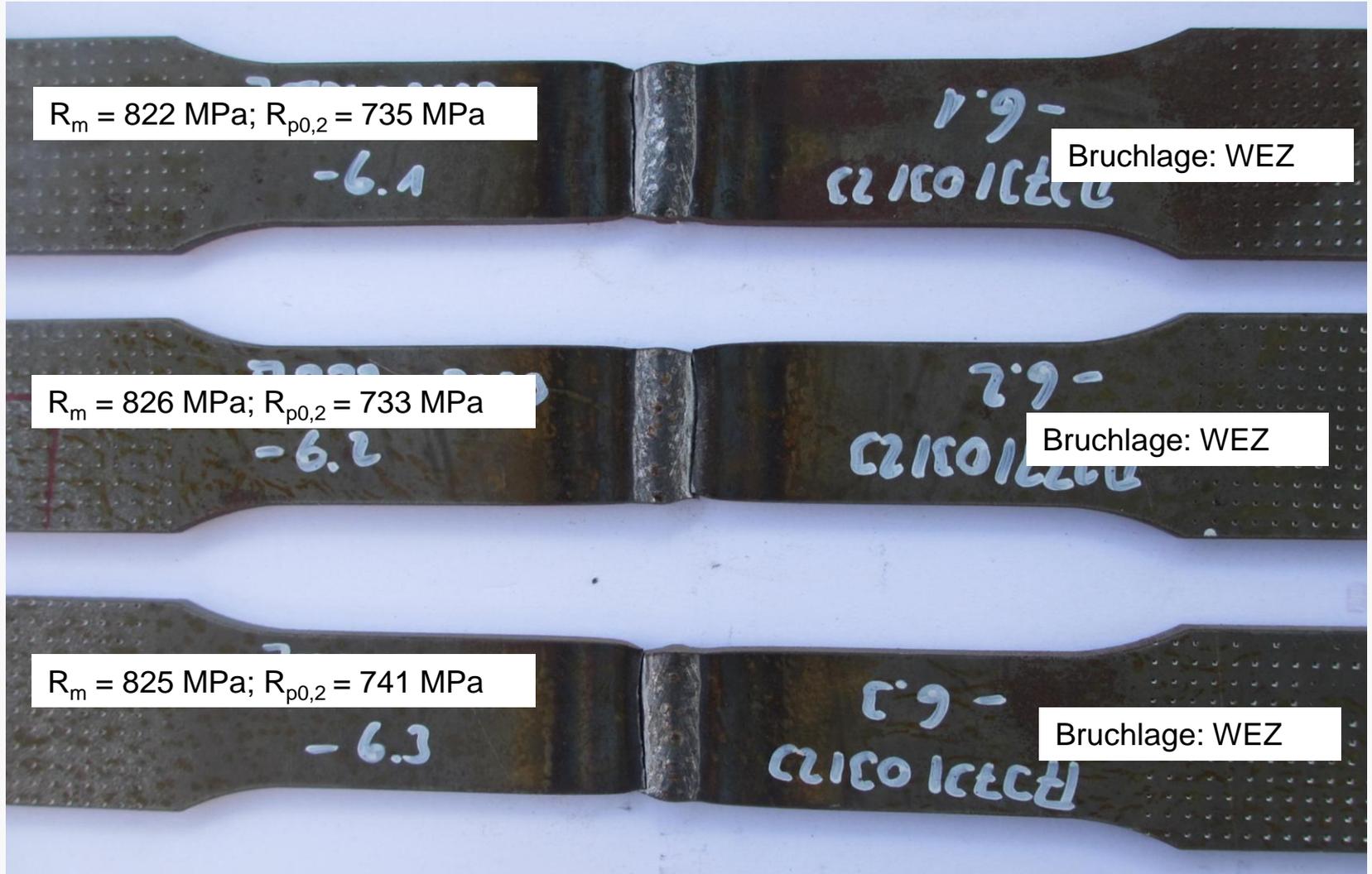
Probe 4: Schweißdraht SG3 Blechdicke 8 mm Nahtübergang belassen



Probe 4 Schweißdraht SG3 Blechdicke 8 mm Naht eingebnet



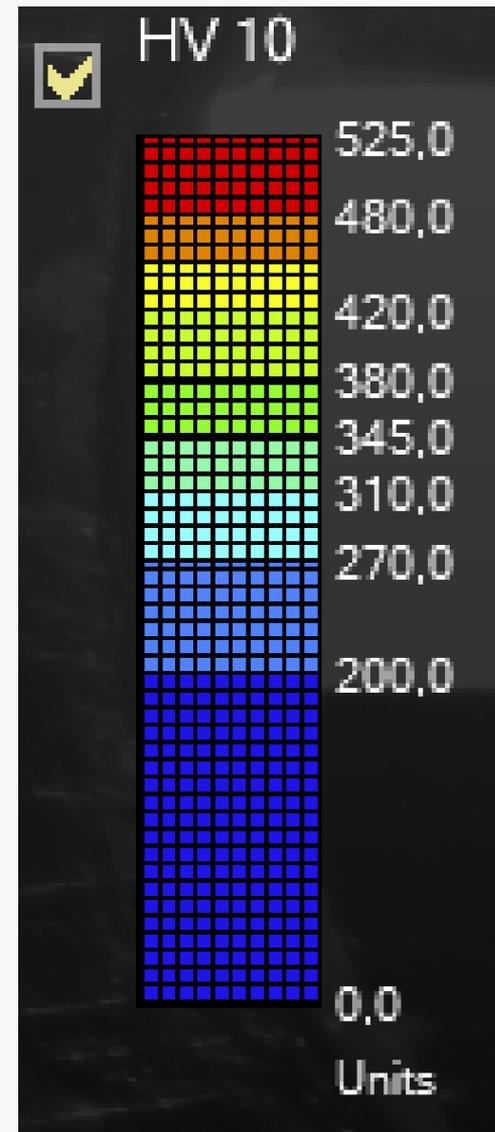
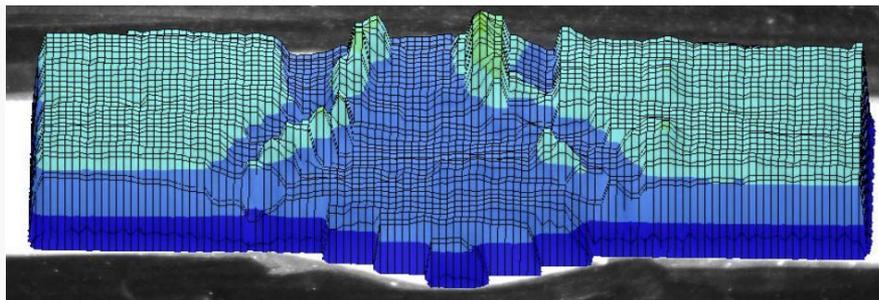
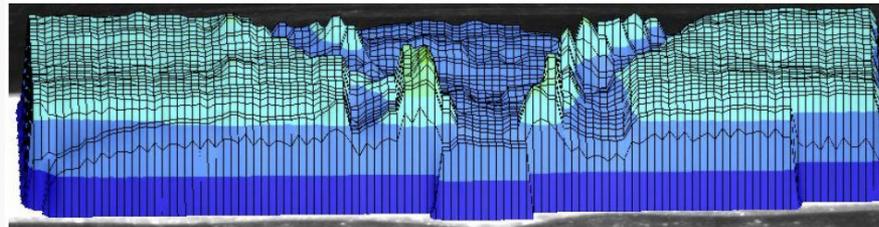
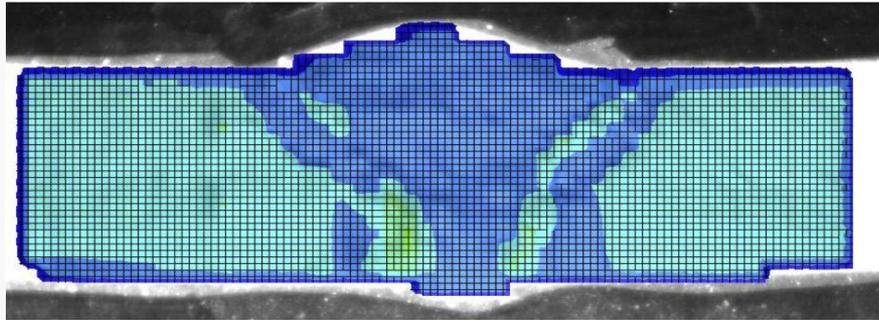
Probe 10: Schweißdraht SG3 Blechdicke 3 mm Nahtüberhöhung belassen

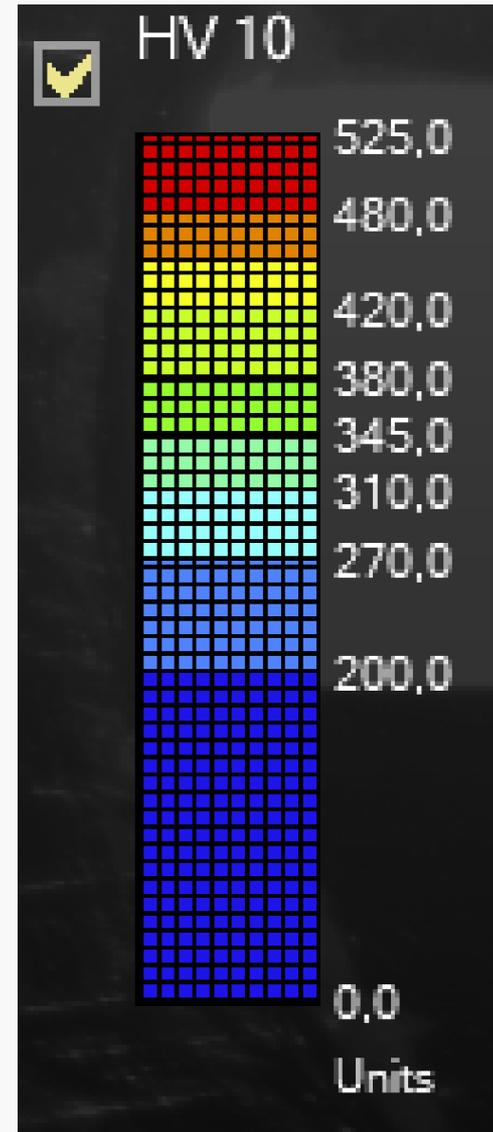
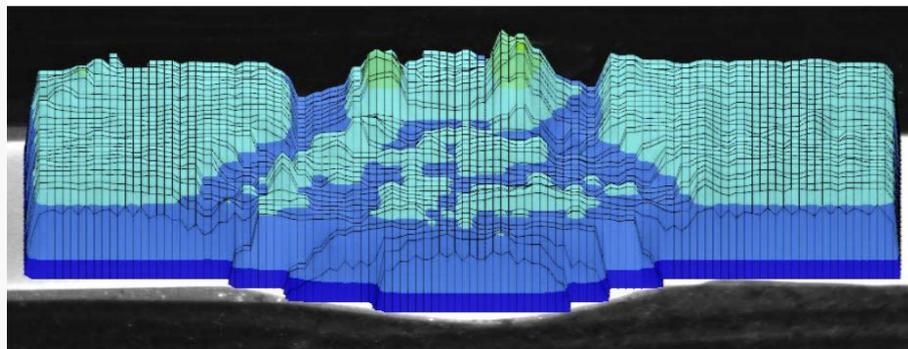
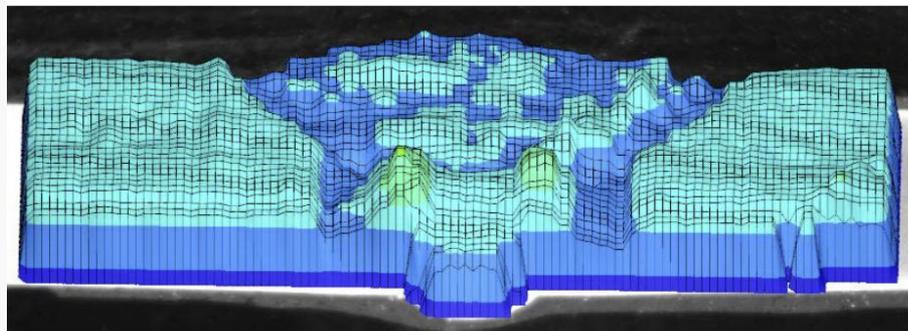
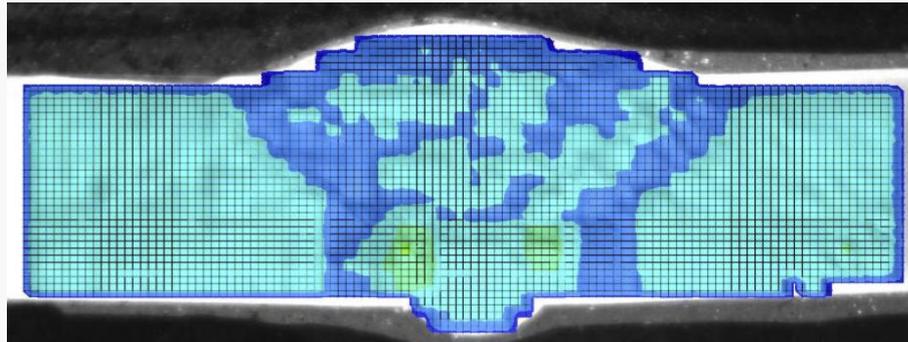


Probe 10: Schweißdraht SG3 Blechdicke 3 mm Naht eingebnet



Ergebnisse Härtemapping LWE 8mm SG3

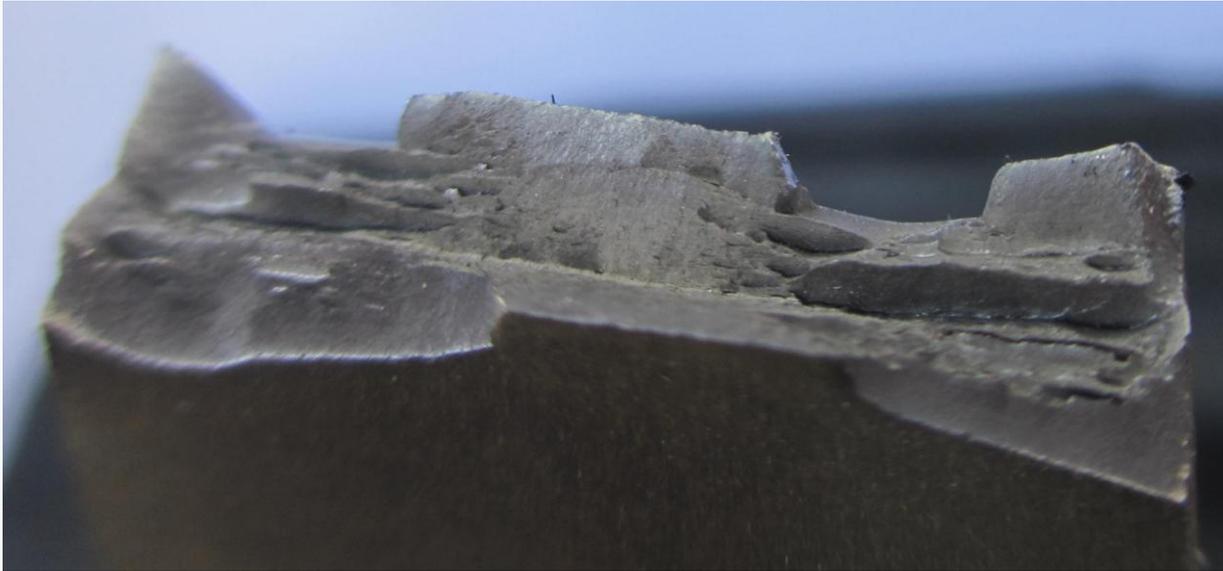




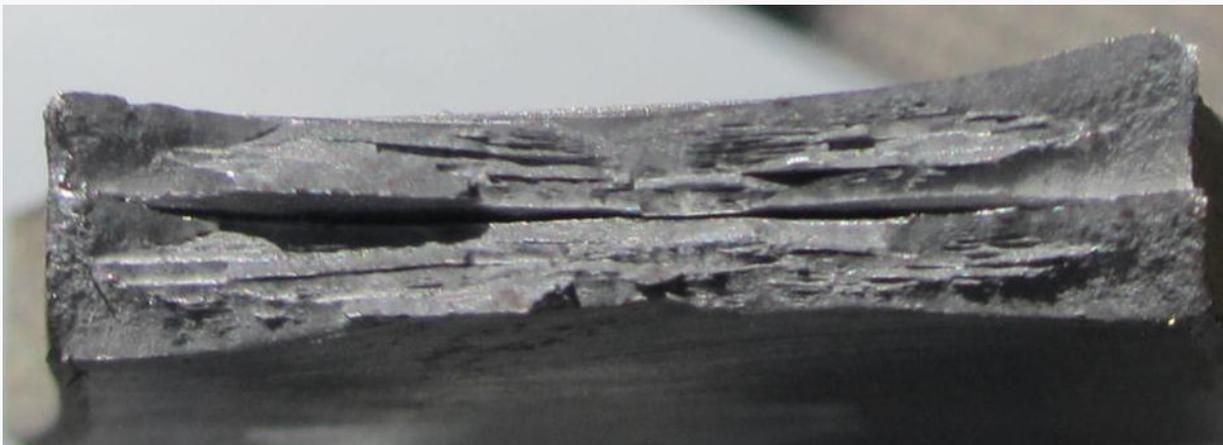
| Schweißzu- satz/Blechdicke | Streckgrenze* <u>beschliffen</u> MPa | Zugfestigkeit <u>beschliffen</u> MPa | Streckgrenze* m. <u>Nahtüberh.</u> MPa | Zugfestigkeit m. <u>Nahtüberh.</u> MPa | Kerbschlagar- beit -40°C ** HAZ/S Joule |
|-------------------------------|--|--|--|--|---|
| ED-SG3/8mm | 663/679/680 | 760/752/763 | 710/707/718 | 824/810/824 | 66/46 |
| ED-A31/8mm | 782/779/745 | 860/863/829 | 835/744/760 | 869/857/859 | 53/66 |
| ED-FK1/8mm | 722/725/704 | 825/816/797 | 750/756/758 | 852/860/855 | 59/45 |
| ED-SG3/3mm | 695/682/675 | 763/754/747 | 735/737/741 | 822/826/825 | - |
| ED-A31/3mm | 696/694/697 | 724/743/727 | 770/769/769 | 814/824/819 | - |
| ED-FK1/3mm | 708/707/673 | 742/735/733 | 776/779/746 | 822/817/819 | - |

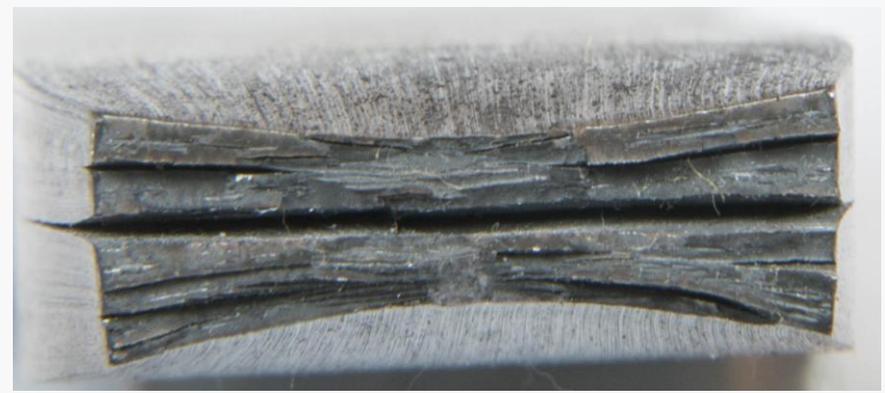
* Streckgrenze nur informativ, wird laut Norm ISO 4136 nicht ermittelt, da zu komplex

** Werte sich auf 8mm Blech beziehen, sind die Kerbschlagarbeitswerte jedoch noch höher.



**Typische und übliche
Bruchflächen des
S700MC im
Grundmaterial**





| Probe | Probendicke (a) [mm] | Probenbreite (b) [mm] ¹⁾ | Anfangsquerschnitt (A ₀) [mm ²] | Kraft Streckgrenze F _{eH} [kN] | Zugfestigkeitskraft F _m [kN] | Sollwerte | | | | | |
|-------|-------------------------|--|--|--|--|-----------|-----|-----|---|-------|----|
| | | | | | | Min. | 700 | 750 | --- | 12 | |
| | | | | | | Max | --- | 950 | --- | --- | |
| 1 | 10,0 | 30,0 | 300,0 | 215,94 | 245,49 | 100 | 720 | 818 | Messlänge nach dem Bruch L _u [mm] | 121,4 | 21 |

Tabelle 2: Zugversuch nach DIN EN ISO 6892-1

Tabelle 1. Mechanische Eigenschaften eines thermomechanisch gewalzten Feinkornbaustahls für den Nutzfahrzeug- und Mobilkranbau (Quelle: Werkstoffblätter der Stahlhersteller und DIN EN 10149)

| Werkstoffnummer | Kurzname (neu) | Kurzname (alt) | Mindeststreckgrenze R_{eH} (N/mm ²) | Zugfestigkeit R_m (N/mm ²) | Mindestbruchdehnung A_5 (%) | Kerbschlagarbeit J |
|-----------------|----------------|----------------|---|--|-------------------------------|-----------------------|
| 1.8974 | S700MC | QStE690TM | 700 | 750 bis 950 | 12 | 40 (-20°C) (längs) |

Tabelle 2. Chemische Zusammensetzung (Schmelzenanalyse) in Prozent eines thermomechanisch gewalzten Feinkornbaustahls für den Nutzfahrzeug- und Mobilkranbau (Quelle: Werkstoffblätter der Stahlhersteller und DIN EN 10149)

| Werkstoffnummer | Kurzname (neu) | Kurzname (alt) | C | Si | Mn | P | S | B | Mo | Nb | Ti | Al |
|-----------------|----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1.8974 | S700MC | QStE690TM | max. 0,12 | max. 0,60 | max. 2,10 | max. 0,025 | max. 0,015 | max. 0,005 | max. 0,50 | max. 0,09 | max. 0,22 | min. 0,015 |

| Nr. | Chemisches Element in Gewichts-% | | | | | | | |
|----------------|----------------------------------|-------|------|------|-------|--------|-------|-------|
| | Norm | C | Si | Mn | P | S | Al | Ni |
| Soll S700MC | Min. | --- | --- | --- | --- | --- | 0,015 | --- |
| | Max. | 0,12 | 0,60 | 2,10 | 0,025 | 0,015 | --- | --- |
| | 1 | 0,08 | 0,04 | 1,90 | 0,009 | 0,001 | 0,049 | 0,027 |
| Soll S700MC | Norm | Cr | Ti | Cu | Nb | Mo | B | V |
| | Min. | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | Max. | --- | 0,22 | --- | 0,09 | 0,500 | 0,005 | 0,200 |
| 1 | 0,027 | 0,136 | 0,02 | 0,07 | 0,01 | 0,0001 | 0,007 | |

Tabelle 1: Emissionsspektrometrische Vollanalyse

- Die chemische Zusammensetzung entspricht den Vorgaben der DIN EN 10149-2:2013-12 für die S700MC; eine Ca-Behandlung zur Sulfidform-Beeinflussung wurde vorgenommen



Analysenergebnisse Prozessanalytik Metallurgie

An: CTE - Ing. Mag. Rudolf Rauch
PSP-Nummer: F.030043

Erstellt am: 31-03-2017

GH-Schadensanalyse

Probe: GH68/CA

Bemerkung:

Labornr.: 247928SOST1

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-------|-----|---|--------|----|---|-------|----|---|-------|----|---|-------|
| C | = | .059 | SI | = | .037 | MN | = | 1.82 | P | = | .010 | S | = | .0006 |
| AL | = | .047 | CR | = | .032 | NI | = | .037 | MO | = | .006 | CU | = | .017 |
| V | = | .008 | NB | = | .068 | TI | = | .13 | SN | = | <.002 | ZR | = | <.002 |
| AS | = | <.002 | B | = | <.0002 | CO | = | .008 | SB | = | <.002 | CA | = | .0020 |
| W | = | <.020 | TA | = | <.020 | N | = | .0053 | | | | | | |
| CET | = | .25 | CEV | = | .38 | | | | | | | | | |

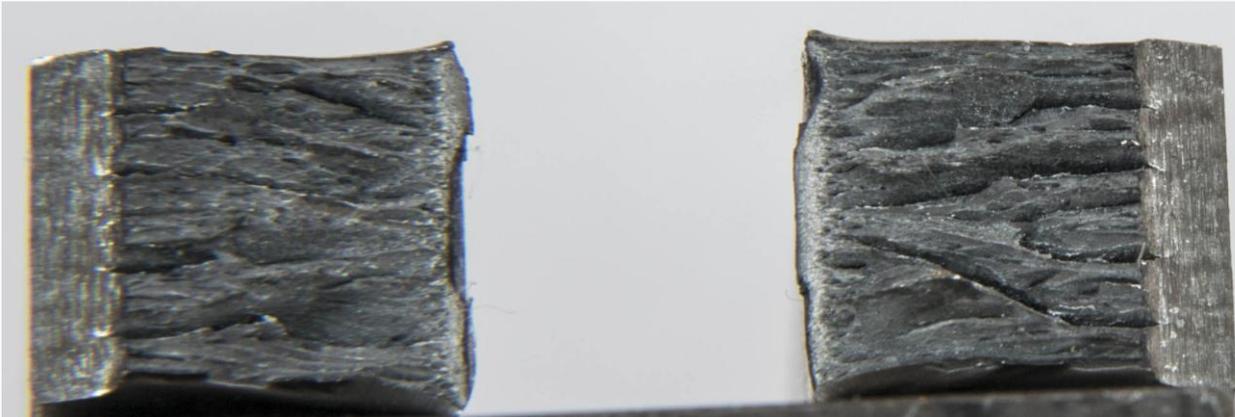
voestalpine Stahl GmbH

4 | 05.05.2017 | S 700MC_Fa. Goldhofer

voestalpine

FINEN SCHRITT VORAUSS.

Bruchbilder der Kerbschlagproben



Ergebnisse Kerbschlagarbeit

Werkstoff: S700MC
 Probenform: ISO-V Probenlage: längs
 Probenhöhe: 10 mm Höhe im Kerbgrund: 8 mm
 Arbeitsvermögen des Pendelschlagwerkes: 450 J

| Probenkennzeichnung | Kerblage nach DIN EN 875 | Probenbreite [mm] | Probenquerschnitt [cm ²] | Prüftemperatur [°C] | Kerbschlagarbeit | | Verformungsbruchanteil ²⁾ [%] |
|---------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------|----------------------|--|
| | | | | | Sollwert [J] | KV ¹⁾ [J] | |
| 1 | --- | 10,0 | 0,8 | -40 | 27 | 61 | * |
| 2 | --- | 10,0 | 0,8 | -40 | 27 | 57 | * |
| 3 | --- | 10,0 | 0,8 | -40 | 27 | 55 | * |

1) Probe 1 – 3: KV 450
 2) Bestimmung nach ISO 148-1 bzw. ASTM A 370-88a Bruchbild-Richtreihe

Tabelle 3: Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy DIN EN ISO 148-1

* Aufgrund der Splittingbildung bzw. Delaminierung nicht schätzbar

- Zugversuche an Minizugproben in Dickenrichtung ergaben gute Z-Werte, die sicher der höchsten Anforderung nach DIN EN 10164:2005-03 entsprechen

voestalpine

Prüfbericht

Metallzugversuch

Prüfer/in.....Obermayr
MBezeichnung.....GH_685
Testdatum.....2017-05-03
ProbForm.....R52 verkürzt

Versuchstext.....Hr. Ernst
MT.....007

Prüfmaschine.....Beta400/150-150
Vorspannung.....20 MPa
Einspannlänge.....136 mm
Geschwindigkeit 1.....0 % -> 1 mm/min
Geschwindigkeit 2.....Rmin -> 40 MPa/s
Geschwindigkeit 3.....2 % -> 60 %/min

Artikel / Projekt.....VASL
Parametersatz.....007

Legende

d.....Durchmesser
LO.....Messlänge
E.....E-Modul

Rm.....Zugfestigkeit
Z.....Bruchdehnung

| Test Nr. | d mm | LO mm | E GPa | Rm MPa | Z % |
|----------|---------|----------|----------|-----------|--------|
| GH_68301 | 4.000 | 5.000 | | 738.8 | 52.22 |
| GH_68401 | 3.990 | 5.000 | | 771.9 | 62.76 |
| GH_68501 | 3.990 | 5.000 | | 771.5 | 54.21 |

voestalpine Stahl GmbH

6 | 05.05.2017 | S 700MC_Fa. Goldhofer

voestalpine

EINEN SCHRITT VORAUS.

Einsatz Doppelkoffer pro Arbeitsplatz

GEC

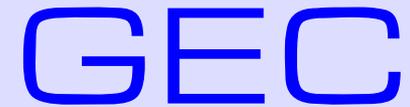


Einsatz Doppelkoffer pro Arbeitsplatz

GEC



Schweißzusätze Stand 2024

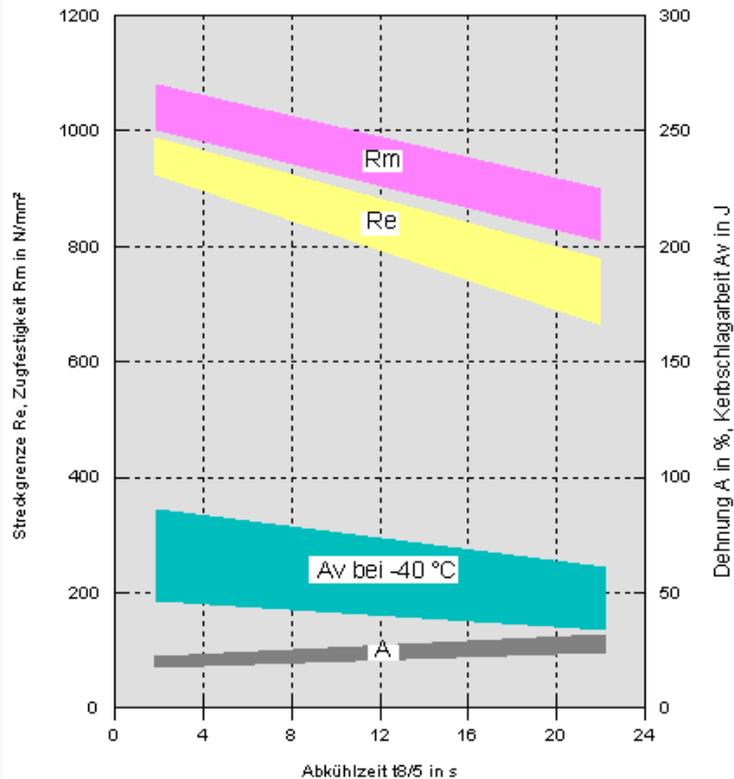


| | unleg. + FK-Stähle | hochfeste Stähle | warmfeste Stähle | nichtrostende Stähle | Nickel und Nickellegierungen |
|----------------------|---------------------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------------------|
| Stabelektroden (E) | DIN EN ISO 2560 | DIN EN ISO 18275 | DIN EN ISO 3580 | DIN EN ISO 3581 | DIN EN ISO 14172 |
| Drahtelektrode (MSG) | DIN EN ISO 14341 | DIN EN ISO 16834 | DIN EN ISO 21952 | DIN EN ISO 14343 | DIN EN ISO 18274 |
| Stab/Draht (WIG) | DIN EN ISO 636 | | | | |
| Draht (UP) | DIN EN ISO 14171 | DIN EN ISO 26304 | DIN EN ISO 24598 | | |
| Pulver (UP) | DIN EN ISO 14174 | | | | |
| Fülldraht (MSG) | DIN EN ISO 17632 | DIN EN ISO 18276 | DIN EN ISO 17634 | DIN EN ISO 17633 | DIN EN ISO 12153 |
| Autogenstab (G) | DIN EN ISO 20378 | | DIN EN ISO 20378 | | |
| Schutzgas | DIN EN ISO 14175, DIN EN 1089-3 | | | | |

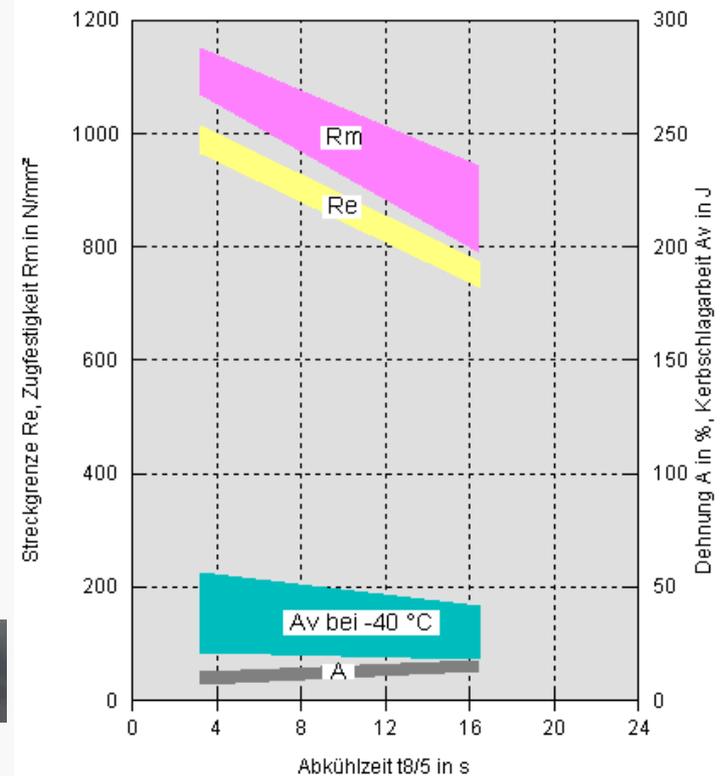
Quelle: Auszug aus Zusammenstellung Normen Schweißtechnik www.mussmann.org

Einfluss der Schweißbedingungen auf die Schweißguteigenschaften beim Schutzgasschweißen von XABO 890 und XABO 960

Union X 90 / M 21



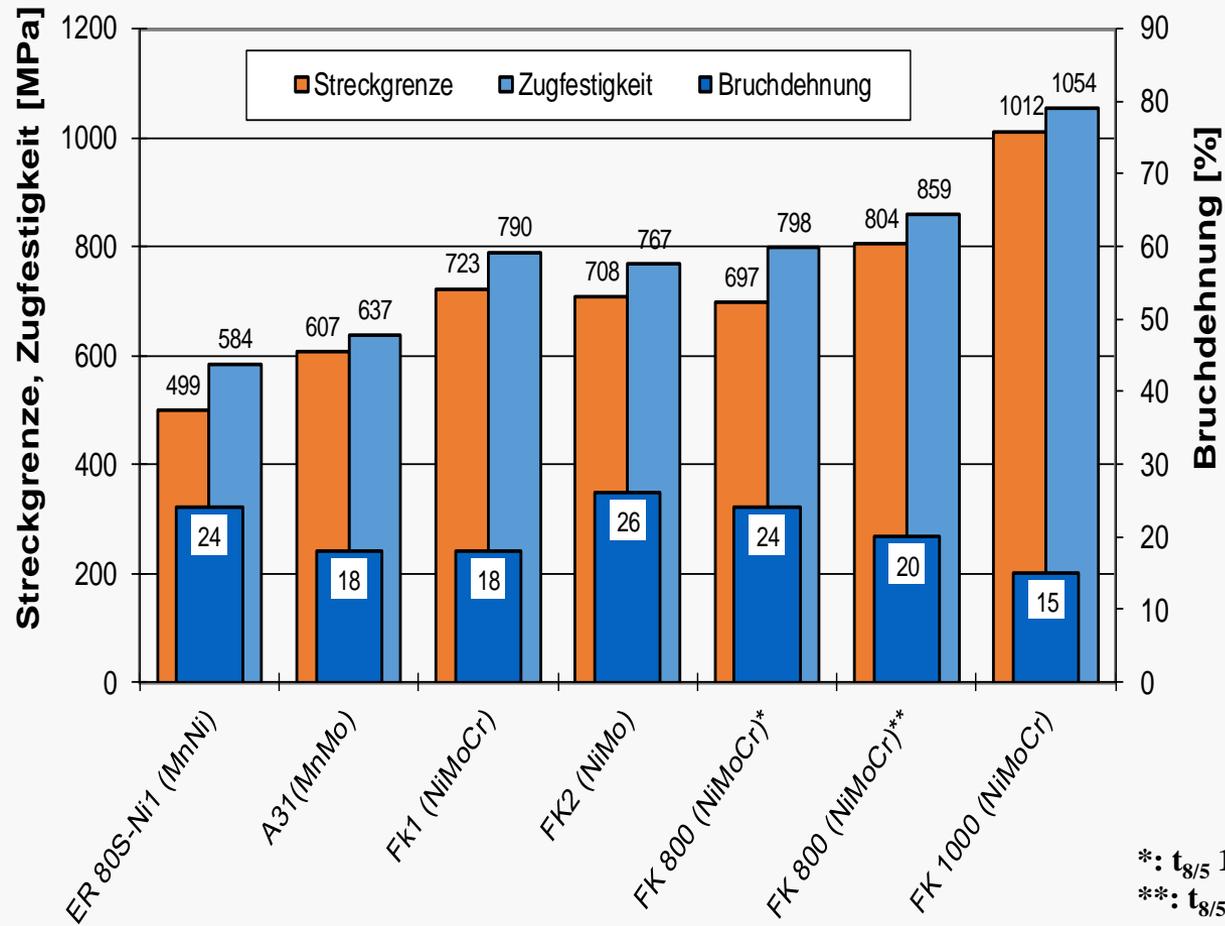
Union X 96 / M 21



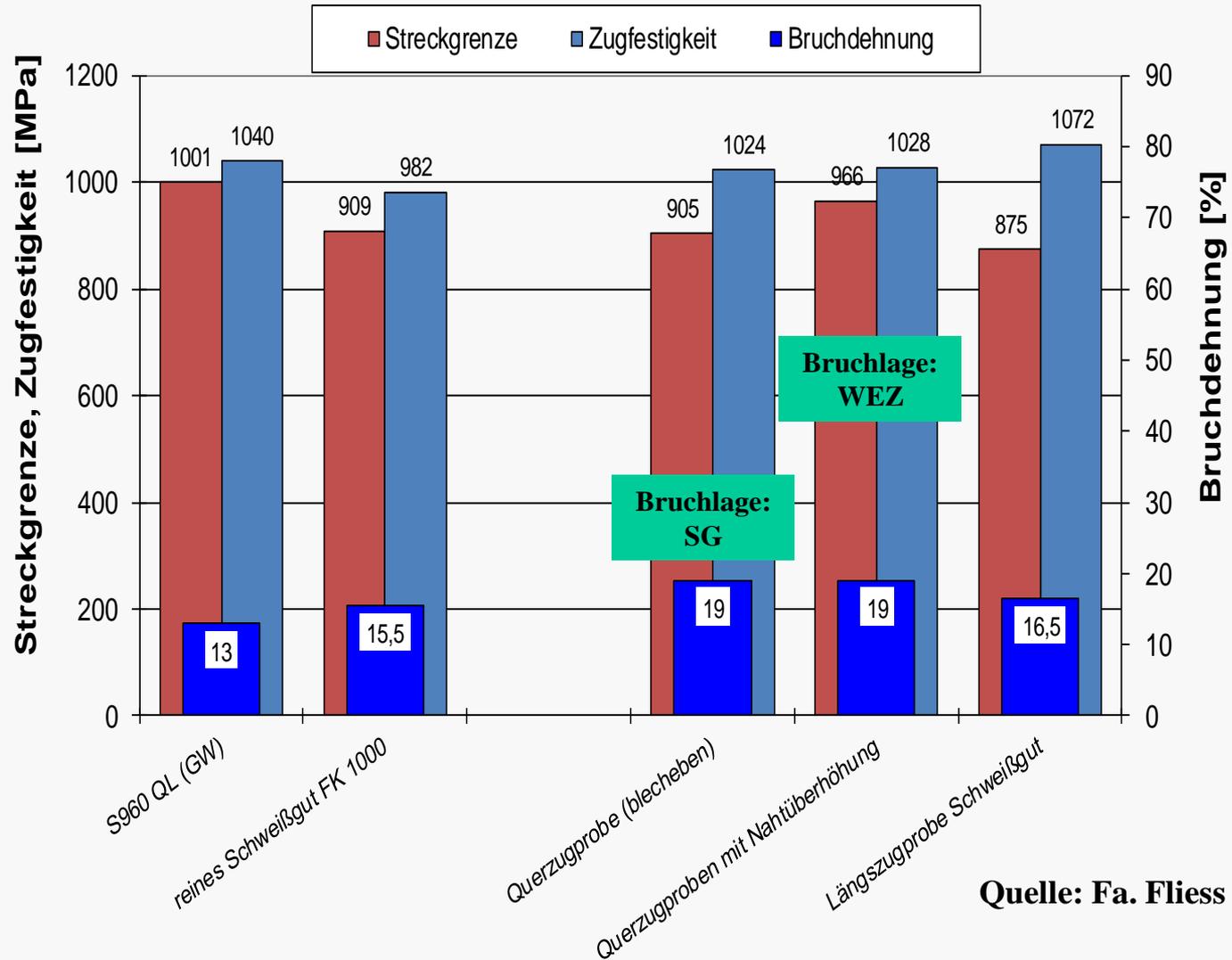
Quelle:



Mechanische Eigenschaften von reinem Schweißgut für hochfeste Stähle



Quelle: Fa. Fließ





DVS – Deutscher Verband
für Schweißen und
verwandte Verfahren e. V.

Merkblatt
DVS 1715

Merkblatt DVS 1715

**Anforderungen an Betriebe für die
schweißtechnische Herstellung von Bauteilen für
Mobilkrane**

September 2019

DVS 1715

Dieses Merkblatt richtet sich an alle, die mit der Herstellung von geschweißten Mobilkrankenkomponenten befasst sind. Dies schließt u. a. die Ausschreibung, Durchführung, Prüfung und Dokumentation von Schweißarbeiten ein. Es regelt die schweißtechnischen Voraussetzungen und Qualifikation von Betrieben, die Bauteile und Komponenten für Mobilkrane herstellen und beschreibt die Anforderungen an das Qualitätssicherungssystem sowie an die betrieblichen Voraussetzungen. Dabei werden personelle und technische Anforderungen spezifiziert, die über die Regelungen der DIN EN ISO 3834-2 hinausgehen.

Bisher waren über die DIN 15018-2 die Anforderungen an einen Schweißbetrieb im Rahmen der Herstellerqualifikation nach DIN 18800-7 geregelt. In der heute gültigen europäischen Produktnorm für Mobilkrane (DIN EN 13000) sind jedoch keine Festlegungen zur schweißtechnischen Ausführung und Qualitätssicherung vorhanden. Als Basis müssen die Anforderungen nach der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG erfüllt werden. Für den Mobilkran ist die Konformitätsbewertung nach Anhang VIII der Maschinenrichtlinie mit interner Fertigungskontrolle ausreichend. Dieses Merkblatt dient dazu, den dort genannten Begriff „interne Fertigungskontrolle“ durch konkrete Vorgaben zur schweißtechnischen Ausführung und Qualitätssicherung genauer zu definieren.

Das Merkblatt dient der Qualitätssicherung aller Schweißarbeiten, die bei der Herstellung von lasttragenden Bauteilen und Komponenten von Mobilkranen durchgeführt werden. Ausgenommen hiervon sind Bauteile, die nicht durch den Hersteller bemessen und konstruiert werden (z.B. Hydraulikkomponenten und Achsen). Es stellt den Stand der in ihm zitierten Regelwerke zum Ausgabedatum dar. Sollten danach neuere Ausgaben der genannten Regelwerke veröffentlicht werden, sind diese zusätzlich zu beachten.

Wenn dieses Merkblatt Bestandteil der Beauftragung wird, dann sind Abweichungen davon in Abstimmung mit dem Kranhersteller schriftlich zu vereinbaren.

2. Betriebliche Voraussetzungen

Der Kranhersteller und Lieferant tragender Schweißkonstruktionen von Mobilkränen muss über eine Qualifizierung nach DIN EN ISO 3834-2 unter der Berücksichtigung dieses Merkblattes verfügen. Der Eintrag in das Onlineregister iso3834.joincert.eu wird empfohlen.

Das Zertifikat muss durch eine akkreditierte Stelle nach ISO/IEC 17065 ausgestellt werden. Dabei ist bei Arbeiten im Rahmen eines Unterauftrages zu beachten, dass die Zertifizierungsstelle mit dem Kranhersteller abzustimmen ist. Die zum Einsatz kommenden Auditoren sollten Erfahrungen im Bereich hochfester Feinkornstähle besitzen. Eine Schulung der Auditoren zu diesem Merkblatt wird empfohlen.

Eine Untervergabe schweißtechnischer Tätigkeiten ist nur nach erfolgreicher Qualifizierung und schriftlicher Freigabe des Lieferanten durch den Kranhersteller zulässig. Für die Lieferanten aller Stufen gelten dieselben Zulassungsvoraussetzungen.

Der Hersteller ist für die schweißtechnische Ausführung, und für die Einhaltung der entsprechenden Spezifikationen, der zu liefernden Stahlbauteile voll verantwortlich.

Jeder Fertigungsbetrieb muss mindestens über einen Schweißfachingenieur (SFI, EWE, IWE) verfügen. Auch eine Betreuung durch einen externen Schweißfachingenieur sowie Sonderregelungen hierzu sind ggf. nach Rücksprache mit dem Kranhersteller zulässig.

Die Aufgaben und Verantwortung aller Schweißaufsichtspersonen sind nach DIN EN ISO 14731 eindeutig festzulegen.

6.3. Qualifizierung

6.3.1. Schweißverfahren

6.3.1.1. Allgemeines

Die schweißtechnische Ausführung muss mit qualifizierten Verfahren durchgeführt werden, die je nach Anwendungsfall einer Schweißanweisung (WPS) entsprechend des zutreffenden Teils von DIN EN ISO 15609 bzw. DIN EN ISO 14555 entspricht. Eventuell durch den Kranhersteller zusätzlich vorgegebene Anforderungen sind zu beachten.

Beim MAG-Schweißen von vergüteten und thermomechanisch gewalzten Feinkornbaustählen muss neben der Verwendung des richtigen Schweißzusatzwerkstoffes vor allem auf die Wärmeeinbringung (Streckenenergie, Vorwärmtemperatur) und den Nahtaufbau (Strichraupentechnik) geachtet werden.

Die mechanischen Eigenschaften der Schweißverbindung werden maßgebend vom Temperatur-Zeit-Verlauf der Schweißraupe beeinflusst. Als charakteristische Kenngröße für den Temperatur-Zeit-Verlauf wird die $t_{8/5}$ -Abkühlzeit definiert. Sie beschreibt die Zeit, die eine Schweißraupe benötigt, um von 800°C auf 500°C abzukühlen.

Um eine Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften bei zu langen Abkühlzeiten bzw. Bindefehler und Aufhärtungsrisse bei zu kurzen Abkühlzeiten zu verhindern, sind die Prozesse hinsichtlich der $t_{8/5}$ -Zeit zu qualifizieren. Vorgaben der Kranhersteller sind zu beachten.

Die Ermittlung der Abkühlzeit erfolgt nach DIN EN 1011-2. Am Bauteil kann die Abkühlzeit mit einem mikroprozessorgesteuerten Abkühlzeitmeter oder einem Laser-Pyrometer gemessen werden.

Zur Vermeidung von wasserstoffinduzierten Rissen, Härterissen und Schrumpfrissen sind minimale Vorwärmtemperaturen (T_p) entsprechend der verwendeten Werkstoffe und Blechdicken einzuhalten.

Schweißen in Zwangspositionen – gelingt, weil es einfach ist.

Was ist Positionweld?:

Einfaches und sicheres Schweißen in Zwangspositionen

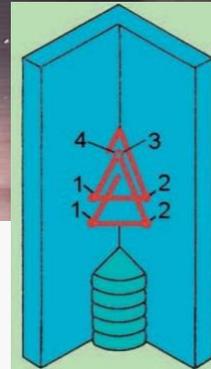
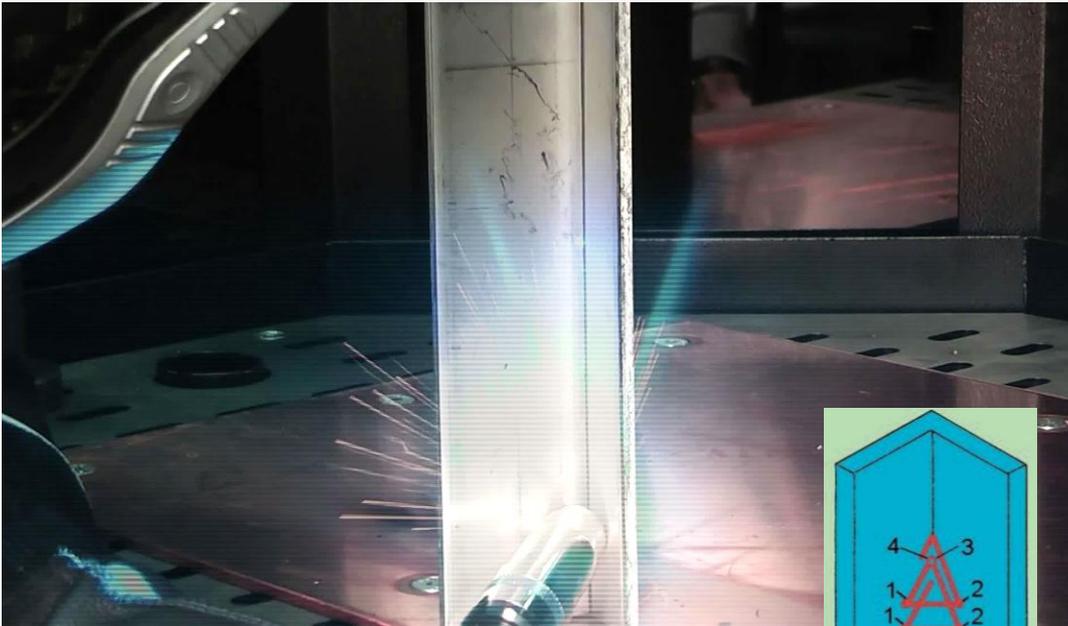
Kombinierte Prozessvariante für das Schweißen von un- bis hochlegiertem Stahl und Aluminiumlegierungen in Zwangspositionen mit leichter Handhabung und sicherer Wurzelerfassung

Warum benötige ich Positionweld?:

EWM Positionweld ermöglicht es un-, niedrig- und hochlegierte Stähle sowie Aluminium in Zwangspositionen, steigend oder überkopf auf einen Knopfdruck sicher und komfortabel zu verschweißen.

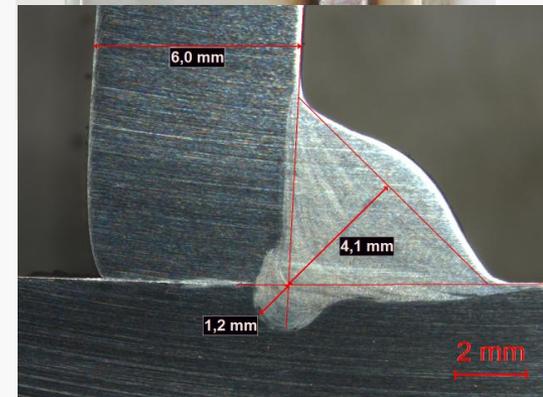
Positionweld kombiniert die bewährten EWM Prozesse für sicheren Einbrand und gleichmäßiges Nahtaussehen. Beim steigenden Schweißen kann der Brenner gerade, **ohne Tannenbaumtechnik** geführt werden, so ist eine höhere Schweißgeschwindigkeit und eine Reduzierung der Wärmeeinbringung möglich. Eine aufwendige Parameterfindung ist nicht erforderlich, die Schweißleistung muss lediglich an die jeweilige Blechdicke angepasst werden.

Positionsweld: Schweißen in Zwangspositionen ohne Tannenbaumtechnik an hochlegiertem Stahl in PF



Tannenbaumtechnik

Grundwerkstoff: 1.4301 – 6,0 mm
Zusatzwerkstoff: 1.4316 – 1,2mm
Schutzgas: M12 - ArC - 2,5





LIEBHERR

1. Aufgabenstellung: PositionWeld vs Standard-Verfahren

2. Werkstoff:

Grundwerkstoff: S960QL

Abmessungen: 10mm

3. Zusatzwerkstoffe / Schweißposition:

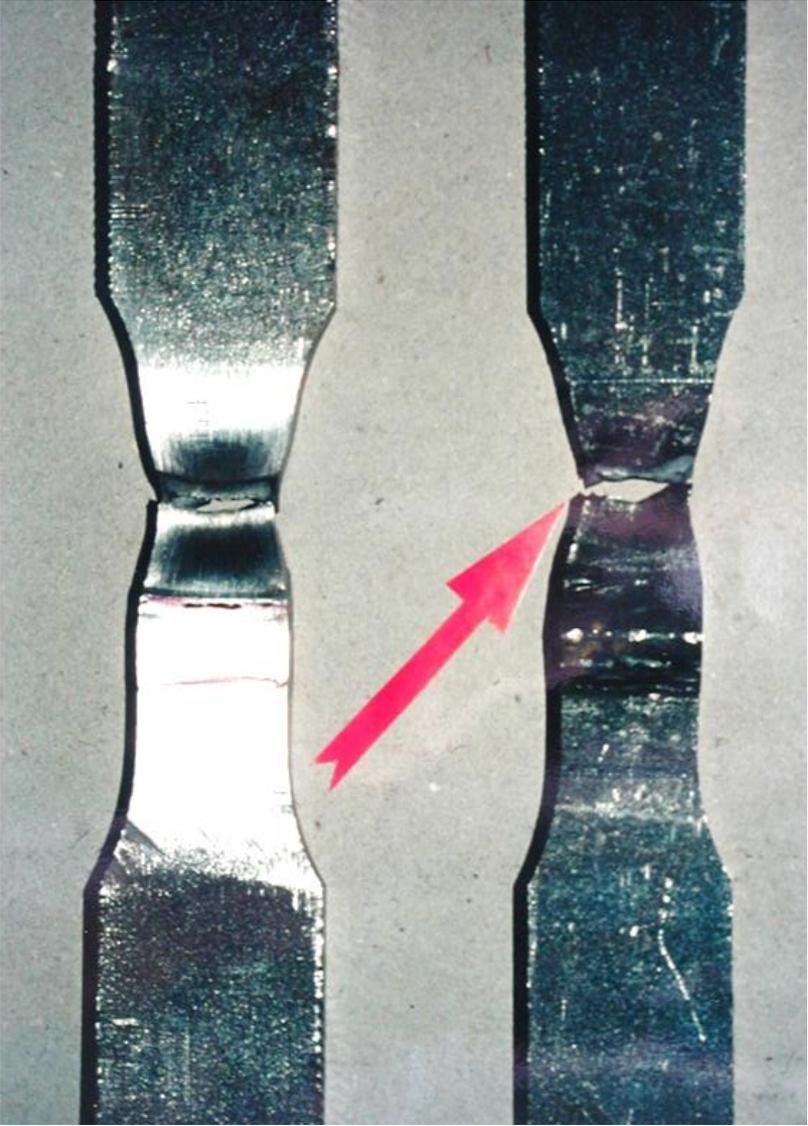
Schweißzusatz: FK1000 Fa. Fliess

Schweißposition: PF

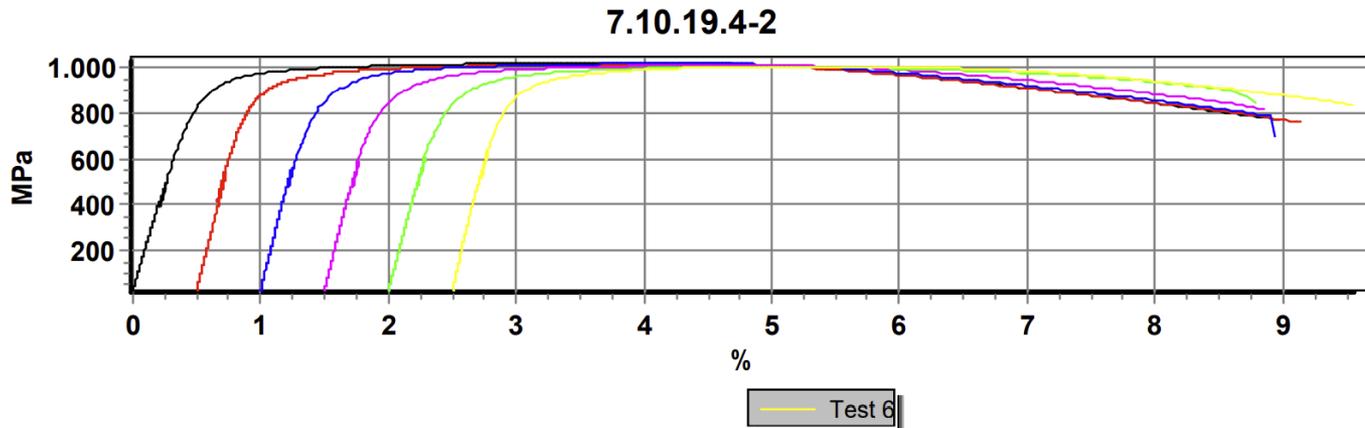
Schweißverfahren: 135

5. Prüfspezifikationen:

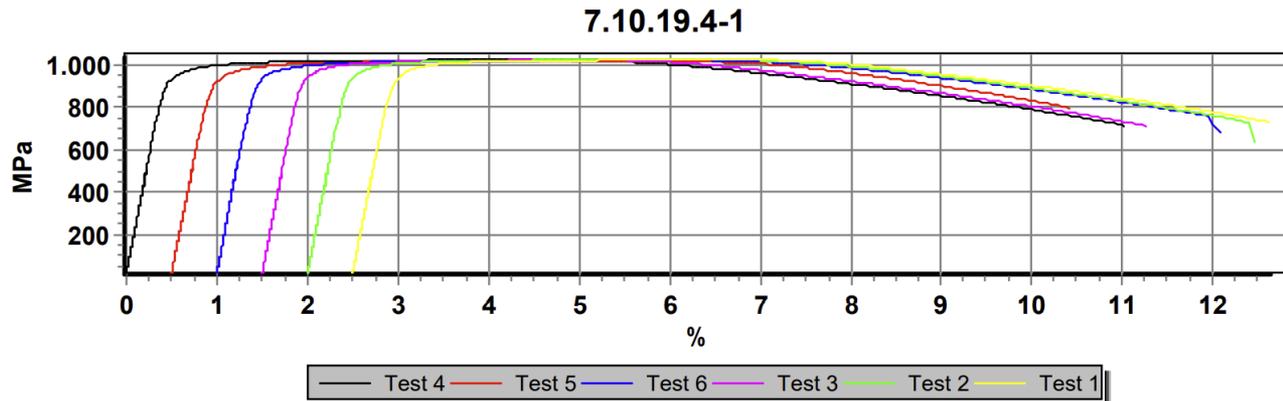
- Querkzugprobe an Schweißverbindungen gemäß DIN EN ISO 4136
- Härtemapping



| Name | Kennz. | BZ | Rp0,2 [MPa] OG: --- Soll: --- UG: 960,00 | Rm [MPa] OG: 1140,00 Soll: --- UG: 980,00 | A [%] OG: --- Soll: --- UG: 12,00 | a [mm] | b [mm] | L0 [mm] |
|--------|-----------|----------|--|---|---|-----------|-----------|------------|
| Test 1 | mit Naht | WEZ - GW | 935,88 | 1022,88 | 8,54 | 10,000 | 25,000 | 89,334 |
| Test 2 | mit Naht | WEZ - GW | 911,40 | 1017,63 | 8,34 | 10,000 | 25,000 | 89,334 |
| Test 3 | mit Naht | WEZ - GW | 907,66 | 1020,89 | 7,62 | 10,000 | 25,000 | 89,334 |
| Test 4 | eingebnet | WEZ | 898,10 | 1012,78 | 6,96 | 10,000 | 25,000 | 89,334 |
| Test 5 | eingebnet | WEZ | 908,31 | 1006,04 | 6,37 | 10,000 | 25,000 | 89,334 |
| Test 6 | eingebnet | WEZ | 920,03 | 1008,72 | 6,65 | 10,000 | 25,000 | 89,334 |



| Name | Kennz. | BZ | Rp0,2 [MPa] OG: --- Soll: --- UG: 960,00 | Rm [MPa] OG: 1140,00 Soll: --- UG: 980,00 | A [%] OG: --- Soll: --- UG: 12,00 | a [mm] | b [mm] | L0 [mm] |
|--------|-----------|----------|--|---|---|-----------|-----------|------------|
| Test 4 | eingebnet | GW | 968,17 | 1024,36 | 10,71 | 10,000 | 26,000 | 91,104 |
| Test 5 | eingebnet | WEZ - GW | 961,69 | 1022,60 | 9,55 | 10,000 | 26,000 | 91,104 |
| Test 6 | eingebnet | GW | 967,21 | 1024,75 | 10,79 | 10,000 | 26,000 | 91,104 |
| Test 3 | mit Naht | GW | 977,69 | 1025,25 | 9,45 | 10,000 | 26,000 | 91,104 |
| Test 2 | mit Naht | GW | 979,34 | 1027,53 | 10,17 | 10,000 | 26,000 | 91,104 |
| Test 1 | mit Naht | GW | 980,00 | 1025,97 | 9,78 | 10,000 | 26,000 | 91,104 |



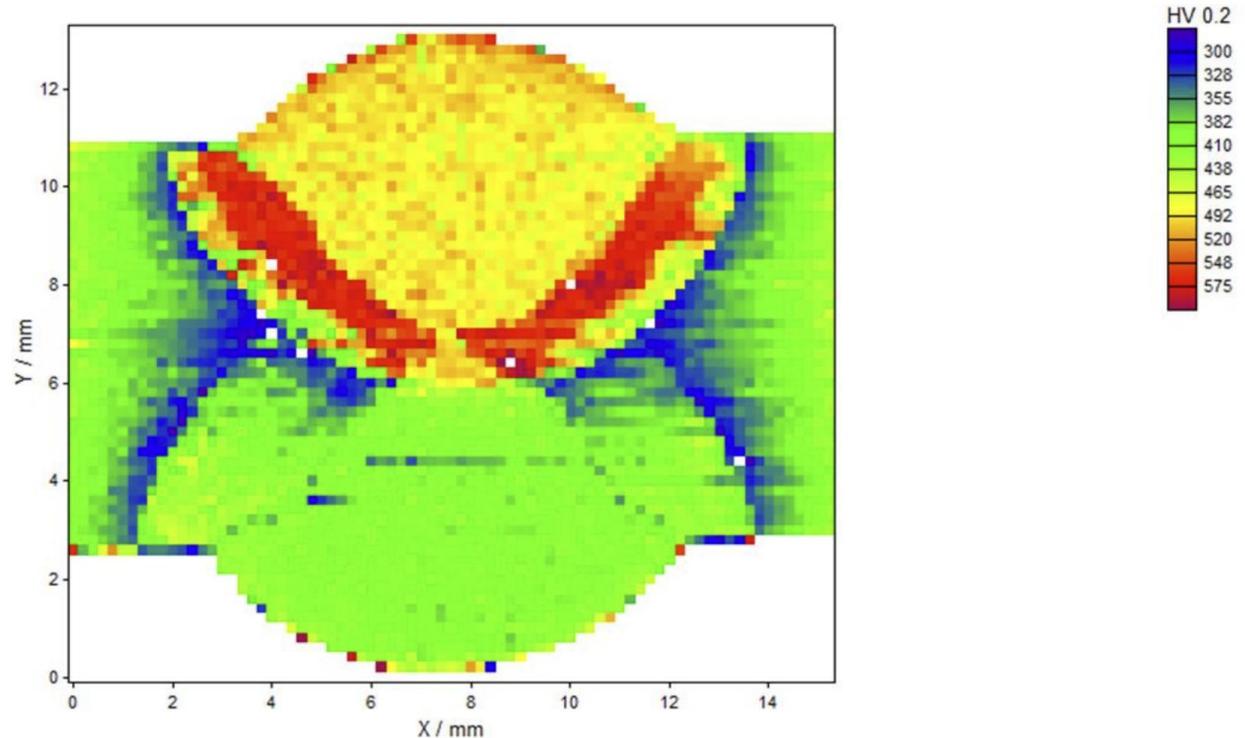
Eckdaten Schweißprozess:

Verfahren: 135

Nennstärke: 8 mm

Material: Hardox 500

Zusatzwerkstoff: Union X96



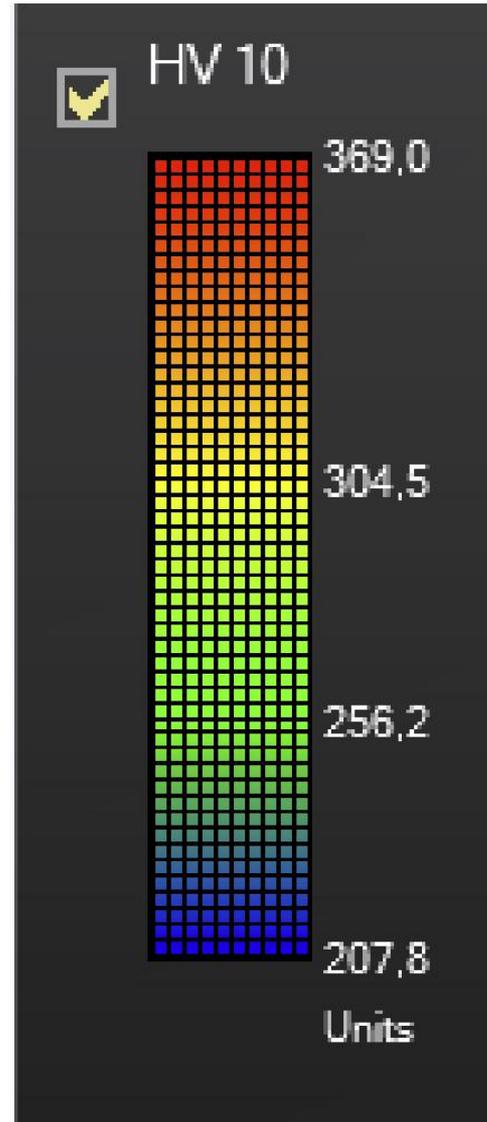
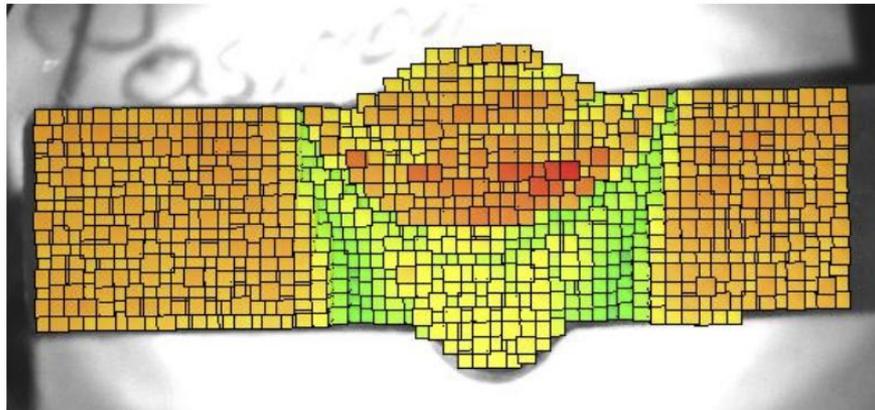
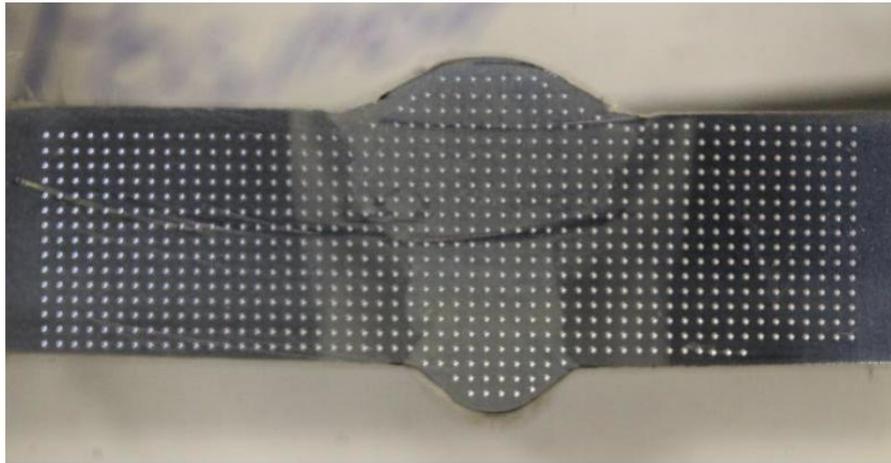
Quelle: BAM Berlin

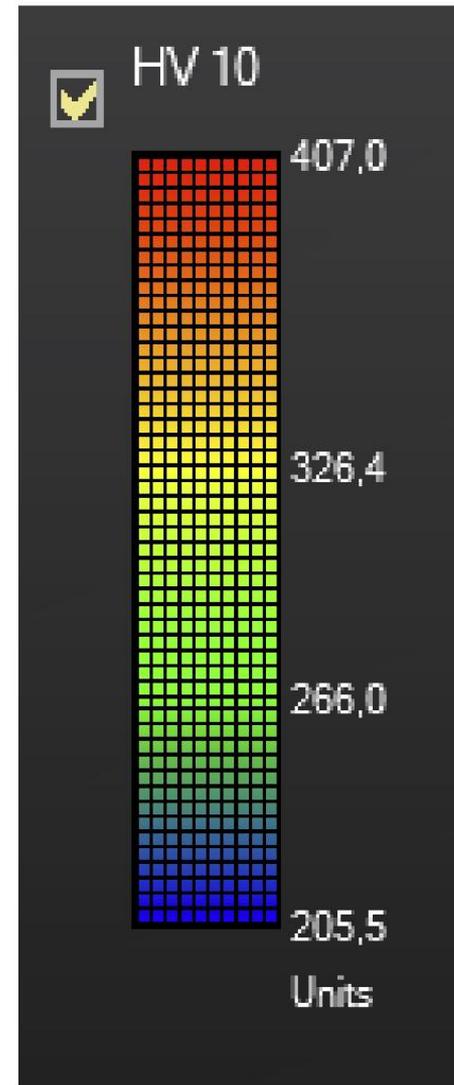
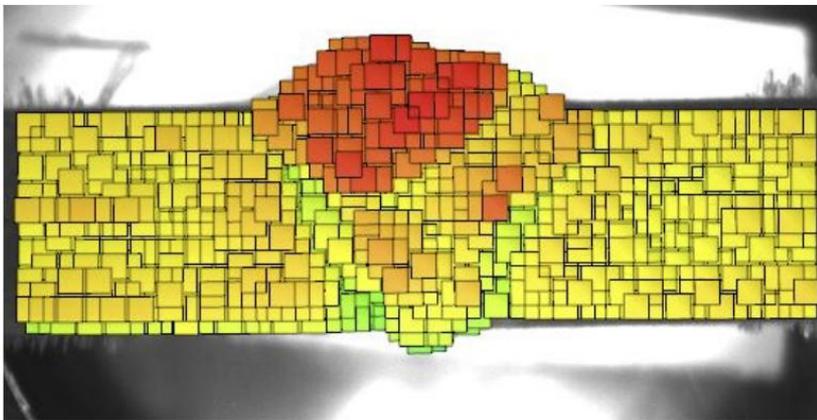
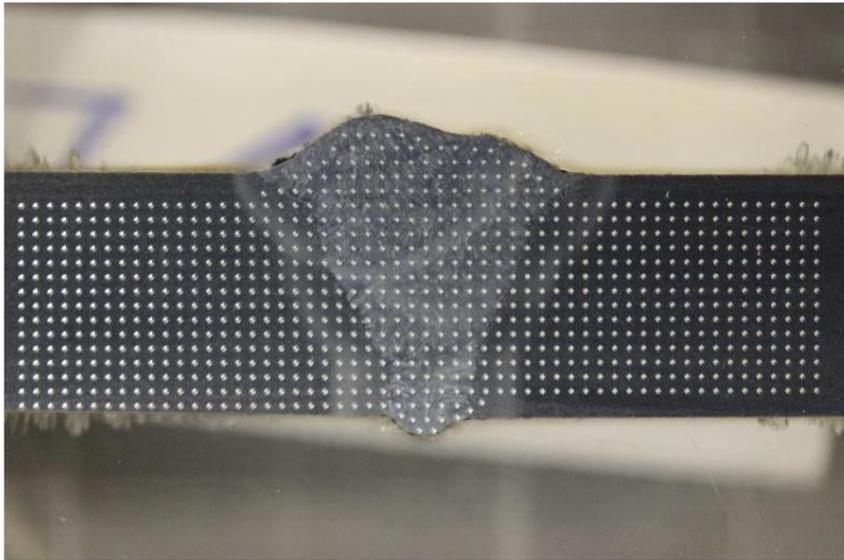
Was versteht man unter Härtemapping (Härtefeldmessung)?

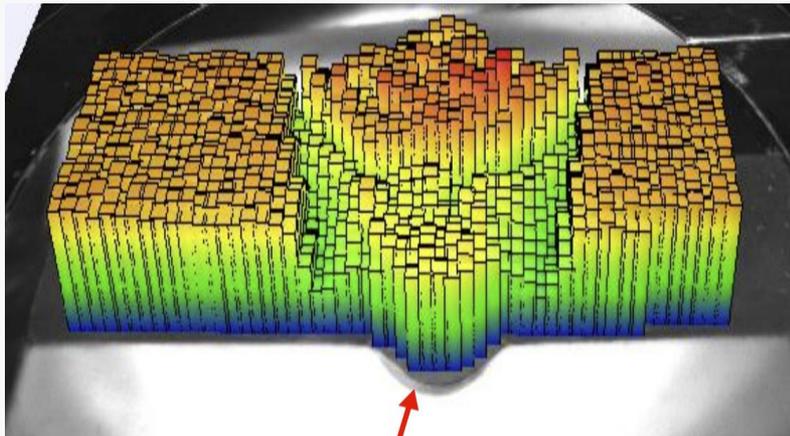
Unter Härtemapping versteht man die Erstellung eines flächendeckenden Härteverlaufs einer Probe oder eines bestimmten Bereichs.

Durch die gleichmäßige, flächendeckende Verteilung von Prüfpunkten kann der Härteverlauf bestimmt werden. Das Ergebnis – die Härte-Map – kann entweder als 2D-Farbdarstellung oder als 3D-Diagramm angezeigt werden. Durch diese Informations- und Darstellungsqualität ist es möglich, ähnlich zur FEM-Methode, detaillierte Aussagen zu treffen, wie zum Beispiel über die Probenhomogenität oder die Fehlstellen der Probe.

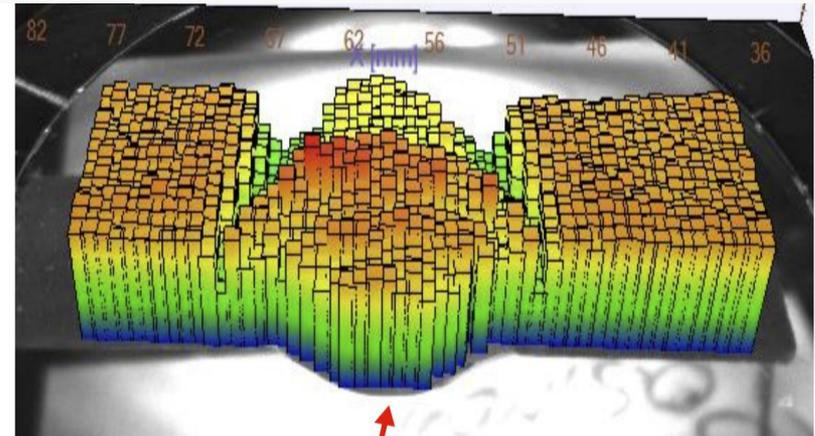
Quelle: EMCO-TEST Prüfmaschinen GmbH



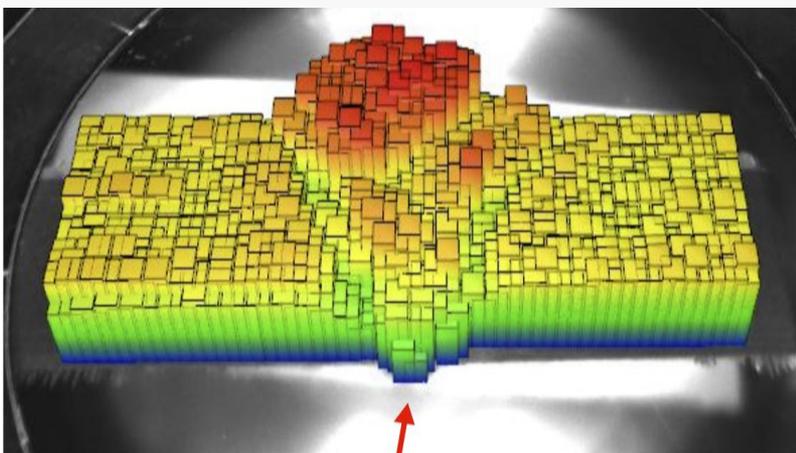




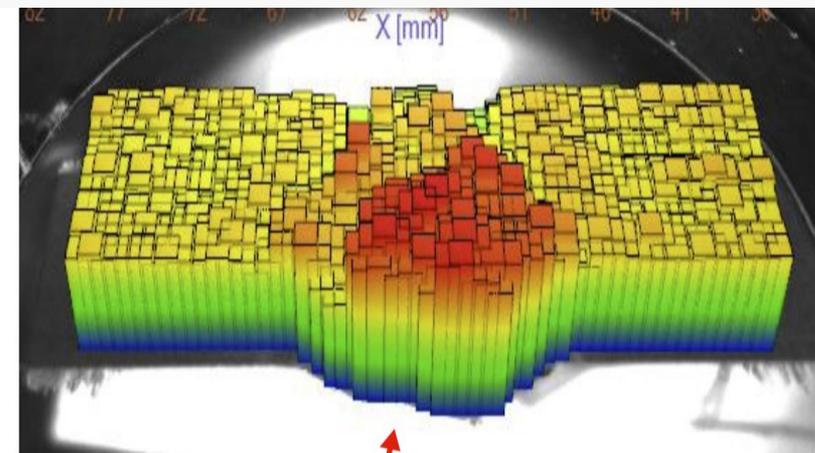
Wurzel



Decklage



Wurzel



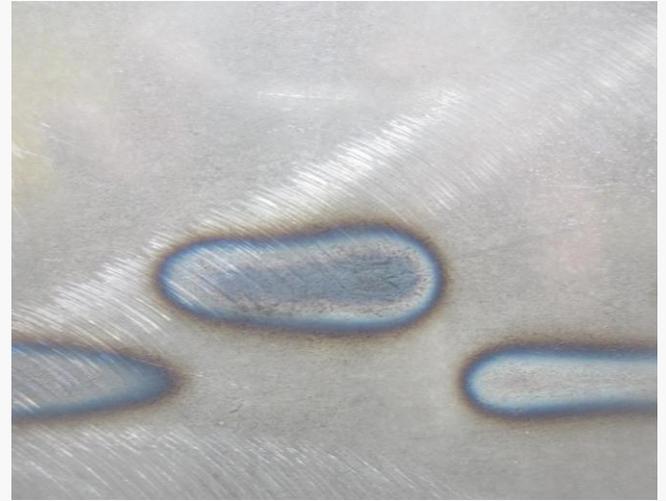
Decklage



Sattelaufleger Trailertech S700MC

GEC





Am besten ist es, wenn so geschweißt wird, dass nicht gerichtet werden muss (negativ vorspannen, spezielle Vorrichtungen, usw.). Falls aber gerichtet werden muss, gibt es einige Möglichkeiten:

- Kalt richten bei bestimmten Bauteilen, jedoch nicht immer möglich, da oft die Presskräfte zu hoch sind, schlechte Zugänglichkeit, usw.
- Thermisches Richten
 - a) Flammrichten (autogene Flamme)
 - b) Hochfrequenz-,/Resonanzinduktion
 - c) Richten mit Tiefeninduktion (VauQuadrat)

Hierbei hat das thermische Richten mit Tiefeninduktion den Vorteil der größten Effizienz (schnellstes und wirksamstes Verfahren bei geringster Wärmeeinbringung).

Hierzu muss durch eine Verfahrensprüfung nachgewiesen werden, dass praktisch keine oder nur unwesentliche Werkstoffbeeinflussung stattgefunden hat und in einer Arbeitsanweisung das Prozedere festgelegt wird.

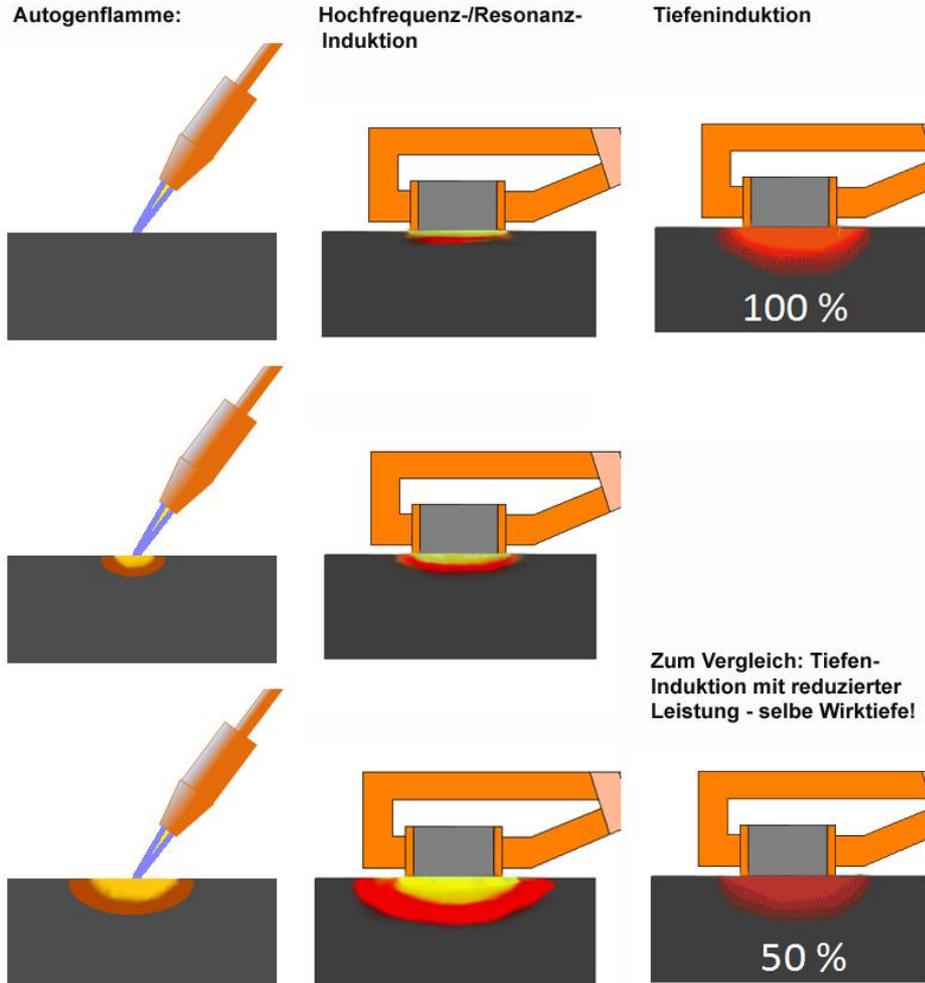
Unter Flammrichten versteht man eine schnelle und örtlich begrenzte Erwärmung eines Bauteils mit kurzer Verweildauer auf Flammrichttemperatur mit dem Ziel, dem Bauteil eine gewünschte Form zu geben oder Formabweichungen zu beseitigen. Die Erwärmung kann sich auf den oberflächennahen Bereich beschränken oder auch durchgreifend sein. Unter der Flammrichttemperatur wird die höchste während des Flammrichtvorgangs im Bauteil auftretende Temperatur verstanden. Zum Flammrichten von Bauteilen wendet man sogenannte Flammrichtfiguren an. Das sind geometrisch vordefinierte, örtlich begrenzte Stellen, an denen das Bauteil erwärmt wird (z. B. Wärmepunkte, Wärmestriche und Wärmekeile, sowie deren Abwandlungen, wie etwa der 2 bis 5fache Wärmestrich, der auch Wärmebahn genannt wird). Bei den hochfesten Feinkornstählen ist diesbezüglich, je nach Stahltyp (normalisiert, TM-behandelt oder vergütet) besondere Sorgfalt und Vorsicht bei der Wärmeeinbringung angebracht.

Beim Flammrichten sind zwei Grenzfälle des Vorgehens zu unterscheiden. Im ersten Fall wird nur ein oberflächennaher Bereich des Bauteils erwärmt. Das Wärmeeinbringen, bezogen auf die Erzeugnisdicke an der zu erwärmenden Stelle, ist klein. Der erwärmte Bereich kühlt schnell ab. Im zweiten Fall wird das Bauteil örtlich kurzzeitig durchgreifend erwärmt. Das Wärmeeinbringen, bezogen auf die Erzeugnisdicke an der zu erwärmenden Stelle, ist groß. Der erwärmte Bereich kühlt langsamer ab als im ersten Fall. Die Auswirkung des Flammrichtens auf die Werkstoffeigenschaften hängt entscheidend von der angewendeten Flammrichttemperatur und von der Abkühlgeschwindigkeit ab. Bei Flammrichttemperaturen bis 700 °C erfolgt noch keine Austenitisierung des Werkstoffes. Solange die Flammrichttemperatur 700 °C nicht überschreitet, ist eine Beeinträchtigung der Werkstoffeigenschaften durch den Flammrichtvorgang nicht zu erwarten (empfohlene Flammrichttemperaturen siehe nachfolgende Tabelle).

| Lieferzustand Delivery condition | Empfohlene maximale Temperatur für das Flammrichten Recommended maximum temperature for flame straightening | | |
|--|--|--|---|
| | Oberflächennahe Erwärmung Near-surface heating °C | Kurzzeitige durchgreifende Erwärmung Brief through-material heating °C | Längere durchgreifende Erwärmung Longer through material heating °C |
| wie gewalzt „+AR“ as-rolled “+AR” | ≤ 900 | ≤ 700 | ≤ 650 |
| Normalgegüht/ Normalisierend gewalzt Normalized/ Normalized rolled | ≤ 900 | ≤ 700 | ≤ 650 |
| Thermomechanisch gewalzt bis Mindest- streckgrenze ≤ 460 MPa Thermomechanical rolled up to minimum yield strength ≤ 460 MPa | ≤ 900 | ≤ 700 | ≤ 650 |
| Thermomechanisch gewalzt – Mindest- streckgrenze > 460 ≤ 700 MPa Thermomechanical rolled – minimum yield strength > 460 ≤ 700 MPa | ≤ 900 | ≤ 600 | ≤ 550 |
| Vergütet Quenched and tempered | Rücksprache mit dem Stahlhersteller In consultation with the steel producer | Unterhalb der Anlasstemperatur Below the tempering temperature | Mindestens 20 °C unterhalb der Anlasstemperatur At least 20 °C below the tempering temperature |

Örtlich höhere Oberflächennahe Erwärmungen können je nach Stahltyp erfahrungsgemäß ohne Beeinträchtigung der mech. techn. Werte ertragen werden. Spezielle Werte können durch entsprechende Versuche ermittelt werden.

Ist eine kurzzeitige durchgreifende Erwärmung nötig, so ist dies sinnvoll nur durch eine Erwärmung mit Tiefeninduktion möglich. Auch hier praktische Versuche erforderlich.



Mit Tiefeninduktion entsteht die Richtfigur sofort, nicht schrittweise von der Oberfläche her

Es lohnt sich aber, hier einmal genauer hinzuschauen, denn durch die andere Handhabung, wesentlich geringere Oberflächentemperaturen und Wärmeeinbringung und schnellere Verfahrensgeschwindigkeit der Wärmequelle entsteht in der Praxis schnell ein Zeitvorteil, der je nach Anwendung enorm ist.

Quelle: 

Falsches Thermisches Richten bei FK-Stählen

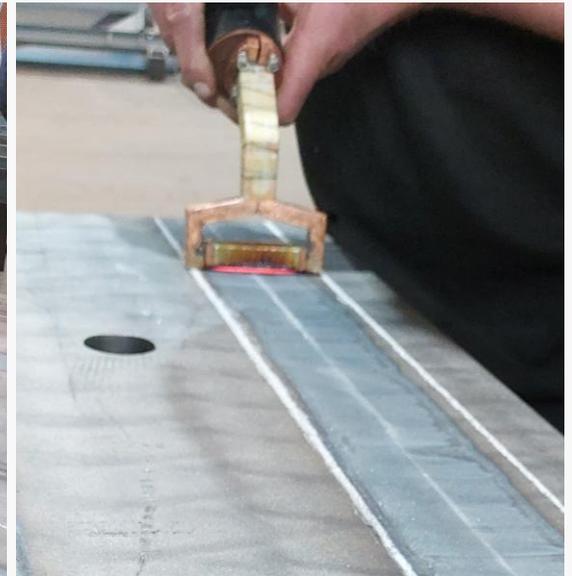


Falsches Thermisches Richten bei FK-Stählen



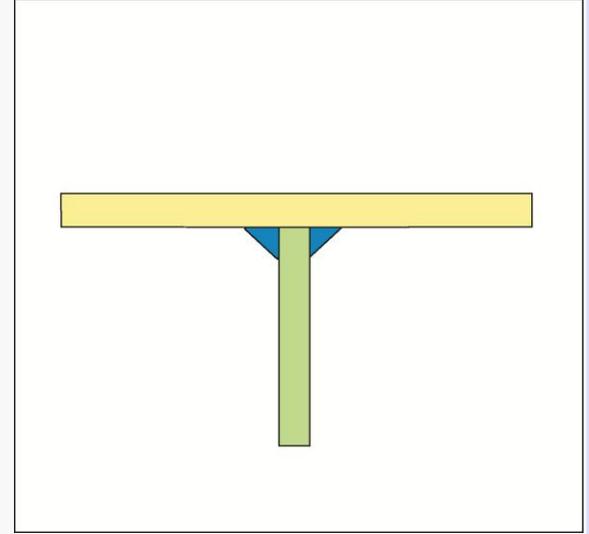
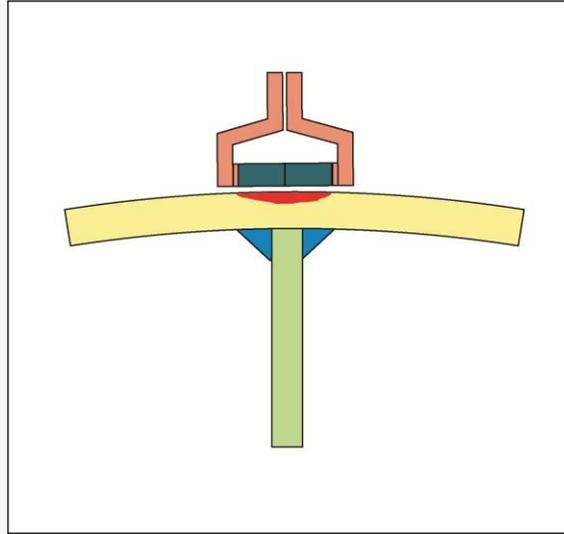
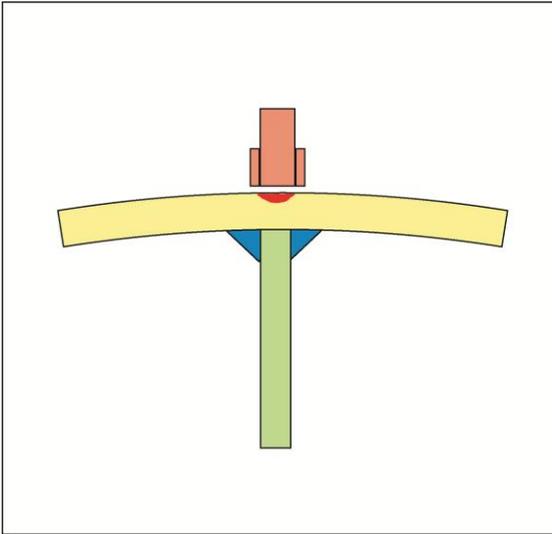
Gerät zum Thermisches Richten Fa. VauQuadrat

GEC



Vorversuche an Doppelkehlnaht

GEC

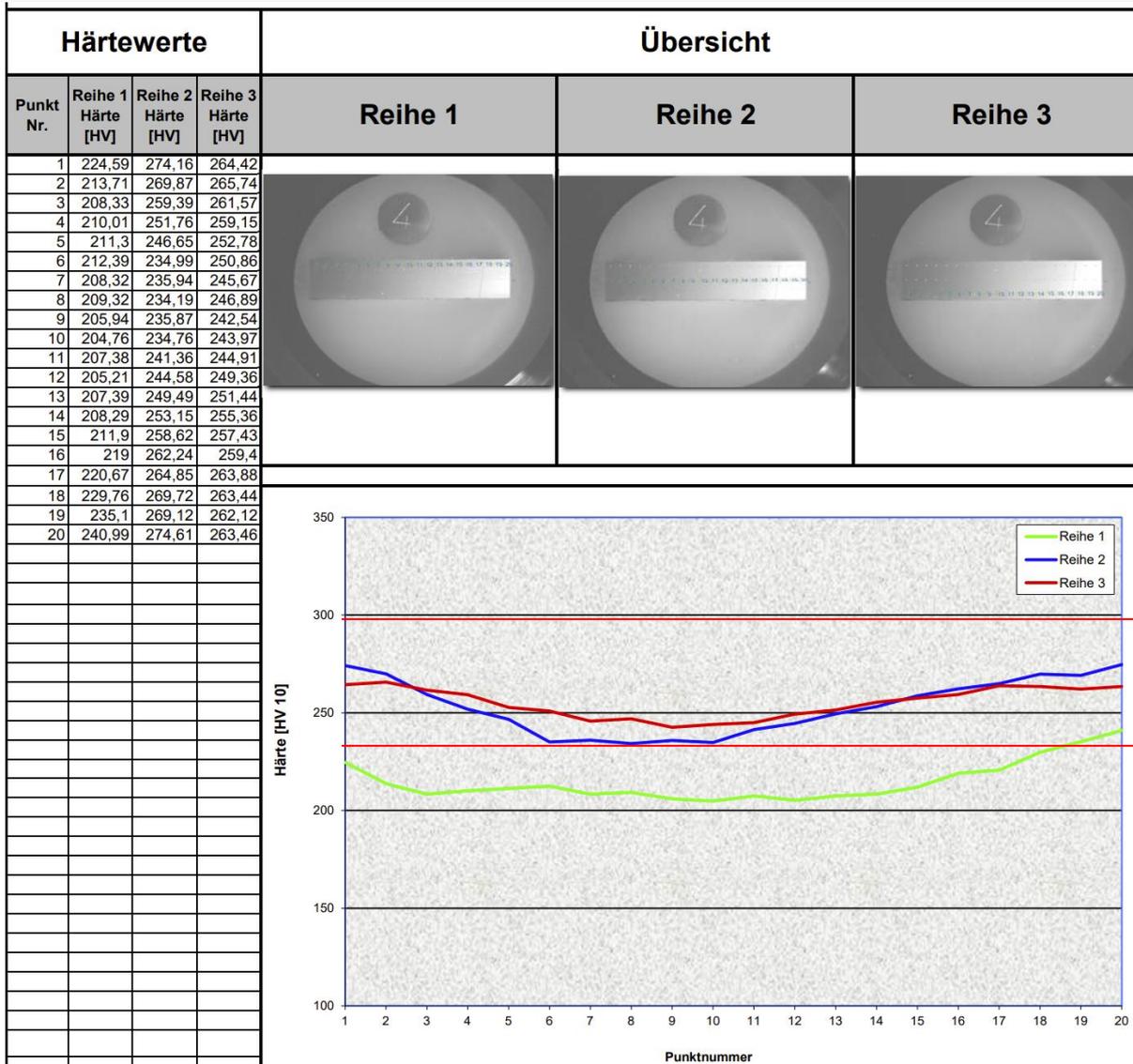


An einem Ausschuss-Längsträger wurden Richtversuche mit verschiedenen Verfahren getestet:



Probenanzahl:

1. Wärmestrich mit Tiefeninduktion nach Anleitung
2. Punktuelle Anwärmung mit Tiefenanleitung nach Anleitung (Negativbeispiel)
3. Randbereich Wärmekeil mit Tiefeninduktion nach Anleitung
4. Wärmekeil mit Autogenflamme
5. Wärmekeil induktiv mit herkömmlichen Induktionsgerät
6. Unbehandeltes Grundmaterial
7. Anwärmung induktiv mit herkömmlichen Induktionsgerät



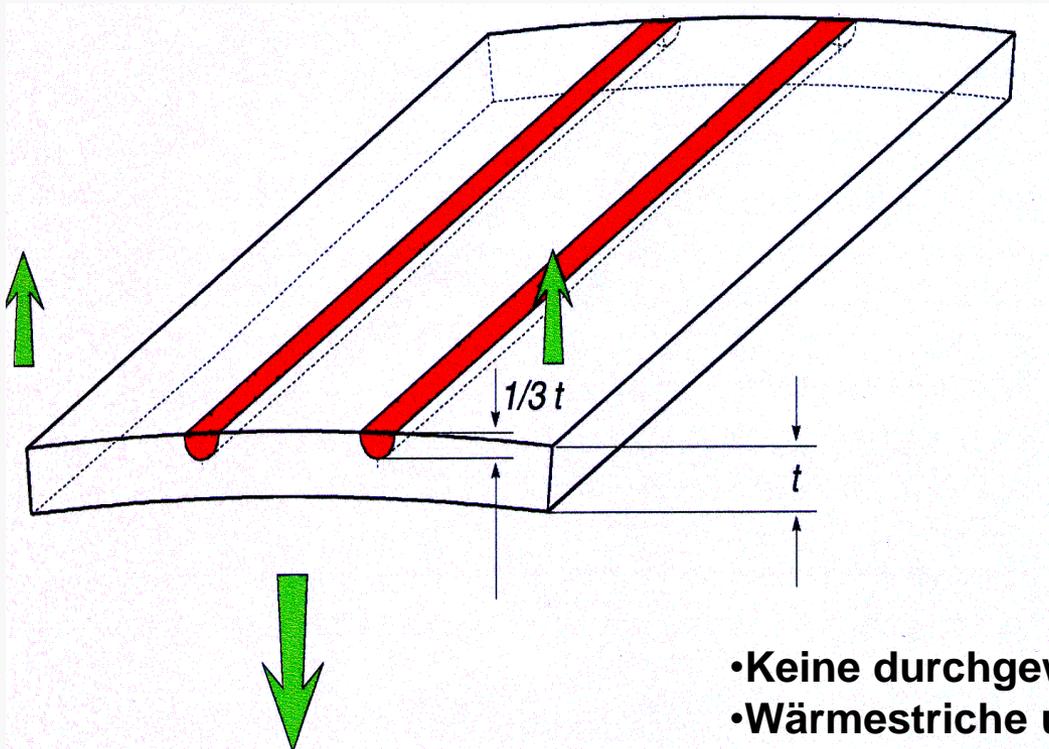
Probe 4:
Wärmekeil mit Autogenflamme

Es zeigte sich ein deutlicher Härteabfall, der von der Blechoberseite hin stetig abnimmt und teilweise unter den Sollwerten des Grundmaterials liegt

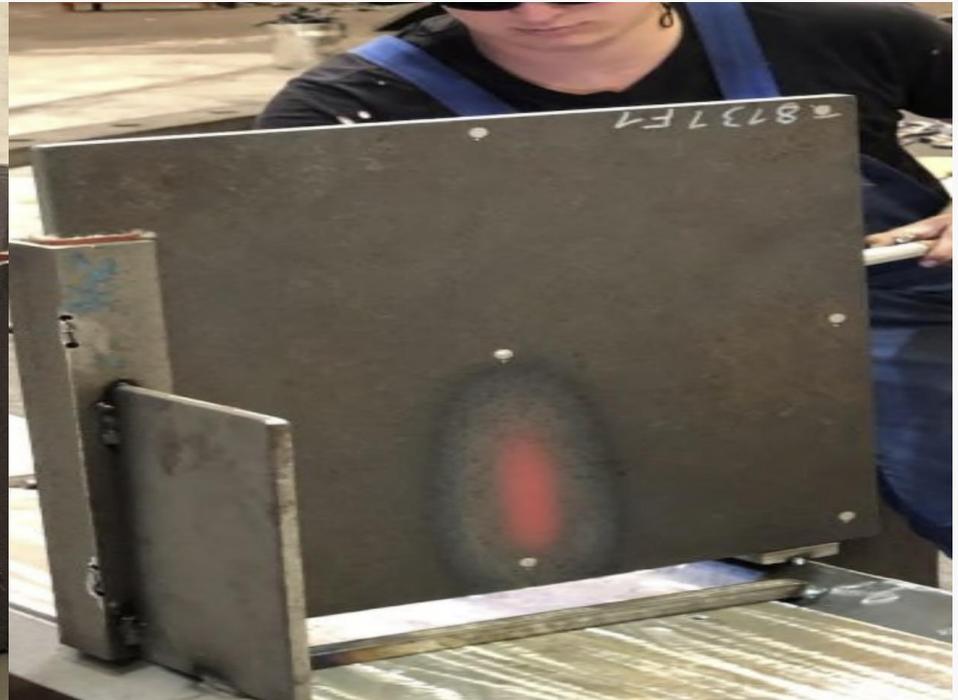
max. 295 Grundwerkstoff

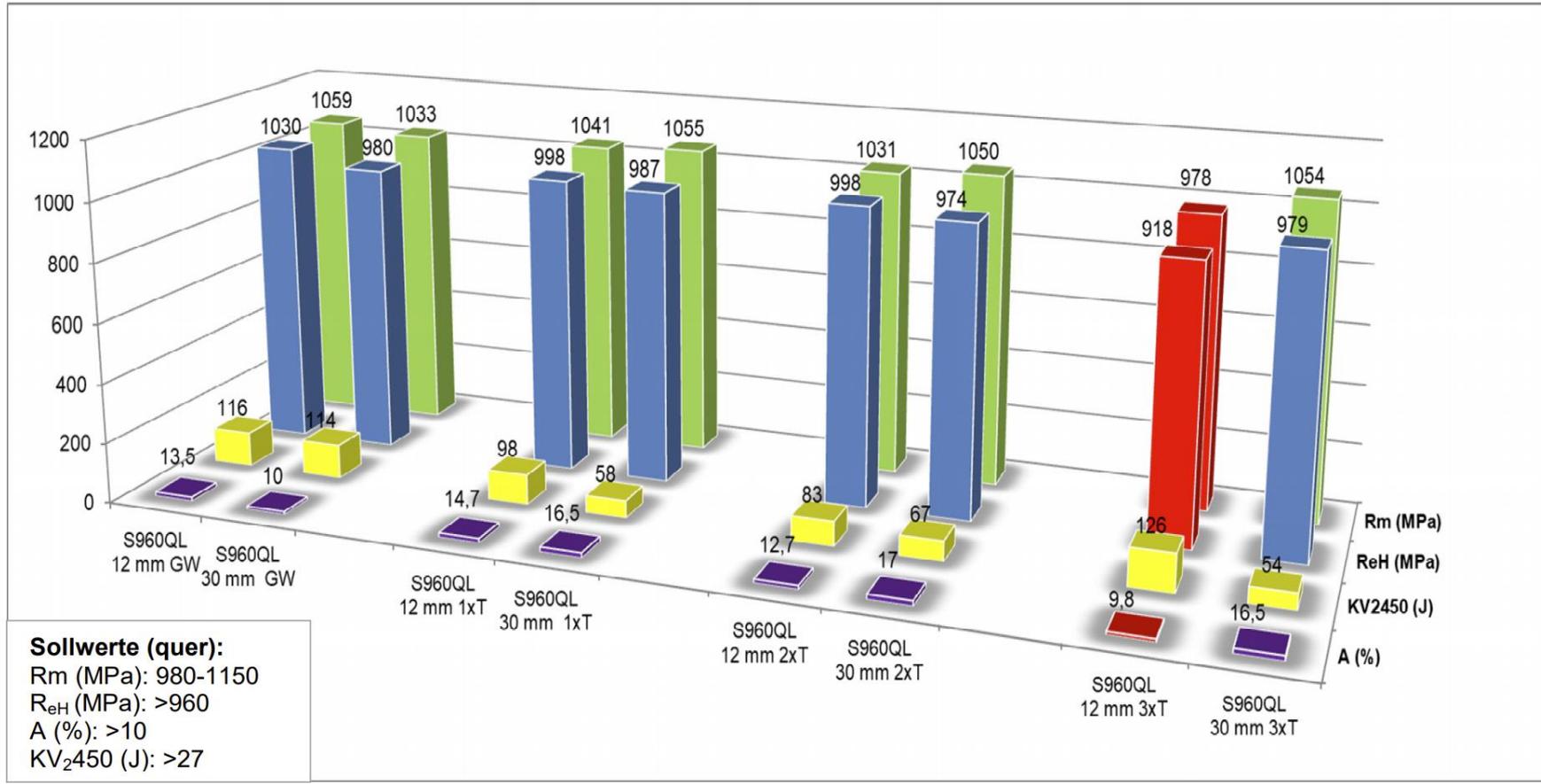
min. 235 Grundwerkstoff

Flammrichten hochfester Stähle - S1100QL



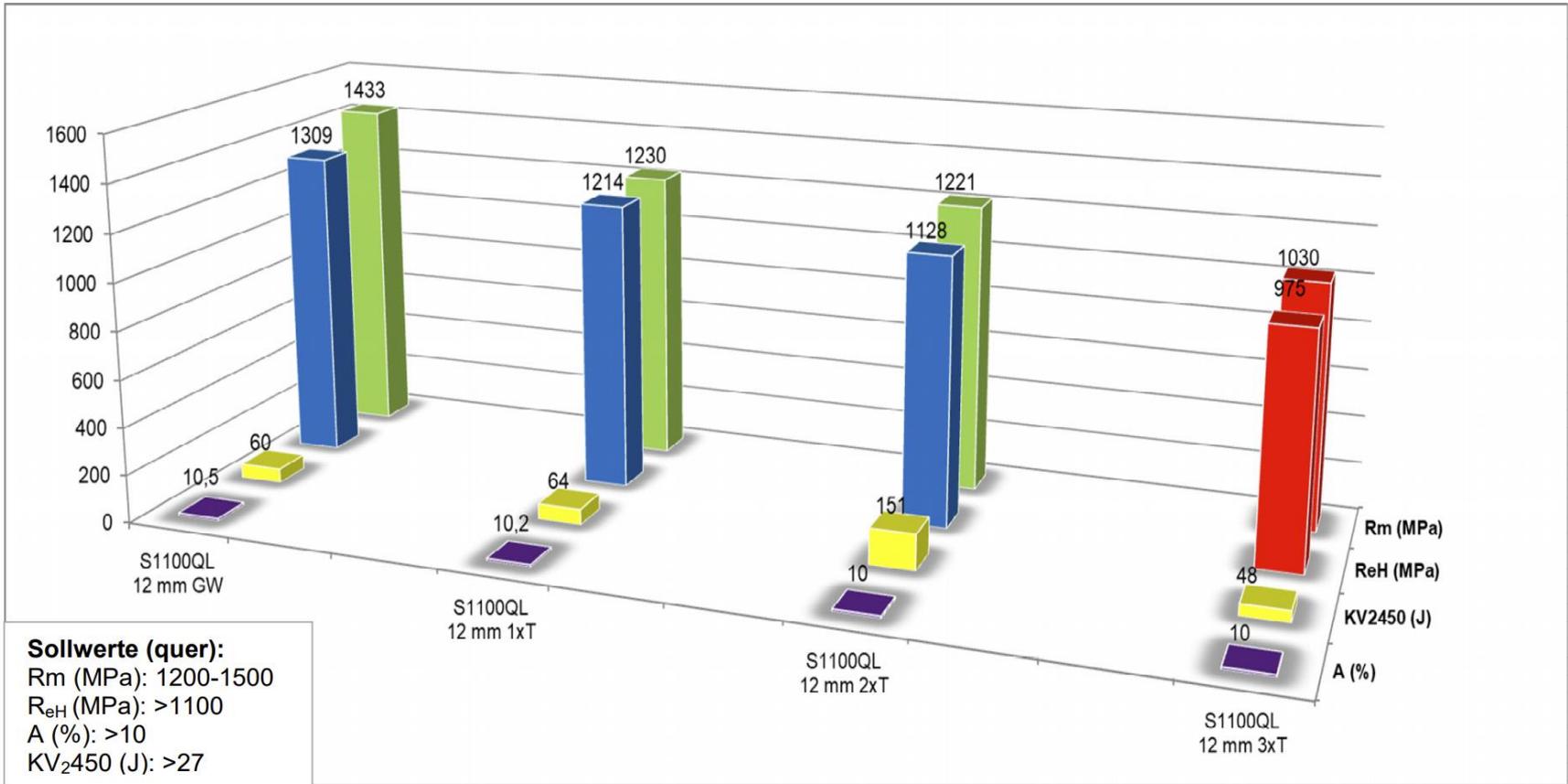
- Keine durchgewärmten Flammrichtfiguren
- Wärmestriche und Punkte nur zu $1/3$ Blechdicke
- Temperatur 550-700°C (dunkle Rotglut)





Mechanisch technologische Kennwerte der flammgerichteten Proben S960QL

Quelle: Vortrag Dr. Vogelsang GSI



Mechanisch technologische Kennwerte der flammgerichteten Proben S1100QL

Quelle: Vortrag Dr. Vogelsang GSI

Stärkster 650 t Autokran auf 8 Achsen

GEC





**Gesamtgewicht 108t bei Straßenfahrt; Hauptauslegerlänge 52m
Traglast max. 750t; Wippspitze max. 91m; Hubhöhe max. 154m
Ausladung max. 112m**

1200 t Kran

GEC





Ausleger 1200 t Kran

GEC





3200 t und 3000 t Kran

GEC



Moderne Betonpumpe

GEC





Ladekrane werden in der EN 12999 behandelt



Brücke aus S690QL

GEC



Pistenbully PB 600

GEC



Pistenbully PB 800

GEC





Powerbully

GEC



Waggon: Der Prototyp

Konzept, Engineering, Konstruktion, Fertigung:

On Rail, VAAN, VAGB, Logserv, Profilform, voestalpine Stahl

Stahl: made by voestalpine

Vorteile:

- Gewichtsreduktion
- Höhere Nutzlast
- Erhöhte Beulfestigkeit
- Geringere Reparaturkosten
- Längere Lebensdauer



voestalpine Stahl GmbH

42 | 31.05.2012 | alform x-treme innovation

voestalpine

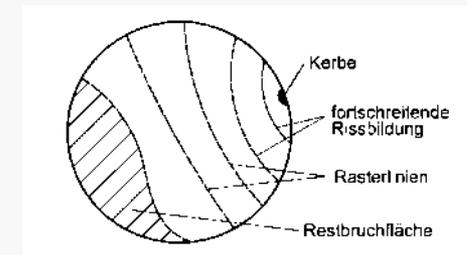
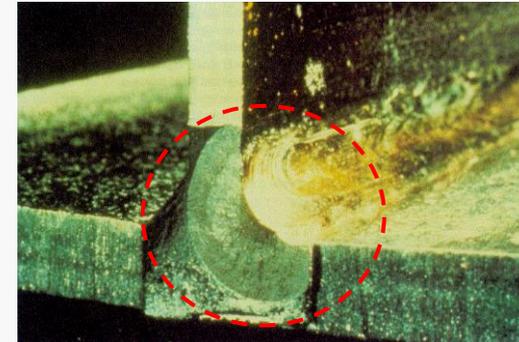
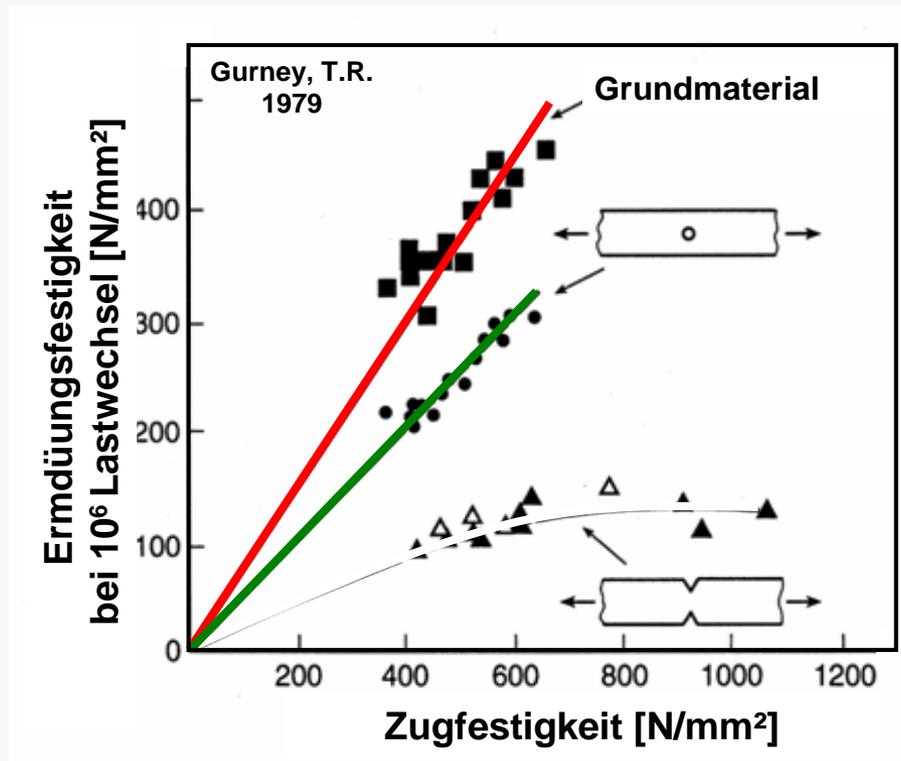
EINEN SCHRITT VORAUSS.

Einsatz hochfester Feinkornstähle im Waggonbau Vorstellung first welding day in Linz 2012

GEC



nach heutigem Stand Eurocode 3 gilt noch:



▪ gekerbte Konstruktionen:



Ermüdungsfestigkeit ist unabhängig von der Zugfestigkeit

Wo stehen wir heute – Forschung – Normative Regelung

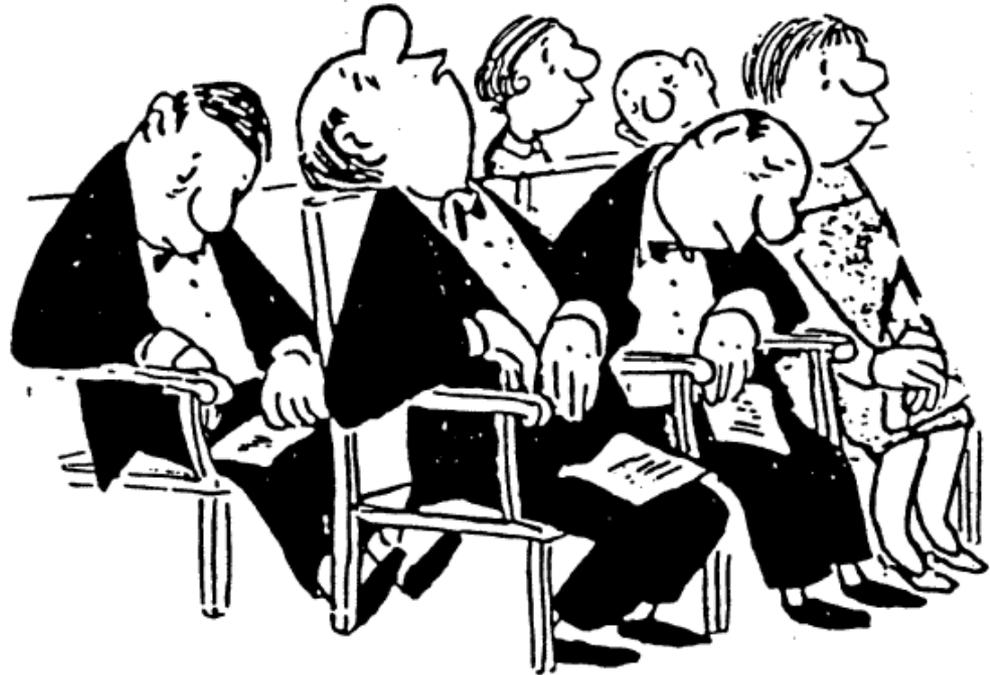
Stand der Forschung:

- Umfangreiche Forschungsvorhaben belegen die Wirksamkeit der Verfahren für ausgewählte Details

Regelwerke:

- IIW Recommendation HFMI (2016)
- DASt-Richtlinie 026 Ermüdungsbemessung bei HFH (2019)
- pr EN 1993-1-9:2023-03 Annex F „Fatigue Design of welded joints subjected to High Frequency Mechanical Impact Treatment“
- pr EN 13445 (wird derzeit überarbeitet)
- DIN EN 15085-3:2023

**Danke für die
Aufmerksamkeit**



Lortiot

Noch Fragen? - Bitte!