

Praxisgerechte Wärmeführung beim Schweißen von hoch- und ultrahochfesten Feinkornstählen

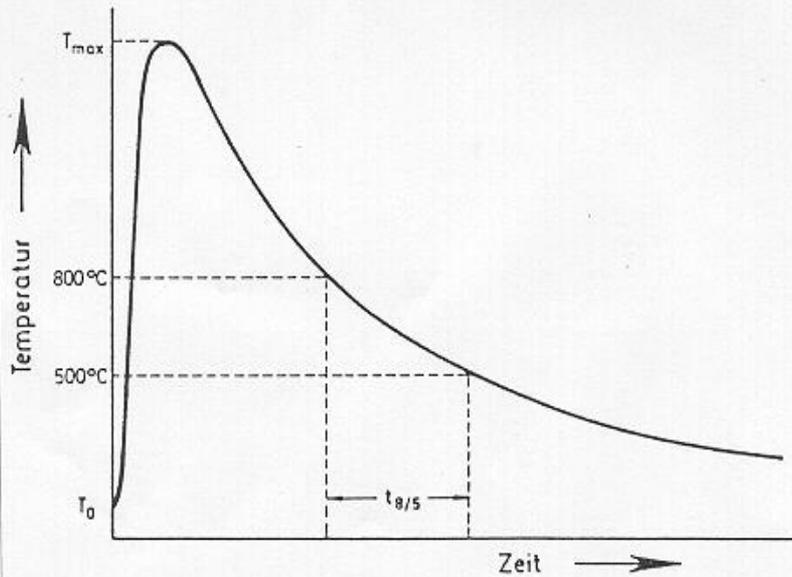


Referent: Peter Gerster

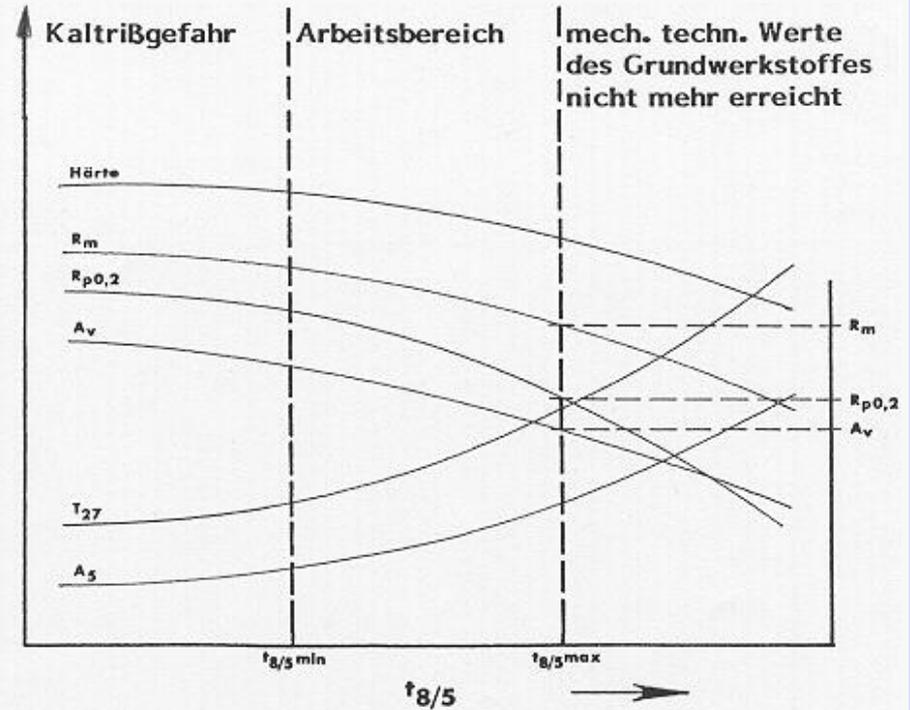
- **Steigender Einsatz höherfester Stähle (S690, S1100, S1300,..)**
- **Neue Technologien der Stahlherstellung (TM-Stähle,...)**
- **Zunehmende Qualitätsanforderungen, speziell Offshore,WEA**
- **Zwang zur Kostensenkung in der Fertigung**
- **Vermehrter Einsatz von Schweißnahtnachbehandlungen zur Verbesserung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

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.

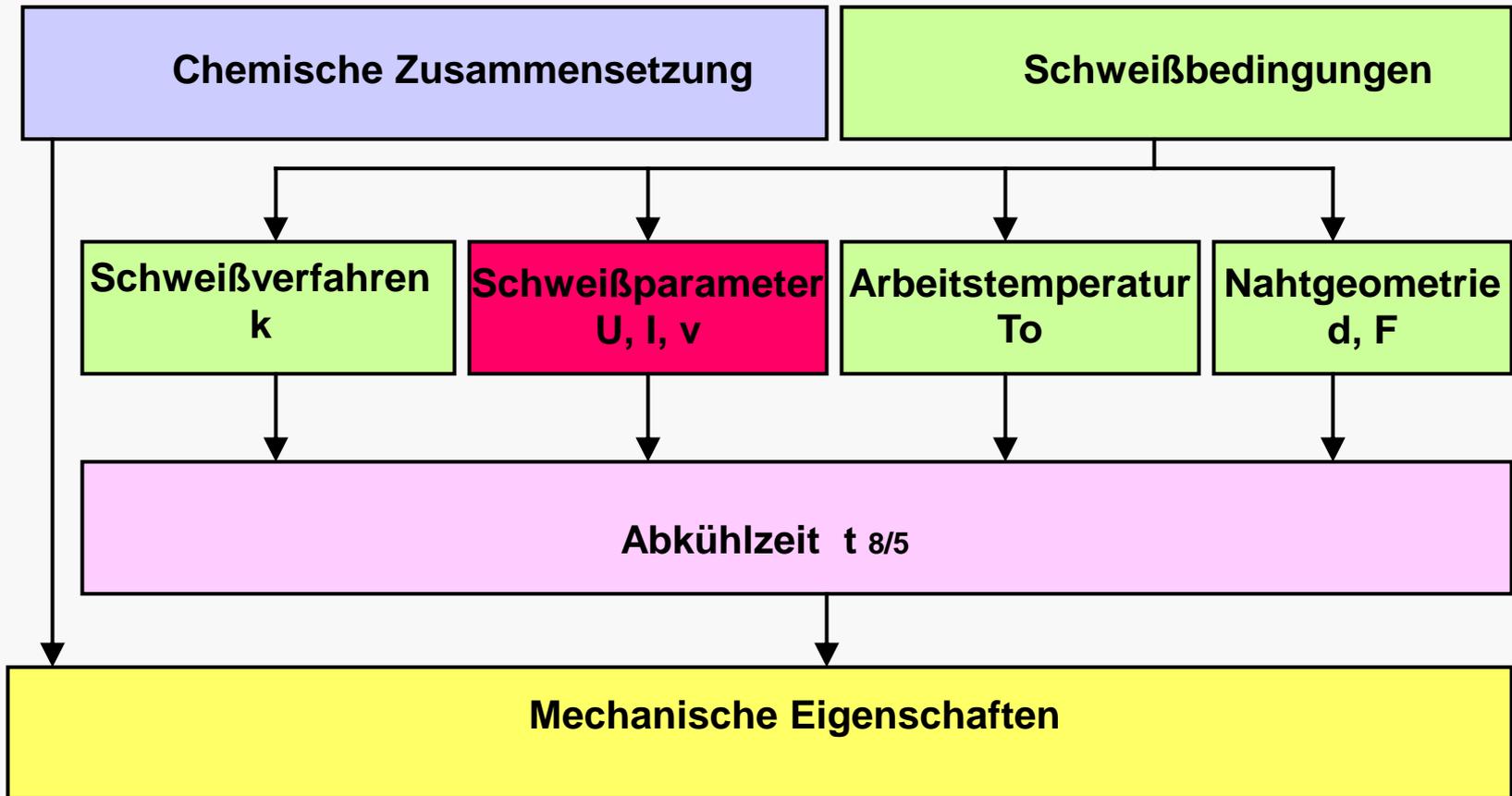


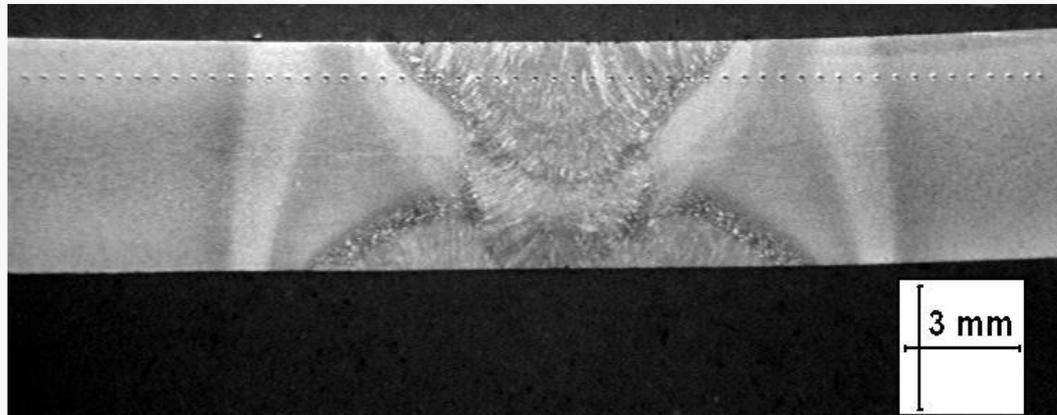
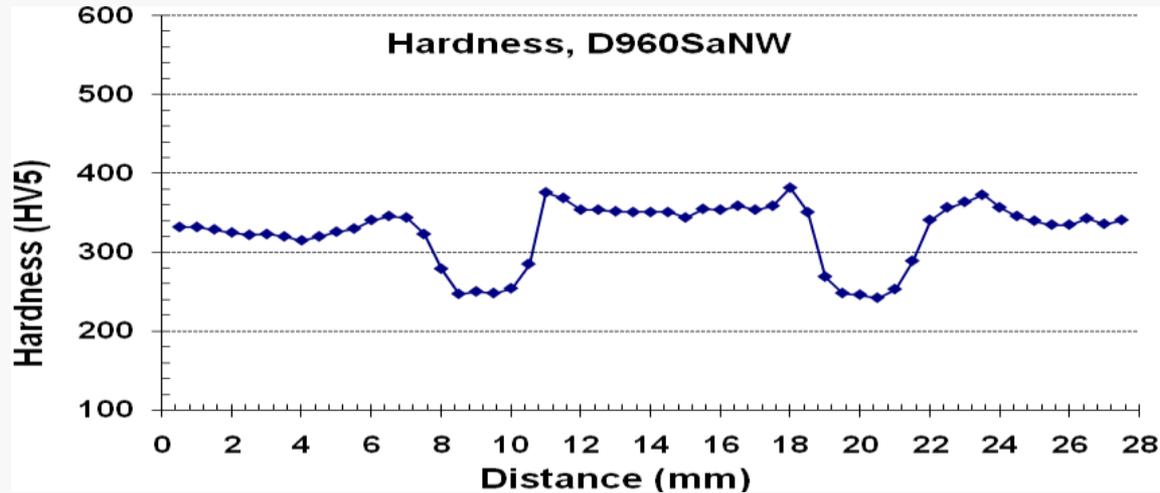
Definition der Abkühlzeit $t_{8/5}$



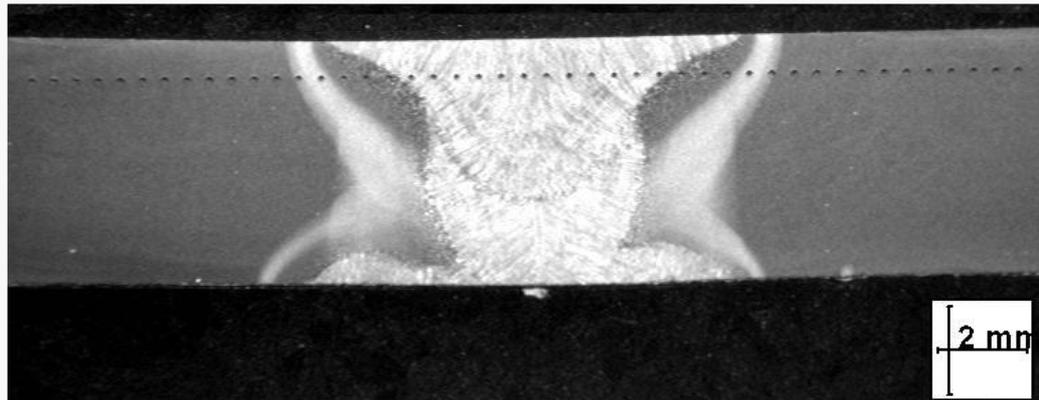
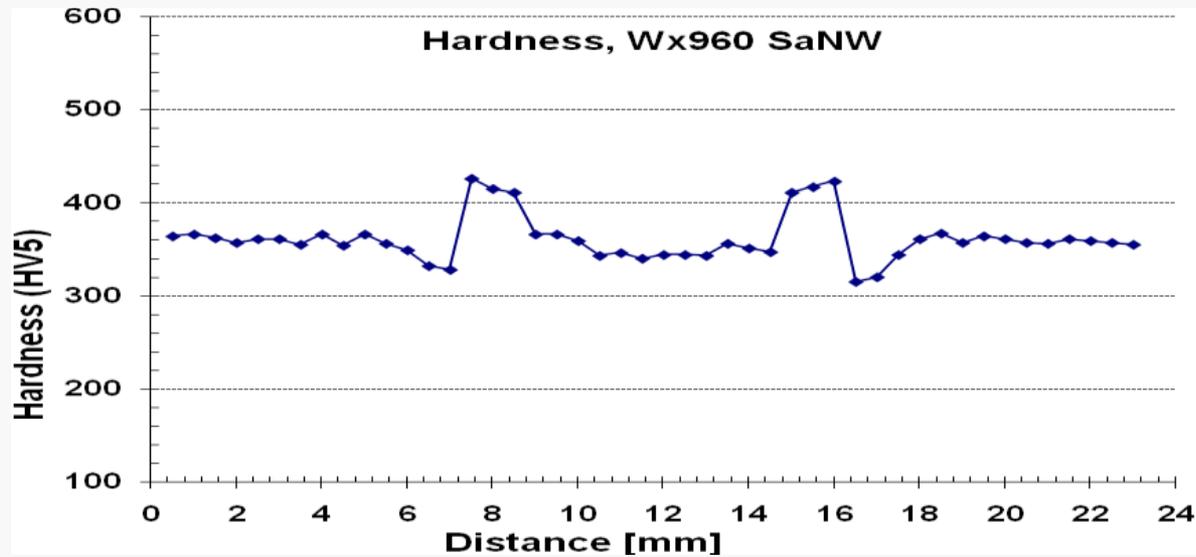
Auswirkung der Abkühlzeit $t_{8/5}$
auf die mechanischen Eigenschaften

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

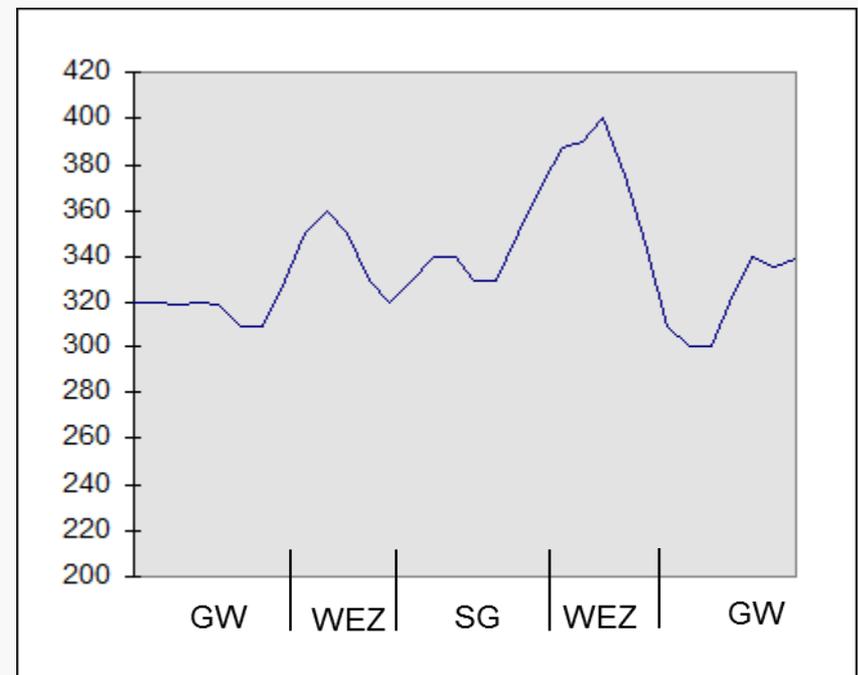
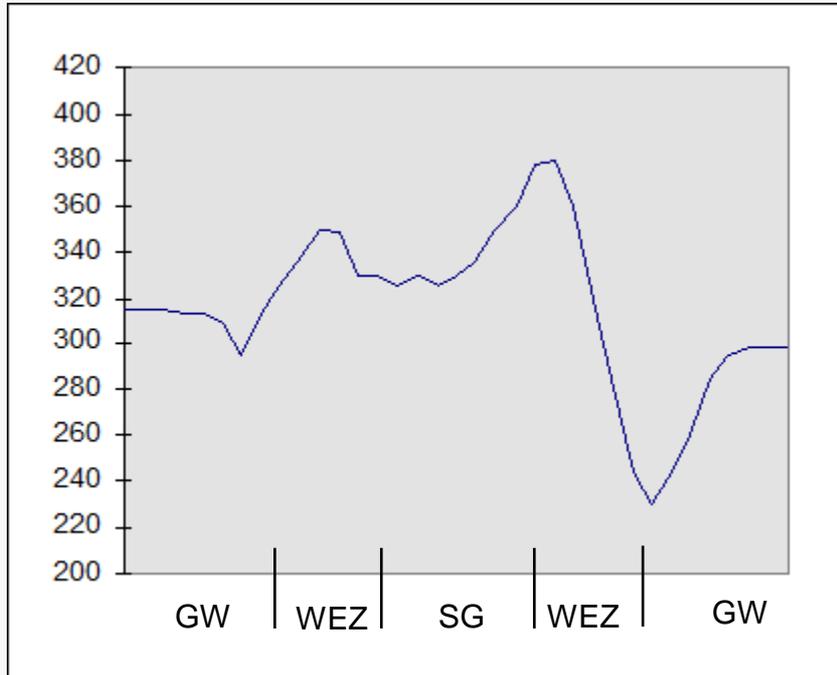
TM(S890MC)

Vergütet (S890QL)

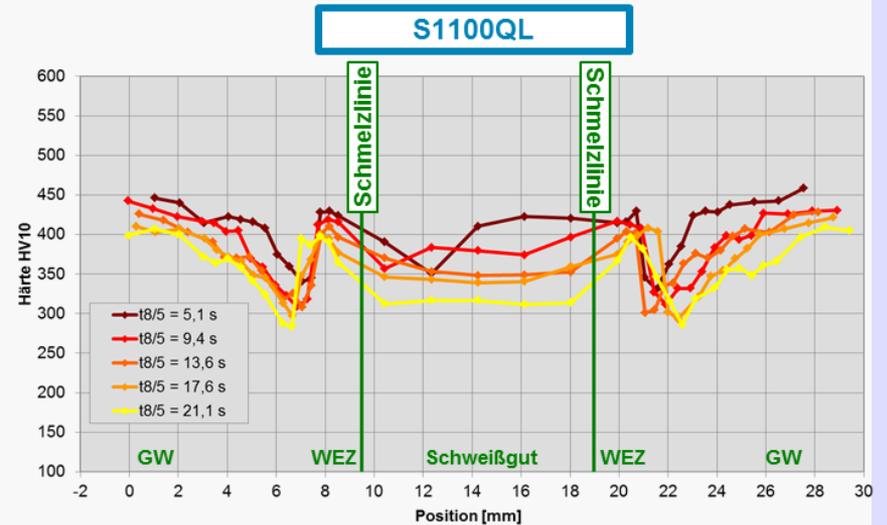
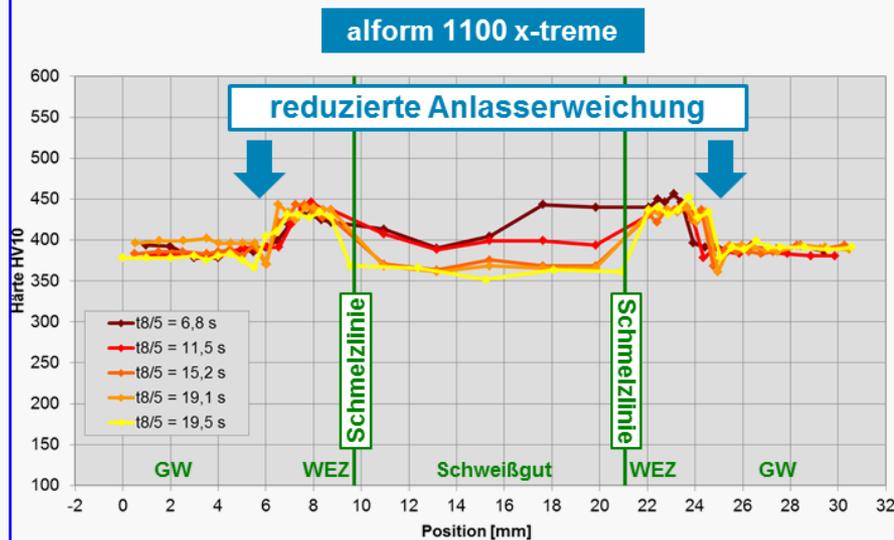
Bruchlage WEZ

$R_{p0,2}$ 940 N/mm²

R_m 1020 N/mm²



– Härtespur (Decklage)



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

- Ausgezeichnete **Zähigkeit**
- Sehr gute **Kaltumformbarkeit**
- Perfekte **Oberfläche** (Thema zyklische Beanspruchung)
- Sehr gute **thermische Schneideignung** aufgrund von
 - niedrigem C-Gehalt (Thema Aufhärtung)
 - niedrigem Eigenspannungsniveau (Thema Verzug)
 - Anlassbeständigkeit
- Hervorragende **Schweißignung**
 - niedriger C-Gehalt (Thema Aufhärtung)
 - reduzierte Blaswirkung (gesamte Produktion magnethebefrei)
 - Anlassbeständigkeit
- **Thermisches Richten** (Flammrichten bzw. Induktiv) ist möglich
 - Anlassbeständigkeit

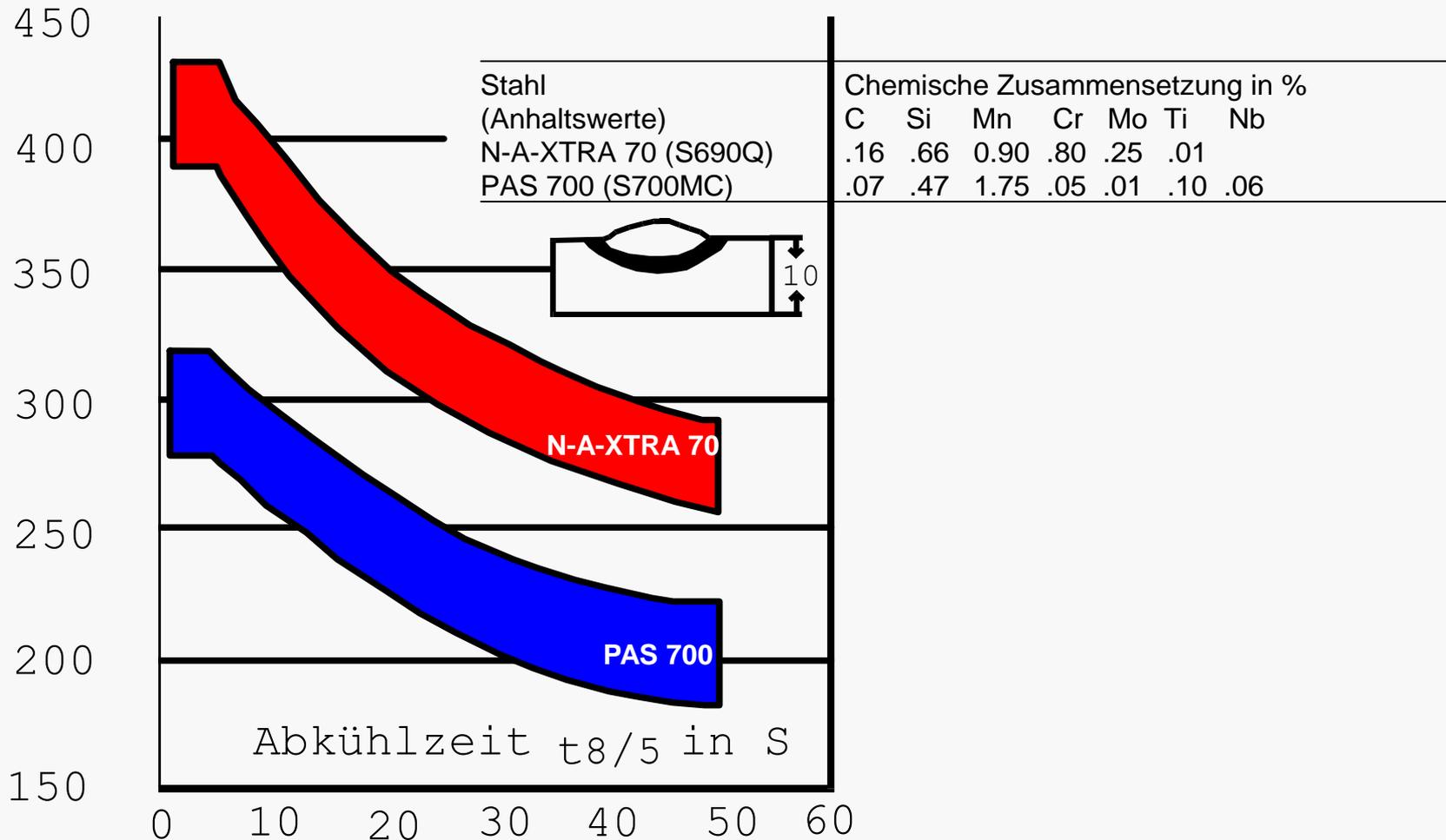
Vorteile der **thermomechanisch gewalzten Feinkornbaustähle:**

- je nach Blechdicke und Herstellverfahren deutlich geringerer Preis
- bessere Ebenheit
- bessere Schweißeignung durch geringes CEV (keine oder geringe Vorwärmung erforderlich)
- geringere Abkantradien möglich

Vorteile der **flüssigkeitsvergüteten Feinkornbaustähle:**

- auch in größeren Blechdicken erhältlich
- weniger Eigenspannungen
- gute Zähigkeitseigenschaften bis Temperaturen von $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$
- (Wärmebehandlungen auch bei höheren Temperaturen oder Warmumformung möglich)

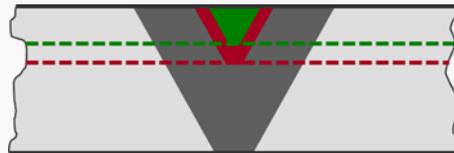
Härte HV10 / Prüfung nach Stahl / Eisen Prüfblatt 1203



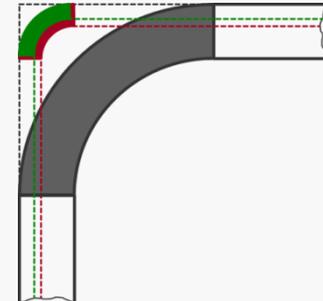
Stahlsortenvergleich für Rechteckprofil 120mm x 80mm x t, längsgeschweißt, V-Naht, Biegemoment 50kNm			
Stahlsorte	S355J2C	alform 700M	alform 960 x-treme
Blechdicke	15 mm	6 mm	4 mm
Laserschneidzeit	100%	40%	27%
erforderliche Kantkraft	100%	32%	19%
min. Kantradius innen	100%	24%	26%
Schweißnahtvolumen	100%	16%	7%
Schweißzeit	100%	40%	18%
Bauteilgewicht	100%	44%	30%



Blechdicke



Nahtvolumen



Kantradius

Vermeidung wasserstoffinduzierter Rißbildung an un- und niedriglegierten Bau- und Feinkornstählen, warmfesten Stählen und kaltzähen Stählen

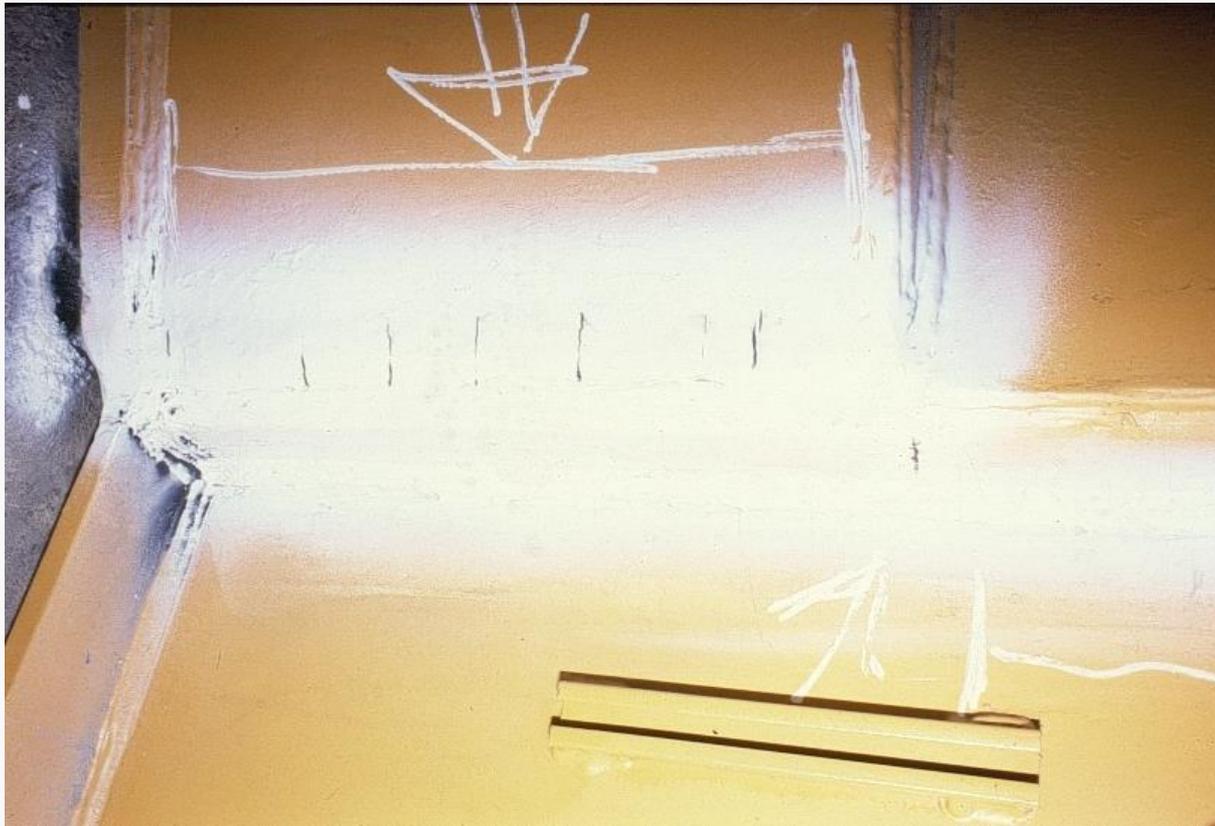
Einflußfaktoren:

- **chem. Analyse des Grundwerkstoffs (CE/CET-Äquivalent)**
- **$T_{8/5}$ -Zeit (Wärmeeinbringung, Vorwärmung, Wanddicke)**
- **Wasserstoffgehalt des Schweißzusatzes**
- **Spannungsniveau der Konstruktion**

Ziel:

Ermittlung der **minimal nötigen Vorwärmtemperatur** in Abhängigkeit von Wärmeeinbringung, komb. Wanddicke, Wasserstoffgehalt des Schweißzusatzes und CE/CET-Äquivalent

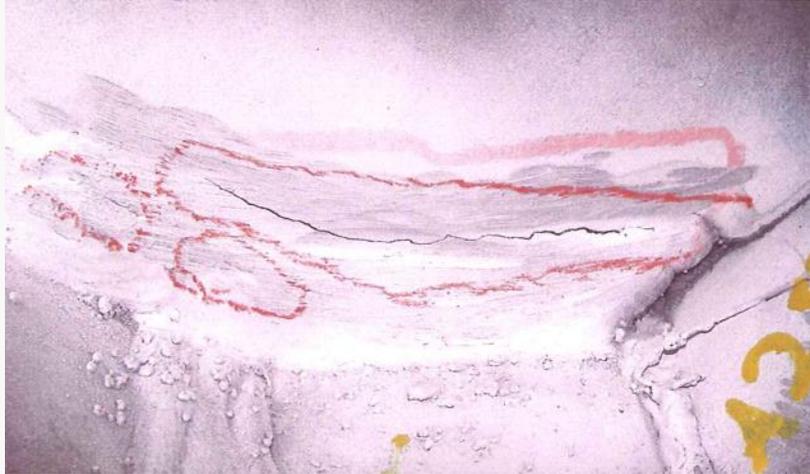
Beispiel für typische Kaltrisse



Ursache:

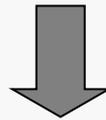
zu kurze Abkühlzeit $t_8/5$
rel. hoher Wasserstoffgehalt
hohe Eigenspannungen
keine oder zu geringe
Vorwärmung

die Risse verlaufen meist
quer zur Naht

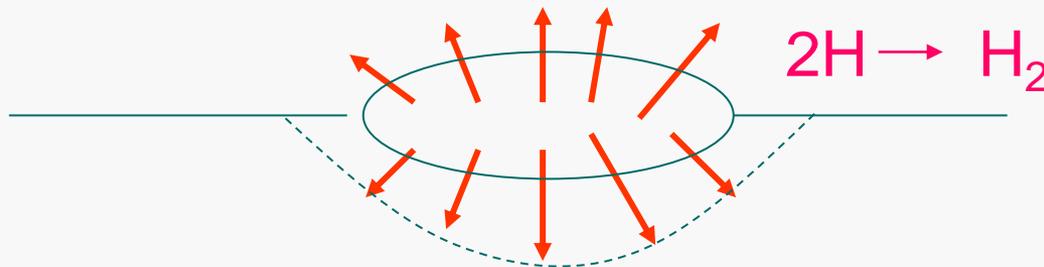


Schweißgut wird während des Abkühlvorganges mit Wasserstoff übersättigt.

(Sinkende Löslichkeit für Wasserstoff in FE-C-Legierungen mit abnehmender Temperatur.)



Diffusion des Wasserstoffes in das Schweißgut und teilw. in die WEZ des Grundwerkstoffes.



- **Werkstück**

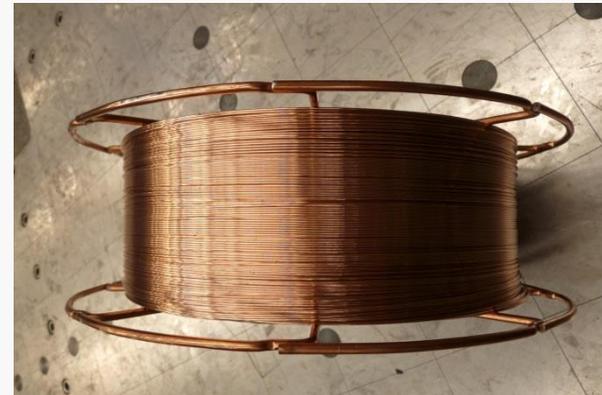
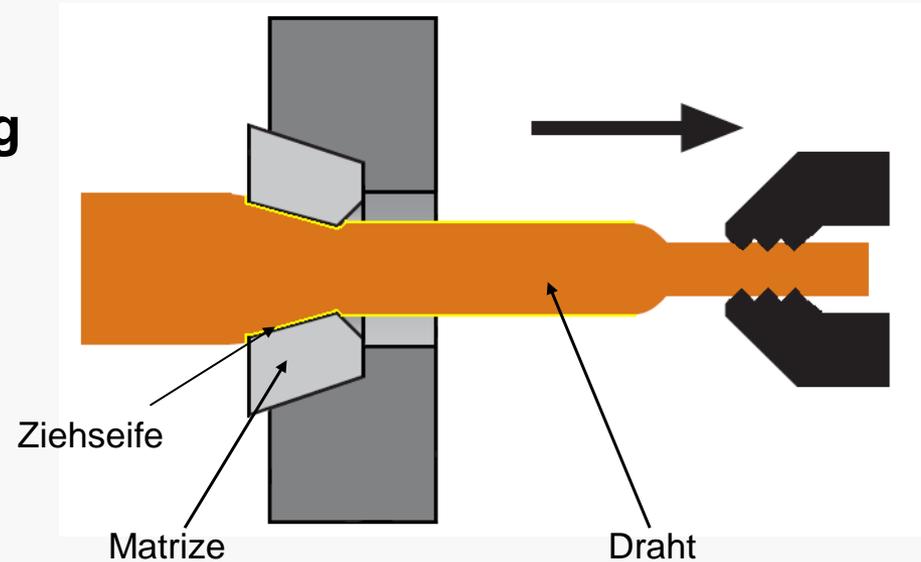
- Oberflächenbeschichtung
- Rost
- Feuchtigkeit auf der Oberfläche

- **Atmosphäre**

- Luftfeuchtigkeit

- **Schweißzusatzwerkstoff**

- Schmutz
- Öl- und Fett
- Feuchtigkeit
- Ziehseife



$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

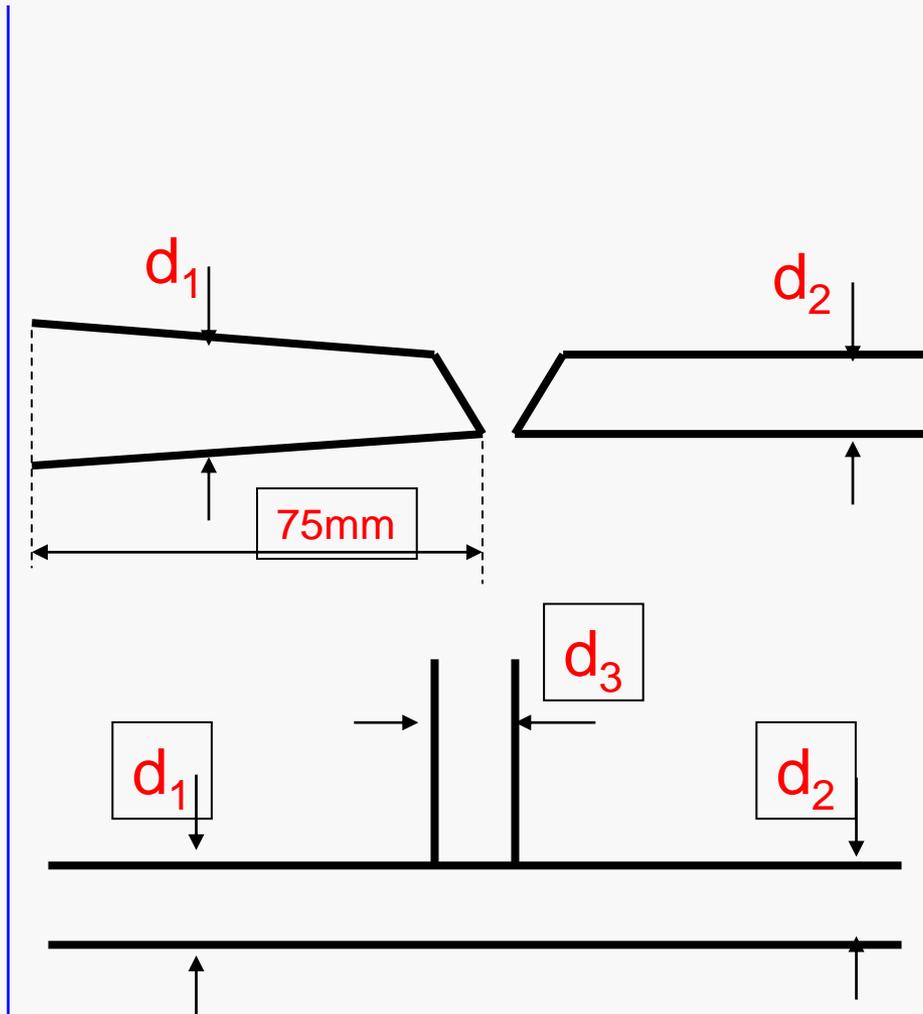
$$CET = C + \frac{Mn + Mo}{10} + \frac{Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{40}$$

Beispiel:

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

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

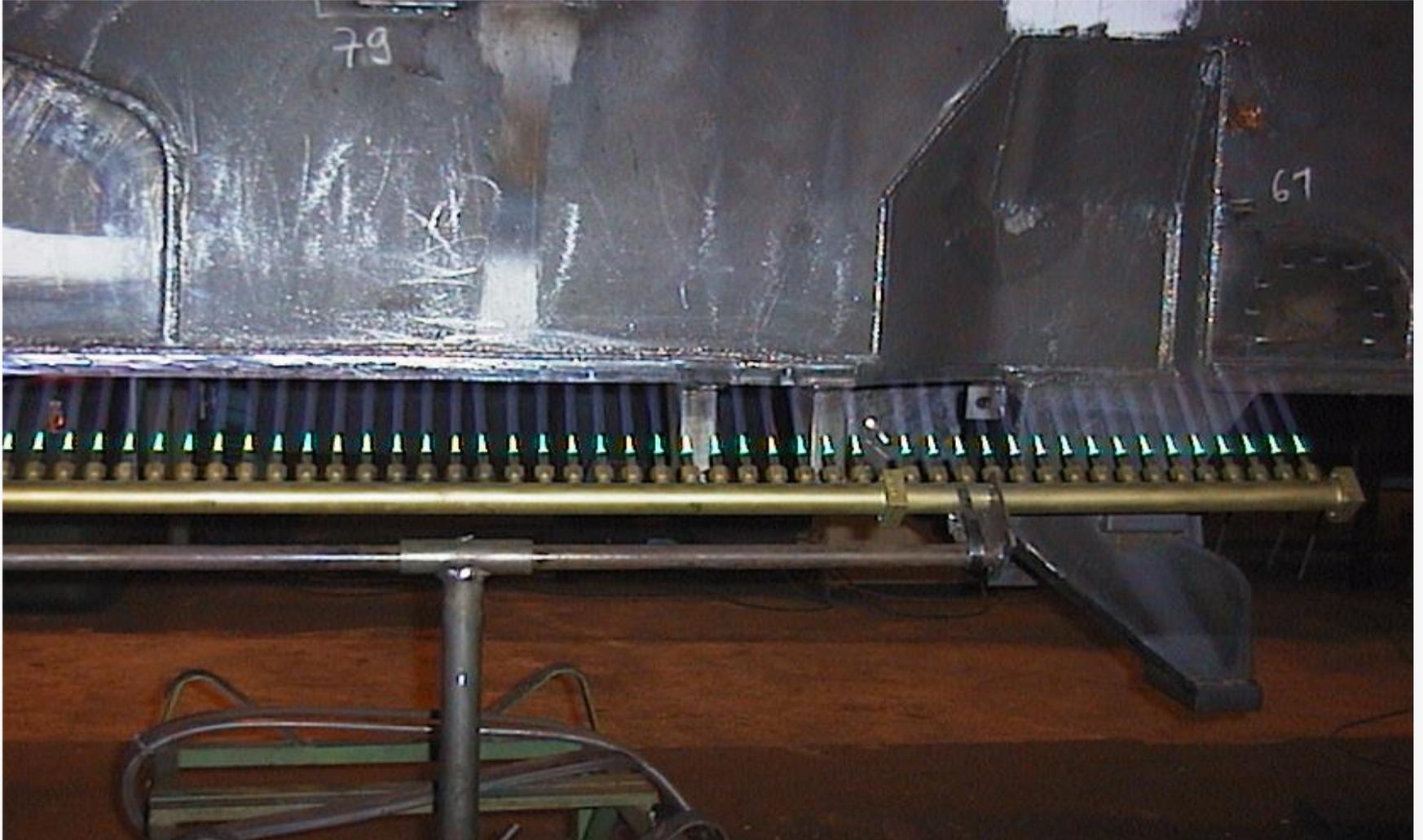
*Wenn das CET des Grundwerkstoffes das des Schweißgutes (SG) um 0,03% übersteigt, ist der Grundwerkstoff maßgebend. Anderenfalls ist das um 0,03% erhöhte CET des Schweißgutes zu verwenden [SEW 088].



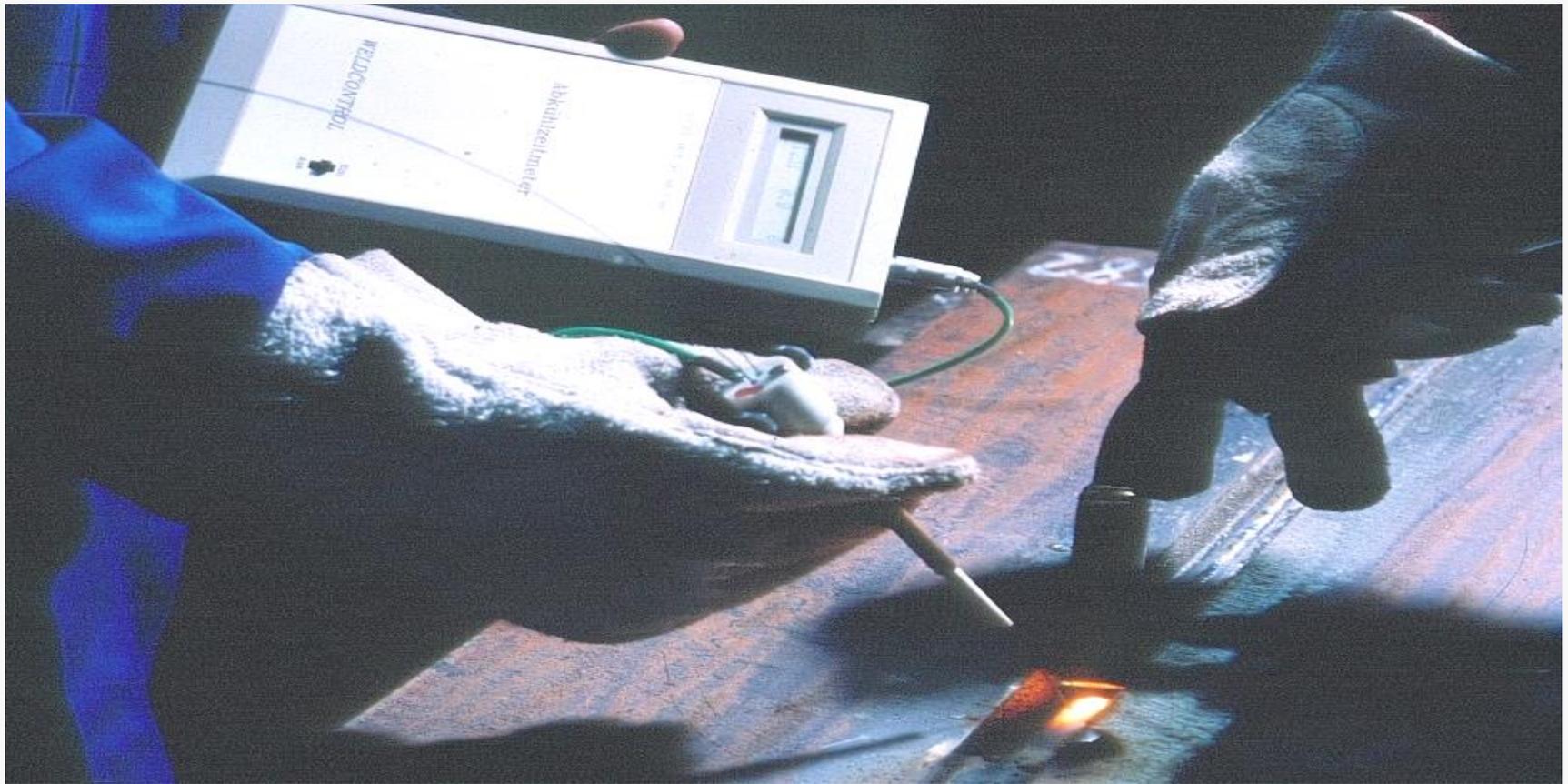
$$D_k = d_1 + d_2$$

d_1 = durchschnittl. Wanddicke
über eine Länge von 75mm

$$D_k = d_1 + d_2 + d_3$$



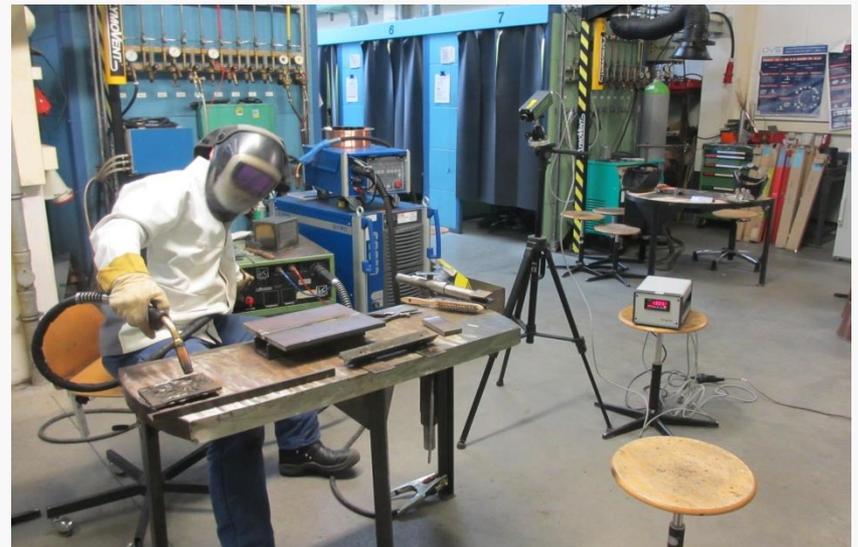
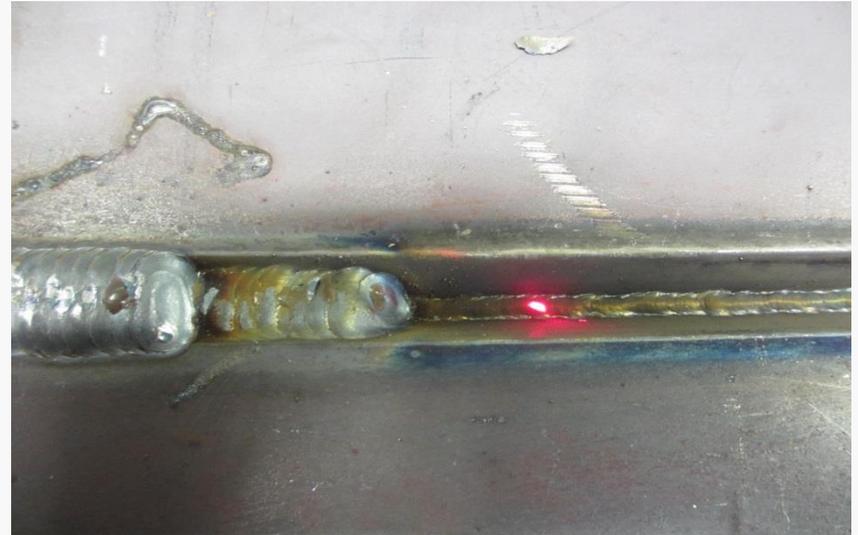
Messen der Abkühlzeit $t_{8/5}$ mit Thermoelement







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

Schritt 1 – Hauptmenü – Auswahl des aktuellen Programmpunktes

The screenshot shows the main menu of the 'Formelsammlung ProWeld' software. The window title is 'ThyssenKrupp Stahl'. The main content area is titled 'Formelsammlung ProWeld' and 'Version 4.1'. It features a logo on the left and a list of menu items under the heading 'Inhalt'. A vertical sidebar on the right contains buttons for 'CEQ', 'T0', 't8/5', 'Q/E', 'HV', 'Sprache', 'Info', and 'Ende'. Callouts point to these buttons with the following descriptions:

- Programmauswahl**: Points to the 'CEQ' button.
- Auswahl der Sprache: Deutsch oder Englisch**: Points to the 'Sprache' button.
- Information zu Begriffen und Definitionen beim Schweißen**: Points to the 'Info' button.
- Beenden des Programms**: Points to the 'Ende' button.

The menu items in the 'Inhalt' section are:

- Berechnung von Kohlenstoffäquivalenten
- Berechnung von Mindestvorwärmtemperaturen
- Berechnung der Abkühlzeit $t_{8/5}$
- Wärmeeinbringen und Streckenenergie
- Berechnung der Höchststärke in der WEZ

At the bottom of the sidebar, the copyright notice '© FQP-MV' is visible.

Schritt 2 Ermittlung des Kohlenstoffäquivalents

Beispiel: Stahlsorte XABO 960 Blechdicke 25 mm
 Schweißprozeß MAG Drahtelektrode Union X96, 1,2mm Ø

ThyssenKrupp Stahl FQP-Schweißtechnik

Berechnung verschiedener Kohlenstoffäquivalente

Analysengehalt in %	Gültigkeitsbereich	1. Analyse	2. Analyse
Kohlenstoff C	(0,05 - 0,32)	0,16	0,1
Silicium Si	(< 0,80)	0,33	0,78
Mangan Mn	(0,50 - 1,90)	0,78	1,76
Chrom Cr	(< 1,50)	0,63	0,46
Kupfer Cu	(< 0,70)	0,03	0,12
Molybdän Mo	(< 0,75)	0,42	0,54
Nickel Ni	(< 2,50)	1,77	2,2
Niob Nb	(< 0,06)	0	0
Vanadium V	(< 0,18)	0,06	0,07
Bor B	(< 0,005)	0	0

Kohlenstoffäquivalente in %		1. Analyse	2. Analyse
CET (SEW 088-93)		0,36	0,41
CE (BS 5135)		0,63	0,76
PCM (ANSI/AWS D1.1-96)		0,31	0,32
CEN (JIS B8285)		0,58	0,53

Buttons: T0, t8/5, Q/E, HV, Laden, Speichern, Info, Drucken, Menü

Eingabe der chemischen Zusammensetzung, z. B.

1. Grundwerkstoff
2. Schweißzusatz

Laden einer gespeicherten Analyse ins Rechnerprogramm

Speichern der Eingaben möglich

Kohlenstoffäquivalente anhand der eingegebenen Analysen

Welding Calculator App

Die Welding Calculator App unterstützt die Planung und Optimierung von Schweißaufgaben wie z. B. die Berechnung der Abkühlzeit, der Vorwärmtemperatur oder der Kalkulation der benötigten Mengen an Schweißzusätzen. Als gemeinsame Entwicklung der voestalpine Steel Division und voestalpine Böhler Welding ist die App derzeit für Android im Google Play Store und für iOS im App Store verfügbar.

Laden Sie hier die voestalpine Welding Calculator-App auf Ihr Smartphone, Tablet oder Laptop:



Desktopversion

Download für Android

Download für iOS

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

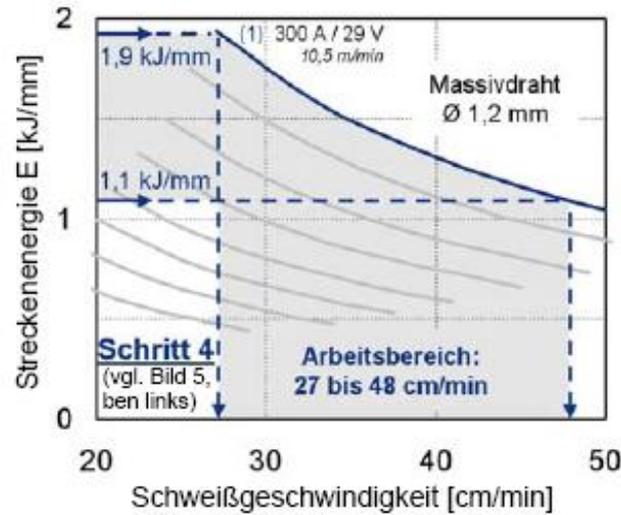
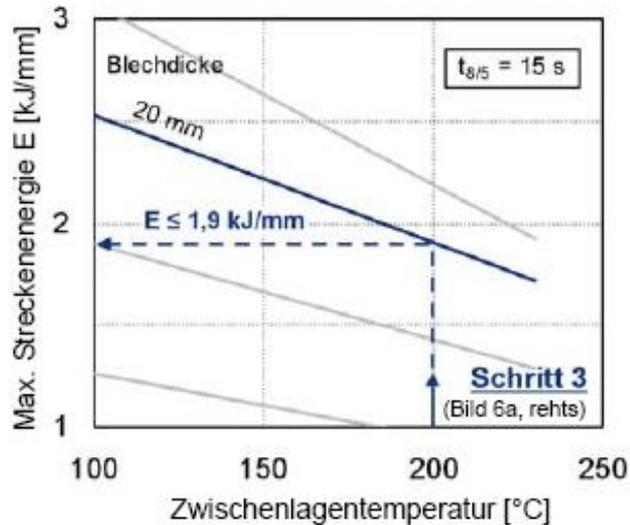
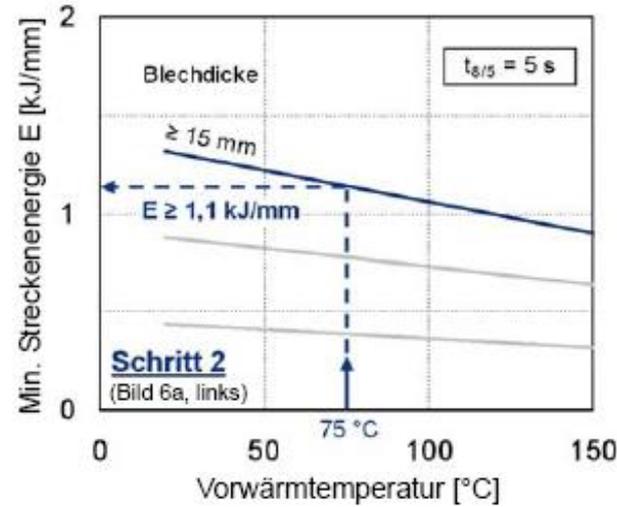
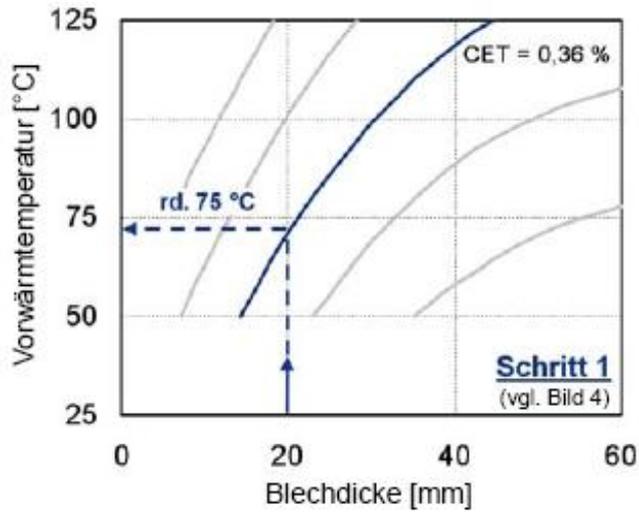
Das Merkblatt enthält weiterhin Empfehlungen zur Wahl der geeigneten Kombination von Zusatzwerkstoffen und Schutzgasen zum MAG-Schweißen von hochfesten Feinkornbaustählen.

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
Schweißgeschwin-
digkeit**

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

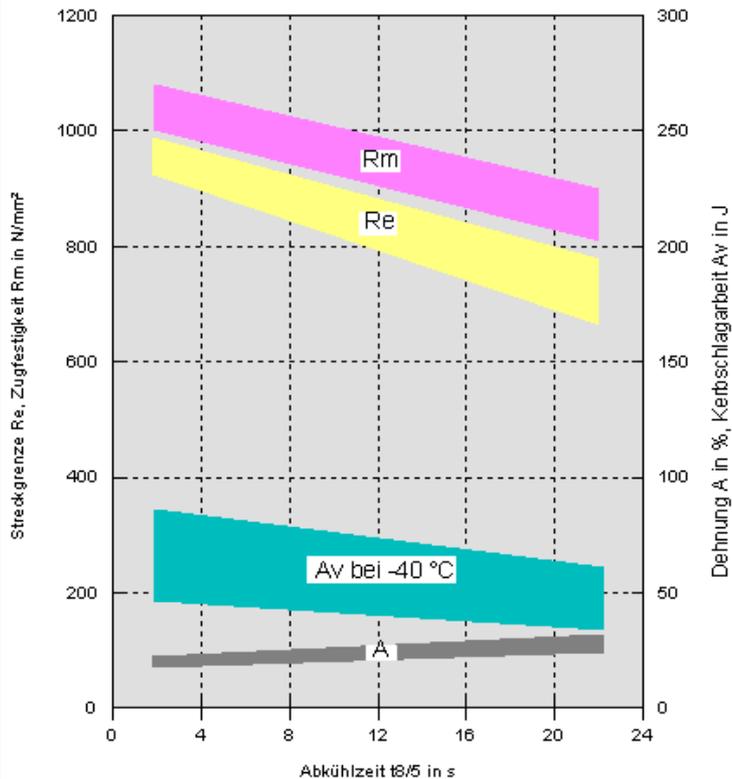
Sowohl durch die Aufmischung mit dem Grundwerkstoff als auch durch geänderte Schweißbedingungen können die tatsächlichen Eigenschaften von den Angaben der Schweißzusatzhersteller abweichen. Die größte Vermischung des Schweißgutes mit aufgeschmolzenem Grundwerkstoff findet zwangsläufig im Wurzelbereich 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.

	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				

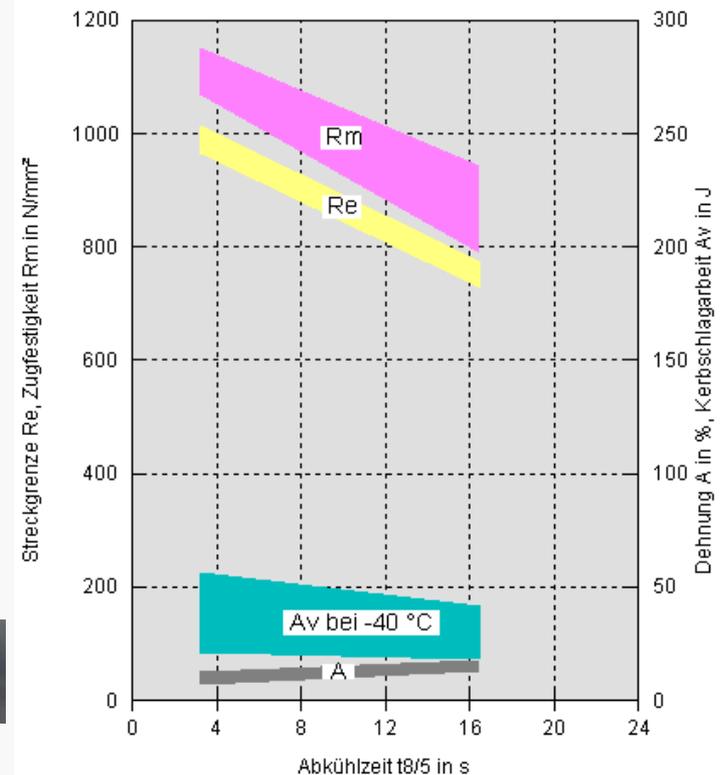
Quelle: Auszug aus Zusammenstellung Normen Schweißtechnik www.mussmann.org

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

Union X 90 / M 21



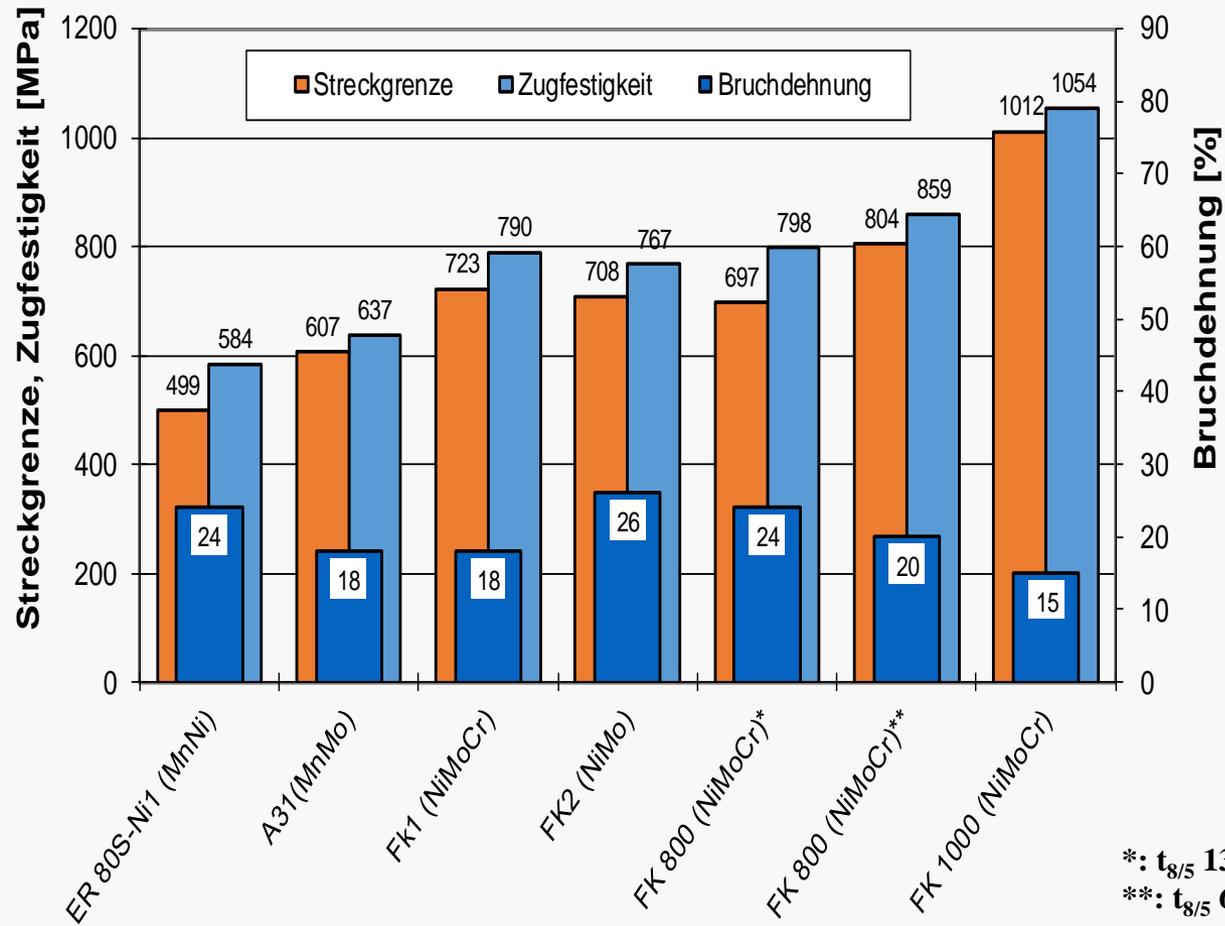
Union X 96 / M 21



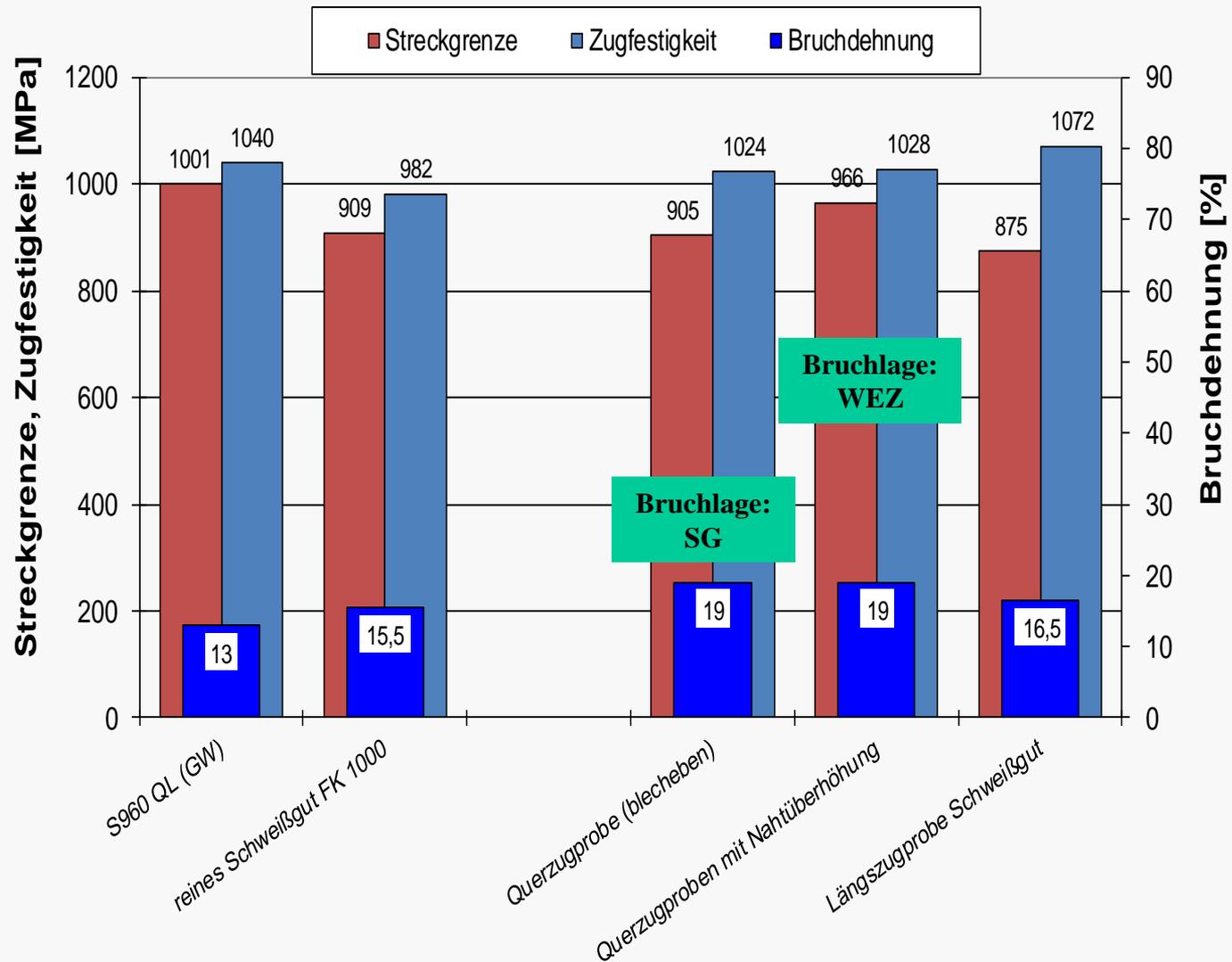
Quelle:



Mechanische Eigenschaften von reinem Schweißgut für hochfeste Stähle



Quelle: Fa. Fließ





Einsatz Doppelkoffer pro Arbeitsplatz

GEC



Schweißen in Zwangspositionen – gelingt, weil es einfach ist.

Was ist Positionweld?:

Einfaches und sicheres Schweißen in Zwangspositionen

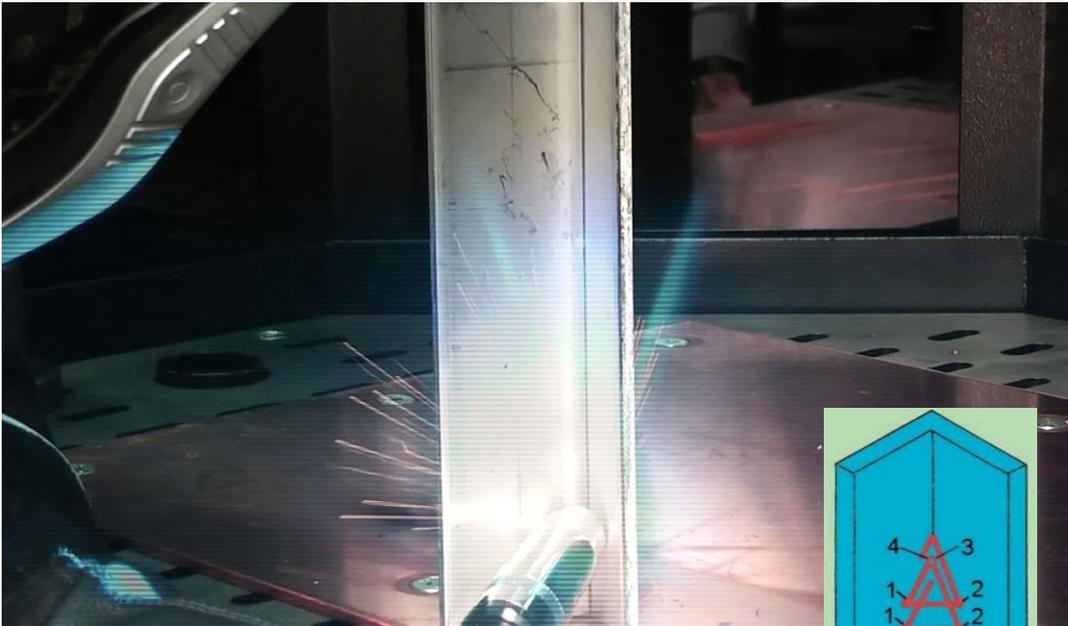
Kombinierte Prozessvariante für das Schweißen von un- bis hochlegiertem Stahl und Aluminiumlegierungen in Zwangspositionen mit leichter Handhabung und sicherer Wurzelerfassung

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.

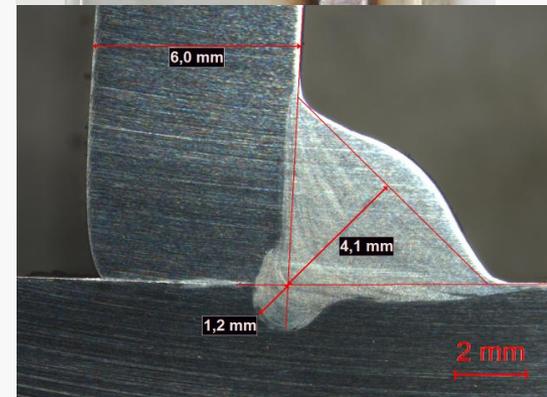
Positionweld kombiniert die bewährten EWM Prozesse für sicheren Einbrand und gleichmäßiges Nahtaussehen. Beim steigenden Schweißen kann der Brenner gerade, **ohne Tannenbaumtechnik** geführt werden, so ist eine höhere Schweißgeschwindigkeit und eine Reduzierung der Wärmeeinbringung möglich. Eine aufwendige 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



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

Tannenbaumtechnik





LIEBHERR

1. Aufgabenstellung: PositionWeld vs Standard-Verfahren

2. Werkstoff:

Grundwerkstoff: S960QL

Abmessungen: 10mm

3. Zusatzwerkstoffe / Schweißposition:

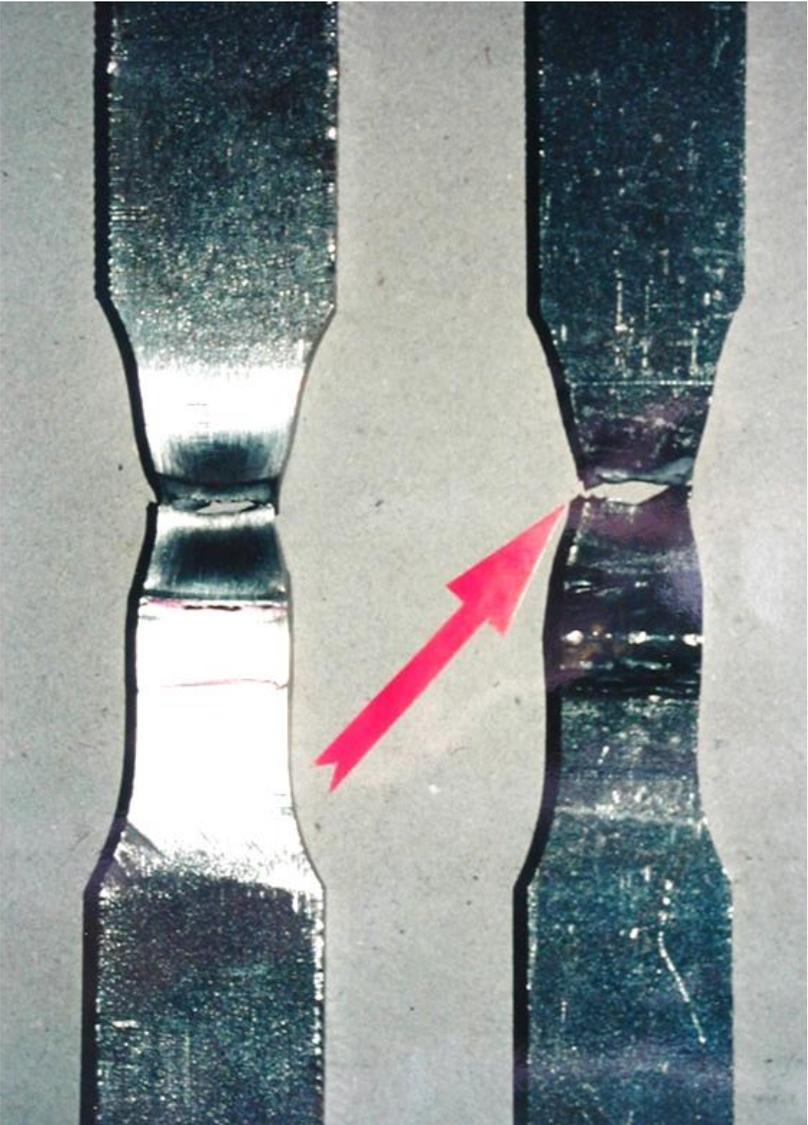
Schweißzusatz: FK1000 Fa. Fliess

Schweißposition: PF

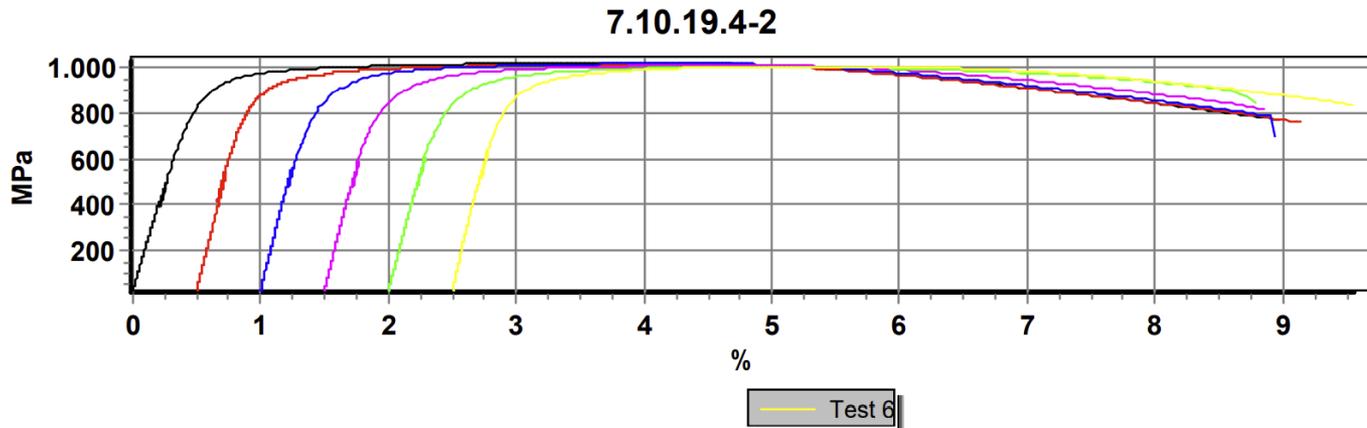
Schweißverfahren: 135

5. Prüfspezifikationen:

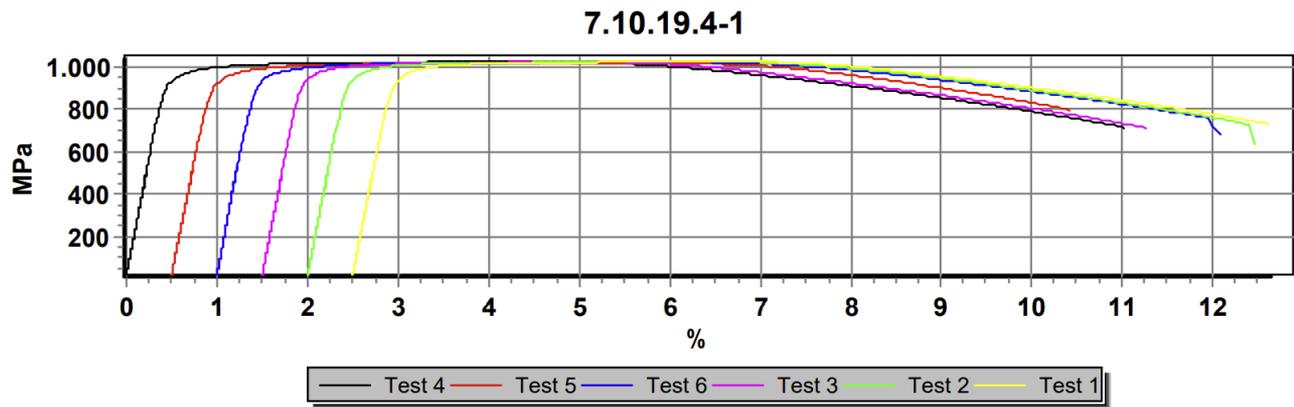
- Querkzugprobe an Schweißverbindungen gemäß DIN EN ISO 4136
- Härtemapping



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



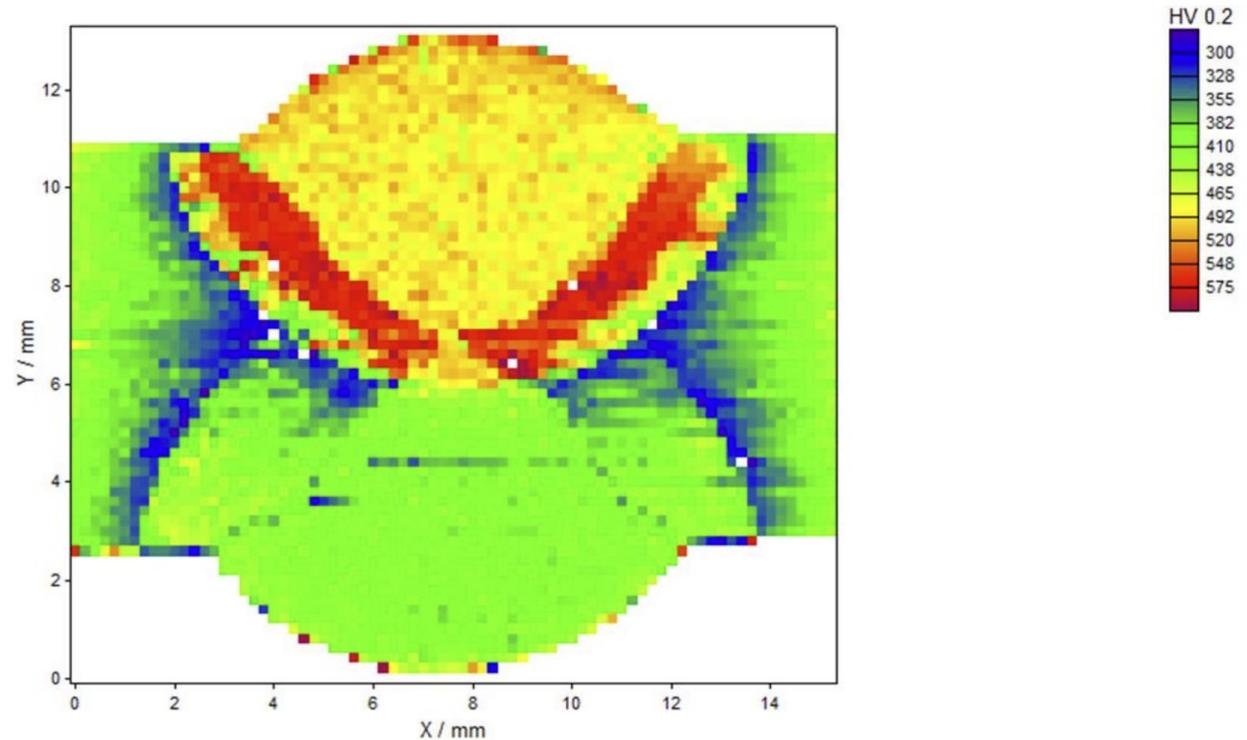
Eckdaten Schweißprozess:

Verfahren: 135

Nennstärke: 8 mm

Material: Hardox 500

Zusatzwerkstoff: Union X96



Was versteht man unter Härtemapping (Härtefeldmessung)?

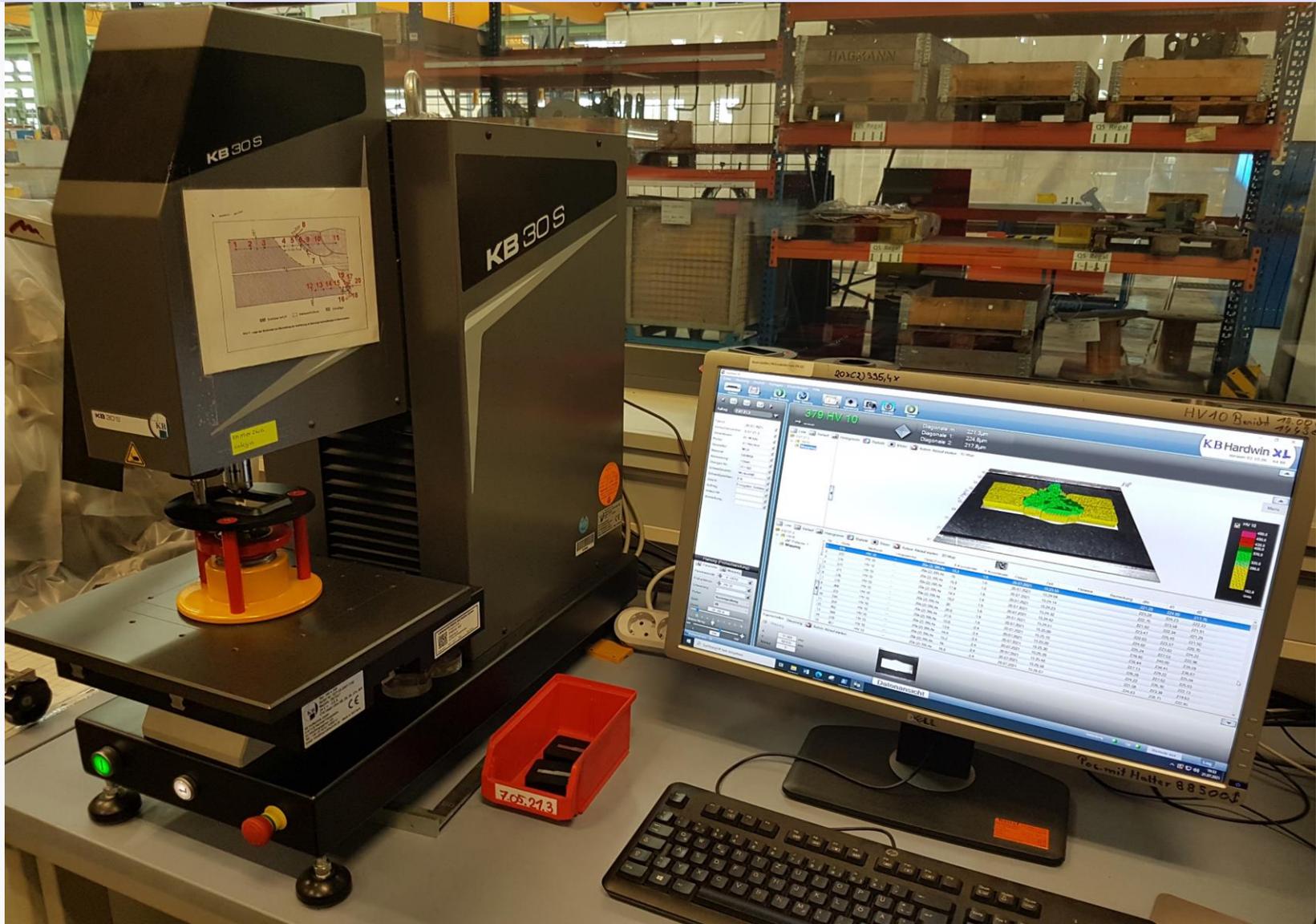
Unter Härtemapping versteht man die Erstellung eines flächendeckenden Härteverlaufs einer Probe oder eines bestimmten Bereichs.

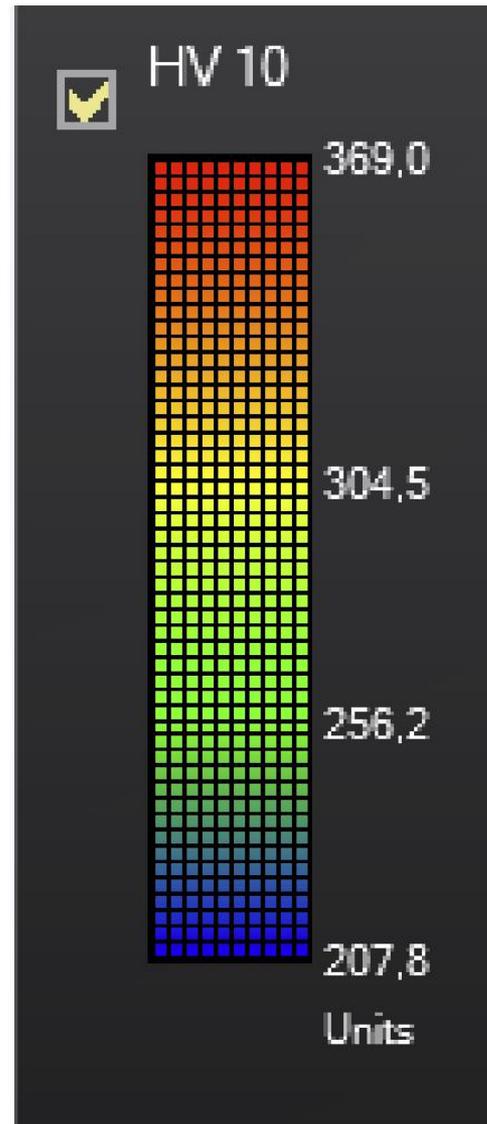
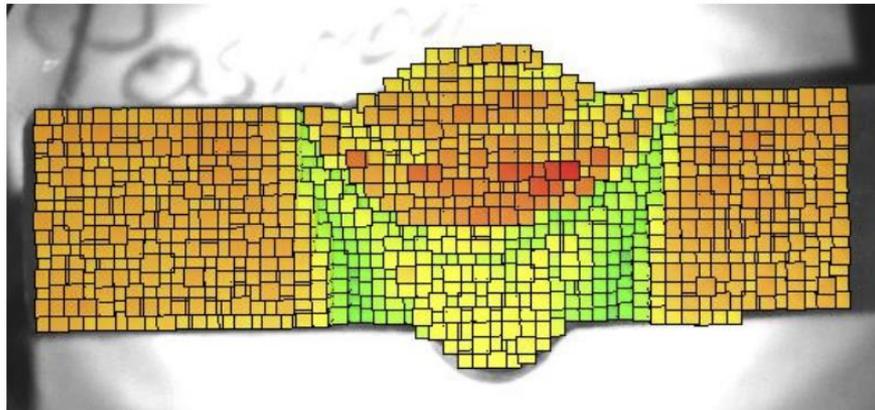
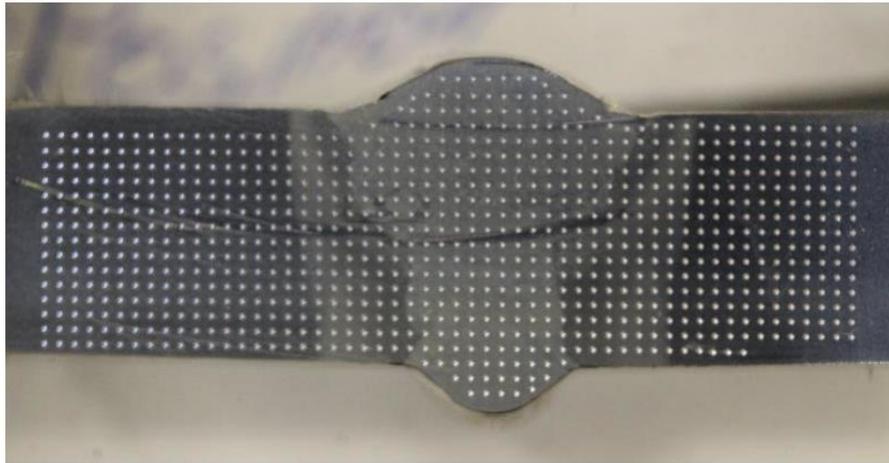
Durch die gleichmäßige, flächendeckende Verteilung von Prüfpunkten kann der Härteverlauf bestimmt werden. Das Ergebnis – die Härte-Map – kann entweder als 2D-Farbdarstellung oder als 3D-Diagramm angezeigt werden. Durch diese Informations- und Darstellungsqualität ist es möglich, ähnlich zur FEM-Methode,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

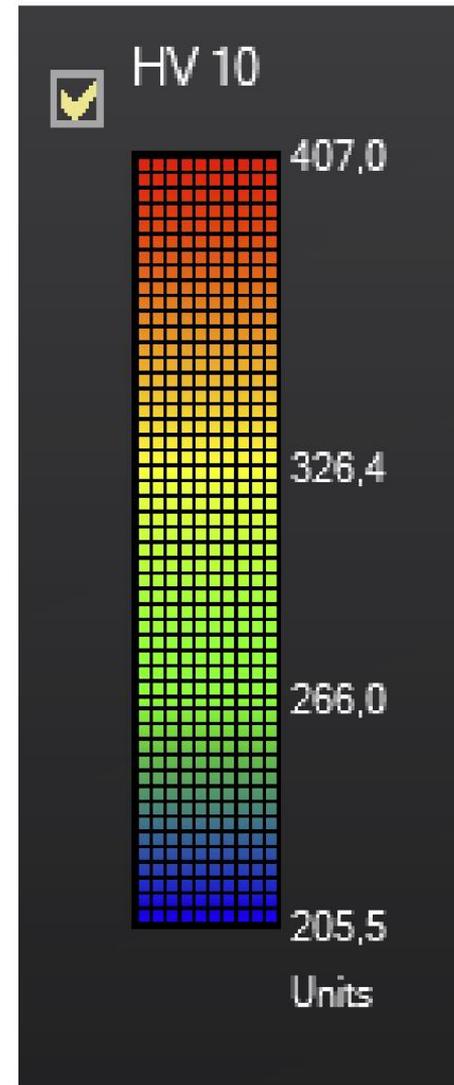
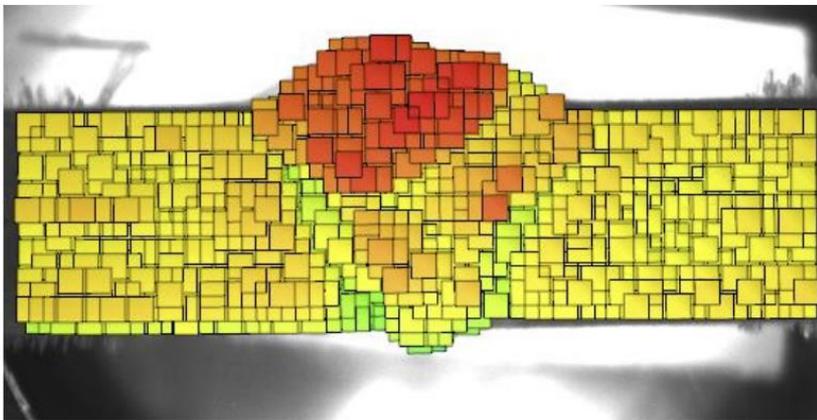
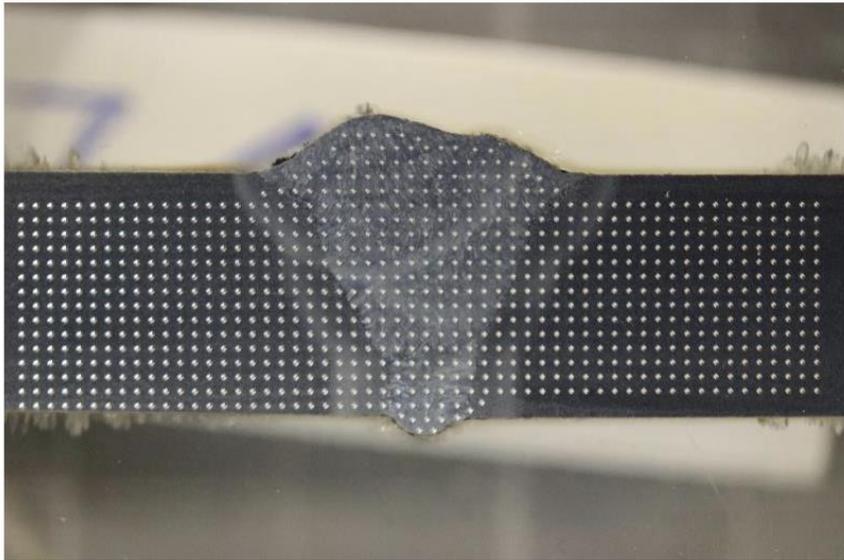
Quelle: EMCO-TEST Prüfmaschinen GmbH

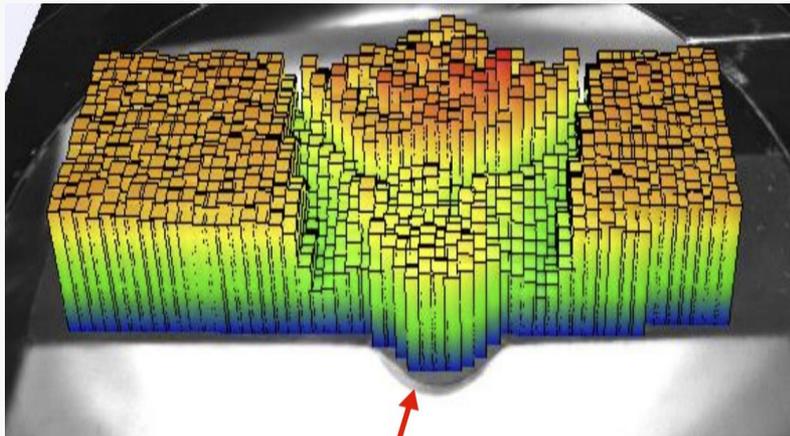
Vollautomatisches Härtemessgerät (Härtemapping)

GEC

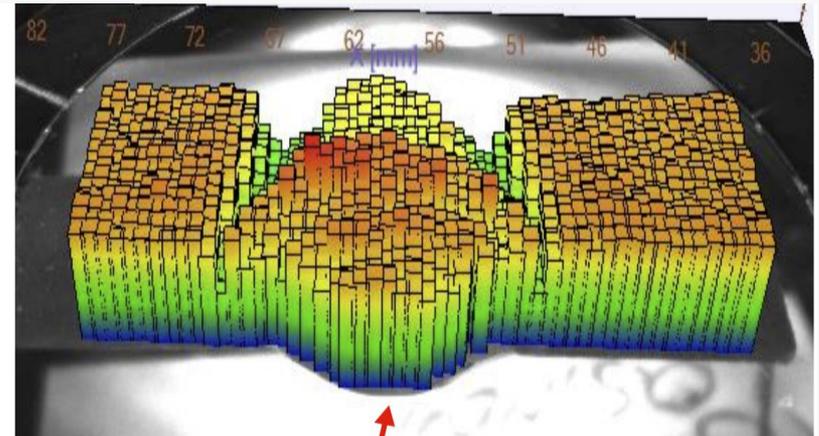




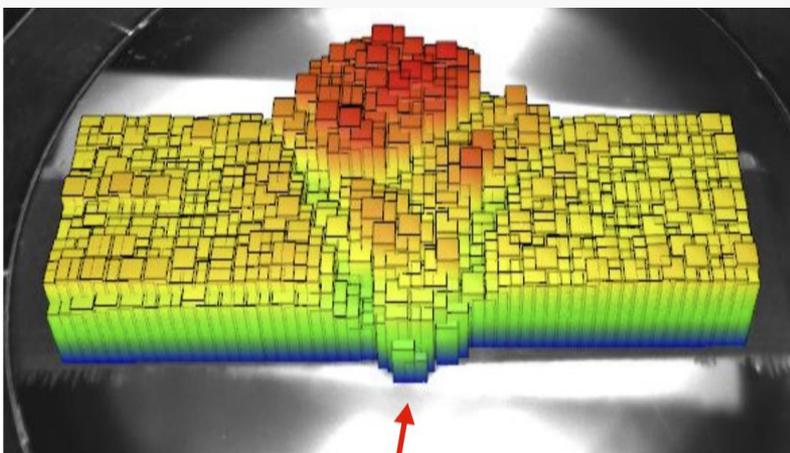




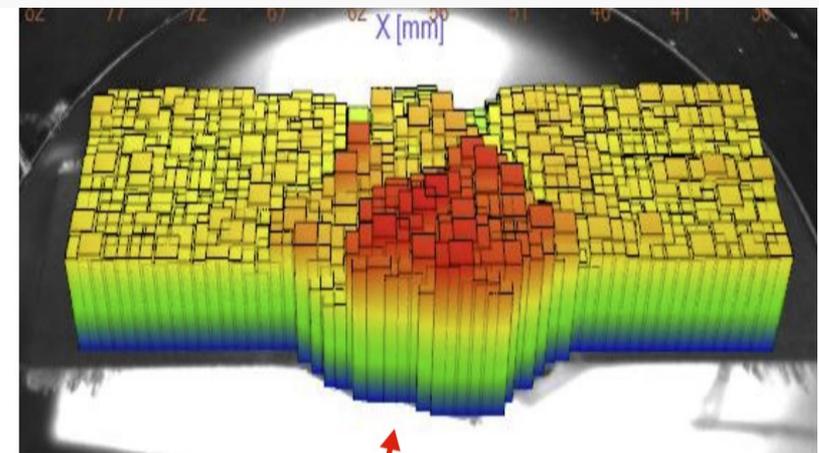
Wurzel



Decklage

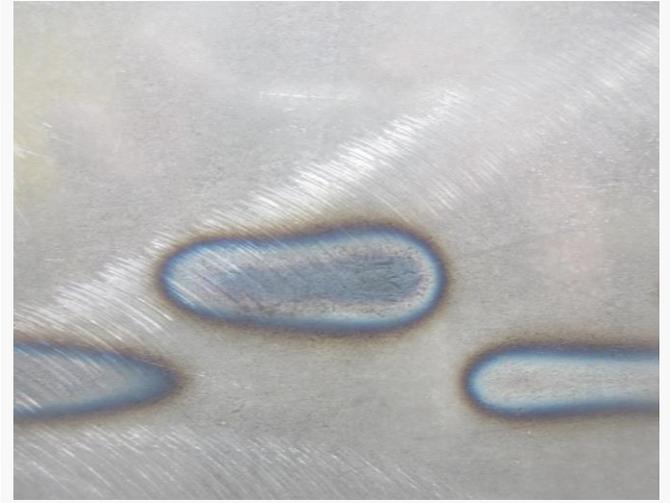


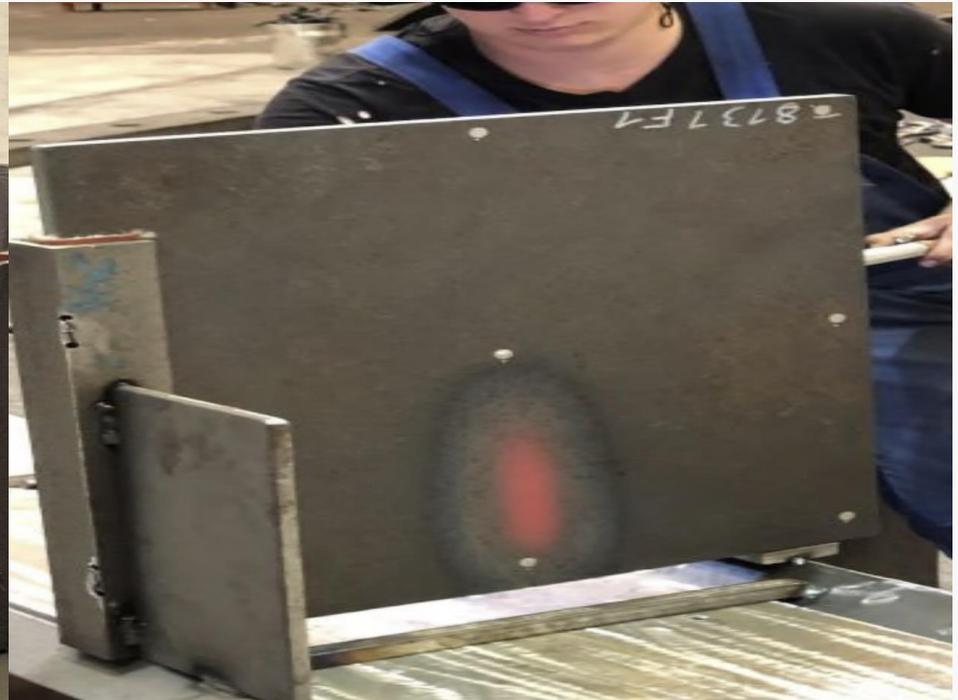
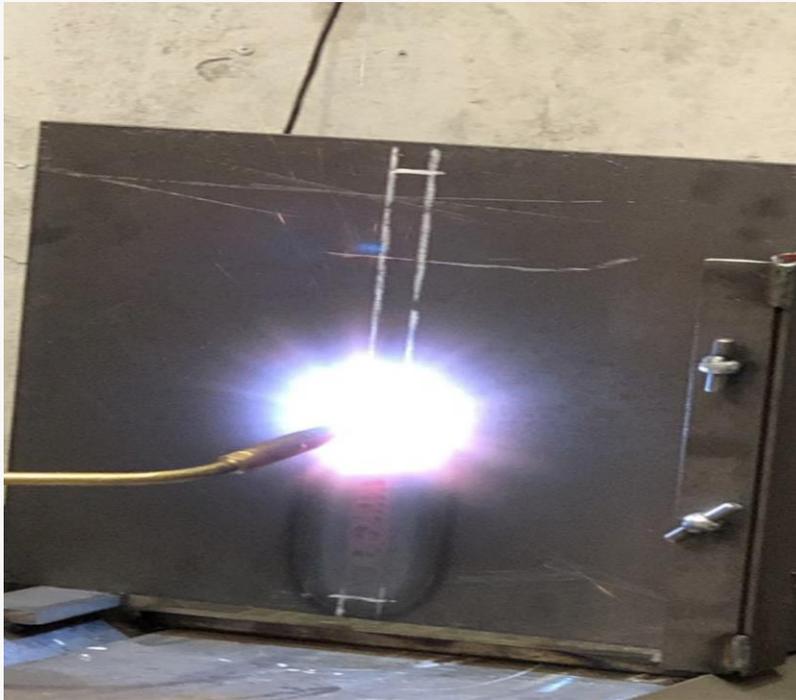
Wurzel

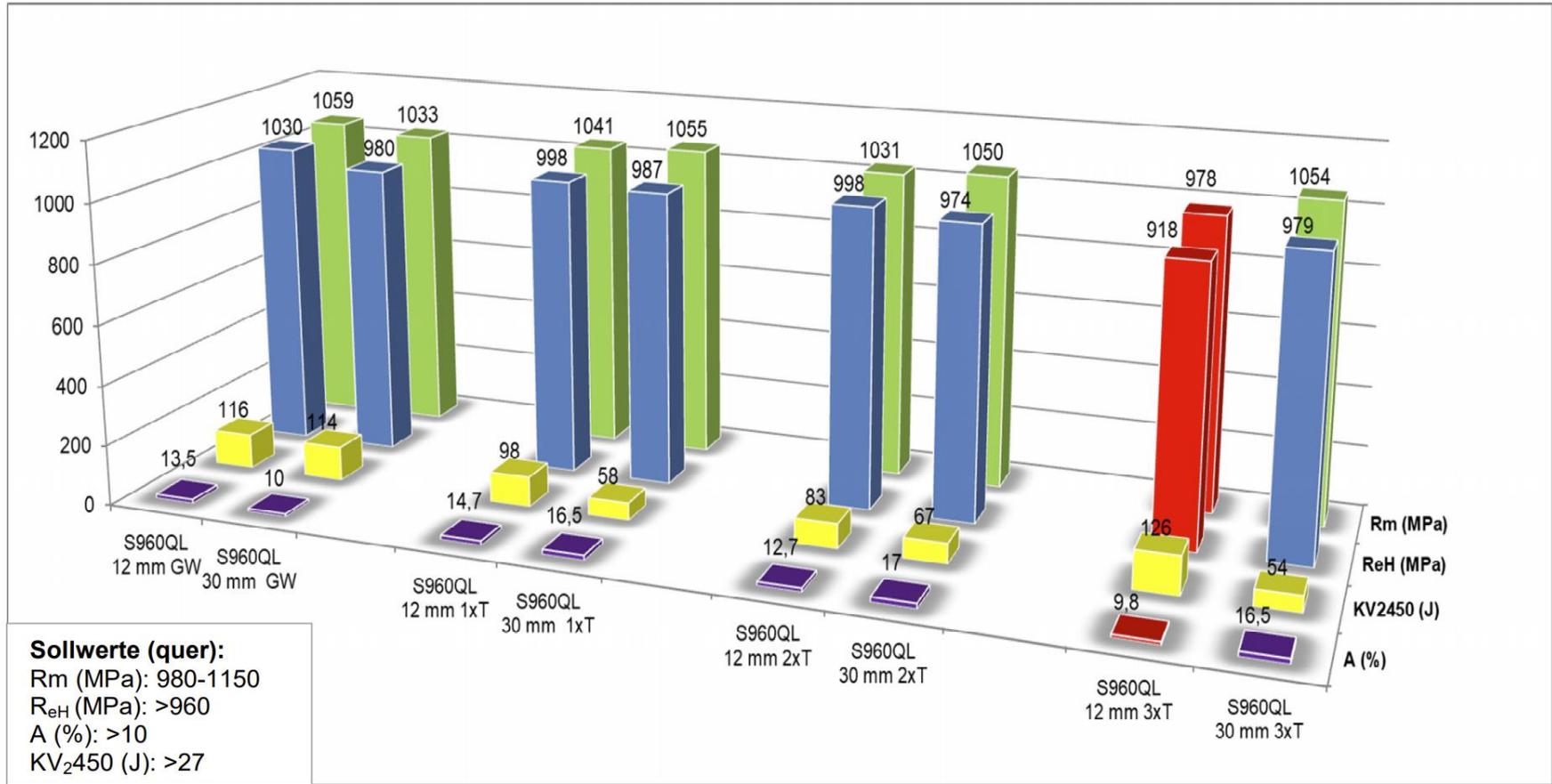


Decklage



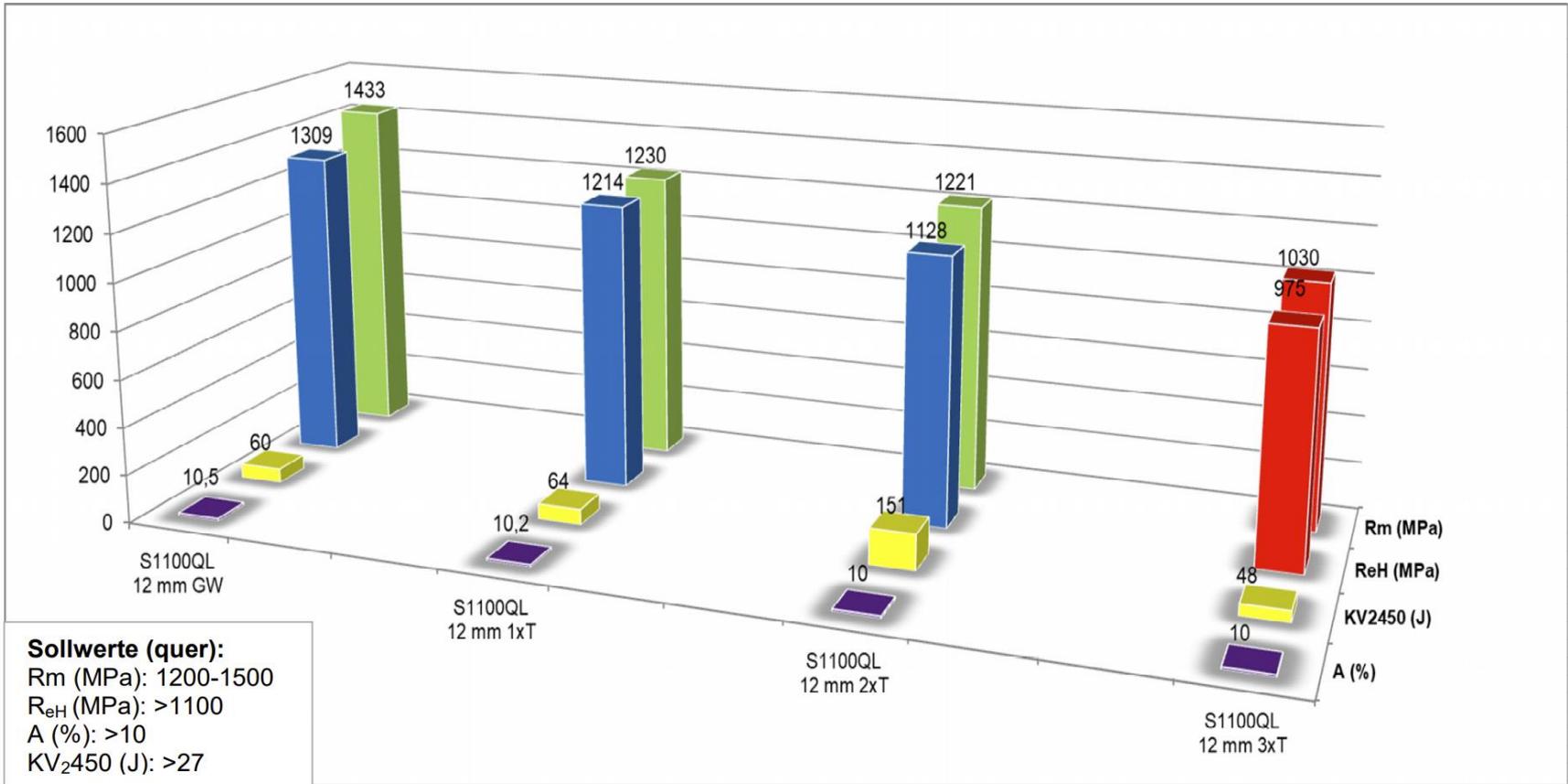






Mechanisch technologische Kennwerte der flammgerichteten Proben S960QL

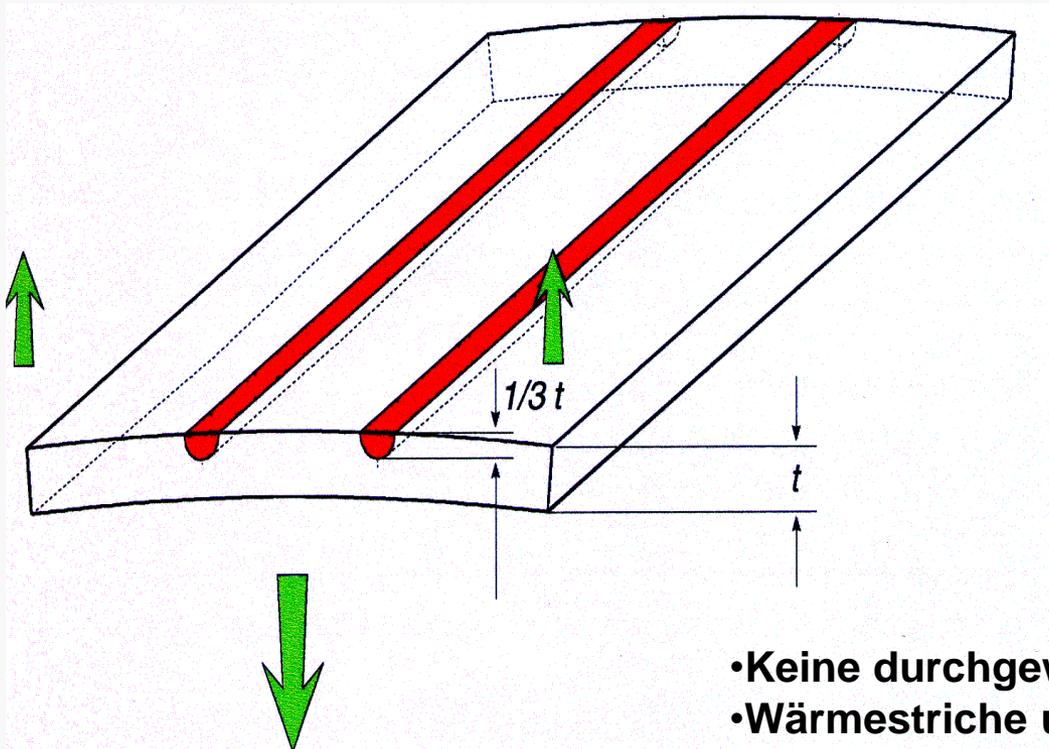
Quelle: Vortrag Dr. Vogelsang GSI



Mechanisch technologische Kennwerte der flammgerichteten Proben S1100QL

Quelle: Vortrag Dr. Vogelsang GSI

Flammrichten hochfester Stähle - S1100QL



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

Alternativ: Richten mit Induktionserwärmung ?

GEC

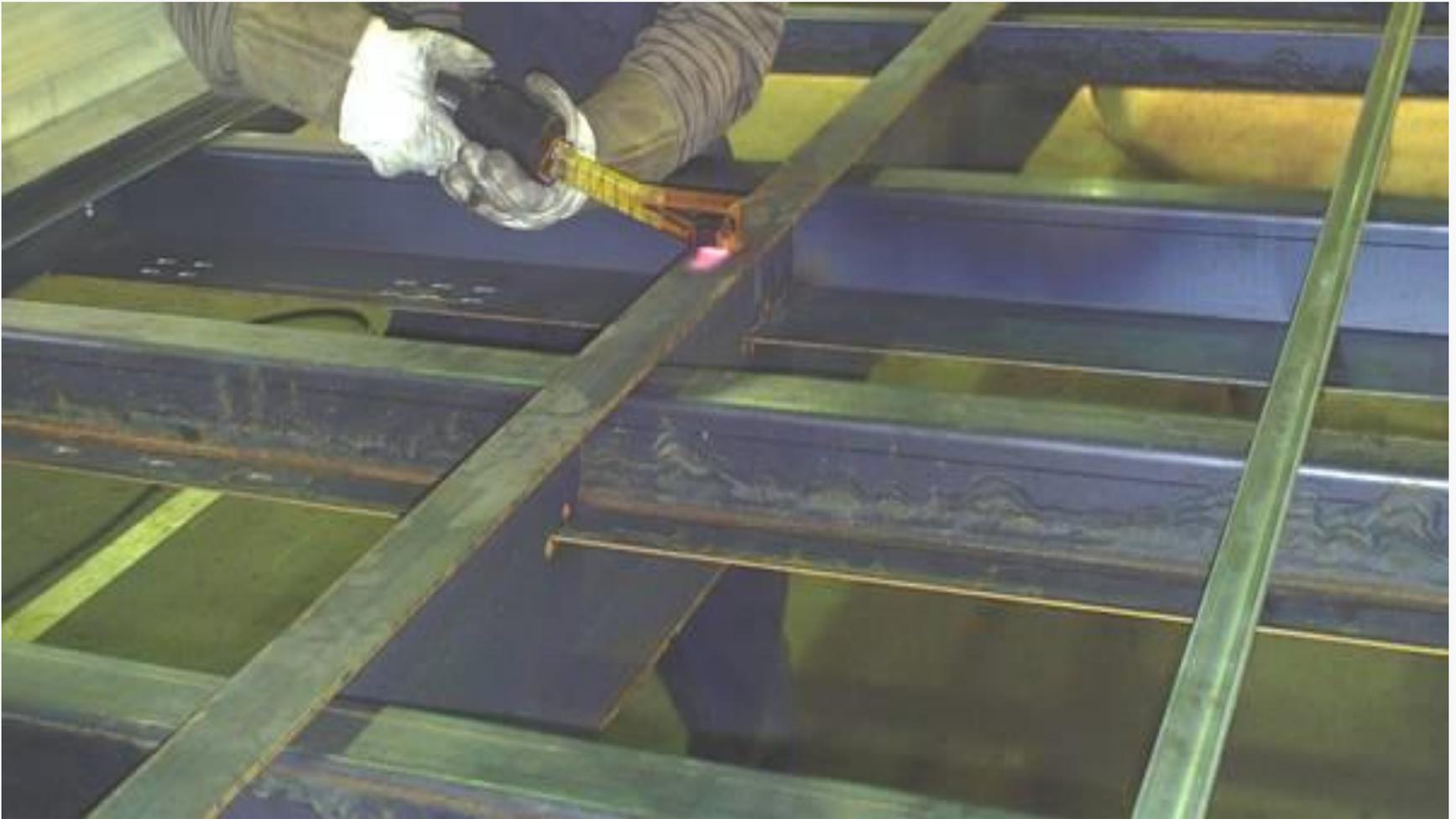
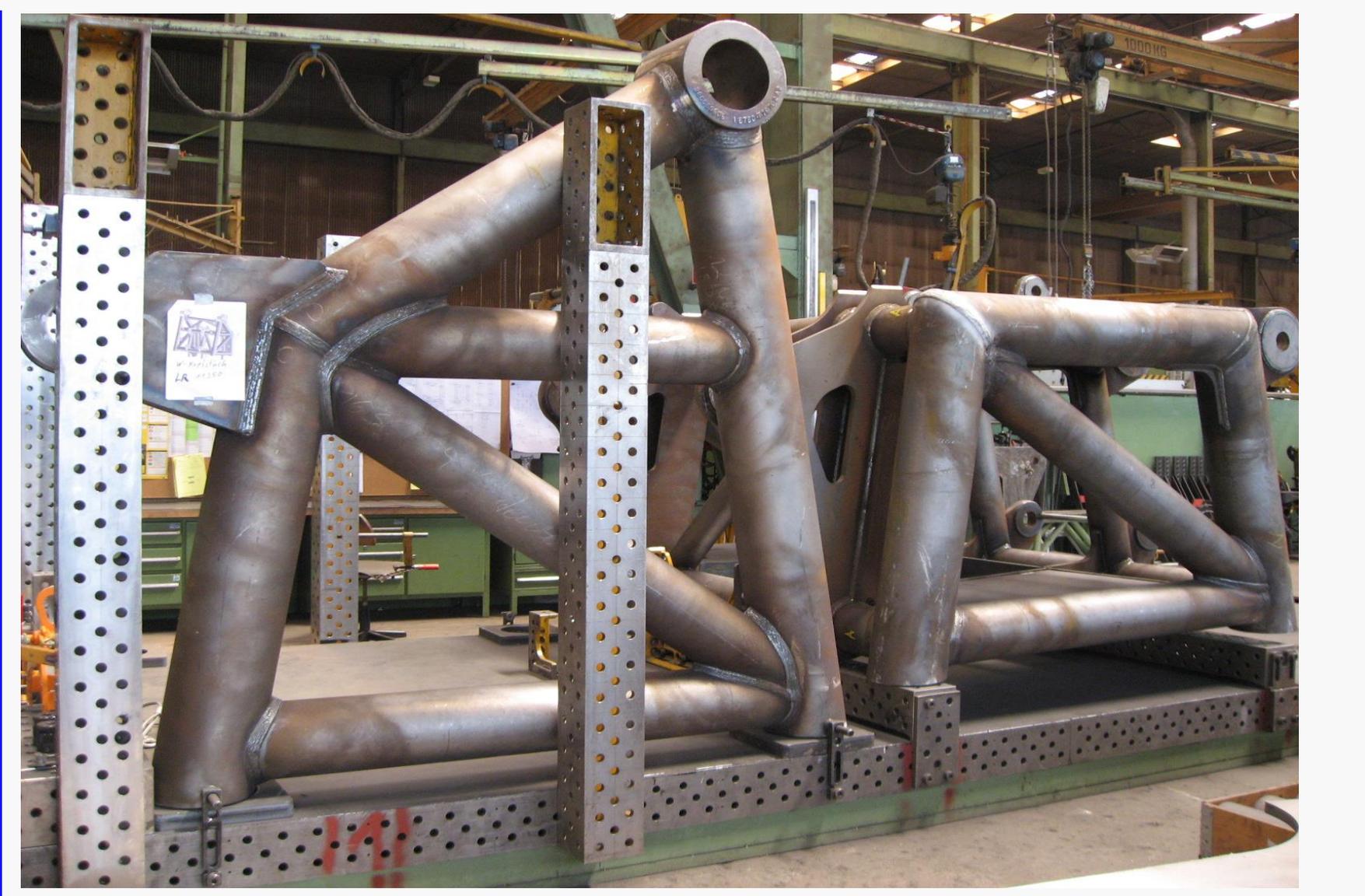


Foto: Fa. Vauquadrat, Offenburg





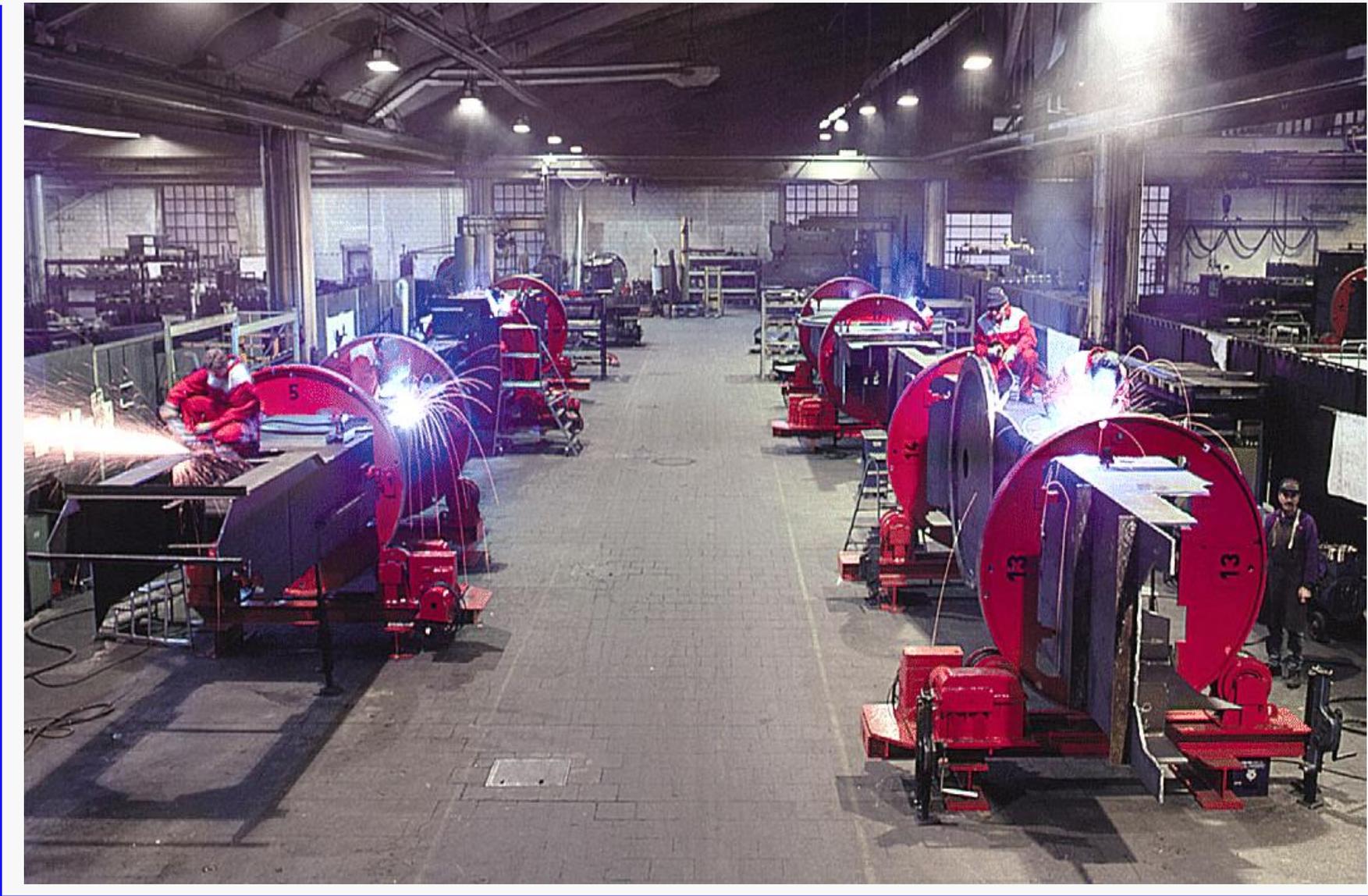


Rohrkonstruktion – Raupenkran LR 13 000

Foto: LIEBHERR Werk Ehingen GmbH

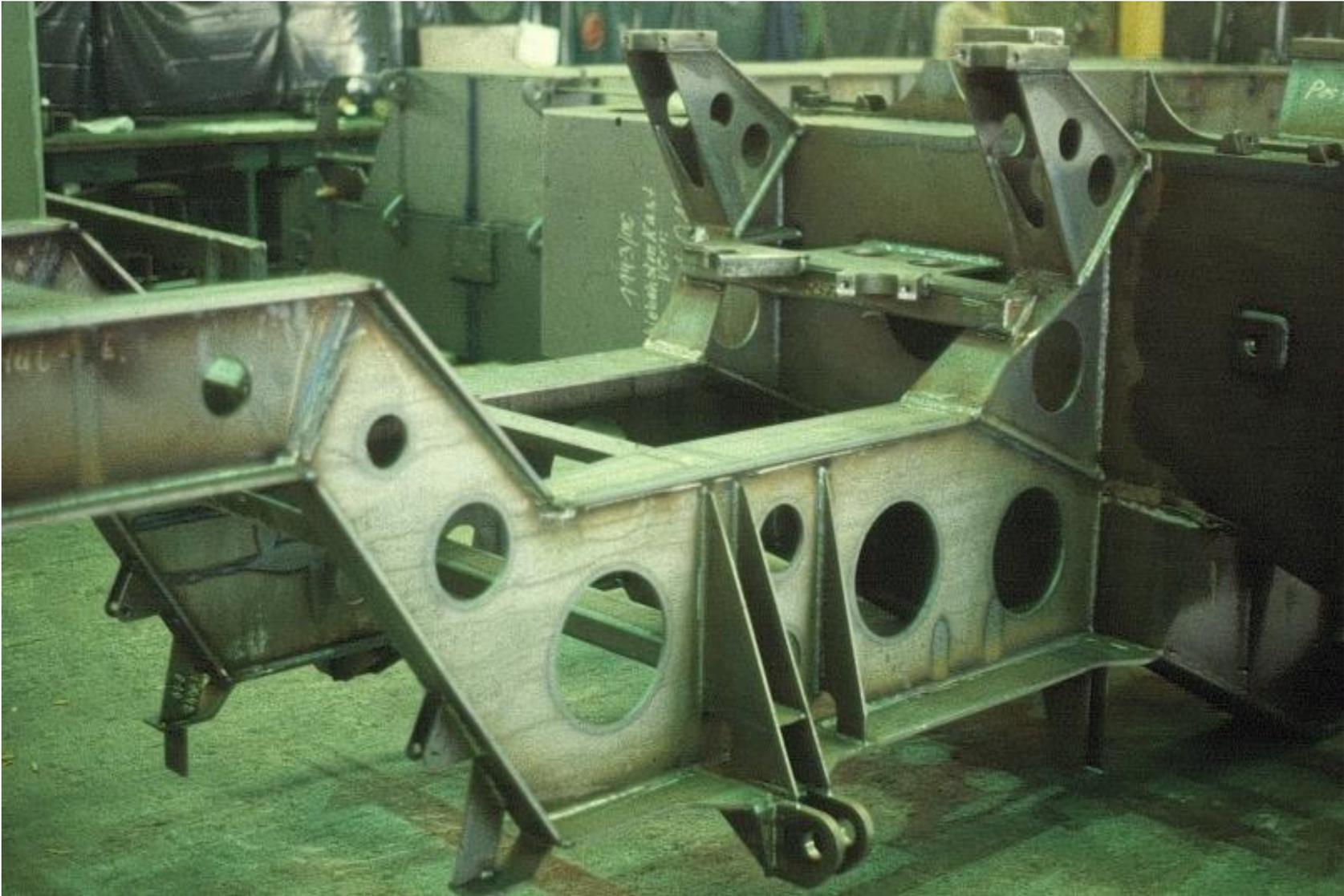
Überwachung der Schweißarbeiten

- Kontrolle der Schweißnahtvorbereitung
- Kontrolle der Vorwärmtemperaturen und ggf. der Zwischenlagentemperaturen
- Überwachen der Streckenenergie durch Kontrolle der Schweißgeschwindigkeit
- Einhalten der Wärmeführung durch Messung der Abkühlzeit $t_{8/5}$
- Regelmäßige Unterweisung der Schweißer



Leichtbau aus S960

GEC



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





**Hosenrohr aus
XABO 960 für eine
Druckrohrleitung**

LPG - Druckbehälter aus N-A-XTRA 70



Technische Daten

Außendurchmesser	: 4,4 m
Länge	: 26 m
Blechdicke	
Mantel	: 12,5 mm
Boden	: 14,5 mm
Rauminhalt	: 380 m ³

Dieses Thema wird im 2. Vortrag behandelt

- **Höherfrequentes Hämmern (HFH, HFMI)**
- **Auslegung von HFMI-Schweißverbindungen nach IIW Recommendations und DASt-Richtlinie 026**