

Fachveranstaltung Schweißtechnik

Dienstag den 11.11.2003
Barleben

Themen:

Flammrichten an Stahl und Aluminiumkonstruktionen

Schweißen von hochlegierten Stählen

Flammrichten an Stahl und Aluminiumkonstruktionen

Dipl.Ing. Jürgen Pohl
Westfalen AG

Flammrichten an Stahl- und Aluminiumkonstruktionen

1. Verfahrensprinzip
2. Ausrüstung, Betriebsmittel, Hilfsmittel
3. Verfahrenstechnik, Wärmefiguren
4. Besonderheiten bei Aluminium und Ni-Cr -Stählen
5. Arbeitsregeln
6. Beispiele aus der Praxis
7. Vorführungen

Flammrichten

1. **Warum** Flammrichten? - Rettung aus der Not oder Arbeitsschritt?

- Flammrichten - Flammformen
- Schweißteil: Gemeinschaftsarbeit: Auftraggeber, Konstrukteur, Technologe, Schweißer
- Vermeidung von Verzug: Nahtaufbau, Nahtfolge, Zusammenbaufolge
- Zulässige Toleranzen von Schweißkonstruktionen

2. **Wie** funktioniert es? - Verfahrensprinzip

- Anwärmen in den plastischen Bereich
- Stauchen der erwärmten Zone bei behinderter Ausdehnung
- Verformung bei behinderter Schrumpfung

3. **Welche** Temperaturen, Flammeneinstellung, Wärmzeiten ?

4. Alles über einen Leisten? - Besonderheiten bei Aluminium und VA-Stählen

5. **Was** wird gebraucht? - Ausrüstung, Betriebsmittel, Hilfsmittel

- Auswahl der Brennerart- und Größe
- Gaseversorgung
- Meß- Prüf,-Hilfsmittelmittel
- Temperaturmessung
- Mechanische Hilfsmittel: Haltevorrichtungen, Lochplatten

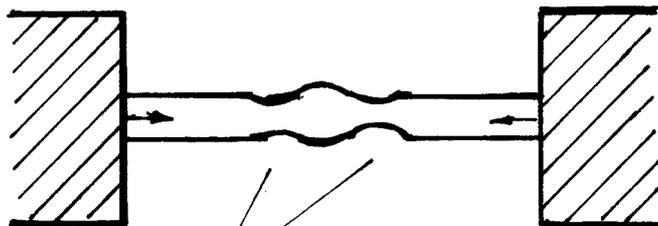
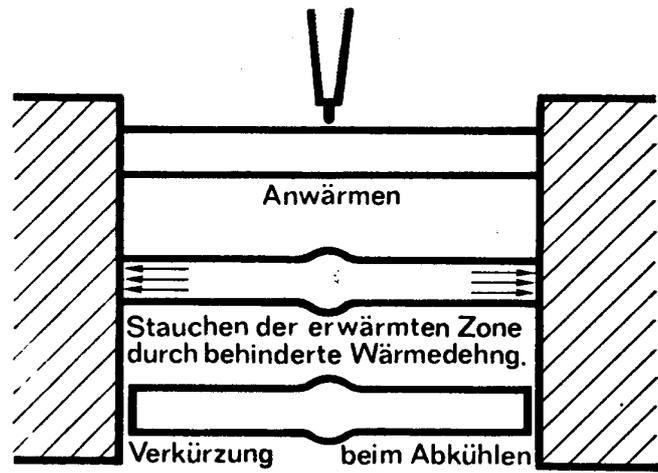
6. **Wie** wirds gemacht? - Verfahrenstechnik, Wärmefiguren

7. Was sollte man sich merken? - Arbeitsregeln

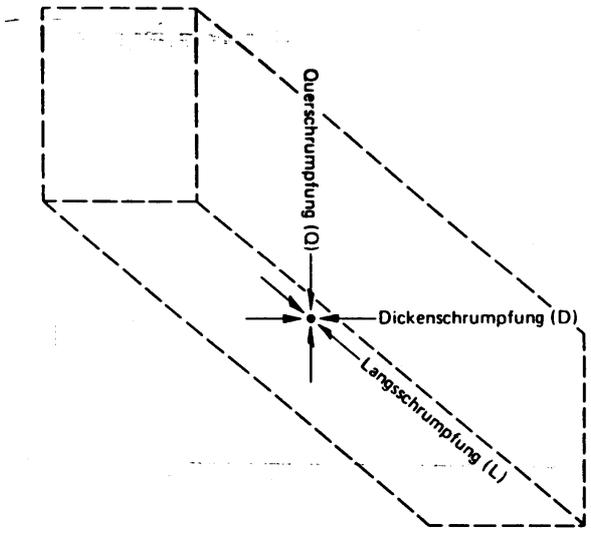
8. Beispiele aus der Praxis

9. Vorführungen

10. Erfahrungsautausch



*Einschnürung
bei
behinderter Schrumpfung*



- a) Querschrumpfung
- b) Winkelschrumpfung
- c) Längsschrumpfung.

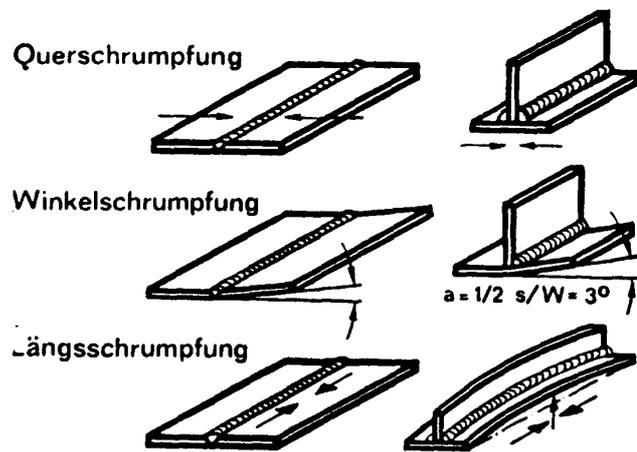


Bild 1. Arten der Schrumpfung.

Flammrichten

Mess-und Prüfgeräte für die Geometrie

- Bandmaß, Zollstock, Fühllehre
- Lineale
- Richtlatten
- Richtschnur
- Nivelliergerät
- Laser-Geräte
- Formschablonen

Autogengeräte

- Versorgungseinrichtungen für Brenngas und Sauerstoff
- Sicherheitsvorlagen, Schläuche, Griffstücke, Brenner

Mess-und Prüfgeräte für die Richttemperatur

- Farbtafel für Glühtemperaturen
- Thermocrom-Stifte
- Anlegethermometer
- Strahlungs-pyrometer
- Fichtenholzspan

Vorrichtungen zur Behinderung der Dehnung

- Universelle Standardvorrichtungen; Winden, Zwingen, Klemmen
- Vakuumplatten
- Lochplatten
- Setzhammer, Hammer
- Kühlmittel (Wasser, Druckluft, Kühlplatten)

Flammrichten

Auswahl der Brennergrößen

- Kriterien:**
- Materialdicke
 - Bauteilgröße
 - Wärmefigur
 - Werkstoffeigenschaften

Die **Eigenschaften der Metalle** sind unterschiedlich:

<u>Eigenschaft</u>		<u>Baustahl</u>	<u>nichtrost. Stähle</u>	<u>Aluminium</u>
Gitteraufbau		krz		kfz
Ausdehnungsk.	mm/m °C	0,011-0,014	0,016-0,019	0,024-0,027
Wärmeleitzahl	J/cm s °C	0,55	0,15	1,50
spez. Wärme	J/g °C	0,6	0,5	1,0
Erweichungspunkt	°C	600		150-350
Richttemperatur	°C	600-700	500-800	150-450
Schrumpfverhältnis	-	1	1,5	2

Regel:

Baustahl: Materialdicke x 2 bis 3 = Schweißbereich des Brenners

hochlegierte Stähle: wie Baustahl, jedoch **eine Größe kleiner**

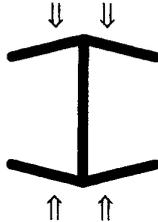
Aluminium: wie Baustahl, jedoch **eine Größe größer**

Kupfer: wie Baustahl, jedoch **ein bis zwei Größen größer**

Flammrichten

Auswahl des Brenners und des Gasespeichers, Beispiel :

Aufgabe: Beseitigen der Winkelschrumpfung am Ober- und Untergurt von geschweißten Doppel-T-Trägern



Werkstoff: Baustahl

Dicke: 10 mm

verfügbares Brenngas: Acetylen

Brenngröße: 10 mm x 2,5 = 25 mm gewählt: Größe 8, Bereich 20 - 30 mm

Brennerart: 2-Flambrenner mit Einlochdüsen

Verbrauch: $\frac{(20 + 30)}{2} \times 100 \times 2 \text{ Düsen} = 5000 \text{ Liter/h} = 5 \text{ m}^3/\text{h}$

Anzahl der Acetylenflaschen:

$\frac{\text{Verbrauch}}{\text{zulässige Entnahmemenge/ Flasche}} = \text{Anzahl gekoppelten Flaschen}$

Kurzzeitbetrieb: $\frac{5000 \text{ l/h}}{1000 \text{ l/h}} = 5 \text{ Flaschen}$

gewählt: Acetylen-Flaschenbündel mit 6 Flaschen

Dauerbetrieb: $\frac{5000 \text{ l/h}}{500 \text{ l/h}} = 10 \text{ Flaschen}$

gewählt: Acetylen-Flaschenbündel mit 16 Flaschen

Flammrichten

Flammeneinstellung

Werkstoff	Flammeneinstellung		
	neutral stöchiometrisch	oxidierend O ₂ -Überschuß	reduzierend Brenngas - Überschuß
Baustahl	ja	ja - vorteilhaft bis 30%	nein
korrosionsb.-Stähle	ja	gering	schädlich
Alu, Alu-Legierungen	ja	schädlich	gering
Kupfer	ja	nein	nein

Regel:

Baustahl:

Sauerstoffüberschuß

korrosionsbest. Stähle:

neutral bis **leicht oxidierend**

Alu, Alu-Legierungen:

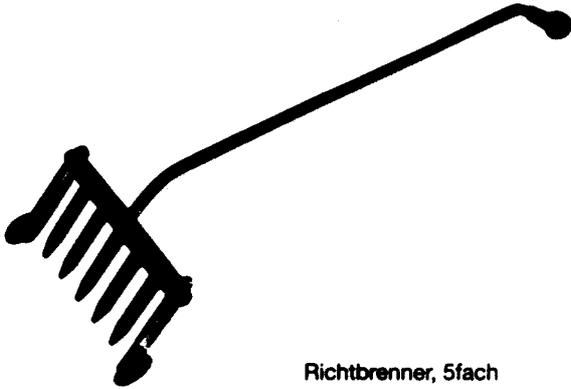
neutral bis **leicht reduzierend**



Sonderbrenner

Bestell-Nr.

Nach Bedarf werden Sonderbrenner für die spezifischen Einsatzfälle gefertigt.

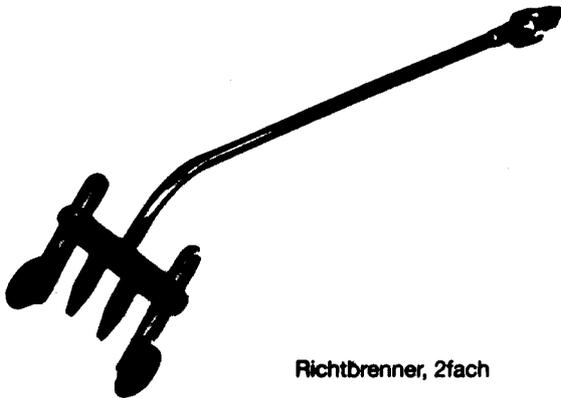


Richtbrenner, 5fach

Richtbrenner

20500...

Zur besseren Handhabung und Einhaltung eines gleichmäßigen Abstandes des Brenners zur Materialoberfläche sind 2 verstellbare Radhalter angebracht (weitere Modifikationen möglich)

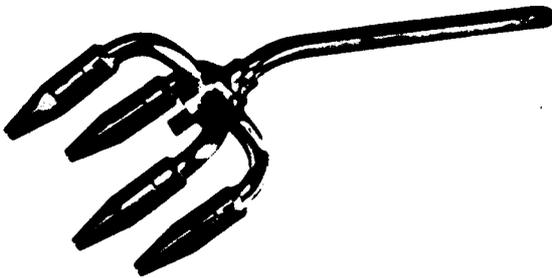


Richtbrenner, 2fach

Mehr-Punkt-Richtbrenner

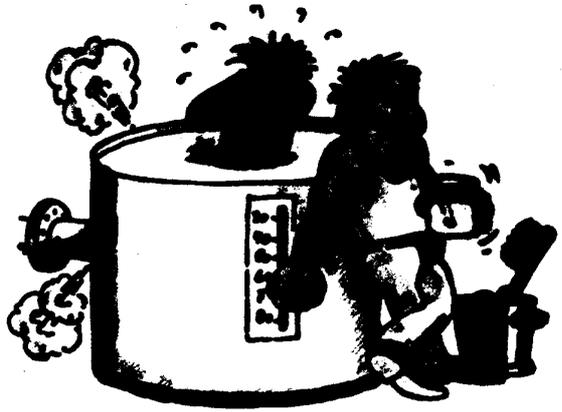
20700...

Es erfolgt eine punktförmige Wärmebringung, Abstand zur Materialoberfläche erfolgt durch einen Abstandhalter



4-Punkt-Richtbrenner

Glüh- und Anlaßfarben
Annealing- and Temper Colours
Couleurs de recuit et de revenu
Colori di incandescenza
e di rinvenimento
Colores de recocido y de revenido



Temperatur in Grad Celsius um ...
 Temperature in Degrees Centigrade Approximately ...
 Temperatura (en °C) ... environ
 Temperatura in °C circa di ...
 Temperatura (grados cent.) aproximadamente a ...

Glühfarben
Annealing Colours
Couleurs de recuit
Colori di incandescenza
Colores de recocido

550°	[Color swatch]
630°	[Color swatch]
680°	[Color swatch]
740°	[Color swatch]
780°	[Color swatch]
810°	[Color swatch]
850°	[Color swatch]
900°	[Color swatch]
950°	[Color swatch]
1000°	[Color swatch]
1100°	[Color swatch]
1200°	[Color swatch]
1300°	[Color swatch]

Anlaßfarben
Temper Colours
Couleurs de revenu
Colori di rinvenimento
Colores de revenido

Temperatur in Celsius etwa um ...
 Temperature in Degrees Centigrade Approximately ...
 Temperatura (en °C) ... environ
 Temperatura in °C circa di ...
 Temperatura (grados cent.) aproximadamente a ...

[Color swatch]	200°
[Color swatch]	220°
[Color swatch]	240°
[Color swatch]	260°
[Color swatch]	280°
[Color swatch]	300°
[Color swatch]	320°
[Color swatch]	340°
[Color swatch]	360°

Hochlegierte Stähle lassen diese Anlaßfarben erst bei höheren Hitze-graden auftreten. Die Anlaßzeit beeinflusst die Anlaßfarben in dem Sinne, daß längeres Anlassen bei niedriger Temperatur die gleiche Anlaßfarbe ergibt, wie kürzeres Anlassen bei höherer Temperatur.

Highly alloyed steels show these temper colours only at higher temperatures. Tempering time also influences the temper colours in that tempering for a longer period at a lower temperature results in the same temper colour as tempering for a shorter period at a higher temperature.

Pour des aciers fortement alliés, la coloration de revenu ne se produit qu'à des températures élevées. Le temps de maintien influe sur cette coloration dans le sens que un maintien plus long à une température moindre produit le même coloration qu'un revenu court à une température plus élevée.

Con gli acciai altamente legati questi colori di rinvenimento compaiono solo per temperature più elevate. La durata del rinvenimento influenza i colori di rinvenimento nel senso che un lungo rinvenimento a temperatura più bassa dà lo stesso colore di un rinvenimento più corto a temperatura più alta.

Los aceros altamente aleados aparecen estos colores de revenido solo a la temperatura más alta. El tiempo de revenido influye en los colores de revenido en el sentido de que un revenido más largo a baja temperatura produce el mismo color que un revenido más corto a temperatura más alta.

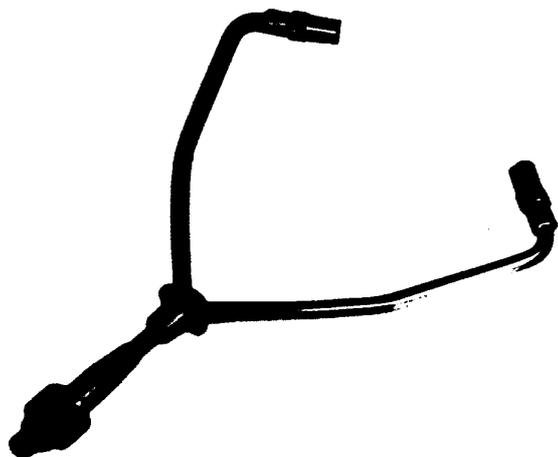


THYSSEN EDELSTAHLWERKE AG

Vertreten durch:
 Represented by:
 Representada por:
 Rappresentata per:



Sonderbrenner



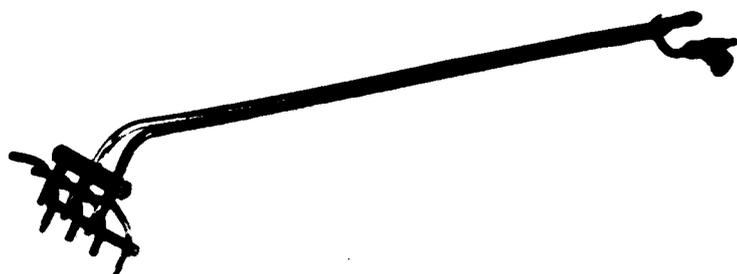
Ringbrenner und Gabelbrenner

Zum Anwärmen von Rohren, Muffen o.ä.
ist die Verwendung von Ring- oder Gabelbrennern
vorteilhaft. Die Brenner können in starrer oder
klappbarer Ausfertigung geliefert werden

Bestell-Nr.

20900...

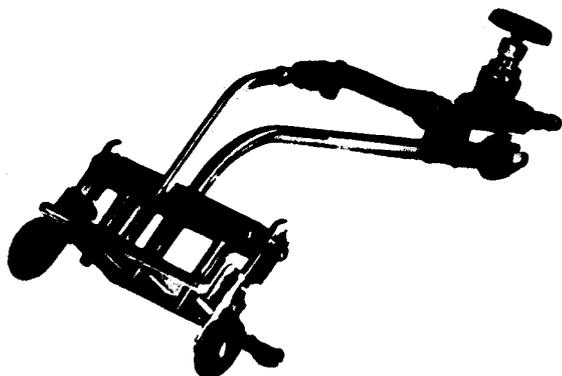
20800...



Richtbrenner mit Wasserblockade

Neben der Richtflamme ist eine gezielte
mit Düsen abgestimmte Wasserzuführung möglich

20500...



Bei den Sonderbrennern muß in jedem Fall eine individuelle Abstimmung zwischen

- Anwendungsfall
 - Wärmebedarf
 - Gasart
- erfolgen.

Möglichkeiten der Bestimmung von Vorwärmtemperaturen
Art der Stoffe und ihr Verhalten bei verschiedenen Temperaturen

- 160° C Zucker, Schmelzpunkt desselben
170° C Zucker bleibt 1 Min. farblos
180° C Zucker ist nach 50 Sek. noch farblos, bei 60 Sek. gelblich
183° C¹⁾ Schmelzpunkt einer Blei-Zinnlegierung, 38% Blei, 62% Zinn
200° C Schmelzpunkt einer Blei-Zinnlegierung, 44% Blei, 56% Zinn
Zucker wird nach 5 Sek. gelblich, nach 20 Sek. goldgelb
225° C Zucker ist nach 2 Sek. gelblich, nach 5 Sek. goldgelb
Schmelzpunkt einer Blei-Zinnlegierung, 55% Blei, 45% Zinn
232° C Schmelzpunkt des reinen Zinn
250° C Schmelzpunkt einer Blei-Zinnlegierung, 67% Blei, 33% Zinn
Zucker ist sofort goldgelb
*) Kernseife ist nach 10—20 Sek. gelblich
275° C Schmelzpunkt einer Blei-Zinnlegierung, 79% Blei, 21% Zinn
300° C Schmelzpunkt einer Blei-Zinnlegierung, 90% Blei, 10% Zinn
Kernseife ist nach 5—10 Sek. gelb
*) Eichenholz gibt beim Streichen unter schwachem Druck einen braunen Strich
327° C Schmelzpunkt des reinen Blei
350° C Kernseife ist nach 5 Sek. braun, nach 30 Sek. dunkel braun
*) Tannen- u. Fichtenholz gibt beim Streichen unter leichtem Druck einen hellbraunen Strich
400° C Tannen- u. Fichtenholz gibt beim langsamen Streichen unter leichtem Druck dunkelbraunen und bei raschem leichtem Streichen einen hellbraunen Strich.
Kernseife ist nach 5 Sek. schwarz und nach 10 Sek. angetrocknet
*) Blei und Zinn muß als Reinform vorliegen.
*) Die Kernseife muß aus natürlichen Fettstoffen hergestellt sein.
*) Es ist nur trockenes Holz zu verwenden.
- 500° C Tannen- u. Fichtenholz gibt bei raschem leichtem Streichen einen schwarzen Strich, der nach 5—10 Sek. verschwunden ist. Kernseife ist nach 1 Sek. schwarz und angetrocknet
550° C Tannen- u. Fichtenholz gibt bei leichtem Streichen einen schwarzen Strich, welcher nach ½—1 Sek. verschwunden ist.

*Auszug aus ZIS
„SchweißBer Kalender 1956“*

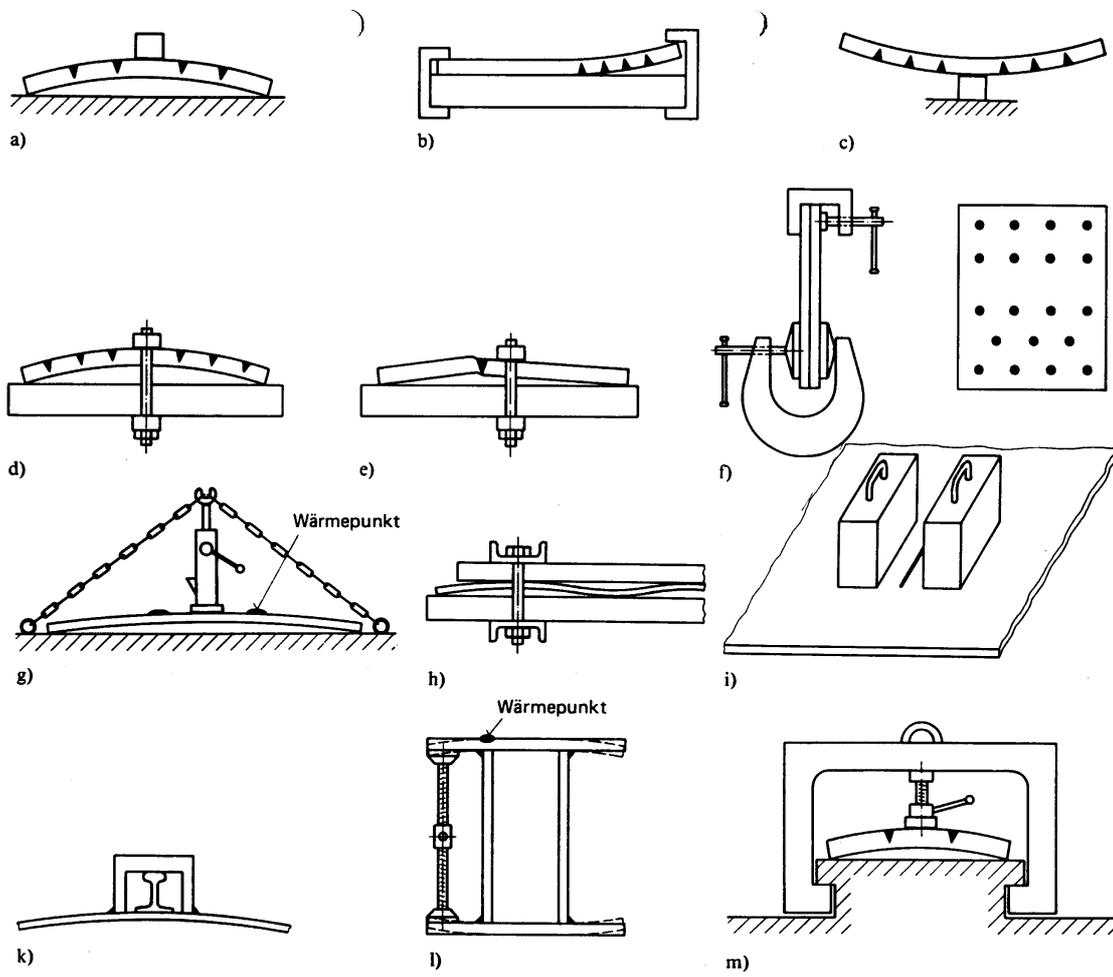


Bild 4-1. Beispiele für die Behinderung der Wärmeausdehnung beim Flammrichten

Flammrichten

Verfahrenstechnik

Setzen der Wärmefigur(en) (Wärmen)

Lage der Richtstelle zur Symmetrieachse (x - x oder y - y -Achse:

- Widerstandsmoment der x - x- und y - y-Achse beachten

- Grundsatz:

unsymmetrische Lage der Richtstelle zur x - x- oder y - y-Achse. **Krümmung**

symmetrische Lage der Richtstelle zur x - x- und y - y-Achse: **Verkürzung**

Auswahl der Wärmefigur

Kriterien sind

- Bauteilgeometrie
- Materialdicke
- Art des Verzuges
- Betrag des Verzuges
- Gewünschte Formgebung: z.B. Knick oder Wölbung

Intensität der Wärmefigur

- Krümmung beim Wärmepunkt < Wärmestrich < Wärmestraße
- Wärmekeile: durchwärmen, an der Spitze beginnen
- Wärmestriche an Blechen Profilen: oberflächliche Wärmen (Nachziehen)

Folge der Wärmefiguren

- Meist beginnend von der Mitte der Verformung im Wechsel der Seiten
- Bei symmetrischen Profilen, z.B. U-Profil: beide Schenkel gleichzeitig erwärmen

Abstand der Wärmefiguren untereinander:

- Geringer Abstand: starke Krümmung, großer Abstand: geringe Krümmung
- Abstand sollte genügend groß gewählt werden, damit:
 - Korrekturen möglich sind, etwa durch weitere Wärmen in einem zweiten (dritten) Arbeitsgang zwischen den Wärmen des vorhergehenden Arbeitsganges
 - Wärmestriche nicht ineinander verlaufen

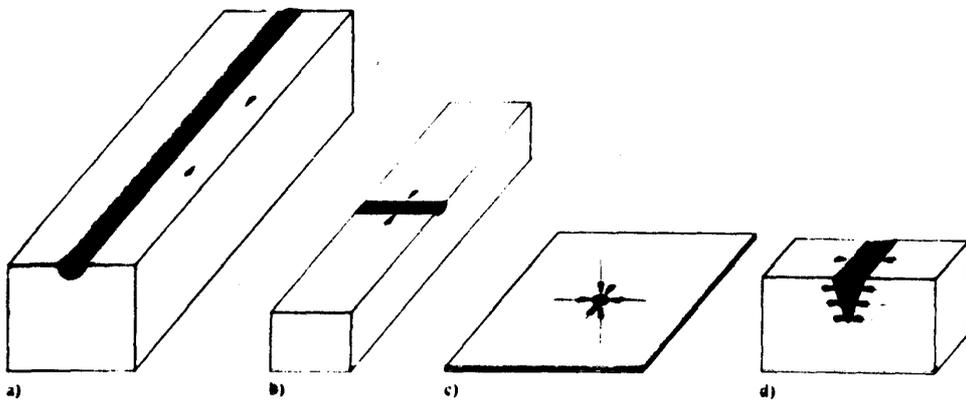


Bild 2 - 7. Schrumpfrichtungen der Längs- und Querschrumpfung und des Winkelverzugs;

a) längs,

b) quer,

c) längs und quer,

d) Winkelverzug (Querschrumpfung).

Flammrichten

Temperaturbereiche

- Umwandlungspunkt A1 im EKD unterschreiten
- Bei unbekanntem Werkstoff Auskünfte einholen oder Proben durchführen
- Lieferant oder Stahlberatungsstelle geben Auskunft über Wärmebehandlung

Werkstoff	Festigkeitsabfall	Erweichungspunkt	Temperaturbereich Flammrichten
-	°C	°C	°C
Unlegierte Stähle	400 - 500	600	600 - 700 (800)
Nichtrostende Stähle			650 - 800
Duplexstähle			500 - 600
verzinkte Bauteile			650 - 700
Aluminium-Knetleg. (w)	150 - 200	250 - 350	300 - 400
Aluminium-Knetleg. (h)			150 - 350
AlMgSi-Legierungen			150 - 200

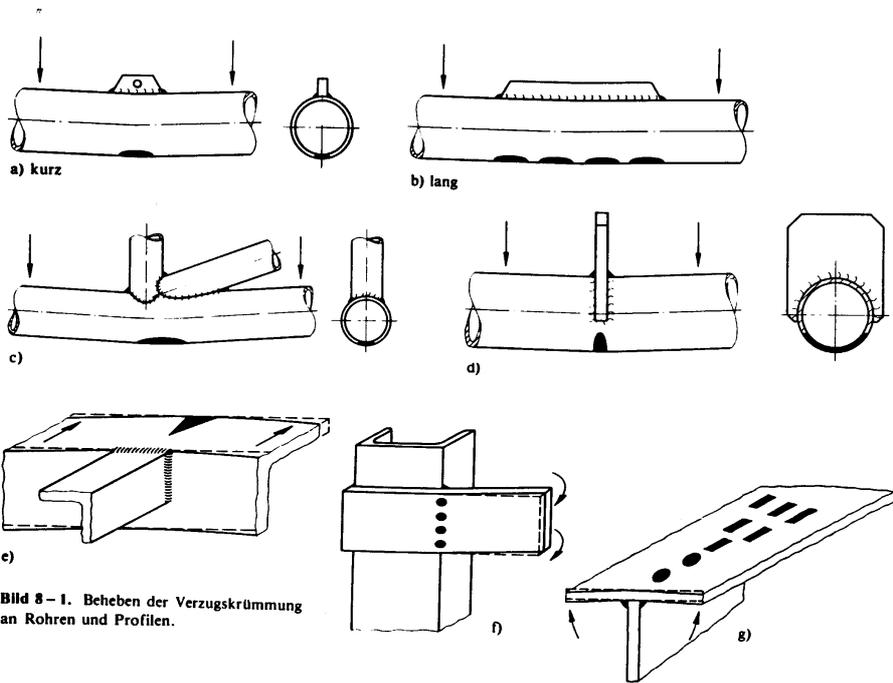
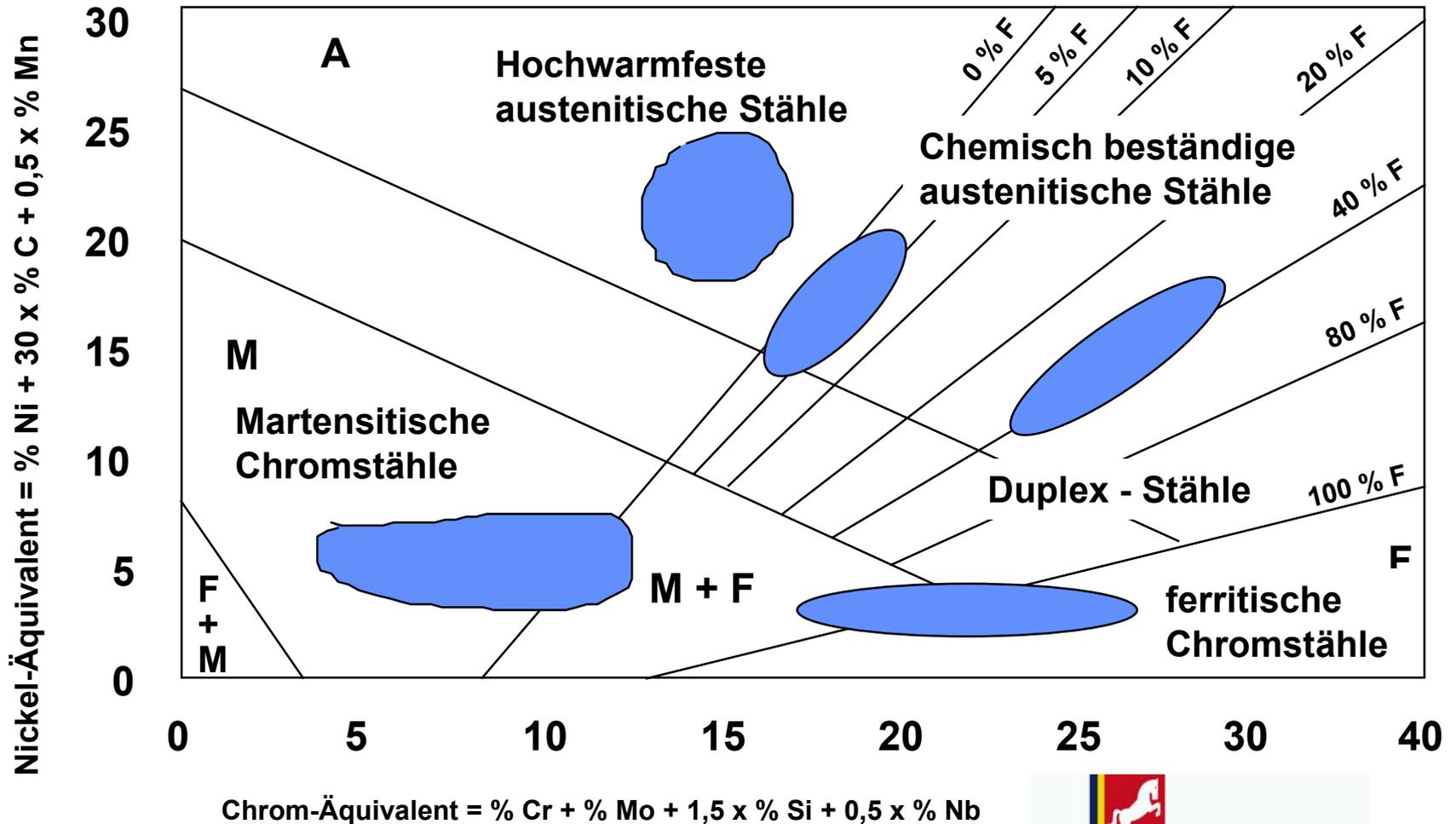


Bild 8-1. Beheben der Verzugkrümmung an Röhren und Profilen.

Schweißen von hochlegierten Stählen

Dipl.Ing.Ulf Jenter
Westfalen AG

Schaeffler - Diagramm



Gebräuchliche CrNi-Stähle

Nummer	Zusammensetzung
1.4301	X 5 Cr Ni 18-10
1.4541	X 6 Cr Ni Ti 18-10
1.4306	X 2 Cr Ni 19-11
1.4404	X 2 Cr Ni Mo 17-12-2
1.4571	X 6 Cr Ni Mo Ti 17-12-2
1.4439	X 2 Cr Ni Mo N 17-13-5
1.4539	X 1 Ni Cr Mo Cu 25-20-5

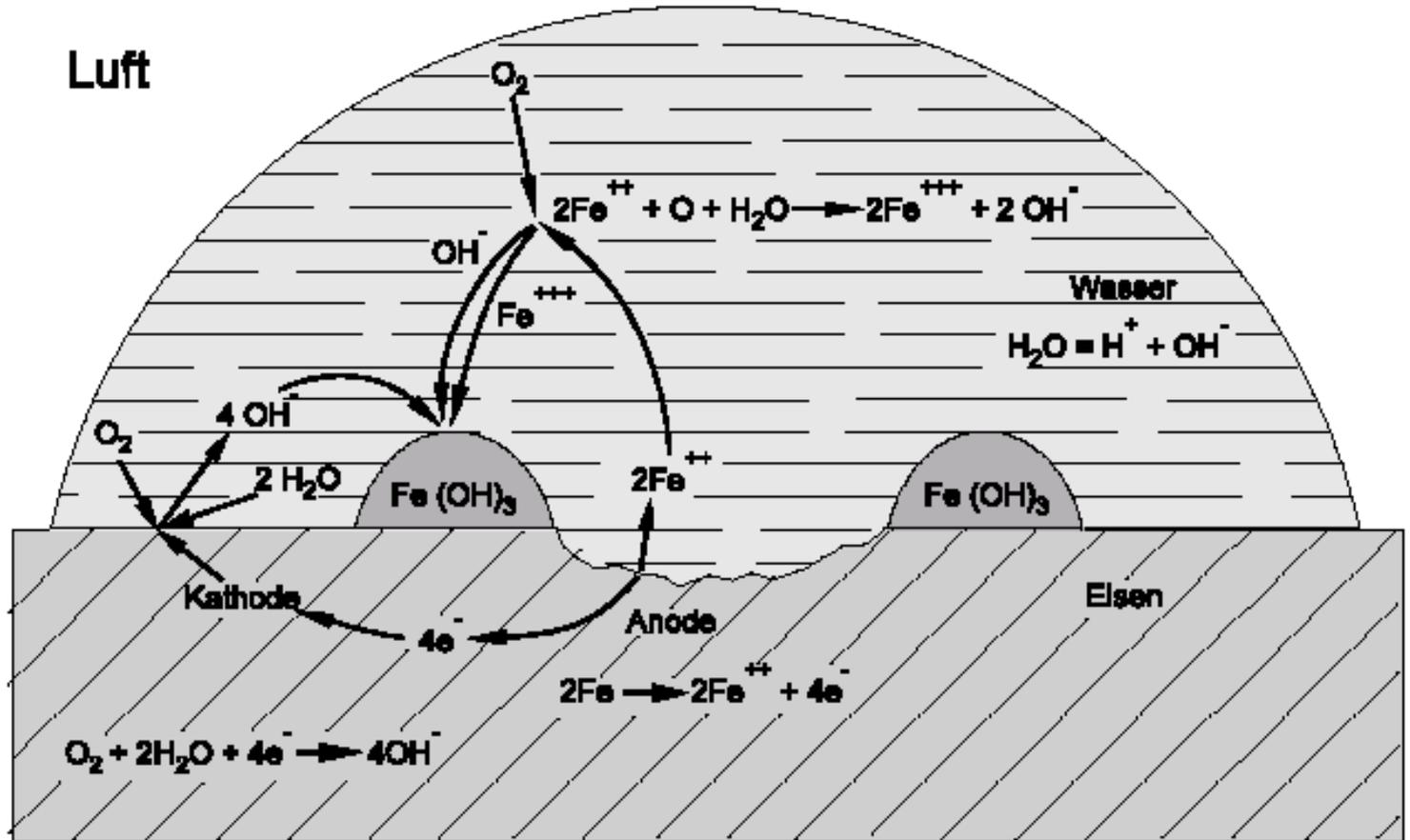


Unterschiedliche Korrosionsarten

- **Interkristalline Korrosion**
 - Chromverarmung an den Korngrenzen durch Chromcarbid-Bildung
- **Lochfraßkorrosion**
 - lokaler Durchbruch der Passivschicht durch Halogenidionen
- **Spaltkorrosion**
 - fehlende Passivierung in Spalten
- **Spannungsrißkorrosion**
 - zusätzliche Zuspännungen
- **Schwingungsrißkorrosion**
 - mechanische Wechselbeanspruchung



Korrosionsvorgänge unter einem Wasserstropfen



Verarbeitungshinweise für CrNi-Stähle

- **Zusatzwerkstoff**
 - artgleich bzw. etwas höher legiert
 - Zusatzwerkstoff nur mit Nb stabilisiert, Nb steigert die Empfindlichkeit gegen Heißrisse
 - unstabiler ZSW besitzt ruhigeren Lichtbogen, geringere Spritzerbildung
- **Nahtvorbereitung**
 - Fugenflanken spanend vorbereiten
 - Stegabstand größer als beim unlegierten Stahl
- **Sauberkeit**
 - Spannelemente, Bürsten etc. aus CrNi-Stahl
 - schmutz-, fett-, ölfrei
 - getrennte Fertigung



Einteilung der Schutzgasschweißverfahren

Schutzgas-Schweißen

Wolfram-
Schutzgasschweißen
*Nichtabschmelzende
Wolframelektrode*

Metall-
Schutzgasschweißen
*Abschmelzende
Drahtelektrode*

WIG
Wolfram-
Inertgasschweißen

*offener
Lichtbogen*

WPS
Wolfram-
Plasmaschweißen

*eingeschnürter
Lichtbogen*

MIG
Metall-
Inertgasschweißen

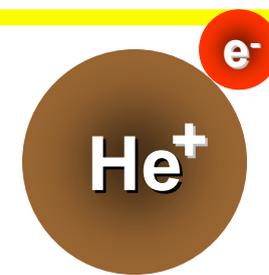
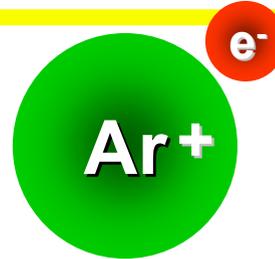
Inertgas-
atmosphäre

MAG
Metall-
Aktivgasschweißen

*CO₂ und/oder O₂
im Schutzgas*



Physikalische Eigenschaften der inerten Gase



	Argon	Helium
Ionisations- energie [kJ/mol]	1525	2374
chemisches Verhalten	inert	inert

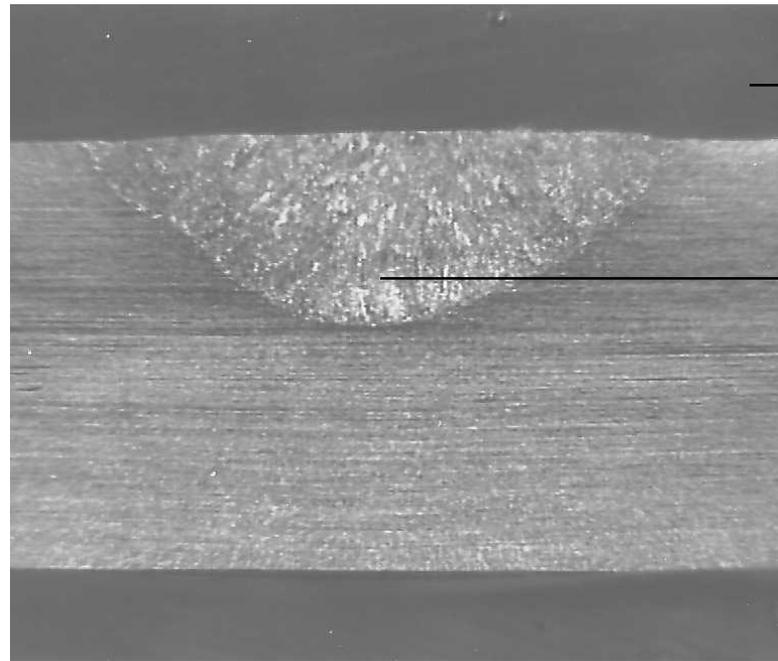


Schutzgase zum WIG-Schweißen

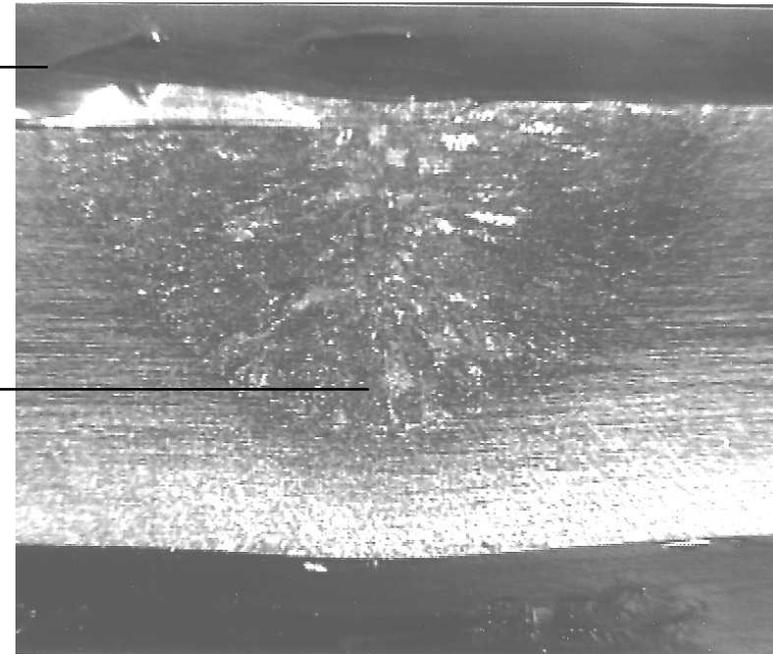
Schutzgas	Gemisch- komponenten
Argon 4.6	100 % Argon
Ar/He - Gemische	30 % Helium Rest Ar 50 % Helium Rest Ar 70 % Helium Rest Ar
Ar/H ₂ - Gemische	2-7,5 % H ₂ , Rest Ar
Ar/N ₂ - Gemische	2-5 % N ₂ , Rest Ar



Einbrandintensivierung durch Argon W 5



Schutzgas: Argon



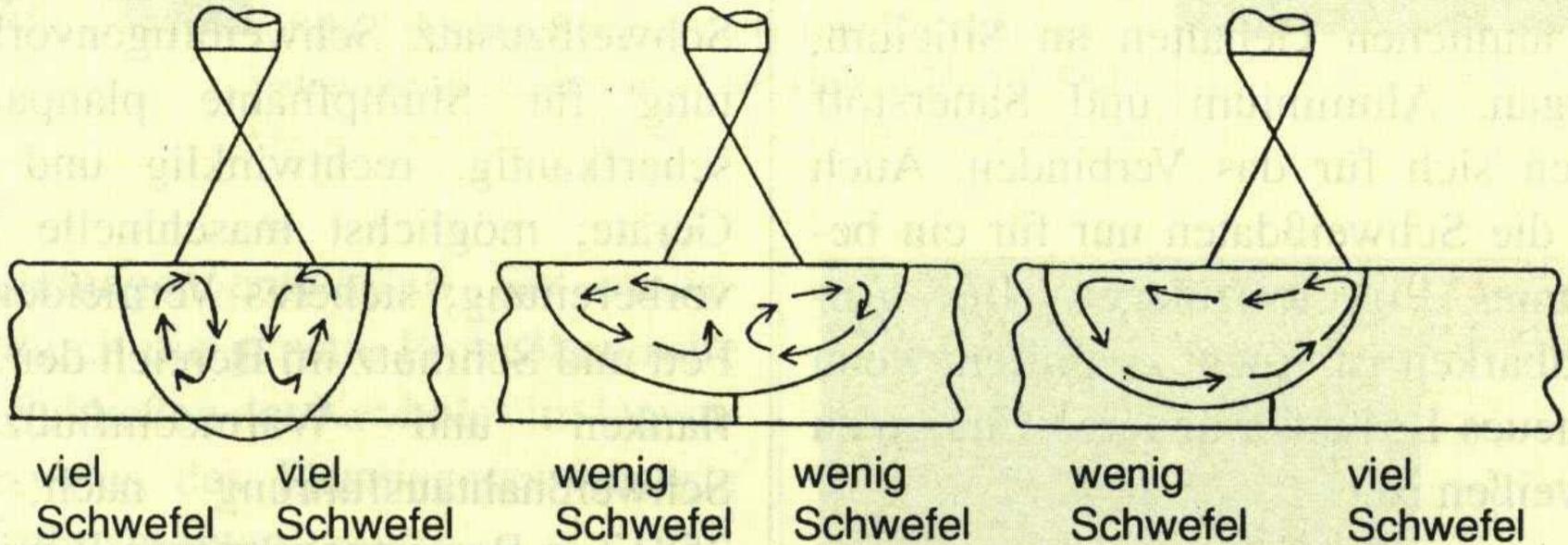
Schutzgas: Argon W 5

Werkstoff: 1.4571
Werkstückdicke: 5 mm
Schweißstrom: 120 A



Westfalen AG

Einfluss des Schwefelgehaltes auf die Einbrandform

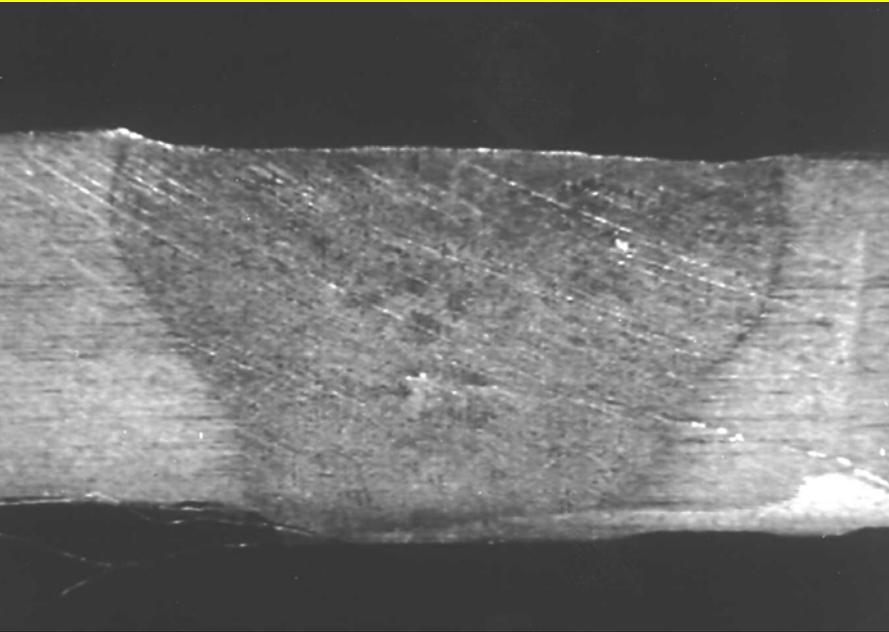


Quelle: praktiker, Heft 10, 1997

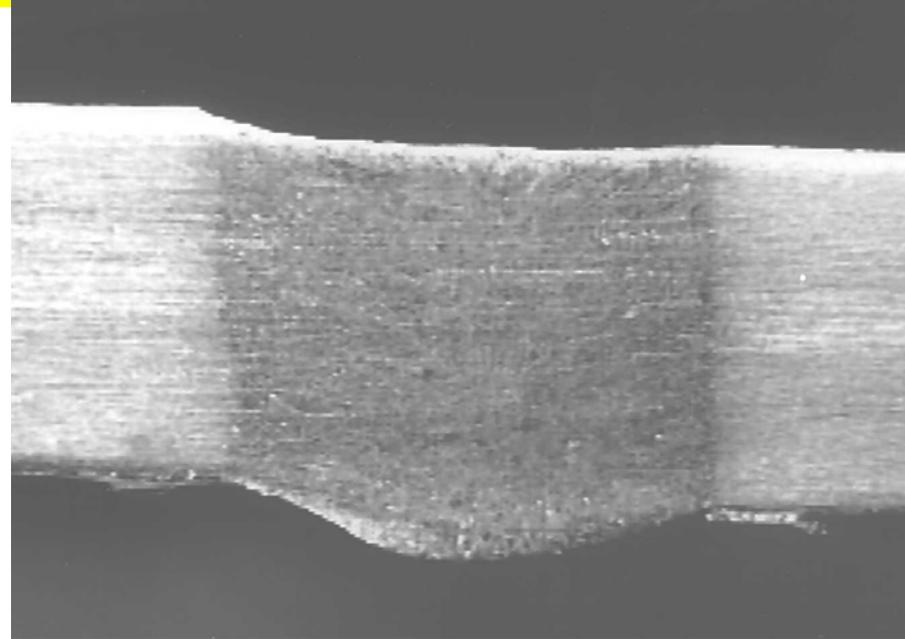


Westfalen AG

Einbrandveränderung durch Chargenwechsel beim 1.4571



Charge 1



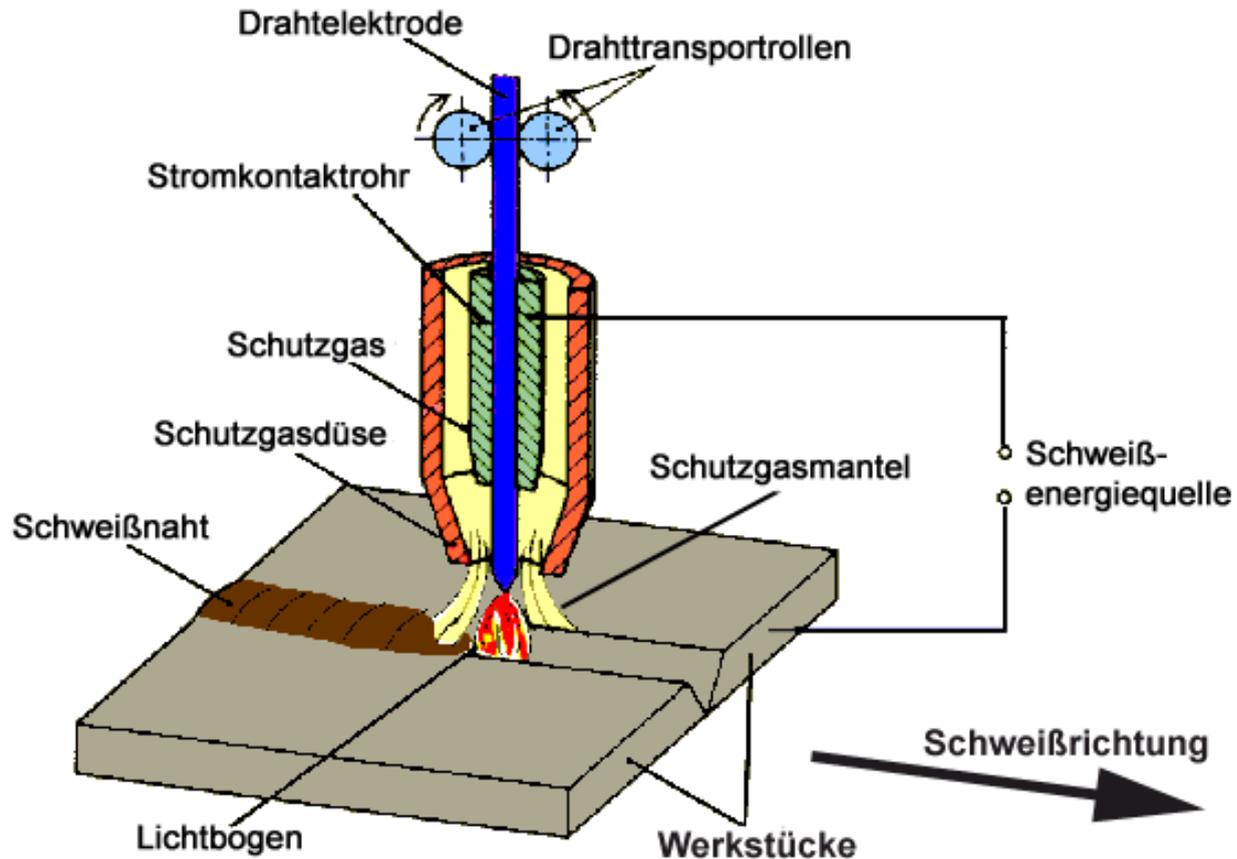
Charge 2

Werkstoff: 1.4571
Verfahren: WIG
Schweißstrom: 80 A



Westfalen AG

Prinzip des MSG-Schweißverfahrens



Vorteile der Impulstechnik beim MAG-Schweißen

- **nahezu kurzschlußfreier Werkstoffübergang**
- **Vermeidung des Mischlichtbogens**
- **geringe Spritzerbildung**
- **gezielte Wärmeeinbringung**
- **geringer Verzug**

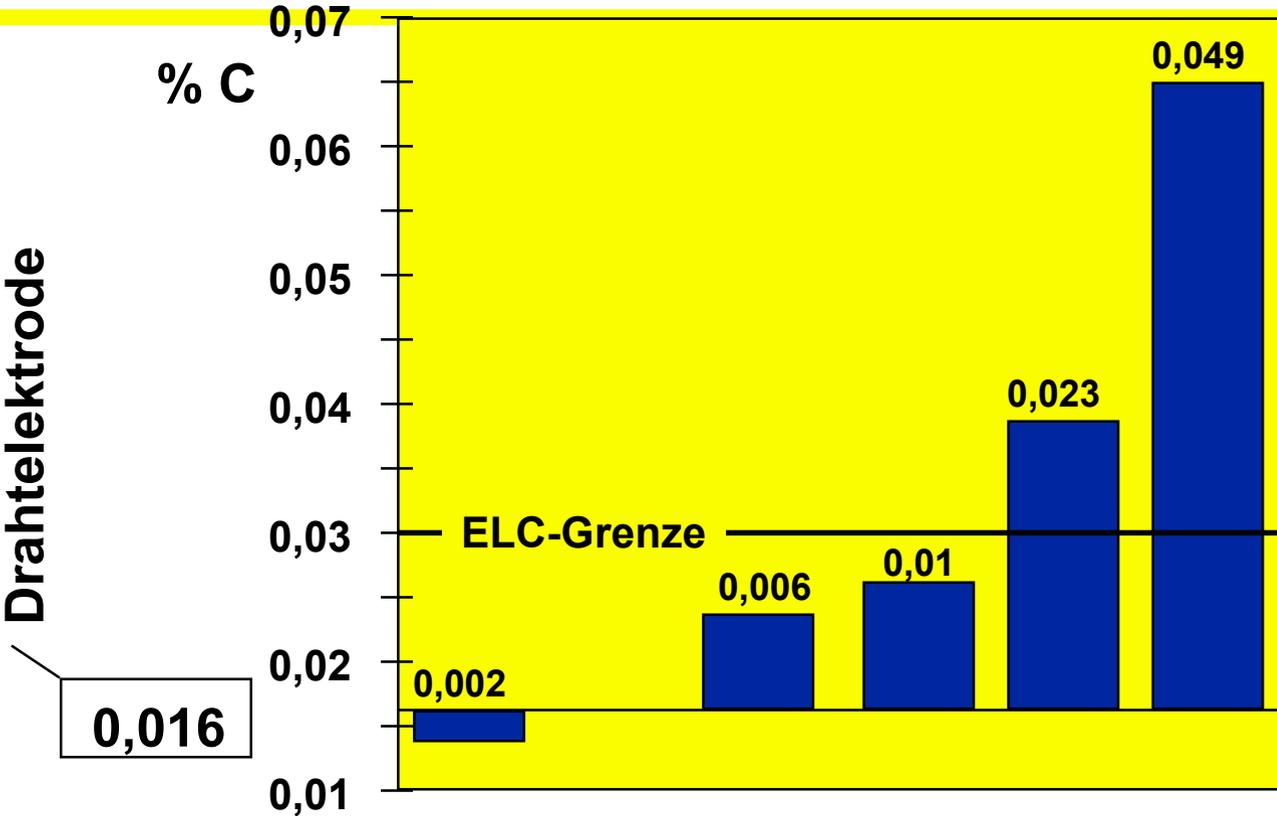


Schutzgase zum MAG-Schweißen hochlegierter Stähle

Produkt	Gemischkomponenten	Gruppe nach DIN EN 439	Anwendung
Argon S-Gemische	1% O ₂ , Rest Argon 3% O ₂ , Rest Argon 4% O ₂ , Rest Argon	M13 M13 M22	hochlegierte Stähle
Sagox [®] 2K	2,5% CO ₂ , Rest Argon	M12	hochlegierte Stähle
Sagox [®] 3K	30% He, 0,5% CO ₂ , Rest Argon	M12	hochlegierte Stähle Mehrlagenschweißung



Einfluß der Schutzgase auf den Zu- und Abbrand von C



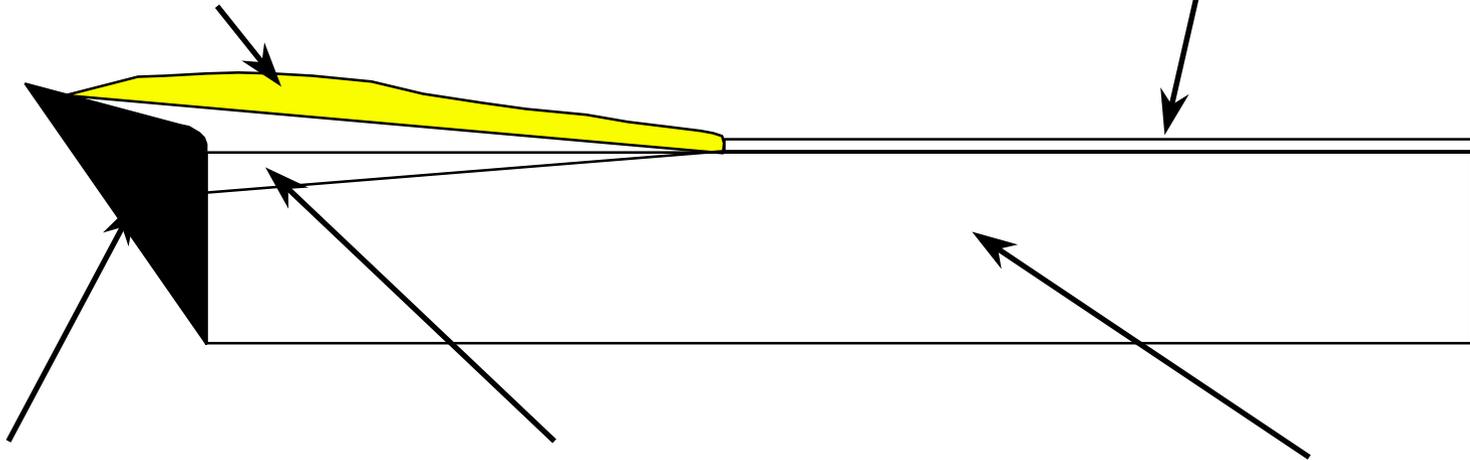
Schutzgaseinteilung nach DIN EN 439						
Gruppe	M22	M13	M12	M23	M21	C1
% Argon	92	99	97,5	91	82	-
% CO2	-	-	2,5	5	18	100
% O2	8	1	-	4	-	-



Oxidationszone beim Schweißen von CrNi-Stählen

Durch Schweißen entstandene
Oxidschicht, $s \approx 100 \text{ nm}$

Passivschicht, $s \approx 2 - 4 \text{ nm}$



Schweißnaht

chromreduzierte Zone,
 $s \approx 20 - 200 \text{ nm}$

Grundwerkstoff



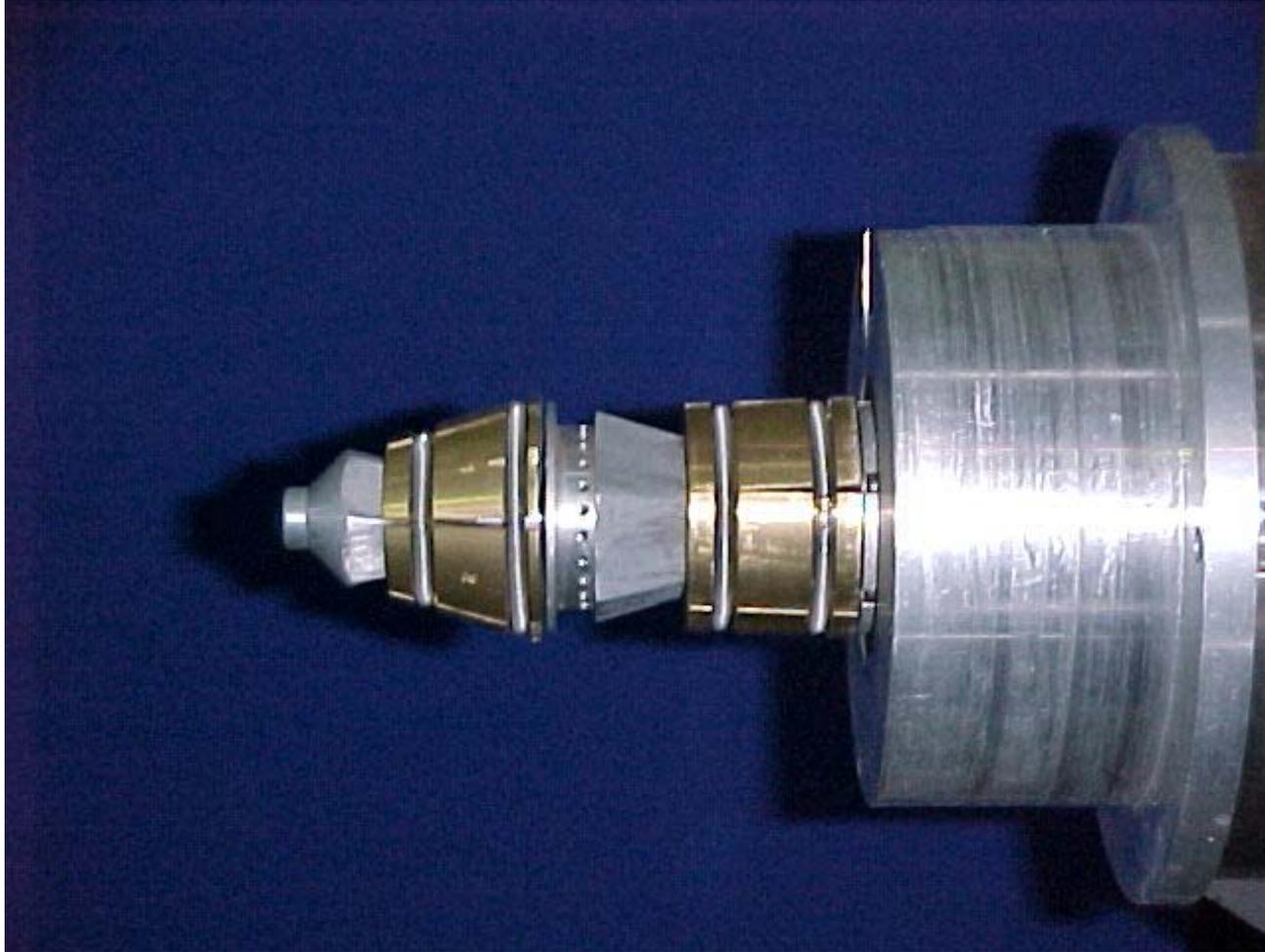
Westfalen AG

Empfohlene Wurzelschutzgase für verschiedene Werkstoffe

Wurzelschutzgas	Werkstoffe
Argon-Wasserstoff-Gemische	austenitische CrNi-Stähle Ni und Ni-Basis-Werkstoffe
Stickstoff-Wasserstoff-Gemische	Stähle, mit Ausnahme hochfester Feinkornbaustähle, austenitische CrNi-Stähle
Argon	austenitische CrNi-Stähle, austenitisch-ferritische Stähle (Duplex), gaseempfindliche Werkstoffe (Titan, Zirkonium, Molybdän), wasserstoffempfindliche Werkstoffe (hochfeste Feinkornbaustähle, Kupfer und Kupferlegierungen, Aluminium und Aluminiumlegierungen sowie sonstige NE-Metalle), ferritisch Cr-Stähle
Stickstoff	austenitische CrNi-Stähle, austenitisch-ferritische Stähle (Duplex)

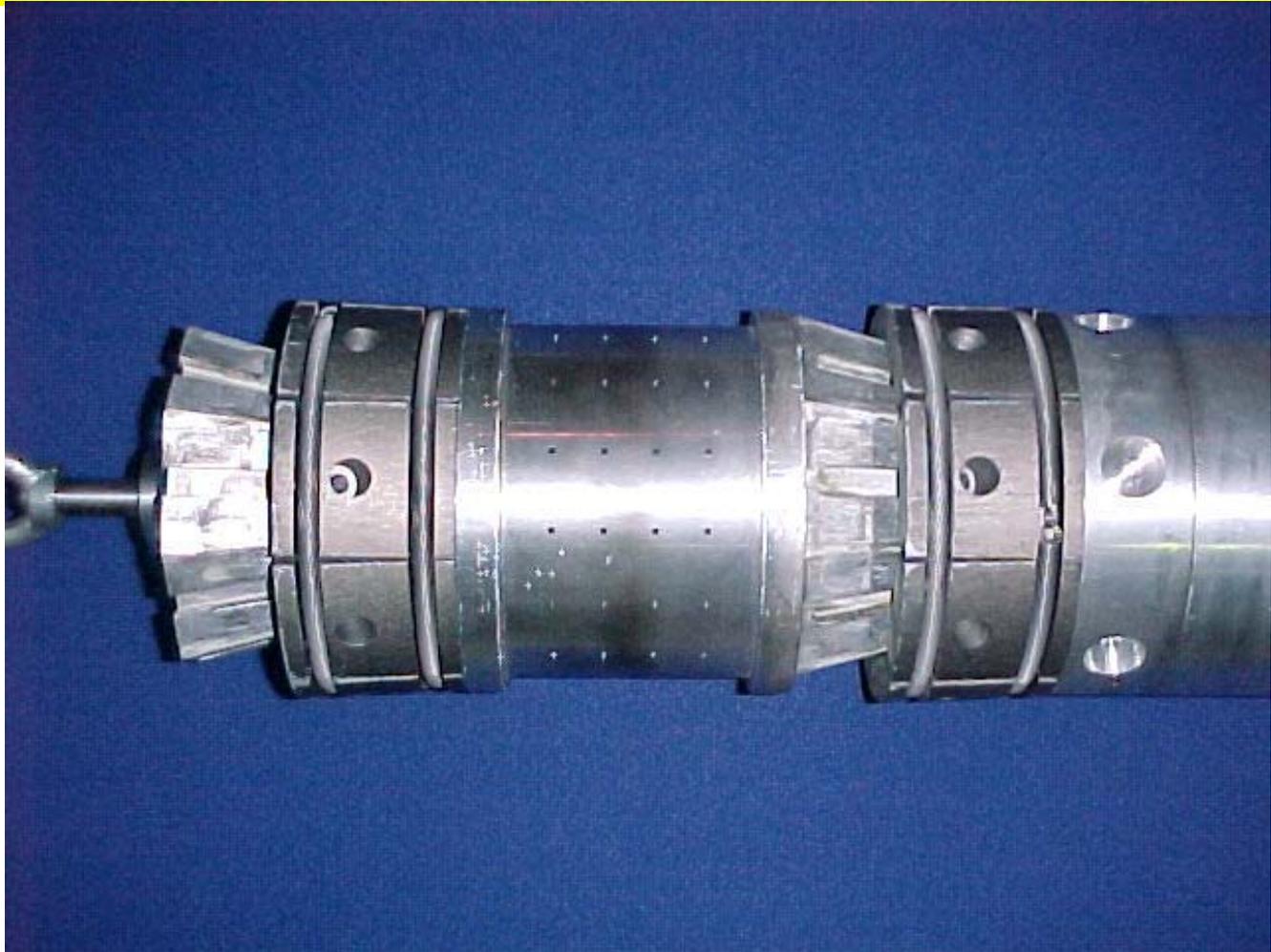


Innenspannvorrichtung für Flansch-Bogen-Verbindung



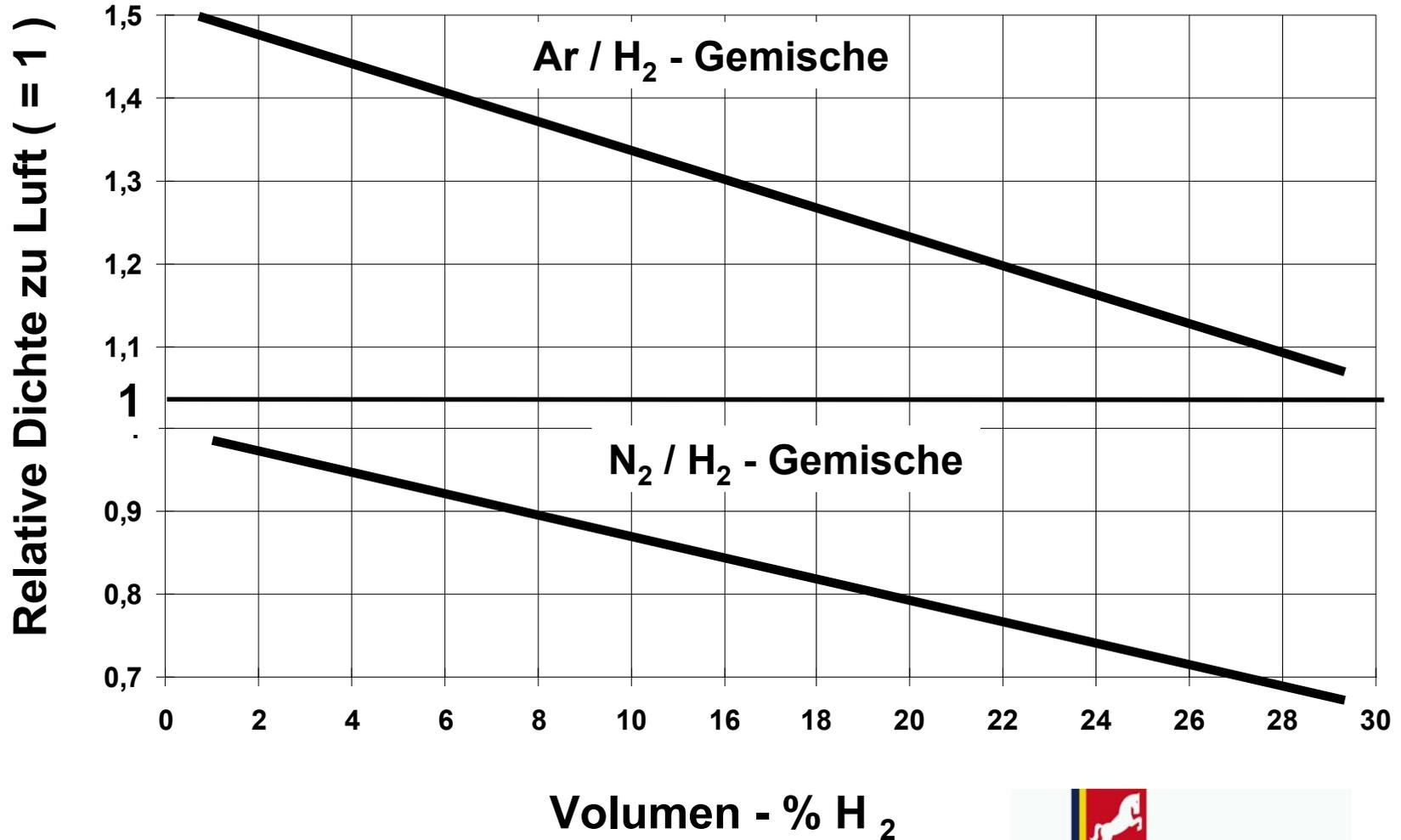
Westfalen AG

Innenspannvorrichtung mit Formiergaszuführung

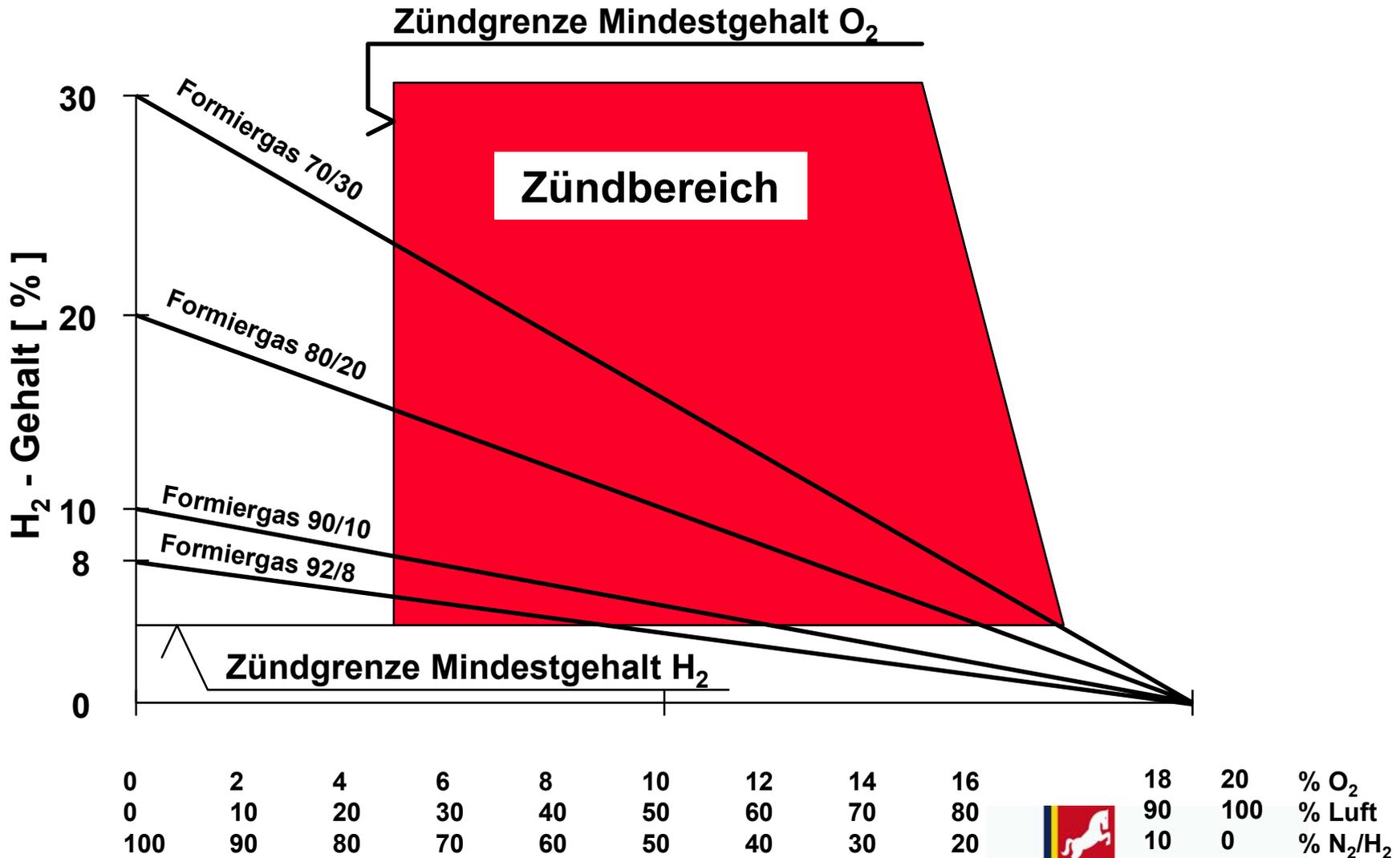


Westfalen AG

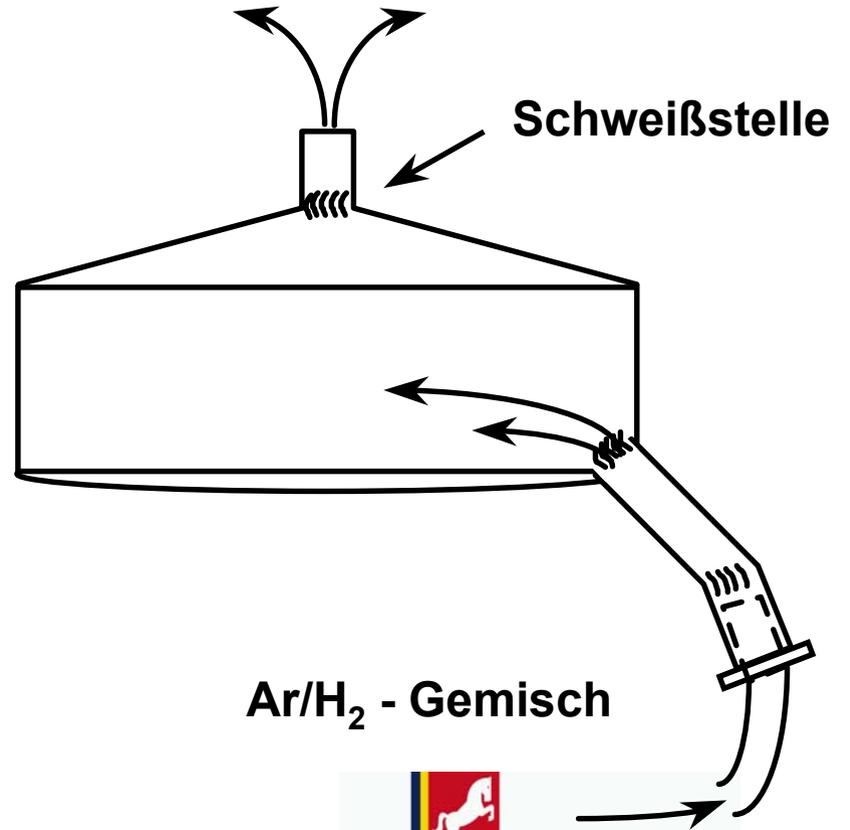
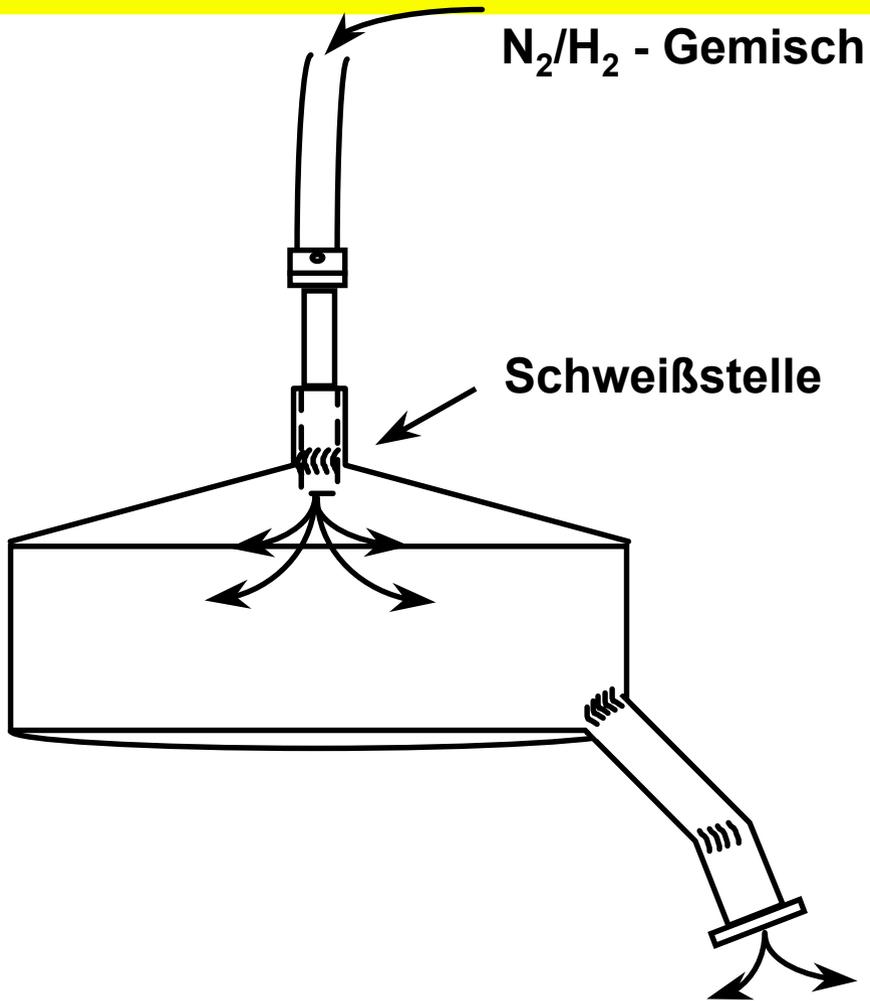
Dichteverhältnis der Wurzelschutzgase zu Luft



Zündgrenzen von N₂ / H₂-Gemischen in Luft



Formieren von Behältern



Möglichkeiten der Beseitigung von Anlauffarben

- **Bürsten**
 - CrNi-Stahlbürsten
 - zum schnellen Entfernen
- **Schleifen**
 - Zugspannungen in der Oberfläche
 - Gefahr von Spannungsrißkorrosion
- **Strahlen**
 - Glaskorund
 - Druckspannungen in der Oberfläche
- **Beizen**
 - Badbeizen (Überbeizen möglich)
 - Beizpasten (Temperaturempfindlich, 10-30°C)

