

Anwenderschulung Flammrichten

Flammrichten – oft die letzte
Möglichkeit ein Bauteil zu
retten



Wolfgang Schneider (Bj. '62)

- Bauschlosser
- Dipl. – Ing. Maschinenbau
- Schweißfachingenieur
- Schweißfachmann Rohrleitungsbau
- Schweißwerkmeister Gas
- PT – 2, VT – 2 - Prüfer



*Magnet- und
Anlagenbau GmbH*



Grundlagen des Flammrichtens

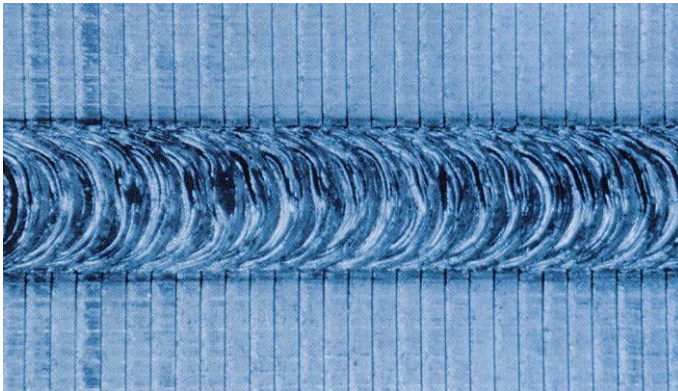
Notwendigkeit



Flammrichten von eingeschweißten Schiffswand-Versteifungsblechen mit hochhitzebeständigen Sonderbrennern.



Flammrichten – oft die letzte Rettung eines Bauteiles



„jede Schweißnaht ist zu kurz“

Grundlagen des Flammrichtens

alternatives Richtwerkzeug



Definition Flammrichten nach DIN 8522

Beim Flammrichten wird das Werkstück örtlich erwärmt.

Dabei tritt infolge der Wärmedehnung und Behinderung ihrer Ausdehnung eine Stauchung ein.

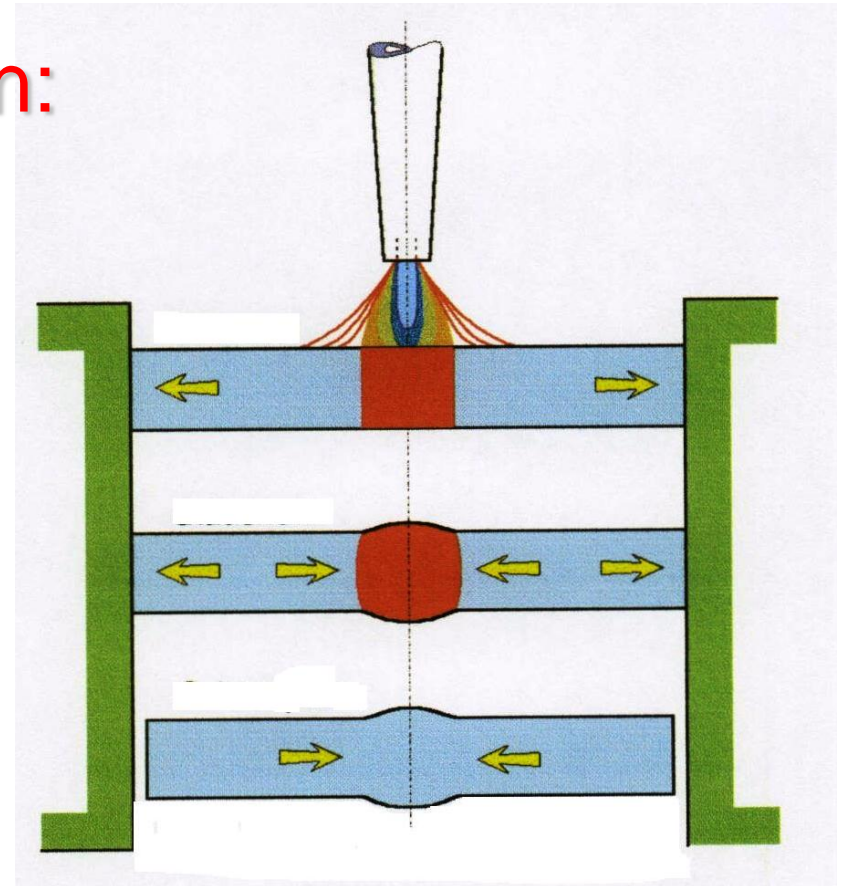
Beim Abkühlen entstehen in der gestauchten Zone Schrumpfkkräfte, die zu der gewünschten Formänderung führen.

Prinzip Flammrichten:

Wärmen

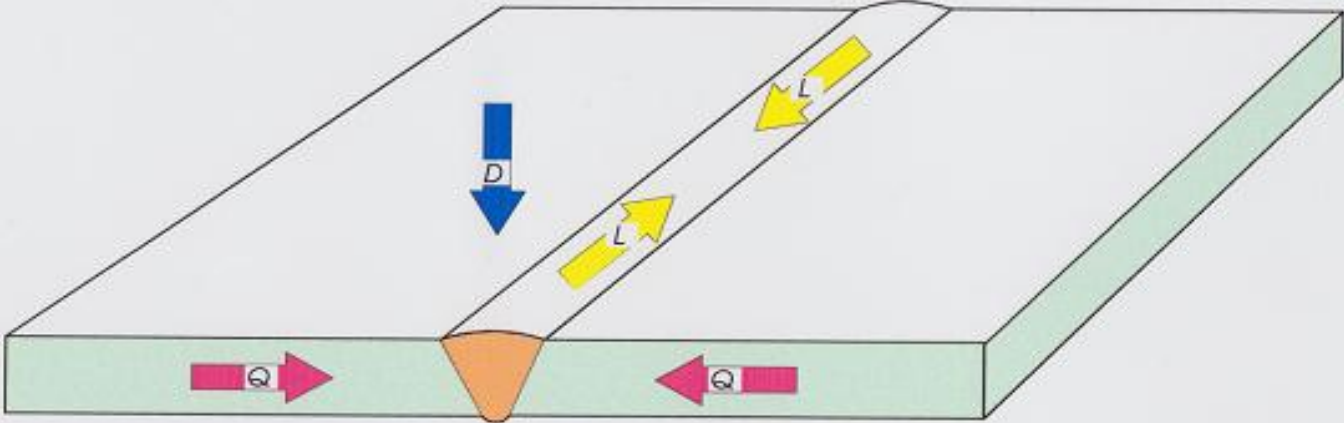
Stauchen

Schrumpfen

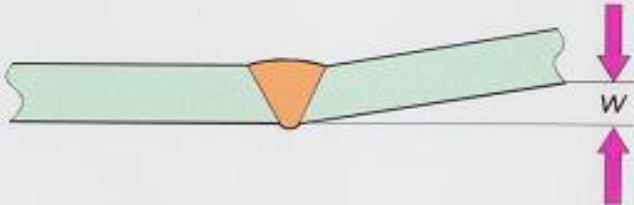


Grundlagen des Flammrichtens

Arten der Schrumpfung



- L Längsschrumpfung
- Q Querschrumpfung
- D Dickenschrumpfung
- W Winkelschrumpfung



Vermeidung der Schrumpfspannungen beim Schweißen

1. Schweißfolgeplan aufstellen.
2. Schweißfolge so wählen, dass Bauteile möglichst lange frei schrumpfen können.
3. Einzelbaugruppen vor der Weiterverarbeitung richten.
4. Winkel- und Längenvorgaben berücksichtigen.
5. Vorspannen bzw. Festspannen oder Vorrichtungen einsetzen.

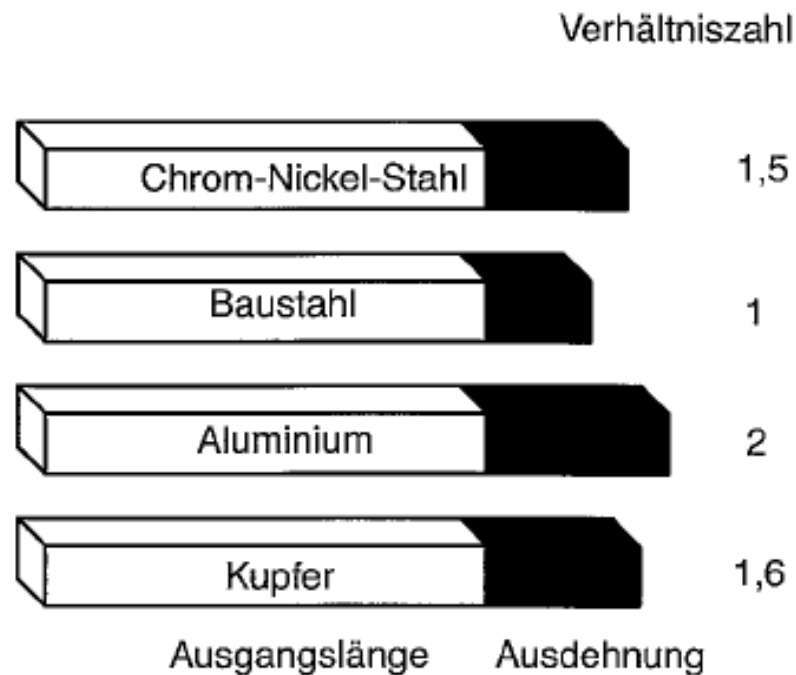
Vermeidung der Schrumpfspannungen beim Schweißen

6. Pilgerschrittschweißung, hohe Schweißgeschwindigkeit und Strichraupen erbringen eine geringe Energie - einbringung.
7. Optimale Abstimmung des anzuwendenden Schweißprozesses.
8. Vorwärmung der ab zuschweißenden Konstruktionen.

Wärmeausdehnung

Bei stabförmigen Teilen erfolgt die Ausdehnung bei Erwärmung vorwiegend in Längsrichtung (Verlängerung). Verschiedene Werkstoffe haben unterschiedliche Kennwerte der Wärmeausdehnung.

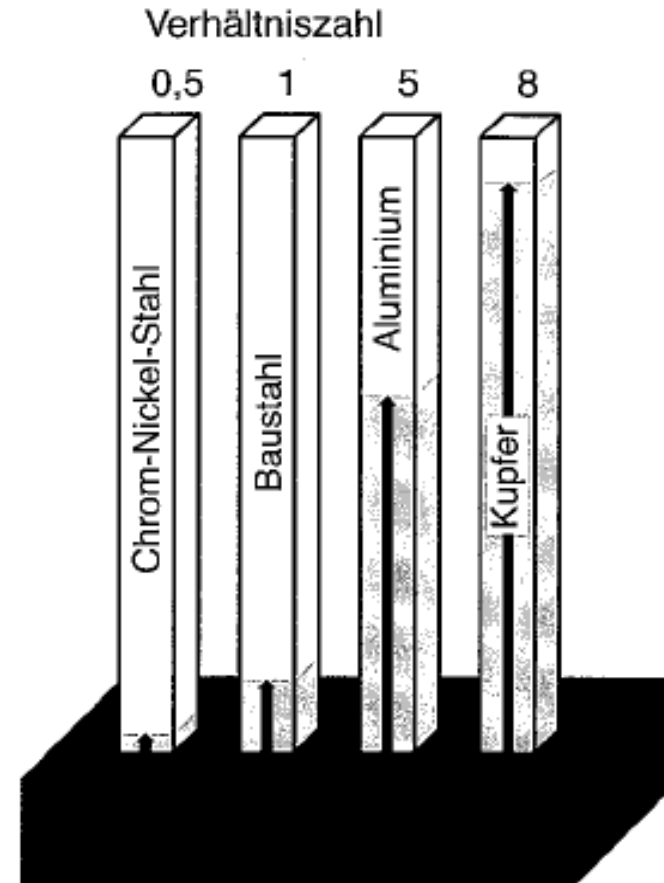
Vergleiche die Verhältniszahlen für Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnung!



Wärmeleitfähigkeit

Örtlich eingebrachte Wärme wird von verschiedenen Werkstoffen unterschiedlich schnell zu kälteren Bereichen abgeleitet. Zum Beispiel hat Kupfer eine bestimmte Temperatur nach gleicher Zeit an einer achtmal weiter entfernten Stelle erreicht als Baustahl. Maßgebend hierfür ist die Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs.

Hohe Wärmeleitfähigkeit erfordert große Wärmezufuhr zur örtlichen Erwärmung auf eine bestimmte Temperatur.



Welche Werkstoffe lassen sich Flammrichten???

Alle schweißbaren Werkstoffe lassen sich Flammrichten – wie:

- Stahl, (Feinkorn, hochlegiert, CrNi)
 - (Edelstahl ?? V2A / V4A)
 - Duplex
- Einwirkzeit/Gefügeveränderung
(Richttemperatur < Gefügeumwandlungstemperatur)
- Aluminium (hohe Wärmeableitung, Holzkeil)
 - Kupfer (sehr hohe Wärmeableitung ggf. WIG)
 - Messing
 - Titan (Achtung: Oxidierung Vermeiden)
 - Manganstahl (schnelles Erwärmen, starkes Abkühlen sonst Gefahr von Rissbildung !!)

Grundlagen des Flammrichtens



Vermeidung von Verzug durch Gegenwärmen.

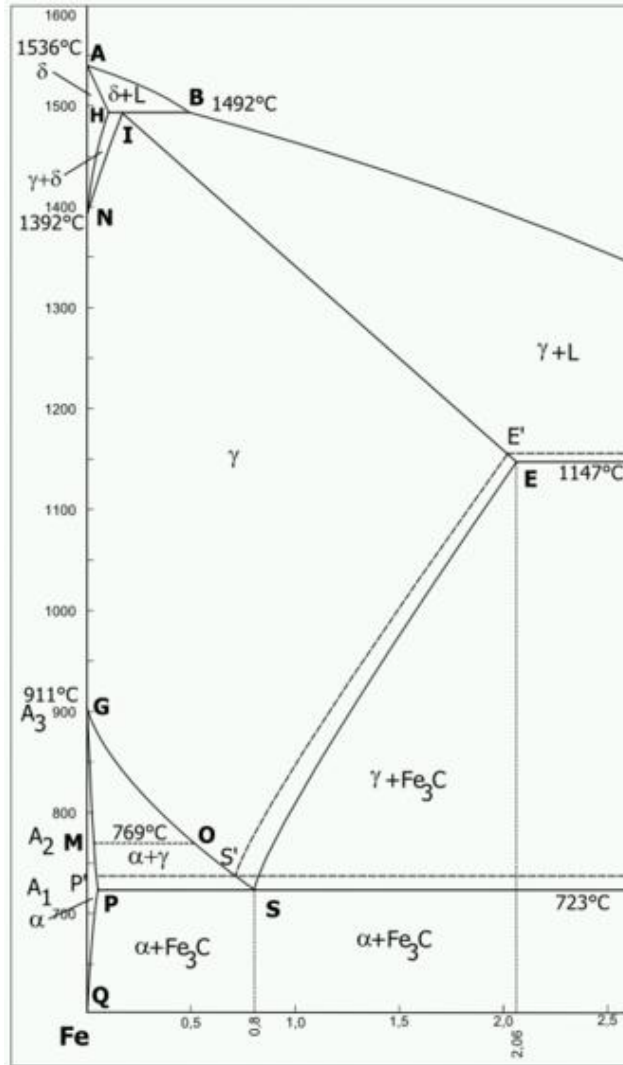


Flammrichten längsgeschweißter Großrohre mit wassergekühlten Acetylen-Sauerstoff-Brennern auf einer Sondervorrichtung

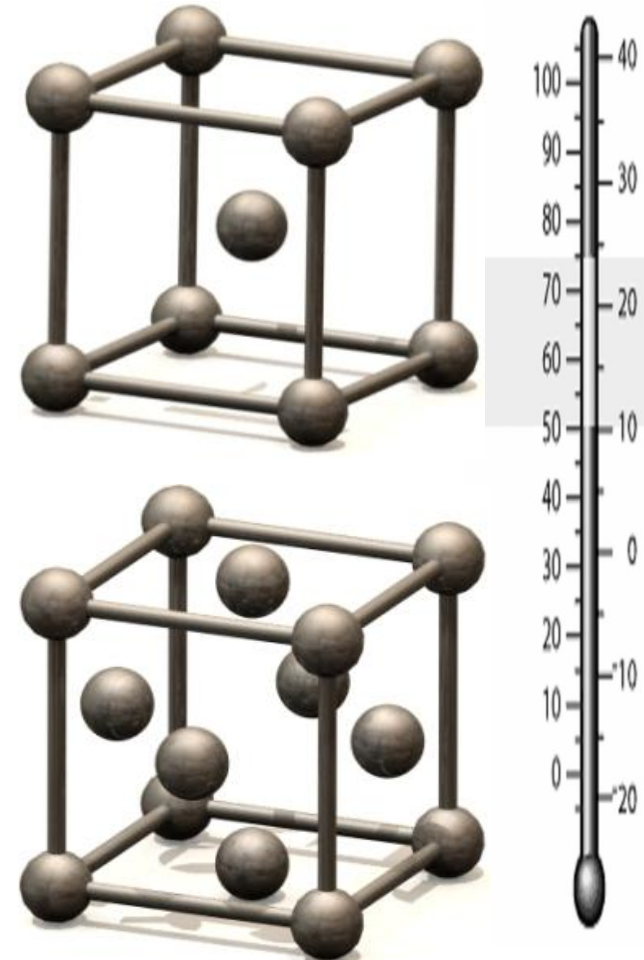


Werkstoffverhalten beim Flammrichten

Temperaturen verschiedener Wärmeverfahren	
°C	Anwendungsfall
2200	Schmelzen von Quarzglas
1800	Verformen von Quarzglas
1100	Einschmelzen von Pulverschichten
1000	Verformen von Stahl
850	Flammhärten
800	Verformen von Kupfer
700	Vorwärmen von Kupfer zum Schweißen
700	Hartlöten (Flammlöten)
600	Flammrichten und Glühen von Stahl
600	Glühen von Kupfer
400	Verformen von Al-Legierungen
200	Vorwärmen von Stahl zum Schweißen und Schneiden
200	Vorwärmen von Al-Legierungen zum Schweißen

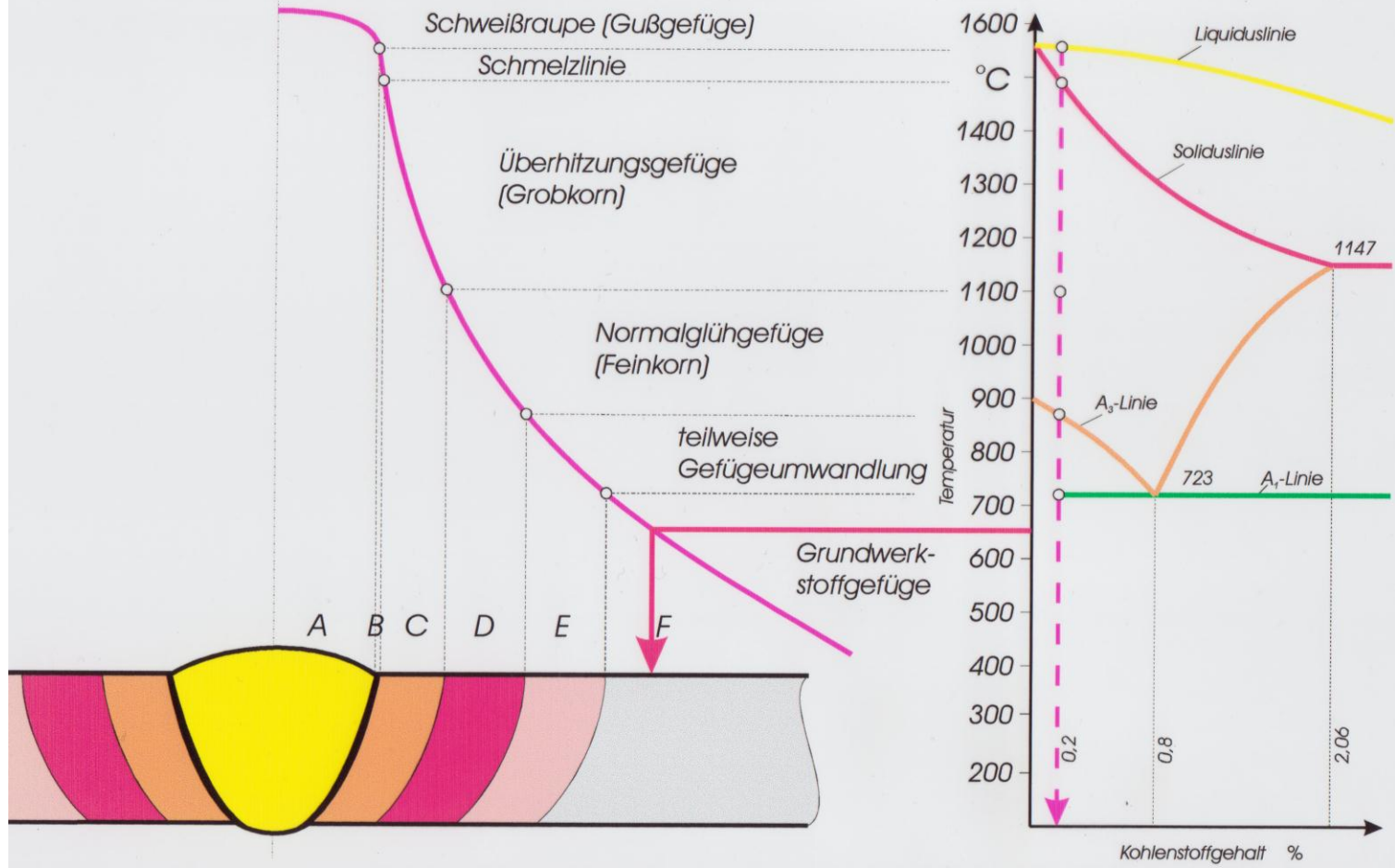


Flammrichttemperaturen



Werkstoffverhalten beim Flammrichten

Temperatur im Abstand von der Schmelznahtmitte



Welche Flammrichttemperatur muss gewählt werden?

Das Erwärmen auf die notwendige Richttemperatur soll so schnell erfolgen, so dass sich die Richtstelle an der festen Umgebung aufstauchen kann.

Kurze Anwärmzeiten verhindern die Änderung der Werkstoffeigenschaften
Die Höhe der Flammrichttemperatur ist werkstoffabhängig.

Der Werkstoff muss bis in den plastischen Bereich erwärmt werden, bei Stählen also über 550°C.

Der Praktiker erwärmt wegen des typischen Erkennens auf Dunkelrotglut bis ca. 600-650°C.

Im Falle von Leichtmetallen liegt die Flammrichttemperatur je nach Legierung zwischen 250-400°C.

Flammrichten Unterschiedlicher Werkstoffe

Zu Berücksichtigen:

- Der Wärmebehandlungszustand
- Die Kaltverformung
- Die Aufhärtungsneigung (C, Mn-Gehalte)

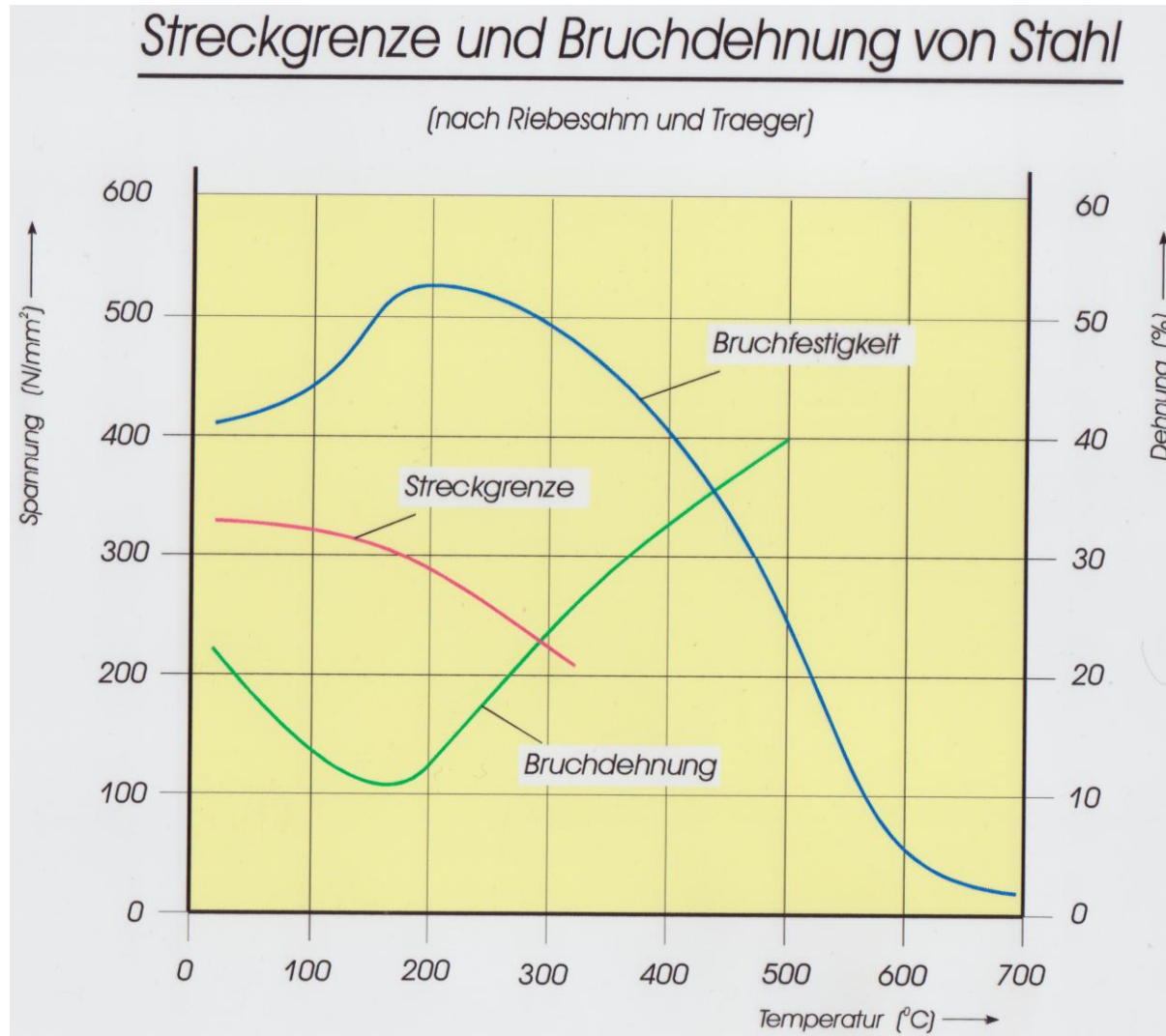
Die Flammrichttemperatur beträgt 400-700°C < A 1 im EKD.

Warmfeste Stähle

(z.B. 13 CrMo45)

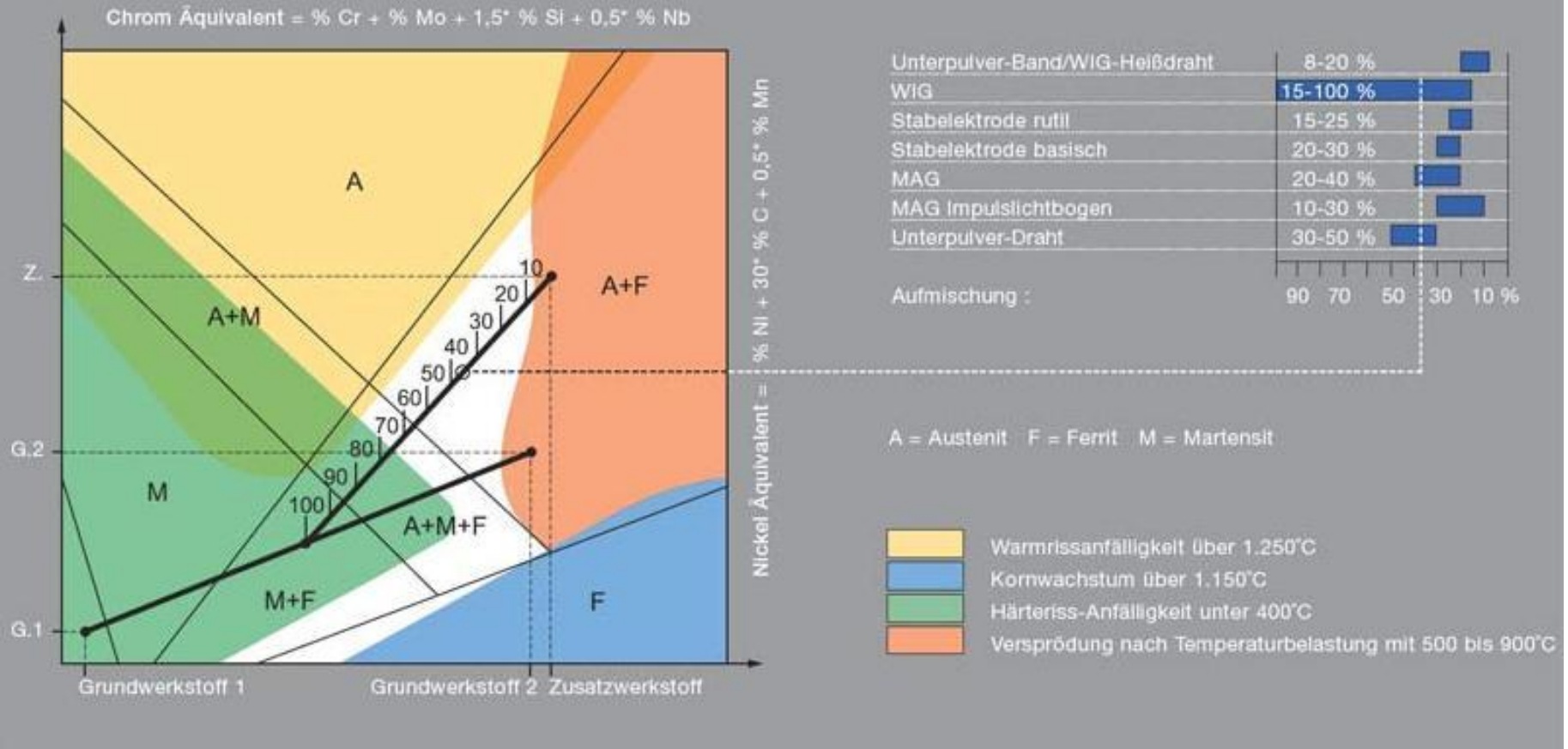
Max.650°C, langsame Abkühlung

Werkstoffverhalten beim Flammrichten



Werkstoffverhalten beim Flammrichten

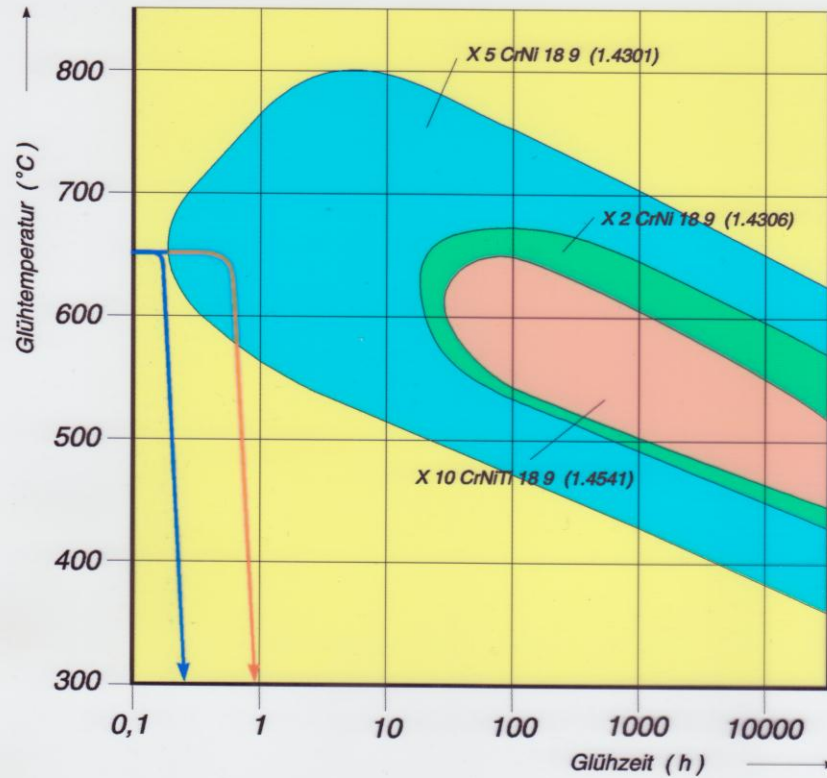
Schaeffler-Diagramm



Werkstoffverhalten beim Flammrichten

Chromkarbid-Ausscheidungen

(nach Marfels)



Arbeitsregeln beim Flammrichten

1. Messen (Grund ermitteln)
2. Lange Seite ermitteln (Durch Flammrichten kann nur verkürzt werden)
3. Behinderung der Wärmeausdehnung (Richtwirkung wird verstärkt!)
4. Brenngasauswahl (Acetylen) - Mengen bereitstellen
5. Brennerauswahl
6. Örtlich begrenzter Wärmestau (lieber viele kleine Wärmzonen als eine große!)
7. Stauchen durch plastische Verformung
8. Schrumpfen lassen bis auf Umgebungstemperatur
(Schrumpfung findet bis zur Erreichung der Umgebungstemperatur statt !!)
9. Messen (Erst danach neue Richtstelle festlegen)

Werkzeuge zum Flammrichten

GAS

Werkzeuge zum Flammrichten

Dehnungsbe- hinderungen

Acetylen
Sauerstoff

Armaturen
Brenner
Schläuche

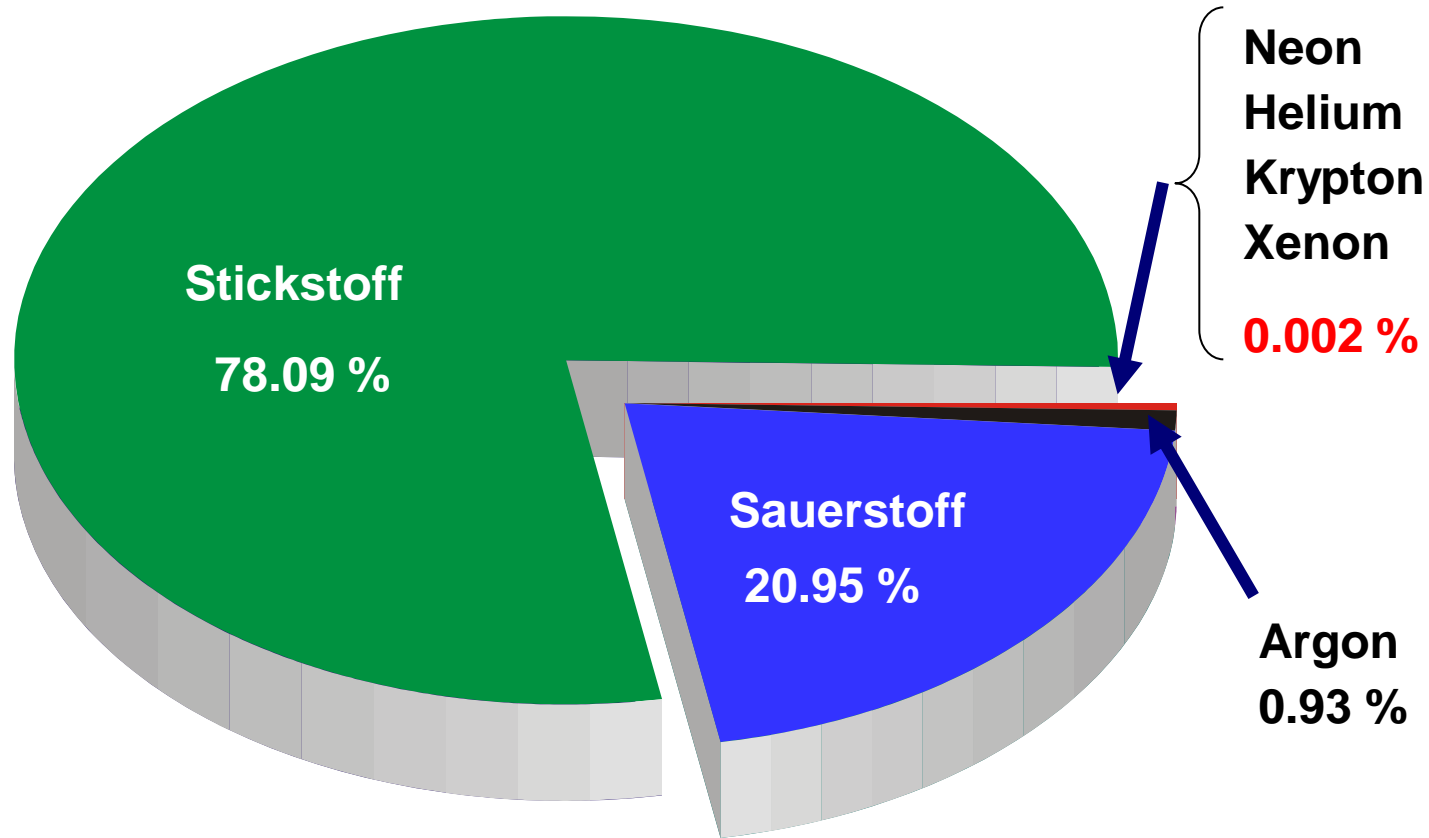


Schraubzwinde
Lineal
Holzhammer
Gegenhalter
Messwerkzeug
Lehren, Keile
Ketten
Hubzug
Stockwinde



O₂

Zusammensetzung der Luft



Sauerstoff

(BGV B7)

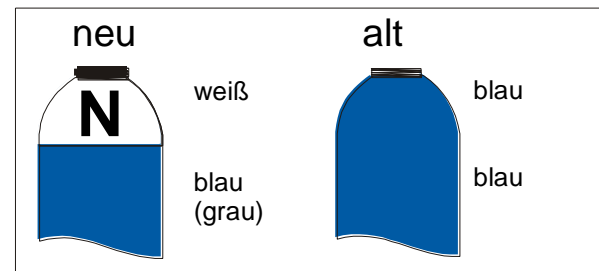
- Farbloses Gas.
- Ein wenig schwerer als Luft.
- Ist zu ca. 21 % in der Umgebungsluft enthalten.
- Brandfördernd.
- Verbrennungsvorgang verläuft
 - an der Luft normal,
 - bei reinem Sauerstoff explosionsartig.

Kennzeichnung von Druckgasflaschen
(nach DIN EN 1089-3)

- Sauerstoff darf nicht mit Öl oder Fett zusammengebracht werden - Selbstzündungsgefahr!



Warnung vor
brandfördernden
Stoffen



- **Sauerstoffarmaturen öl- und fettfrei halten!**

Sauerstoffanreicherung



Werkzeuge beim Flammrichten - Brenngase

Propan max.T ca. 2850°C



Acetylen max.T ca. 3200°C

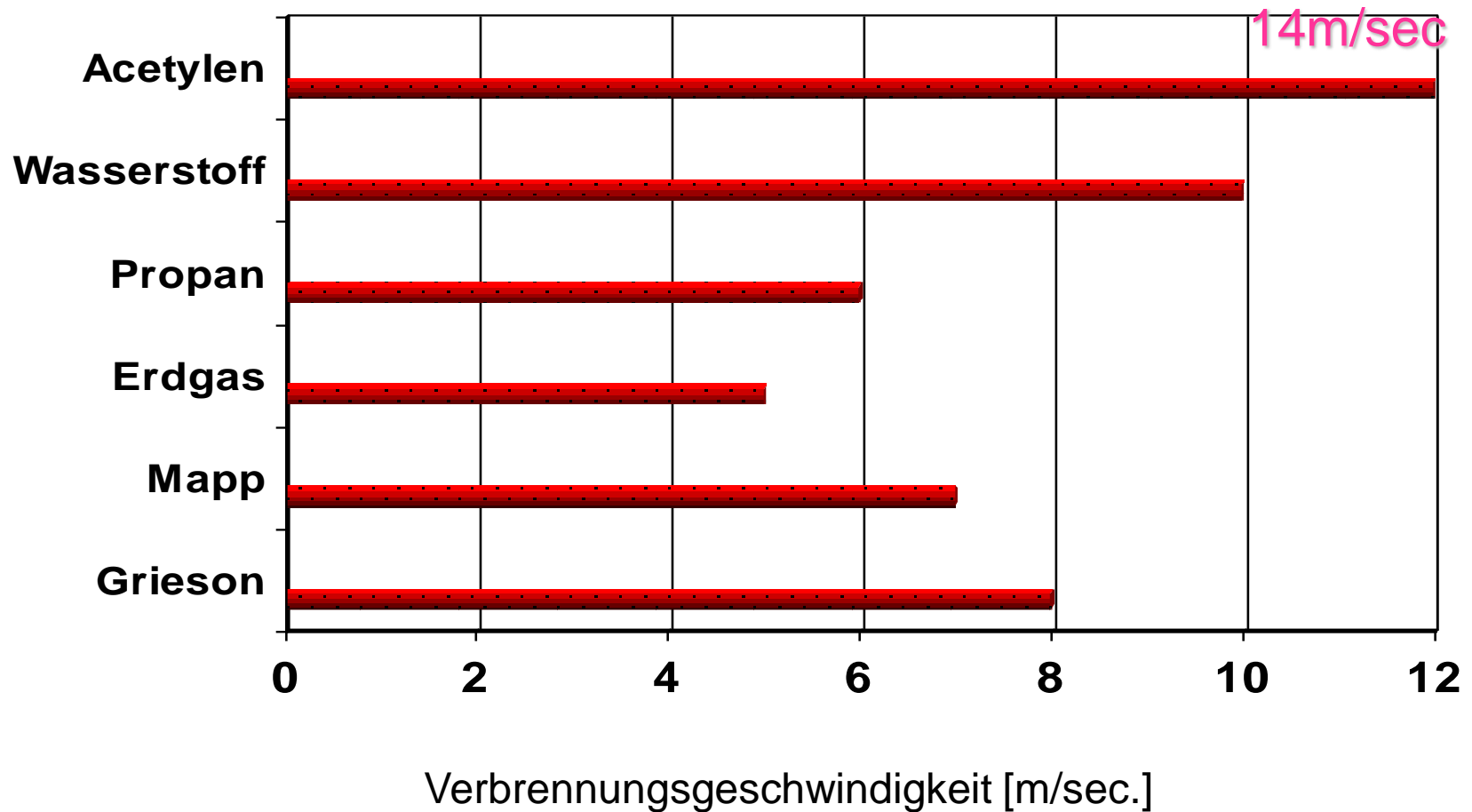


Werkzeuge beim Flammrichten - Brenngase

Brenngasart				unterer Heizwert		Mischungsverhältnis			Flammentemperatur			Dichte	
Bezeichnung	Summenformel	Kennbuchstabe	Kennfarbe	h_u		$V_{\text{Sauerstoff}} : V_{\text{Brenngas}}$			[°C]			$\frac{1}{\text{bar/15°C}}$	flüssig
				[kJ/m]	[kJ/kg]	norm	max.	stöch	norm	max.	stöch	[kg/m ³]	[kg/l]
H2	H₂	H	rot	10.758	119.533	0,36	0,42	0,50	2835	2856	2840	0,09	0,07
Methan (Erdgas)	CH₄	M	rot	31.814	44.186	1,6	1,8	2,0	2770	2786	2778	0,72	0,42
Acetylen	C₂H₂	A	braun	56.930	48.678	1,1	1,5	2,5	3106	3160	3066	1,17	0,62
Grieson	C₃H₄	F	rot	55.674	47.600	1,8	2,4	3,0	2902	2924	2902	1,17	0,57
Mapp	C₃H₆	Y	orange	89.999	46.153	2,8	3,5	4,0	2872	2896	2878	1,95	0,58
Propan	C₃H₈	P	orange	93.557	46.315	3,75	4,3	5,0	2810	2828	2820	2,02	0,53

Werkzeuge beim Flammrichten - Brenngase

Verbrennungsgeschwindigkeiten Brenngas-/Sauerstoff-Gemischen

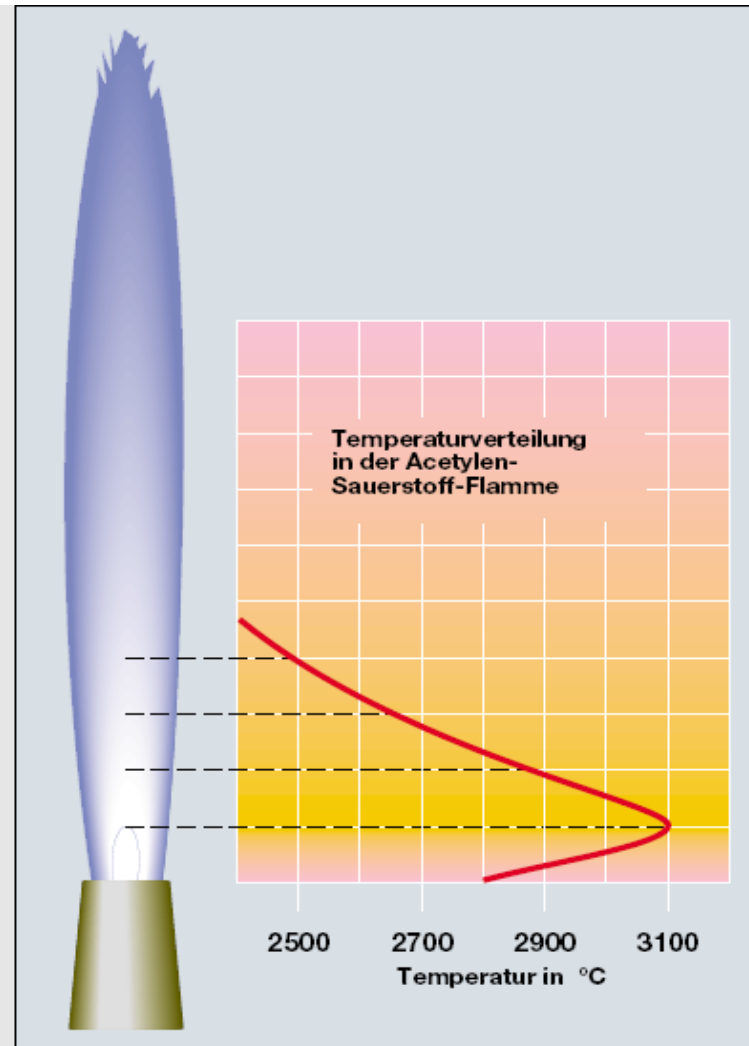
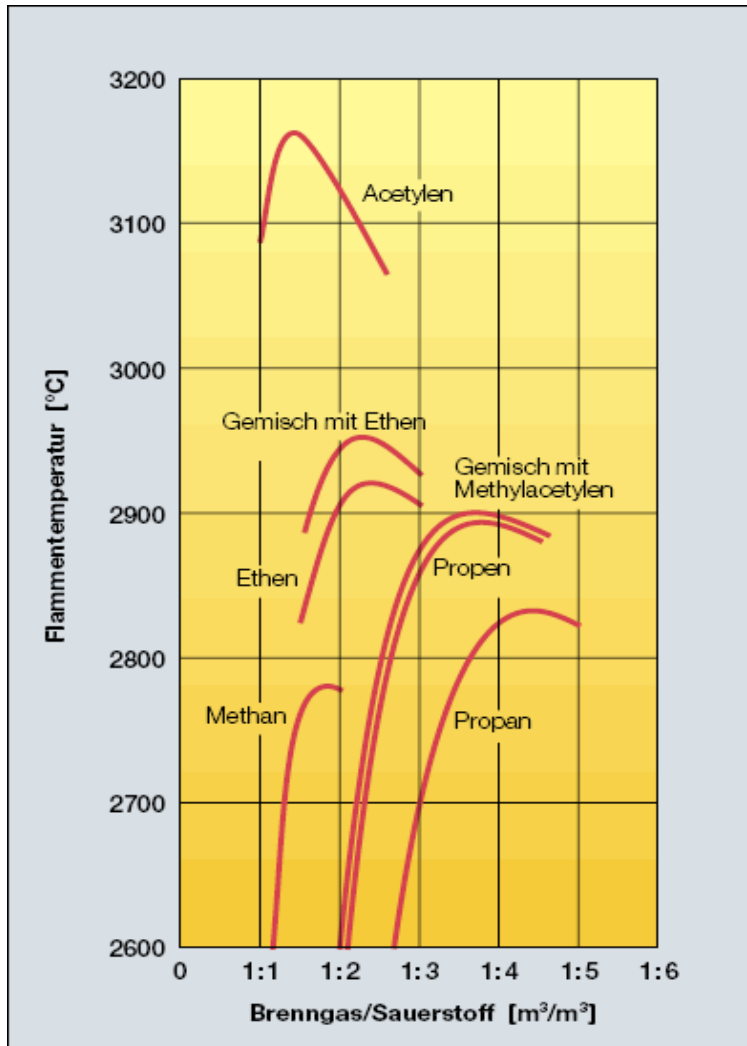


Acetylen

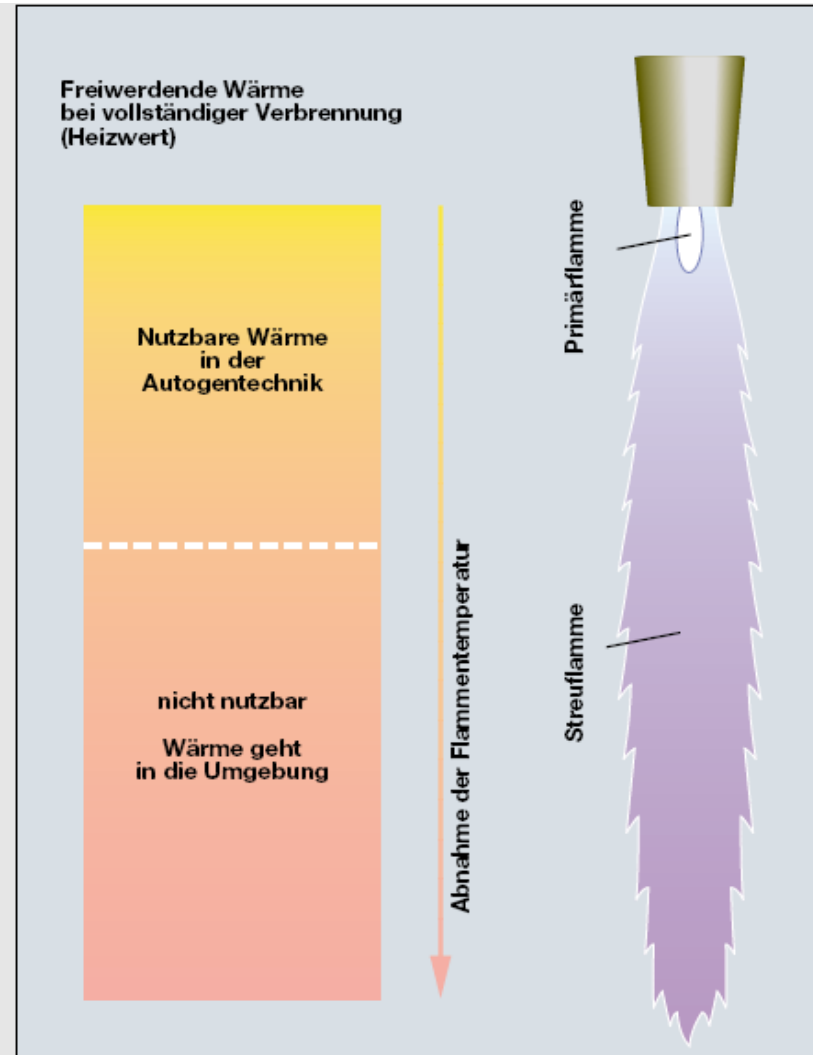
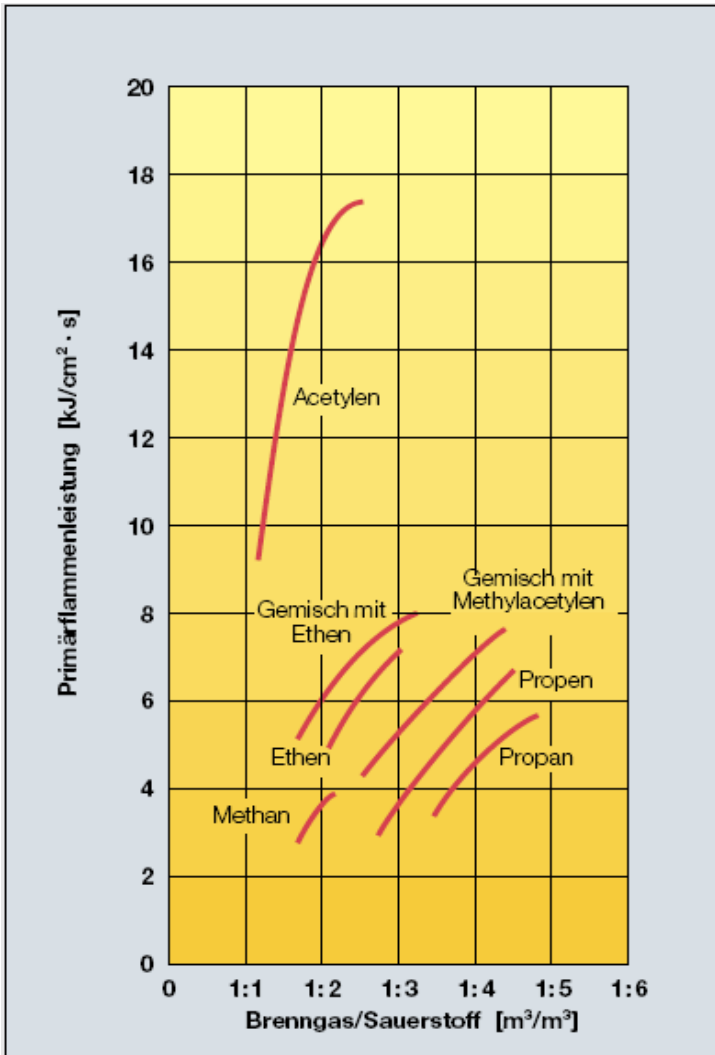
- Leicht brennbares, farbloses Gas.
- Leichter als Luft, knoblauch- oder carbidartiger Geruch.
- Ist eine labile, energiereiche Kohlenwasserstoffverbindung ($C_2 H_2$).
- Wirkt erstickend durch Sauerstoffverdrängung, Verunreinigungen meist giftig.
- Kennzeichnung von Druckgasflaschen (nach DIN EN 1089-3)
- Acetylen-Luft-Gemische sind **explosionsfähig** zwischen 2,3 und 82 Vol.-% Acetylenanteil in der Luft!
- Ist in Druckgasflaschen in Aceton gelöst und in einer porösen Masse gespeichert.



Werkzeuge beim Flammrichten - Brenngase



Werkzeuge beim Flammrichten - Brenngase



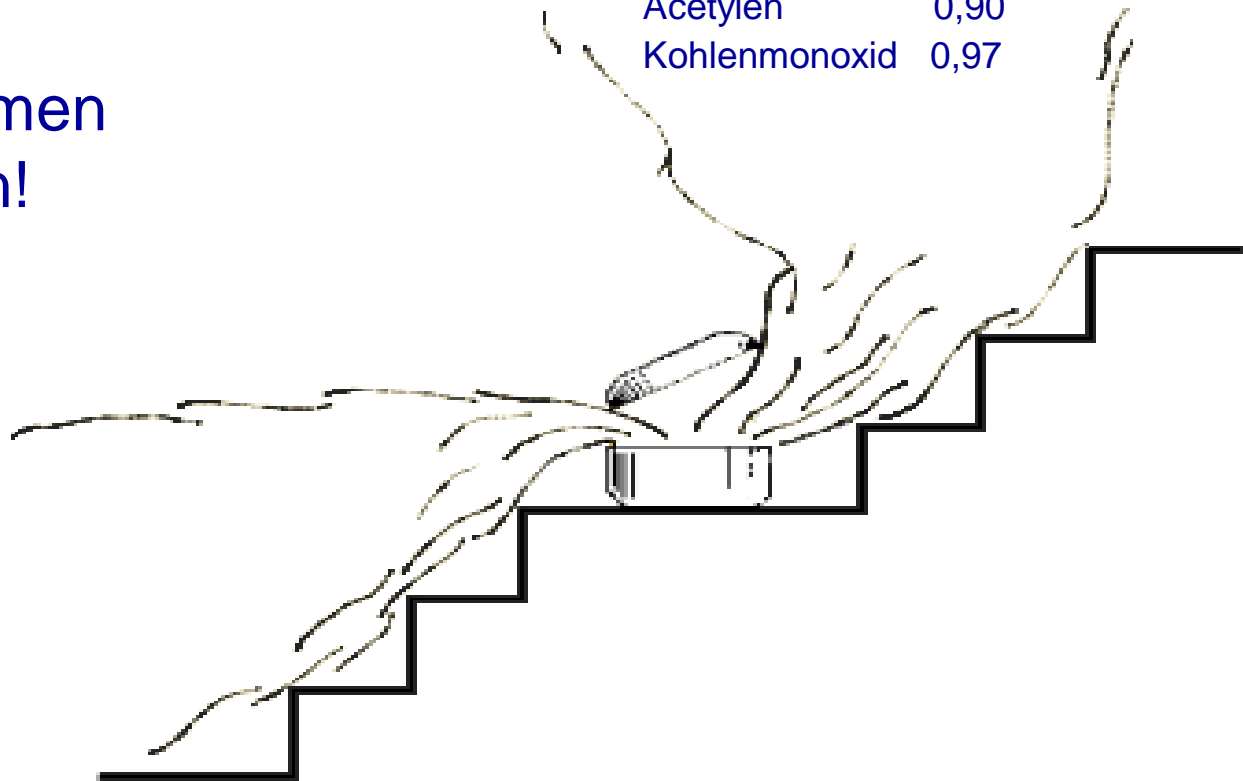
Werkzeuge beim Flammrichten - Gase

Dichteverhältnis

Wasserstoff	0,07
Methan	0,55
Ammoniak	0,59
Acetylen	0,90
Kohlenmonoxid	0,97

schwere Gase strömen
wie Flüssigkeiten!

Schwefelwasserstoff	1,19
Propan	1,56
Alkohol	1,59
Butan	2,05
Ether	2,55
Schwefelkohlenstoff	2,65
Benzol	2,70



Werkzeuge beim Flammrichten - Brenner

Einfluss wärmetechnischer Kennwerte verschiedener Metalle bezüglich der Brennergröße

Die Größe der Stauchung ergibt die Schrumpfung und damit den Richteffekt. Voraussetzung des Stauchens ist ein guter Wärmestau. Um einen ausreichenden Wärmestau zu gewährleisten, ist mit ausgewählten Brennergrößen zu arbeiten.

Die Größe der Flammrichtbrenner wird durch die Werkstoffart und die Blechdicke bestimmt.

Für Bleche bis 3 mm wird die Brennergröße wie beim Schweißen ausgewählt. Bei Blechdicken > 3 mm muss die Blechdicke s mit 2 bis 2,5 multipliziert werden.

z.B. $s = 10$ mm

$10 \times 2,5 = 25$ mm = Brennergröße 20 – 30 mm



Werkzeuge beim Flammrichten - Brenner

STAR Schweiß-, Löt- und Wärmeinsätze



Werkzeuge beim Flammrichten - Brenner

STAR Wärmeinsätze Konstantherm[®] Z-A



Werkzeuge beim Flammrichten - Brenner

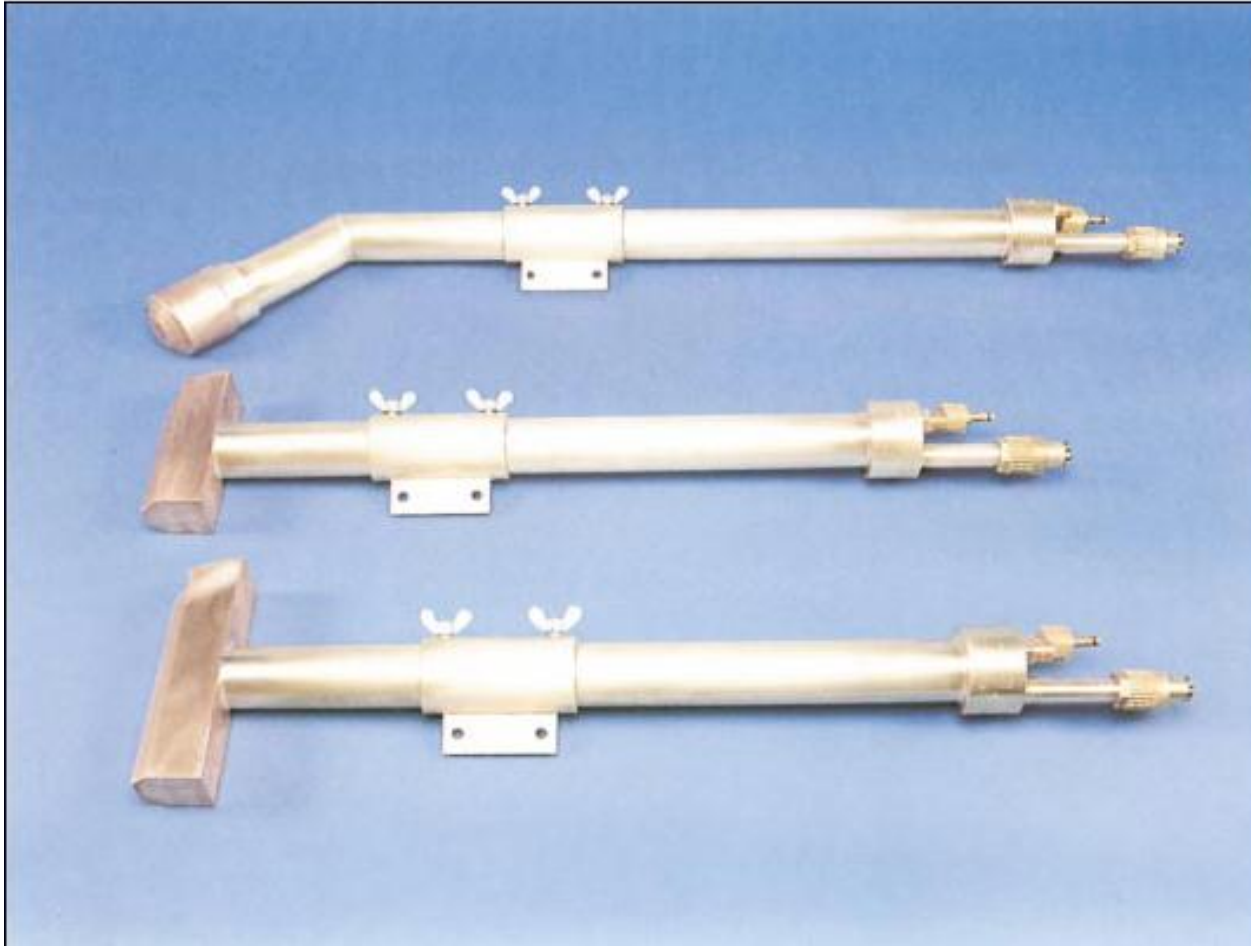
Handgeführte Wärmebrenner 2-15m³/h



Handgeführte Acetylen-Sauerstoff-Brenner verschiedener Größen für Flammwärm- und Flammrichtarbeiten

Werkzeuge beim Flammrichten - Brenner

Maschinengeführte Acetylen-Sauerstoff-Brenner mit Zündflammen und Wasserkühlung für mechanisiertes Flammwärmen und Schmelzverbinden



10-47 m³/h

Werkzeuge beim Flammrichten - Brenner

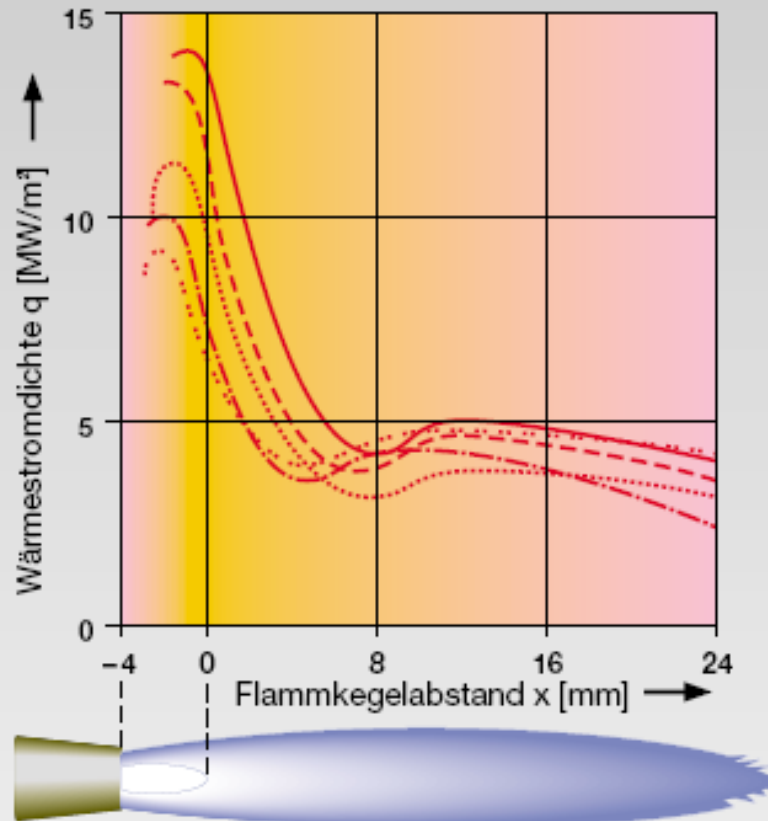
Wärmedüsen mit zentralem und flächenförmigem Flammenaustritt für Brenngase/Sauerstoff und Brenngase/Druckluft.



Verbrauchsmengen der Flammrichtbrenner

Mischungsverhältnis
Acetylen : Sauerstoff

- 1 : 2,1 ————
- 1 : 1,7 - - - - -
- 1 : 1,5 ······
- 1 : 1,3 — · — ·
- 1 : 1,3 ······



Axiale Verteilung der Wärmestromdichten von Acetylen-Sauerstoff-Flammen bei verschiedenen Mischungsverhältnissen

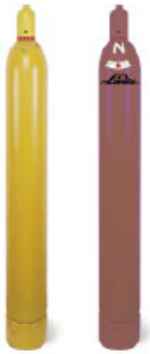
Schweißbereich [mm]	Verbräuche [m ³ /h]
	Sauerstoff bei 2-3 bar u. Acetylen mind. 0,5 bar
0,2 – 0,5	0,04 - 0,05
0,5 – 1	0,07 - 0,10
1 – 2	0,13-0,18
2 -4	0,24 - 0,32
3 - 5	0,40 - 0,53
4 - 6	0,37 - 0,49
6 – 9	0,63 - 0,83
9 - 14	1,07 - 1,43
14 – 20	1,48 - 1,97
20 – 30	2,14 - 2,84
30 – 40	3,12 - 4,15
ab 40	3,80 - 5,05

Werkzeuge beim Flammrichten - Druckminderer



Eingang:	Bügelanschluß nach DIN 477 Bl. 1, Nr. 3
Ausgang:	G 3/8 LH, EN 560
Vordruck:	max. 25 bar
Hinterdruck:	max. 1,5 bar
Nennleistung:	max. 8,5 m ³ /h
Bauartzulassungskennzeichen:	BAM 1181

Werkzeuge beim Flammrichten – Gasversorgung Brenngase



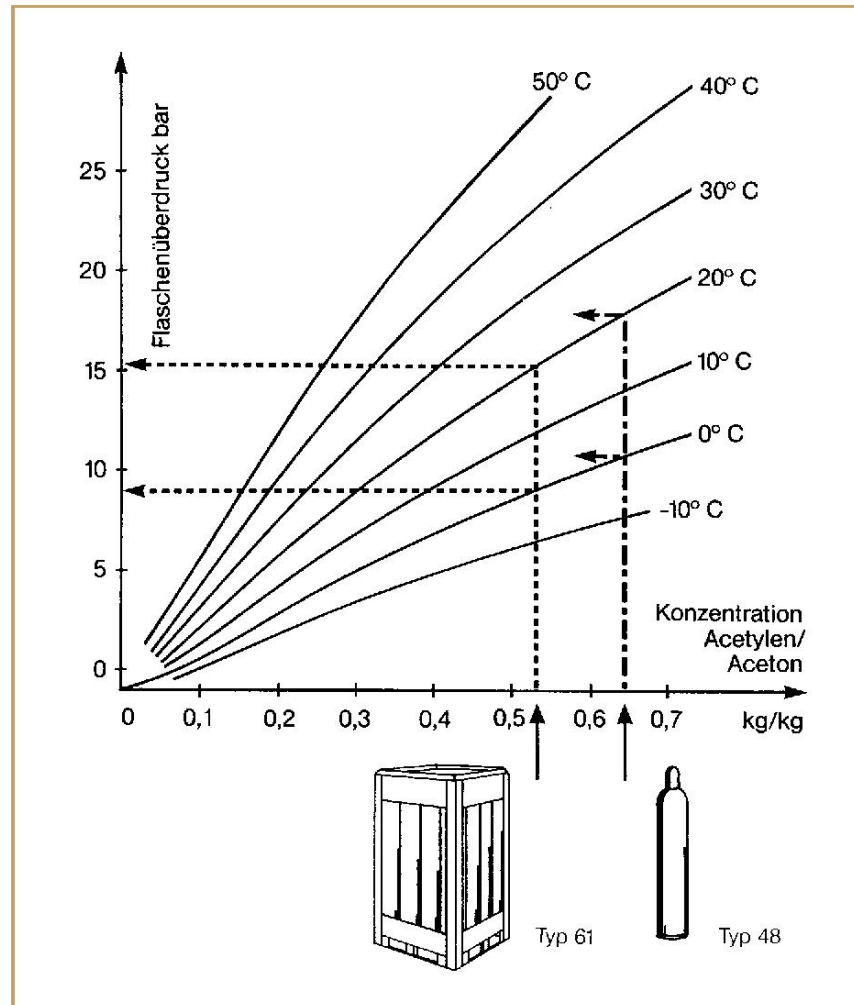
Einzelflasche



Acetylenbehälter

Lieferformen		Inhalt kg	Entnahme l/h		
			kurzfristig < 20 min	normal 8 h	Dauerentnahme > 8 h
Umrechnungszahlen					
m ³ Gas (1 bar, 15 °C)	kg Gas				
1	1,100				
0,909	1				
Trailer (128 Fl.)		1.152	128.000	64.000	44.000
Trailer (256 Fl.)		2.304	256.000	128.000	88.000

Werkzeuge beim Flammrichten - Gasversorgung



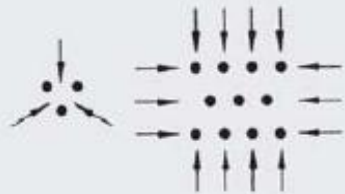
Bei einer vollen Flasche Typ 48 mit Konzentration 0,64 und 20 °C innerer Flaschentemperatur, zeigt das Manometer einen Überdruck von 18 bar an. Bei 0 °C sinkt der Überdruck auf 11 bar.

Im Flaschenbündel Typ 61 ist die Konzentration geringer. Die Drücke liegen entsprechend tiefer.

Flammrichtfiguren

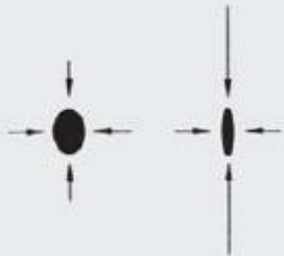
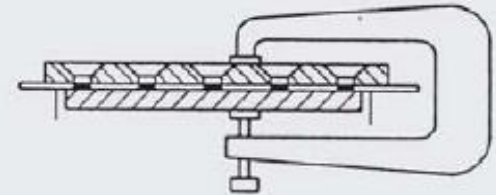
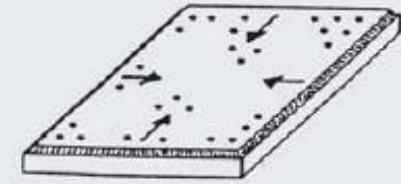


Arten der Erwärmung beim Flammrichten



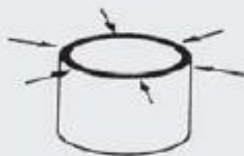
2. Wärmepunktfeld

z.B. Blechrichten mit Lochplatten



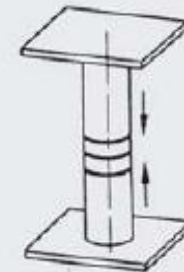
3. Wärmeoval

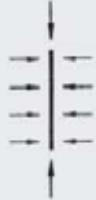
z.B. Rohrrichten



4. Wärmering

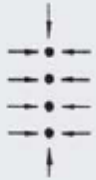
z.B. zum Verkleinern des Durchmesser
oder zur Verkürzung der Länge



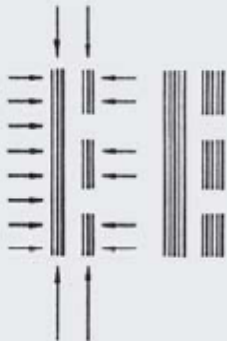


5. Wärmestraße

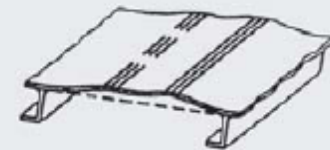
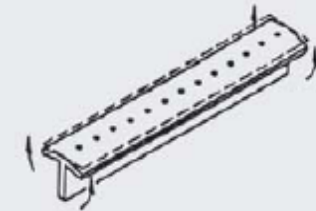
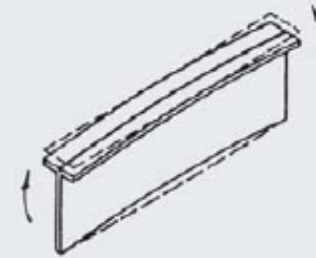
a) Wärmestrich
zum Richten von Längsschrumpfung



b) Wärmepunktstraße
zum Richten von Winkelverzug

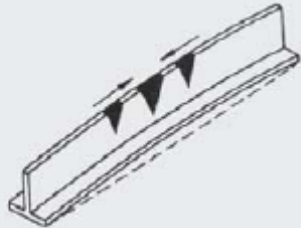


c) Mehrstrich-Wärmestraße
z.B. zum Beseitigen des Winkelverzuges
an Plattenfeldern ab ca. 4 mm Material-
dicke



6. Wärmekeil

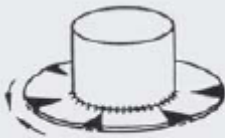
Der Wärmekeil wird zum Krümmen und zum Beseitigen von Krümmungen bevorzugt verwendet. Die Keiltiefe und Breite ist der Bauteilsteifigkeit anzupassen.



- a) Wärmekeil zum Verkürzen eines Profilsteiges



- b) Wärmekeil zum Krümmen eines Hohlprofils



- c) Wärmekeil zum Verkürzen eines Blechrandes

Flammrichtbeispiel



Flammrichtbeispiele



Flammrichtbeispiele



Flammrichtbeispiele



Flammrichtbeispiele



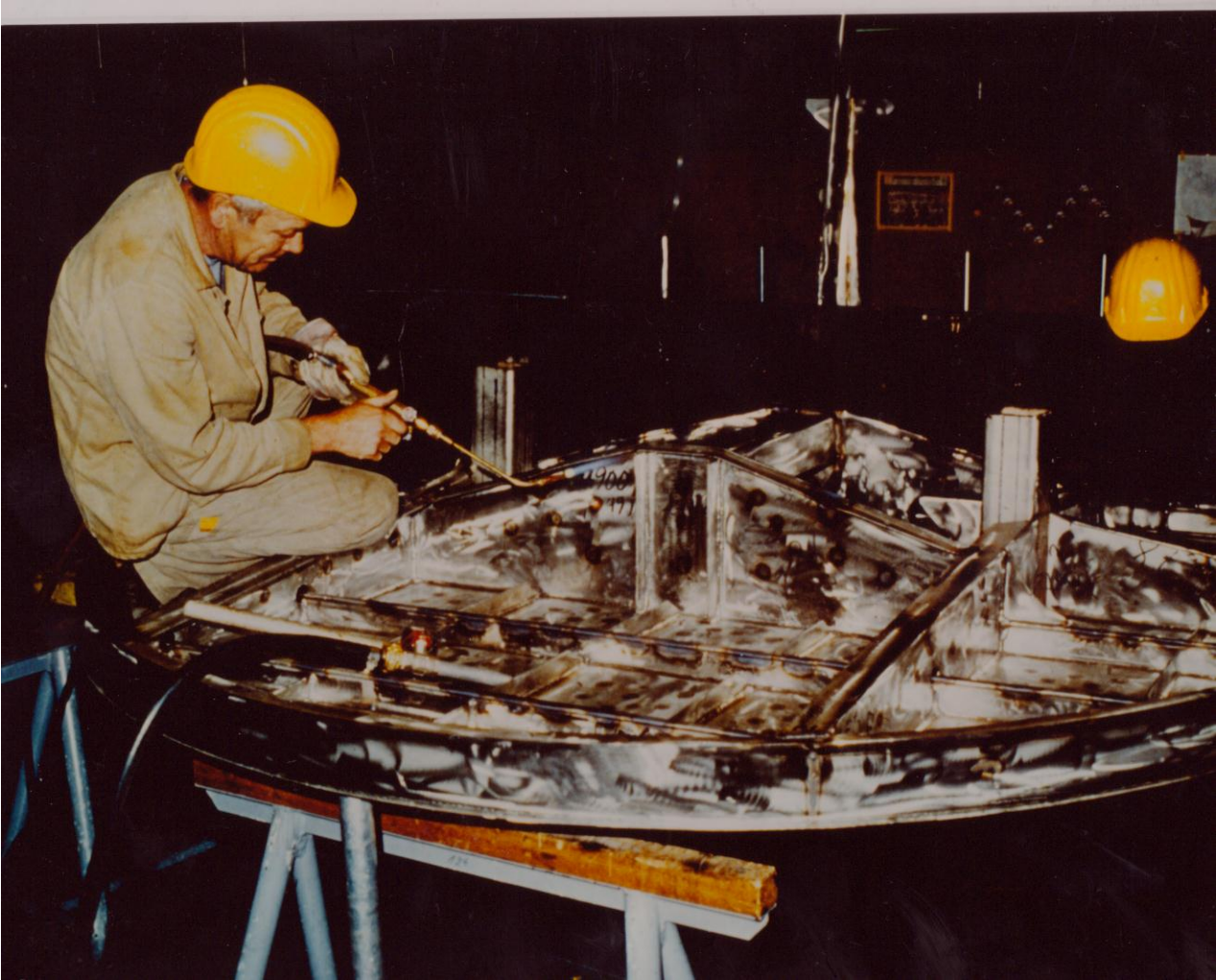
Flammrichtbeispiele



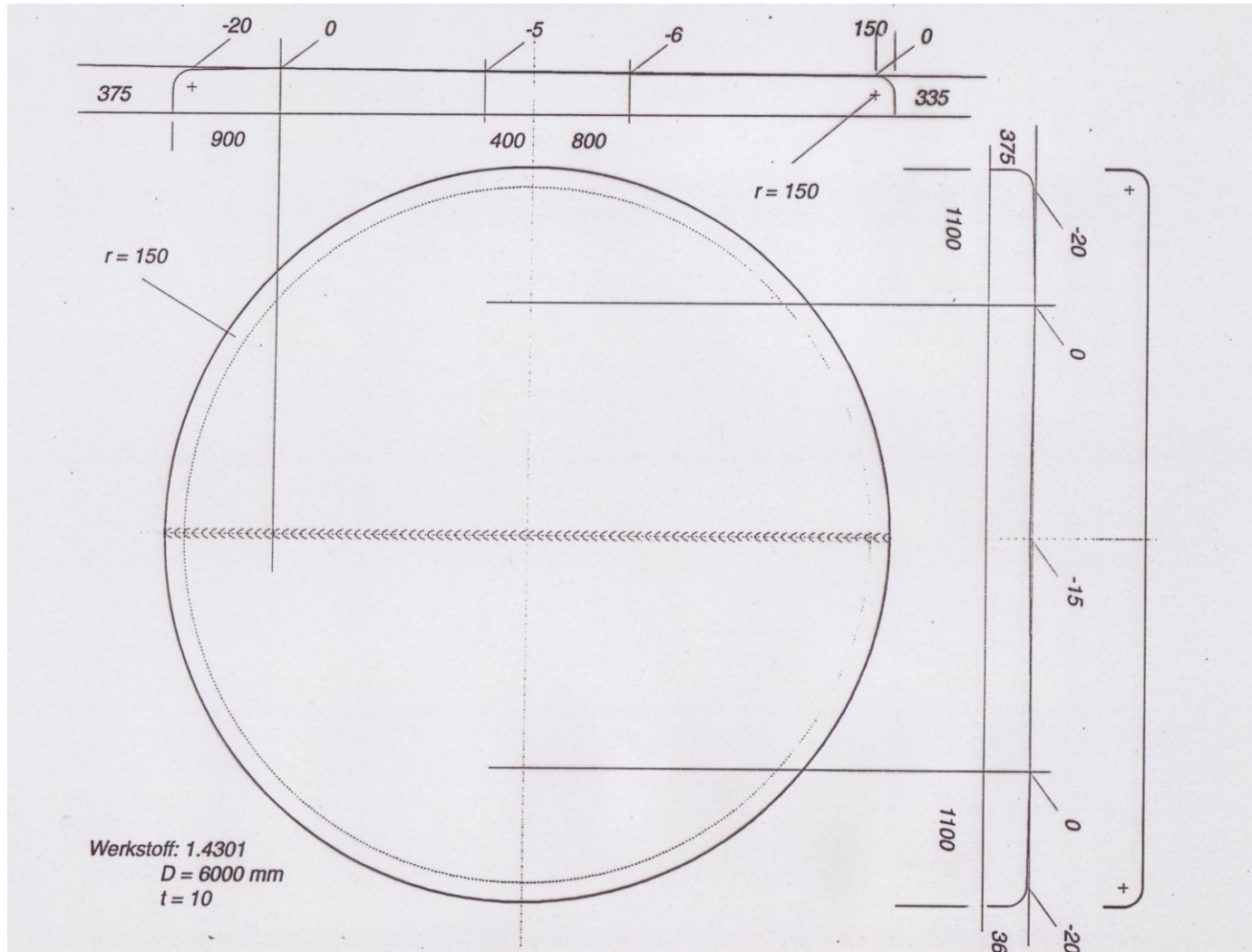
Flammrichtbeispiele



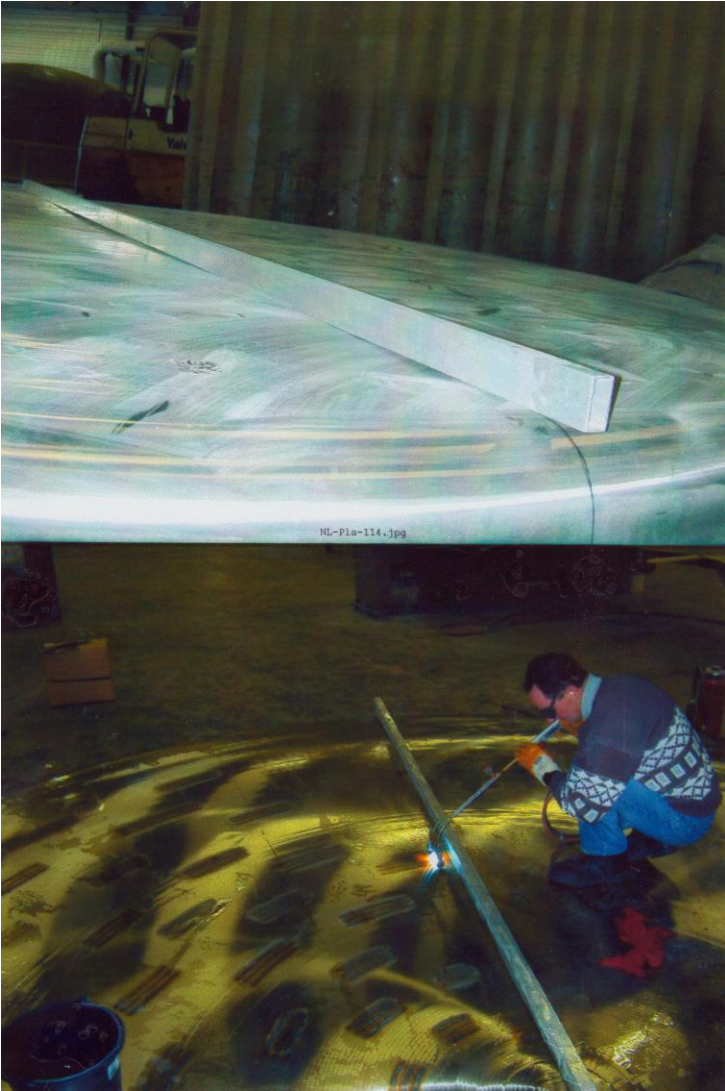
Flammrichtbeispiele



Flammrichtbeispiele

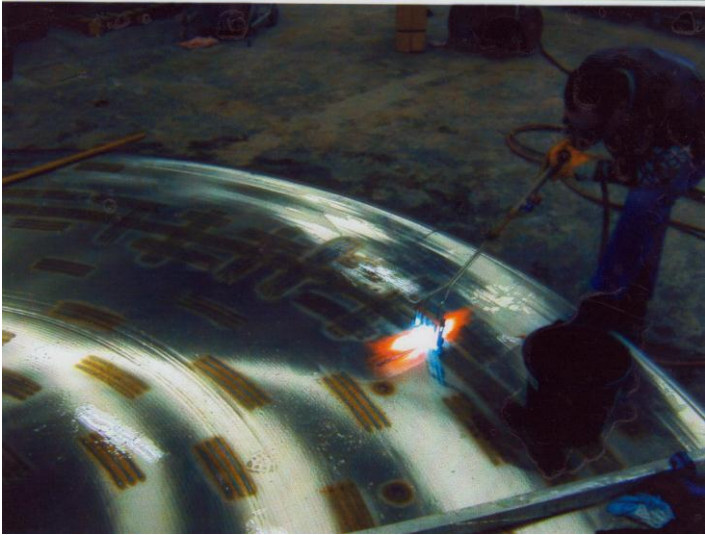


Flammrichtbeispiele

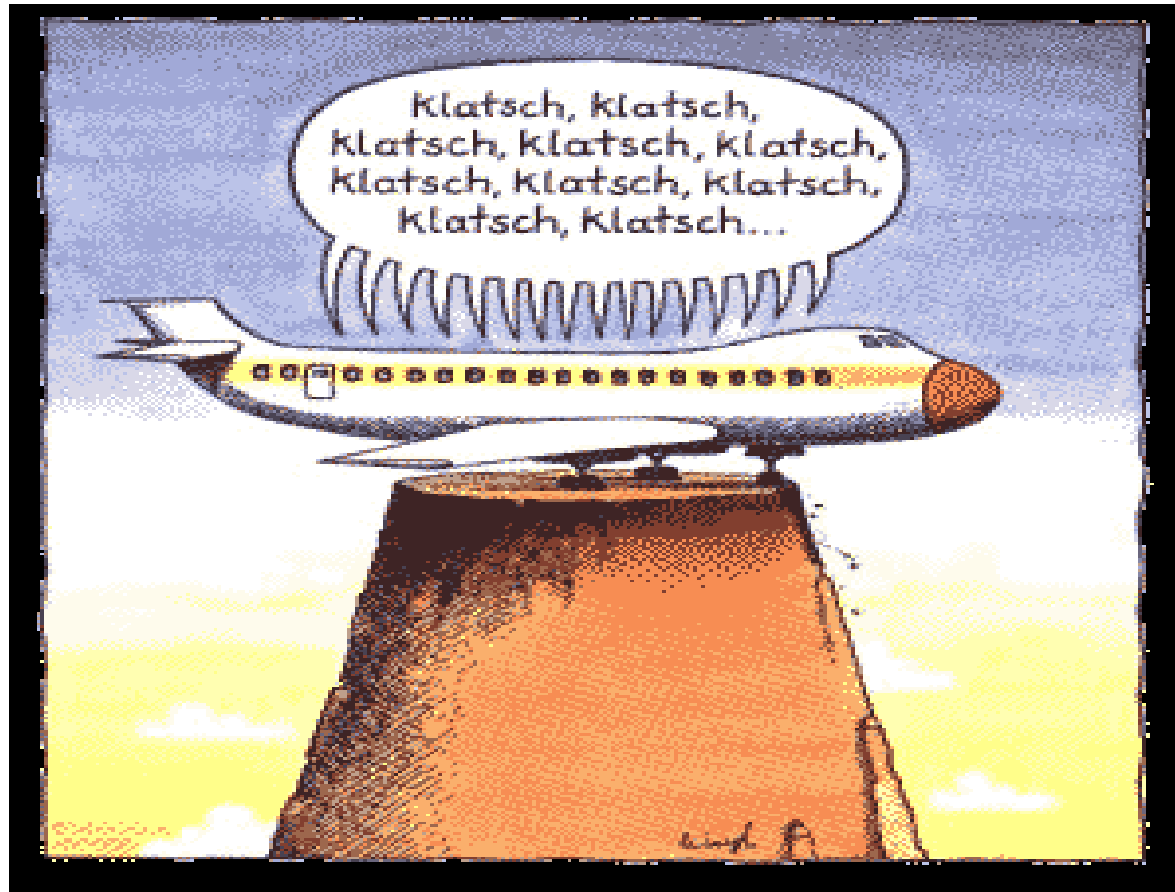


NL-P1a-114.jpg

Flammrichtbeispiele

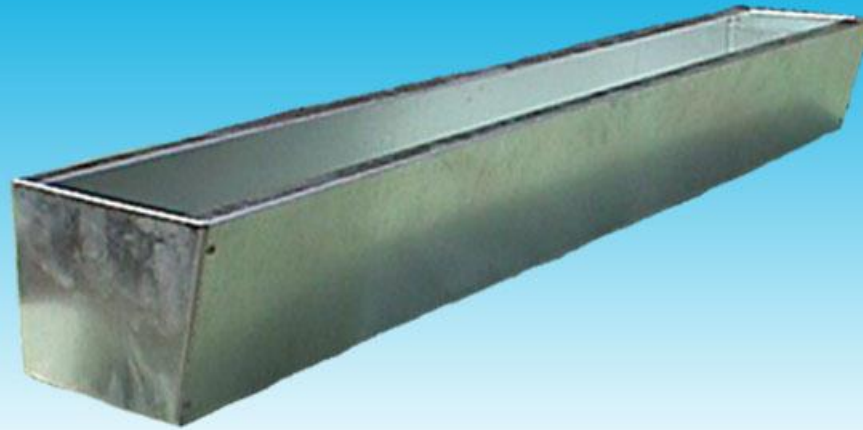


Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!



Werkstoffverhalten beim Flammrichten

Flammrichten von verzinkten Bauteilen



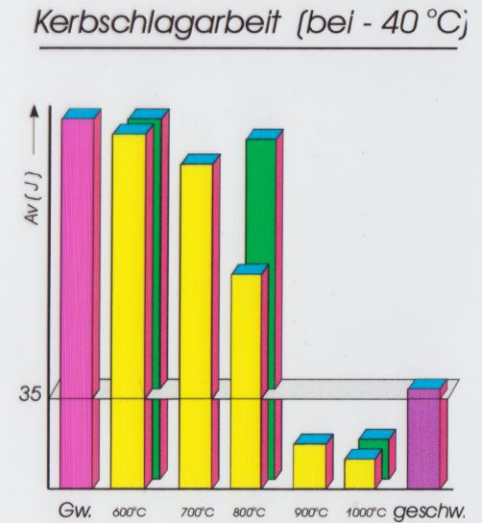
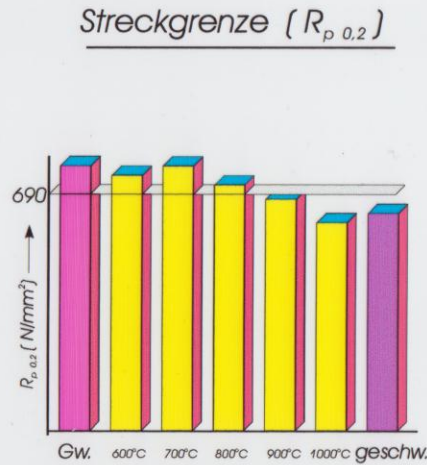
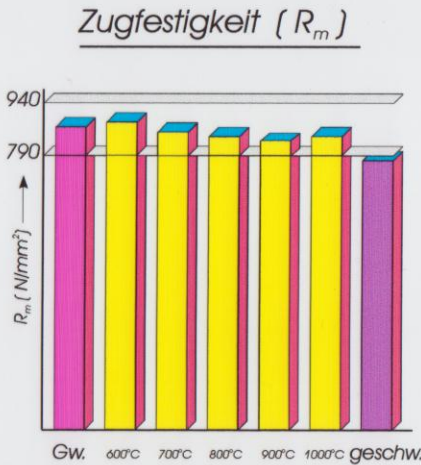
Über 750°C
verdampft Zink !



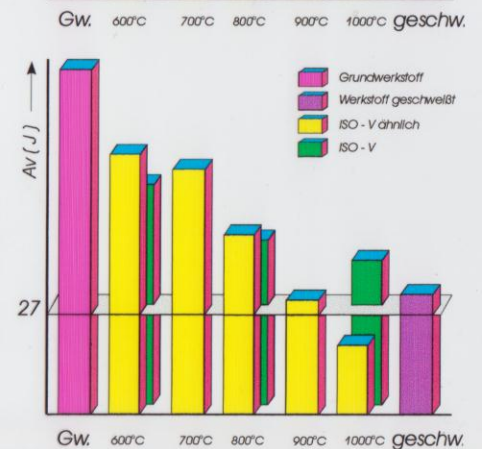
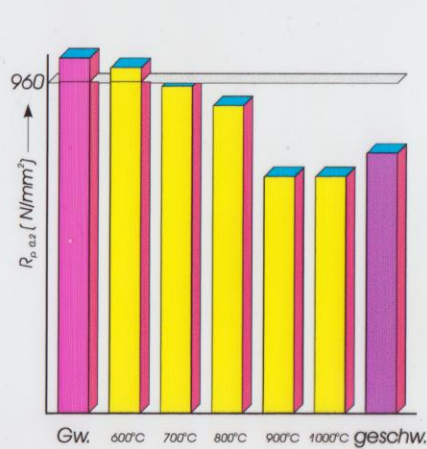
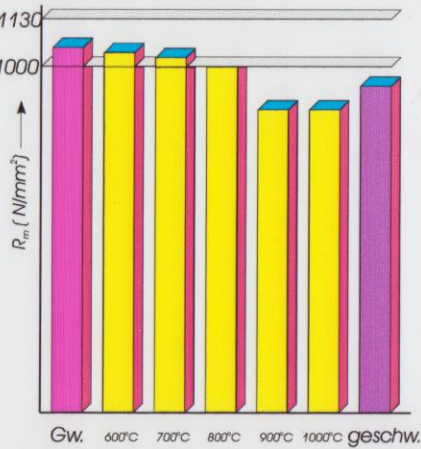
Werkstoffverhalten beim Flammrichten

Mechanische Gütwerte hochfester Feinkornbaustähle

S 690 QL
TSIE 690 V
NAXTRA M70



S 960 QL
TSIE 960 V
XABO 960



Flammrichten von Aluminium

Aluminium schmilzt bei 650°C , die Oxidhaut bei ca. 2100°C .



Aluminium:

Kontrolle der
Flammrichttemperatur.

Die Kontrolle kann durch Fichtenholzstrich
auf der Oberfläche erfolgen

- 350°C hellbrauner Strich
- 400°C brauner Strich
- 450°C dunkelbrauner Strich
- 500°C schwarzer Strich



Werkzeuge beim Flammrichten - Brenner

Gruppe	Werkstoffe	Wärmeleitzahl J/ cms °C	Brennereinsatz Größe (nach DIN 8543)
I	Stähle und Stahlguss, unlegiert	0,55	normal
	Nickelwerkstoffe	0,63	normal
II	Nichtrostende Stähle	0,147	kleiner (um etwa eine Einsatzgröße)
	Titanwerkstoffe	0,175	kleiner (um etwa eine Einsatzgröße)
III	Aluminium	2,117	größer (um etwa eine Brennergröße)
	Aluminiumlegierungen	1,5	
IV	Kupfer und Kupferlegierungen	3,95	größer (1 bis 2 Brennergrößen)

Tabelle: Einfluss der Werkstoffart auf die Brennereinsatzgröße

Brennergröße nach DIN 8543) (mm)		Acetylenverbrauch (l/h)
Einflammenbrenner		
Gr. 2	1 – 2	150
Gr. 3	2 – 4	300
Gr. 4	4 – 6	500
Gr. 5	6 – 9	750
Gr. 6	9 – 14	1.150
Gr. 7	14 – 20	1.700
Gr. 8	20 – 30	2.500
Gr. 9	30 – 50	4.000
Gr. 10	50 – 100	7.500
Umschaltbare Brenner		
3 / 2	2 – 4	900 / 600
Gr. 3		1.500 / 900
5 / 3		
3 / 2	2 – 4	1.500 / 1.000
Gr. 3		2.500 / 1.500
5 / 3		

Brennergrößen nach Din 8543