



THE LINDE GROUP

Linde

Wirtschaftlichkeit

Kosten in der Schweißtechnik

Jens Heimbokel

Gelsenkirchen, 7. Oktober 2014

**„ In Geldsachen hört die Gemütlichkeit
auf“**

David Hasselmann – am 08. Juni 1847 im preußischen Landtag zu
Berlin.

- Einführung in die Wirtschaftlichkeit
- Wirtschaftlichkeit in der Schweißtechnik
- Datenerfassung
- Abschmelzleistung / Energiebedarf
- Konstruktion / Zugänglichkeit
- Qualität / Schweißnahtunregelmäßigkeiten
- Kostenvergleichsrechnung beim MAGM - Schweißen
- Automatisierung

Kostenrechnen – Warum?

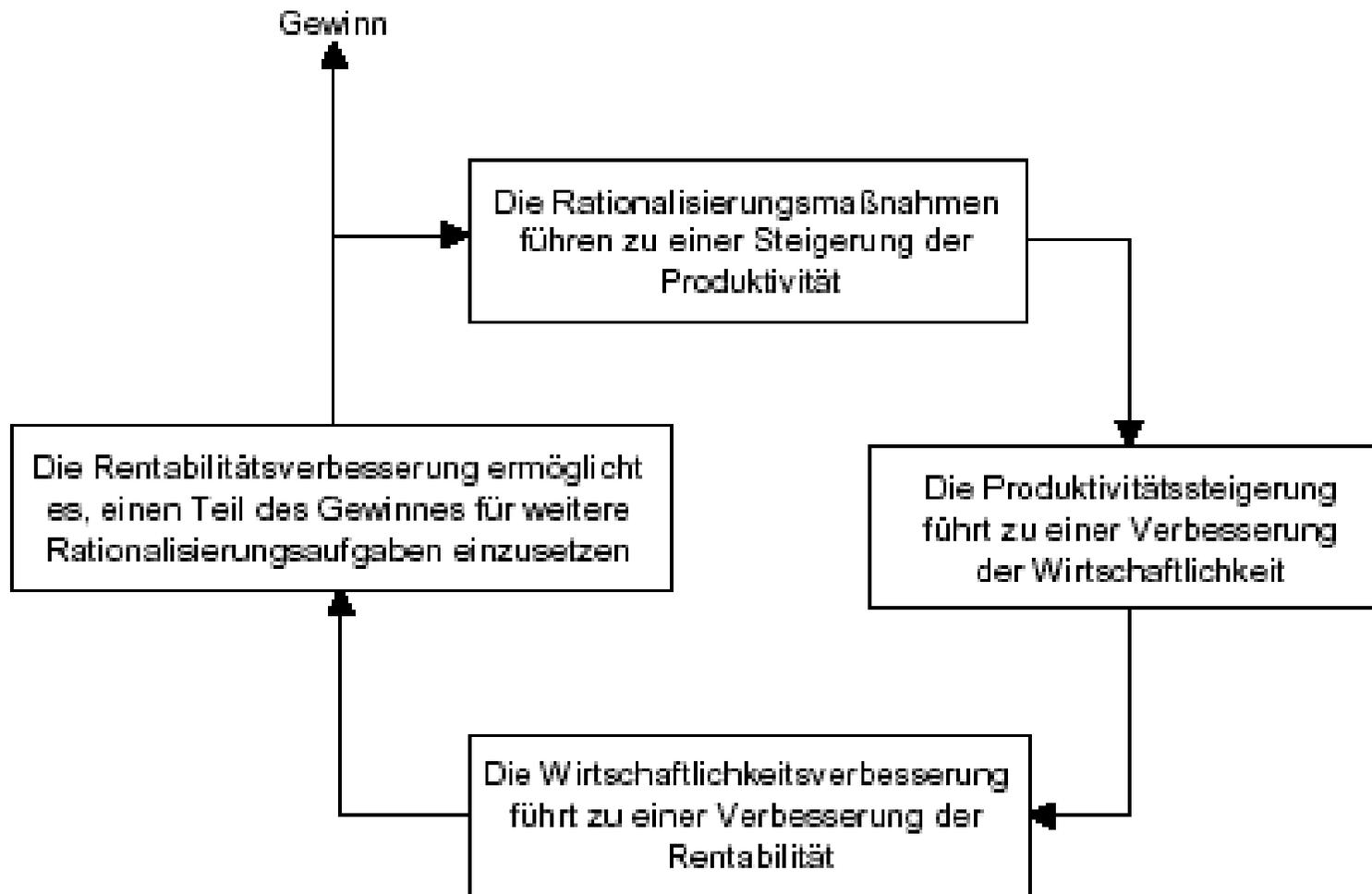
THE LINDE GROUP

Linde

- Hier geht es um Geld
- Angst vor dem Kollegen Roboter
- Was tun, wenn die Konkurrenz billiger ist?
- zu wenig investiert → eingegangen
- zu viel investiert → pleite



Zusammenhang zwischen Produktivität/ Wirtschaftlichkeit ...



$$\text{Kosten} = \frac{\text{Kosten eines Abrechnungszeitraumes}}{\text{in diesem Abrechnungszeitraum erzeugte Menge}}$$

Um die Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens zu steigern, muss bekannt sein:

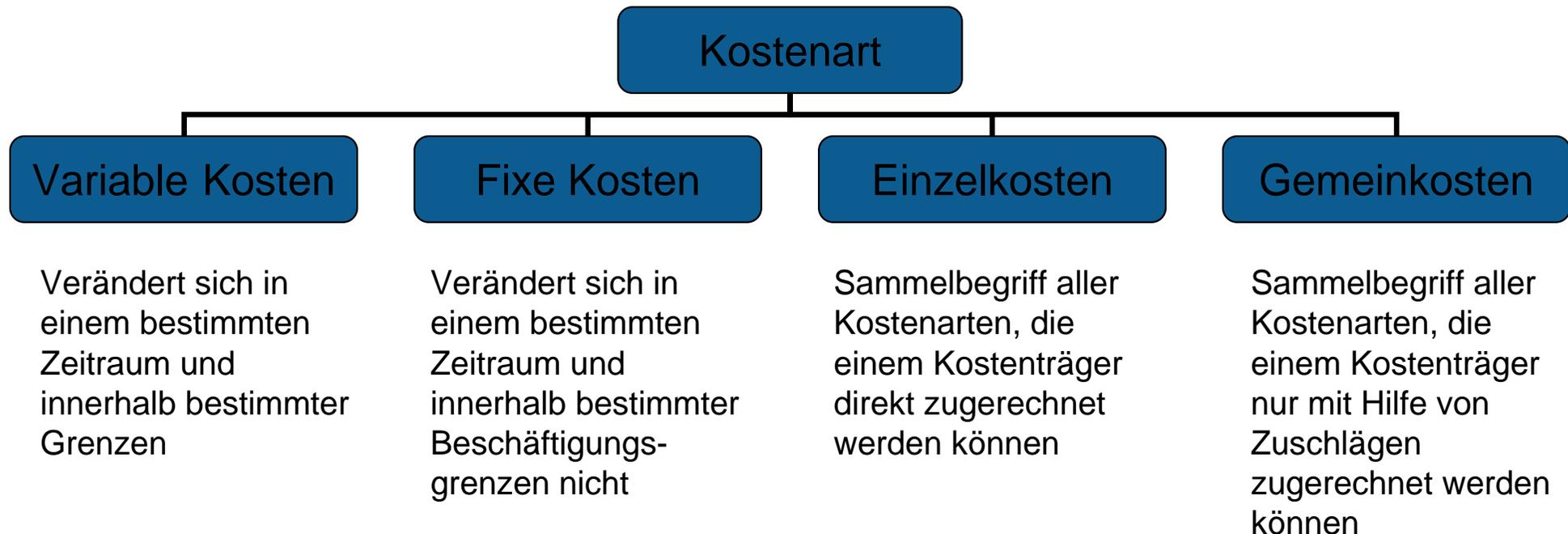
- **wo sind Kosten angefallen**
- **in welcher Höhe sind Kosten angefallen.**

Kosten:
(Definition)

In Geld bewerteter Verzehr von Gütern und Diensten zur Erstellung betrieblicher Leistungen.

Kosten werden entweder für eine Periode oder für eine Mengeneinheit bestimmt.

Als Kostenart bezeichnet man nach der Art des Verzehrs an Gütern und Diensten unterteilte (Gesamt-) Kosten.



Kostenträger sind betriebliche Leistungen:

- *Erzeugnisse*
- *Dienstleistungen bzw. zur Ihrer Erstellung erteilten Aufträge*

denen von ihnen verursachten Kosten zugerechnet werden.

Kostenarten
Welche Kosten sind angefallen?

Kostenstelle
Wo sind die Kosten angefallen?

Kostenträger
Wofür sind die Kosten angefallen?

Zusammenhang zwischen Kostenart/ Kostenstelle/ Kostenträger

Es wird unterschieden in:

1. Divisionskalkulation
2. Zuschlagskalkulation
(Kalkulation mit Gemeinkostenzuschlägen)
3. Zuschlagskalkulation mit Maschinenstundensätzen

Zuschlagskalkulation

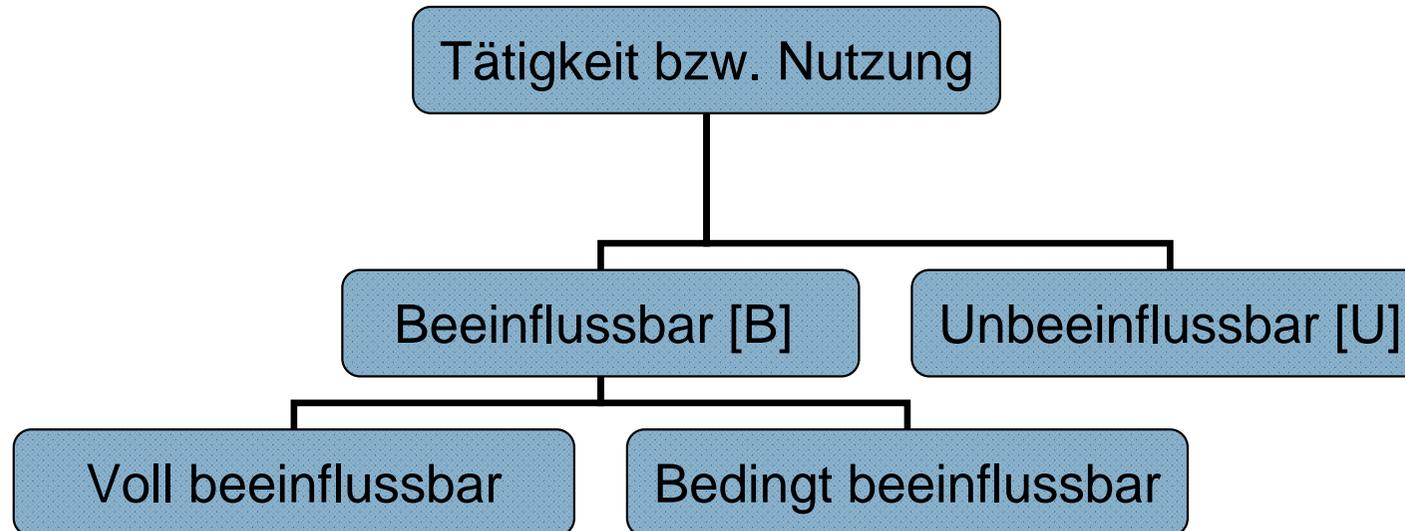


Selbstkosten ohne und mit Maschinenkosten (ohne SEF(Sondereinzelkosten Fertigung), EK (Entwicklung und Konstruktionseinzelkosten, und SEV (Sondereinzelkosten Vertrieb)

Die sinnvollste Art, Schweißkosten zu analysieren, ist die Messung der Arbeitszeit, des Verbrauches an Zusatzwerkstoffen.

Bei einer Nachkalkulation liegen diese Werte z.B. in Form von Material- und Fertigungsscheinen vor.

Bei der Vorkalkulation gibt es verschiedene Möglichkeiten. Man kann auf Erfahrungswerte zurückgreifen z.B. wenn Bauteile sich stark ähneln, außerdem kann man Daten aus entsprechenden Tabellen bzw. aus der Literatur entnehmen.



Bei vollbeeinflussbaren Abläufen hängt die Zeit für das Ausführen des Arbeitsablaufes ausschließlich vom Menschen ab (**z.B. Montage, Rüsten, Schlosserarbeit, Zeichnung lesen**).

Bei unbeeinflussbaren Abläufen kann der Mensch die Zeit des Arbeitsablaufes nicht beeinflussen, wenn er die Daten des vorgeschriebenen Arbeitsverfahren- oder der -methode einhält (**Überwachung automatisierter bzw. zwangsgesteuerter Prozesse**)

Bei bedingt beeinflussbaren Abläufen kann der Mensch die Zeit für das Ausführen des Arbeitsablaufes nur bis zu dem Grade beeinflussen, wie das Arbeitsverfahren und die Arbeitsmethode einen Spielraum zulassen (**Schweißen (manuell und teilmechanisiert), Löten, Drehmaschine mit Handvorschub bedienen**)

Wirtschaftlichkeit in der Schweißtechnik

Allgemein

Es gibt keinen Schweißprozess, den man generell als den wirtschaftlichsten herausheben könnte. Jeder Anwendungsbereich kann auch technisch verschiedene Möglichkeiten zulassen. Ob ein Prozess eine Arbeitsaufgabe wirtschaftlich bewältigt, hängt von verschiedenen Faktoren ab wie:

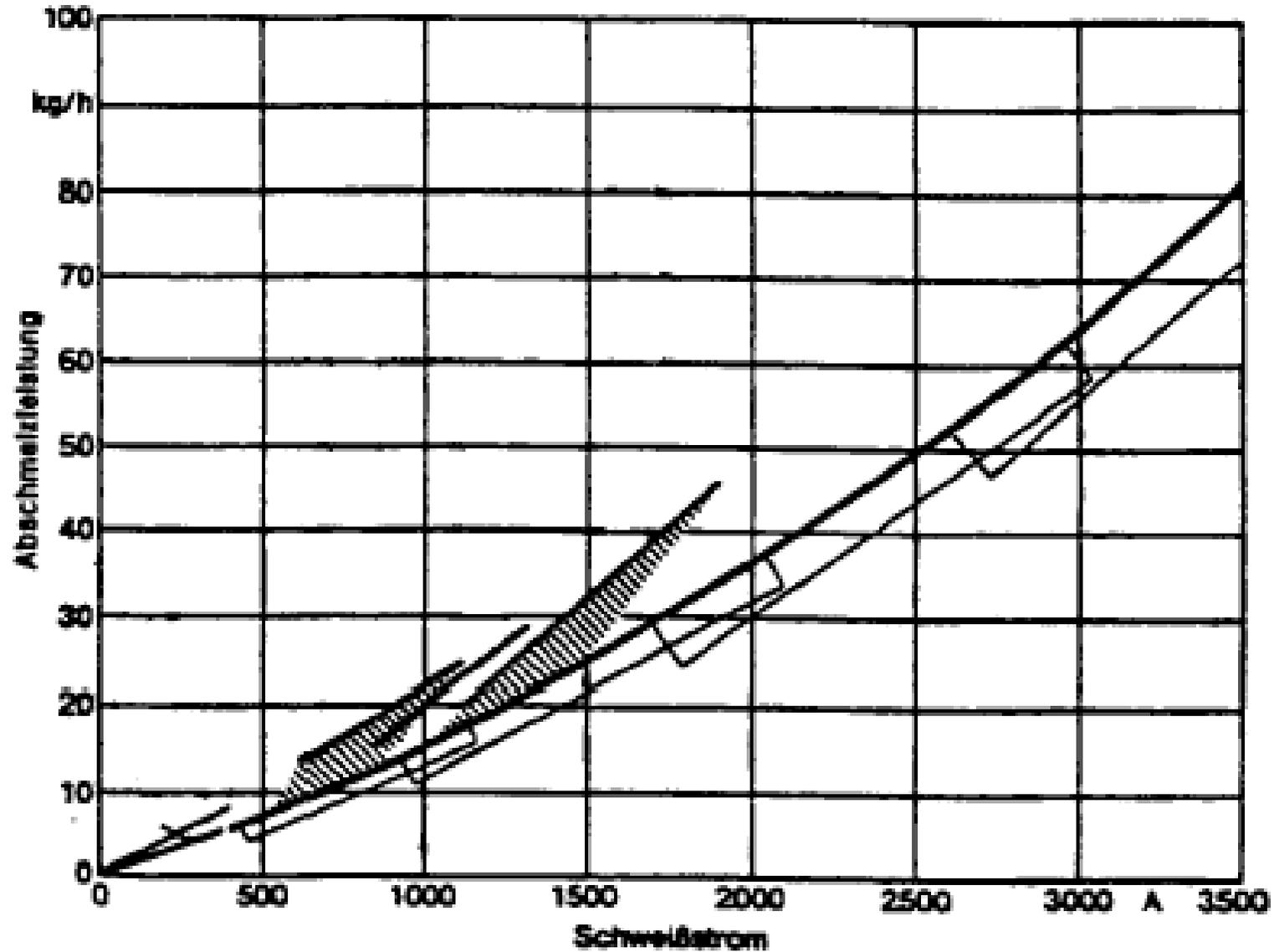
- Stückzahl
- Werkstoff
- Blechdicke
- Anforderungen an die Güte
- einzusetzende Betriebsmittel vorhanden oder zu beschaffen
- Zugänglichkeit der Schweißstelle
- Fertigungsort (Werkstatt oder Baustelle)

Die **Abschmelzleistung** ist das gebräuchlichste Leistungskennzeichen eines Schweißverfahrens und wird in g/min oder kg/h ausgedrückt. Die Abschmelzleistung ist ein theoretischer Wert bei 100 % Einschaltdauer (ED). Die eigentliche Leistung des Schweißers bzw. des Verfahrens ergibt sich aus der Multiplikation mit der arbeitsbezogenen ED.

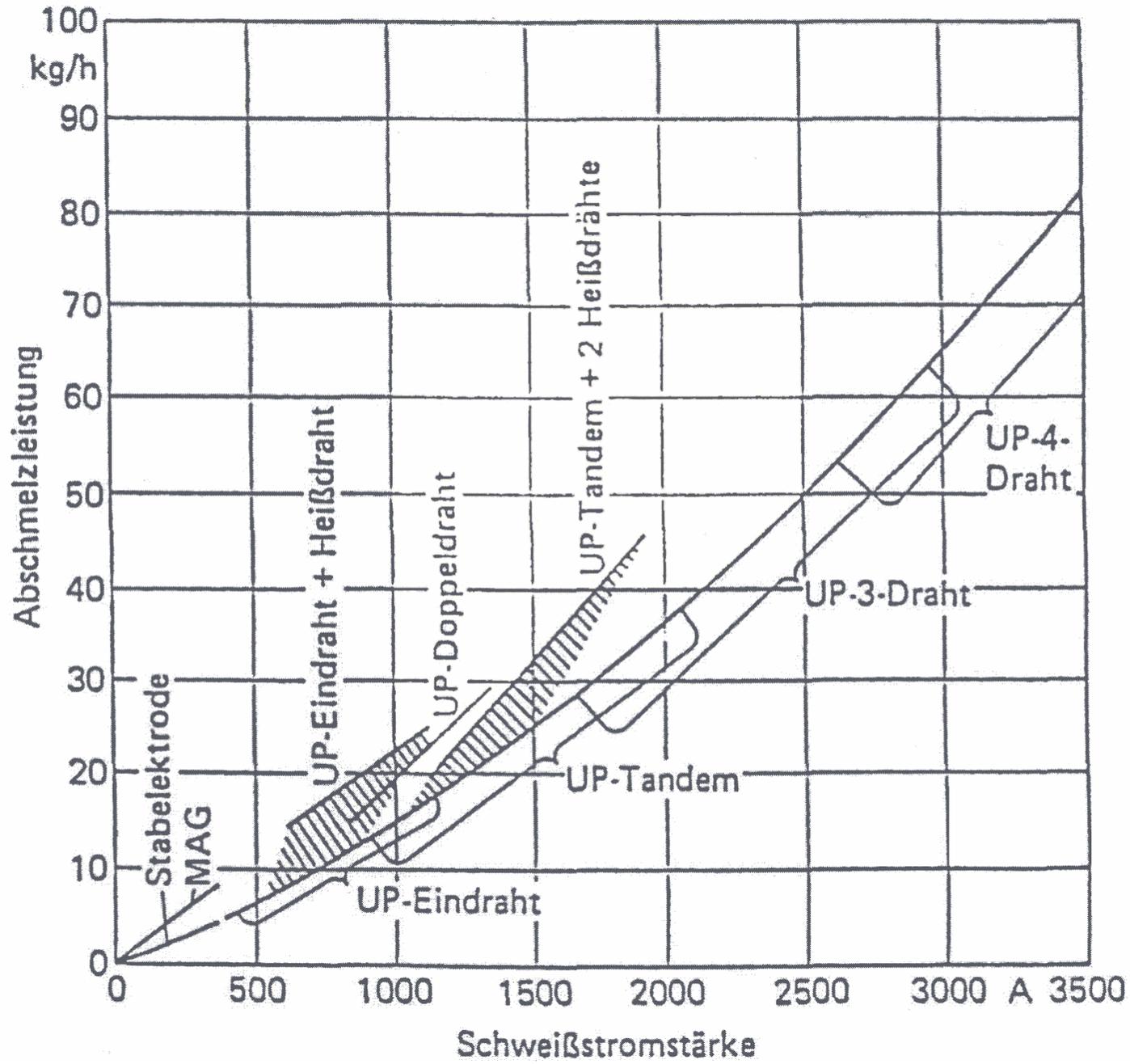
Die Abschmelzleistung eines Verfahrens ist von folgenden Faktoren abhängig:

- Stromquelle
- Elektrodenabmessung
- Elektrodenfabrikat
- Schweißposition
- Schweißwerte
- Hilfsstoffe

Abschmelzleistung verschiedener Schweißverfahren



Abschmelzleistung verschiedener Schweißverfahren



Abschmelzleistungen beim Prozess 135 - (tMAG)

Drahtvorschub m/min	Drahtdurchmesser							
	0,8 mm – 4,0 g/m		1,0 mm – 6,2 g/m		1,2 mm – 9,0 g/m		1,6 mm – 16,0 g/m	
	Abschmelzleistung in kg/h bei Ausbringen							
	98 %	94 %	98 %	94 %	98 %	94 %	98 %	94 %
3	0,695	0,665	1,09	1,05	1,57	1,51	2,78	2,68
4	0,930	0,890	1,46	1,40	2,10	2,01	3,72	3,56
5	1,16	1,11	1,82	1,75	2,62	2,51	4,65	4,45
6	1,40	1,34	2,19	2,10	3,14	3,02	5,56	5,35
7	1,62	1,56	2,55	2,45	3,66	3,52	6,50	6,24
8	1,86	1,78	2,92	2,80	4,19	4,02	7,42	7,12
9	2,09	2,00	3,28	3,14	4,70	4,51	8,36	8,02
10	2,32	2,23	3,64	3,49	5,23	5,01	9,30	8,90
11	2,56	2,45	4,00	3,84	5,75	5,52	10,20	9,80
12	2,78	2,67	4,37	4,20	6,27	6,03		
13	3,02	2,90	4,74	4,55	6,80	6,52		
14	3,25	3,12	5,10	4,90	7,32	7,03		
15	3,48	3,34	5,46	5,24				
16	3,72	3,56	5,83	5,60				
17	3,95	3,78	6,20	5,95				
18	4,18	4,00	6,56	6,30				

Das Ausbringen wird von der Art des Schutzgases und den Schweißbedingungen bestimmt. Die Werte gelten für Stahl mit einem Artgewicht von 7,85 kg/dm³. Bei der Umrechnung auf andere Werkstoffe können folgende Artgewichte angenommen werden: Kupfer 8,9 kg/dm³, Aluminium 2,6 bis 2,8 kg/dm³.

Beispiel: $10 \text{ m/min} \times 4,0 \text{ g/m} \times 60 \text{ min/h} = 2.400 \text{ g/h}$

Abschmelzleistungen für den Prozess 121 (UP)

Drahtelektrode mm	Abschmelzleistung kg/h
1,6	1,3 ... 3,8
2	1,7 ... 5,8
2,5	2,3 ... 9,1
3	2,6 ... 13
4 ^{*)}	3,3 ... 15,8
5	4,1 ... 19,1
6	5,3 ... 25
7	7,1 ... 30
8	9,3 ... 35

^{*)} typischer Wert für Drahtelektrode 4 mm: Schweißstrom 600 A, Abschmelzleistung etwa 8 kg/h.

Achtung: Die Angaben beziehen sich auf 100 % ED

Quelle: nach Aichele

Unter Ausbringung von Stabelektroden versteht man das Verhältnis vom Gewicht des eingebrachten Schweißgutes zum Gewicht des abgeschmolzenen Kerndrahtes in Prozent [%]. Sie hängt ab von den Faktoren:

- Elektrodentyp, und - Durchmesser
- Stromstärke
- Position

Da sich die Angabe des Schweißgutgewichtes ohne Schlacken, Spritzer und Reststummel versteht, beträgt die Ausbringung normaler Stabelektroden unter 100 %, bei Hochleistungselektroden kann sie bis zu 300 % betragen. Außerdem ist die Stummellänge zu berücksichtigen. Bei anderen Prozessen sind auch die Hilfsstoffe wie Gase oder Pulver von Bedeutung.

Beispiele unterschiedlicher Ausbringung

Prozess	Typ		Mögliche Ausbringung
111 (E)	RC 11	[R(C)3]	92 %
111 (E)	RR 12	[RR6]	95 %
111 (E)	B 15	[B9]	105 %
111 (E)	B 42	[B 10]	120 %
111 (E)	RR 73	[RR 11]	160 %
111 (E)	B 73	[B(R)12]	220 %
135 (tMAG)	G3Si1 und CO2		92 % oberer Leistungsbereich
135 (tMAG)	G3Si1 unter Mischgas		98 % oberer Leistungsbereich

In Zwangspositionen muss die Schweißleistung verringert werden. Damit erhöht sich die Schweißzeit. Grund für die höhere Leistung bei Normalposition ist das besser beherrschbare Schmelzbad, hiermit kann seine Größe erhöht werden.

Einige Hochleistungsschweißverfahren setzen bestimmte Schweißpositionen voraus:

- RES (Verbindungsschweißen) $s = PF$
- UP $w = PA, h = PB, q = PC$
- Hochleistungs- E $w = PA, h = PB$

Große Werkstücke oder Reparaturen können oft nur in Zwangslagen ausgeführt werden. Bezogen auf die Schweißzeit in der optimalen Position $w = PA$ können für folgende Positionen diese Faktoren gelten (nach Aichele):

PA (w)	=	1,0
PB (h)	=	1,05 ... 1,15
PF (s)	=	1,25 ... 1,35
PE (ü)	=	1,4 ... 1,6 und mehr

Der Spritz- und Abbrandverlust steigt in Zwangslage z.B. bei PF um ca. 13 %, bei PE um ca. 18 % beim Verfahren E (in Normalposition ca. 5 ... 8 %).

Abhängigkeit der Schweißzeit von der Schweißposition

PA (w)	PB (h)	PC (q)	PF (s)	PD (hü), PE (ü)
100%	130%	180%	220%	220 bis 250%

Die Vorgabezeit ergibt sich aus:

1. Hauptzeiten (Schweißzeit)
2. Nebenzeiten
3. Erholungszeiten
4. Verteilzeiten

Verringerung der Haupt (Schweiß) - Zeit

Verringerung der Haupttätigkeiten	Erreichbar durch ...
- Kleine Einschweißquerschnitte	Kleine Öffnungswinkel, kleine Nahtdicken, DV statt V- Naht, tief a (Verfahrensprüfung)
- Maßhaltiger Zusammenbau	Enge Toleranzen, gute Nahtvorbereitung, Einhaltung von a-Maßen
- Verfahren mit hoher Abschmelzleistung	UP, MAG, MAG – HL, Hochleistungs E, Fülldraht
- Mechanisierte Verfahren wählen	Enge Toleranzen, genaue Nahtvorbereitung und Zusammenbau
- PA und PB – Positionen bevorzugen	Dreh – und Wendevorrichtungen

Verringerung der Nebentätigkeiten

Verringerung von Nebentätigkeiten	Erreichbar durch
- Optimale Schweißfolge beachten	- Schweißpläne erstellen
- Einfache Bedienung von Schweißstromquellen	Fernregler, Leistungspotentiometer, Programmspeicher
- Vorrichtungen zum Wenden und Spannen	- Diese möglichst sinnvoll konzipieren
- Verputzen verringern	Mischgase benutzen, Pulsend schweißen
- Badsicherung benutzen	Cu- Schienen, Pulverkissen, Keramikunterlage, Flachbadsicherung, Al- Strangpressprofile
- Elektroden und Pulver mit guter Schlackenentfernbarkeit verwenden	RR statt B, agglomerierte Pulver
Geeignete Hebevorrichtungen wählen	Krane, Hubtische

Beispiele für verfahrensbezogene Nebenzeiten

Verfahren	Nebenzeit
E	<ul style="list-style-type: none">• Elektrode wechseln• Umhüllung für besseres Zünden entfernen• Schlacke entfernen• Strom ändern
MAG	<ul style="list-style-type: none">• Brenner reinigen• Einstellwerte ändern• Düse einsprühen
UP	<ul style="list-style-type: none">• Pulver auffüllen• Naht reinigen• Brenner ausrichten• Einstellwerte ändern

Kosten steigen mit dünneren Drahtdurchmessern und höheren Legierungsgehalten

Drähte von der Großrolle sind häufig nicht günstiger als Dornspulen, jedoch rechnet sich das weniger häufige Spulenwechseln

Der Verbrauch von Pulvern ist abhängig vom Schüttgewicht (feine Pulver – dichte Schüttung -> höherer Verbrauch).

Der Verbrauch von Pulvern ist abhängig von der Spannung (höhere Spannung ergibt breiteren Lichtbogen und damit höheren Verbrauch.)

Geschmolzene Pulver weisen höheren Verbrauch als agglomerierte Pulver auf.

Heliumhaltige Schutzgase ergeben Vorteile bei der Vermeidung von Poren und Bindefehlern

Mischgase ergeben bei Stahl bessere mechanisch technologische Gütwerte und reduzierte Spritzerbildung im Vergleich zum Einsatz von Kohlendioxid

Kohlendioxid ist wiederum billiger und hat bei entsprechender Einstellung einen bessern Einbrand₅₃

(Hersteller)

Lb – Schweißtrafo (Type)							
primär				sekundär			
V	kVA	A	A max			A	V
220 380	15 15	68 40	91 53	DB	100 %ED	260	30
				Nenn-HSB	55 % ED	360	34
				Bereich		80 360	28 34
cos φ = 0,70 bei Nenn - HSB							
cos φ = 0,72 bei 150 A		50 Hz		höchste Leerlaufspannung 66 V			

Im Vergleich zu Lohn- und Zusatzwerkstoffkosten sind Energiekosten bescheiden. Eine Berücksichtigung innerhalb einer Kalkulation ist dennoch notwendig.

Primärseitig aufgenommene Leistung [kVA] · Arbeitszeit [h/a] · geschätzte arbeitsbezogene ED [%] · Strompreis pro kWh [€] trom osten €

Abgesehen von der genormten Einschaltdauer, wie sie dem Typenschild zu entnehmen ist, muss für eine Kalkulation die „arbeitsbezogene Einschaltdauer“ geschätzt werden:

Erfahrungswerte gehen von nachfolgenden ED aus:

-Vollmechanische UP/MAG – Anlagen	:	60 ... 80 %
- Durchlaufende lange Nähte z.B. Rund- und Längsnähte im Stahlbau (E)	:	bis 50 %
-Mittlere Nahtlänge (Stutzen, Flansche) (E)	:	bis 35 %
- Kurze Nähte oder bei erschwerter Zugänglichkeit, Verfahren E	:	bis 20 %

Ermittlung Nahtquerschnitt und -gewicht

$$\text{Fläche A} = a^2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$$



$$\text{Nahtgewicht} = \frac{A \text{ mm}^2 \cdot 7,85 \text{ (Dichte)}}{1000} \text{ (kg/m)}$$

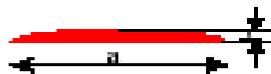
$$\text{Fläche A} \nabla = s^2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$$



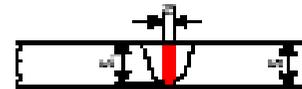
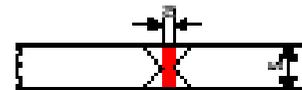
$$\text{Fläche A} \nabla = s_1^2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2} + s_2^2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$$



$$\text{Fläche A} = \frac{a \cdot h \cdot 2}{3}$$

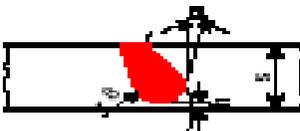


$$\text{Fläche A} \square = a \cdot s$$



Achtung: Beim zeichnerischen Ermitteln den Wurzelfspalt berücksichtigen!

$$\text{Fläche A U} = \frac{\pi \cdot r^2}{2} + 2r \cdot [s - (r + h)] + \tan \alpha \cdot [s - (h + r)]^2$$



Lippenstärke $h = 3 \text{ mm}$
Radius $r = 8 \text{ mm}$

- Schweißnähte müssen gut zugänglich sein
- Möglichst gleiche Wanddicken vorsehen
- Stumpfnähte und Schweißen in Wannenlage vorsehen
- Empfohlene Schweißfugenformen beachten
- Auflagestellen für Spannpratzen vorsehen
- Anhäufungen von Schweißnähten und Nahtkreuzungen vermeiden

Prüfgerechte und halbzeuggerechte Konstruktion

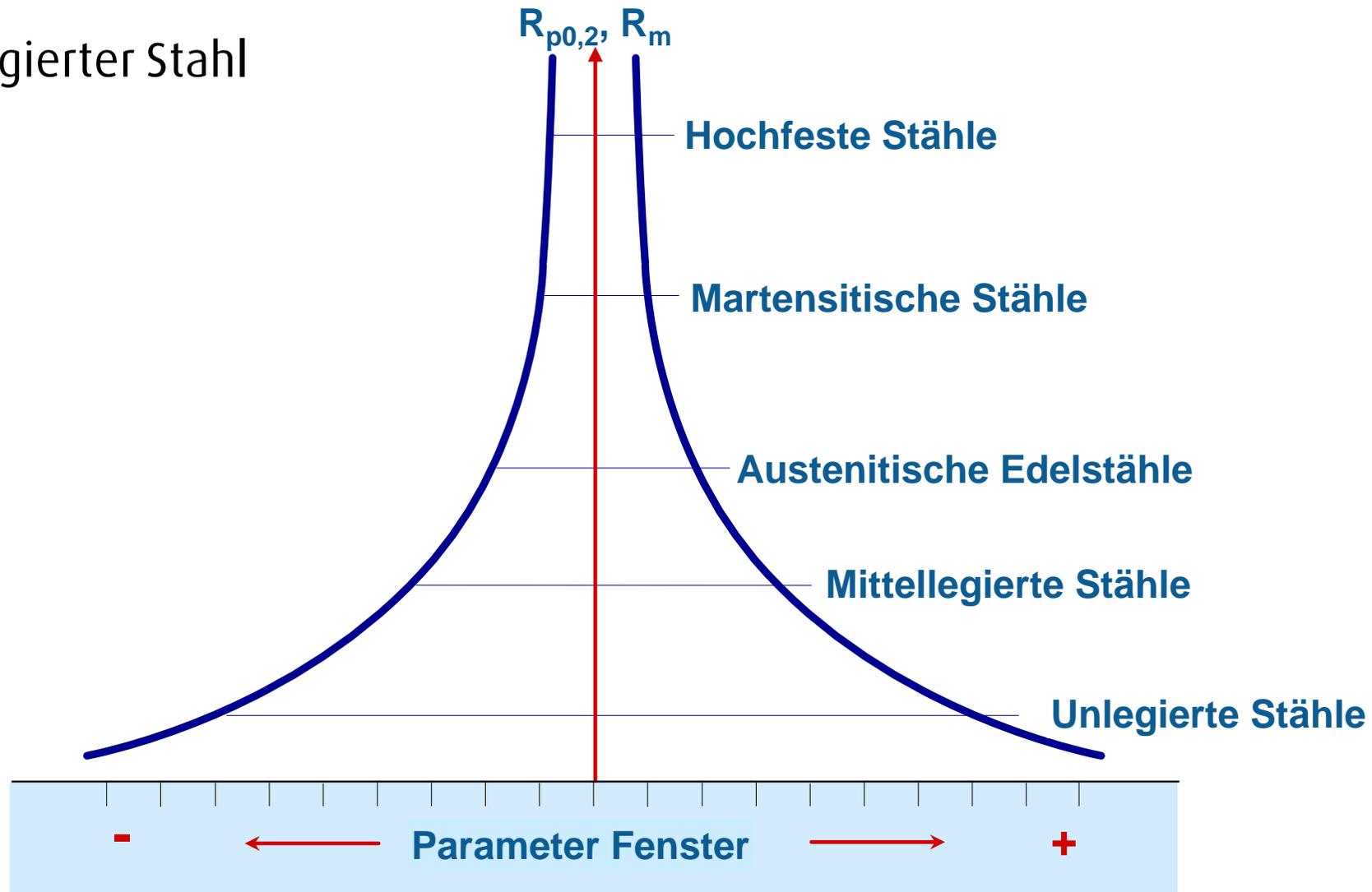
- Flächen zum Aufsetzen des US- Prüfkopfes vorsehen
- Flächen als Auflagen für Röntgenfilme vorsehen
- Flächen für Härteprüfungen vorsehen

- Vollintegralbauweise mit Strangpressprofilen bevorzugen
- Nahtflankenvorbereitung und Schweißbadsicherung am Profil vorsehen
- Toleranzausgleich direkt am Profil vorsehen
- An Strangpressprofilen mechanische Bearbeitung vermeiden
- Große Freiheit in der Gestaltung nutzen

- Werkstoffbeeinflussungen durch Schweißwärme beachten
- Heißrissempfindlich Legierungen vermeiden
- Auswahl der richtigen Draht-Gas-Kombination zur Vermeidung von Poren
- Größere Wärmeausdehnung des Aluminiums und CrNi Stählen gegenüber un- und niedrig legierten Stählen berücksichtigen
- Auf Mindestradien beim Biegen achten.

Steigende Komplexität + strengere Anforderungen (Stückzahl, Qualität) + Robotisierung => schrumpfendes Parameterfenster

Unlegierter Stahl

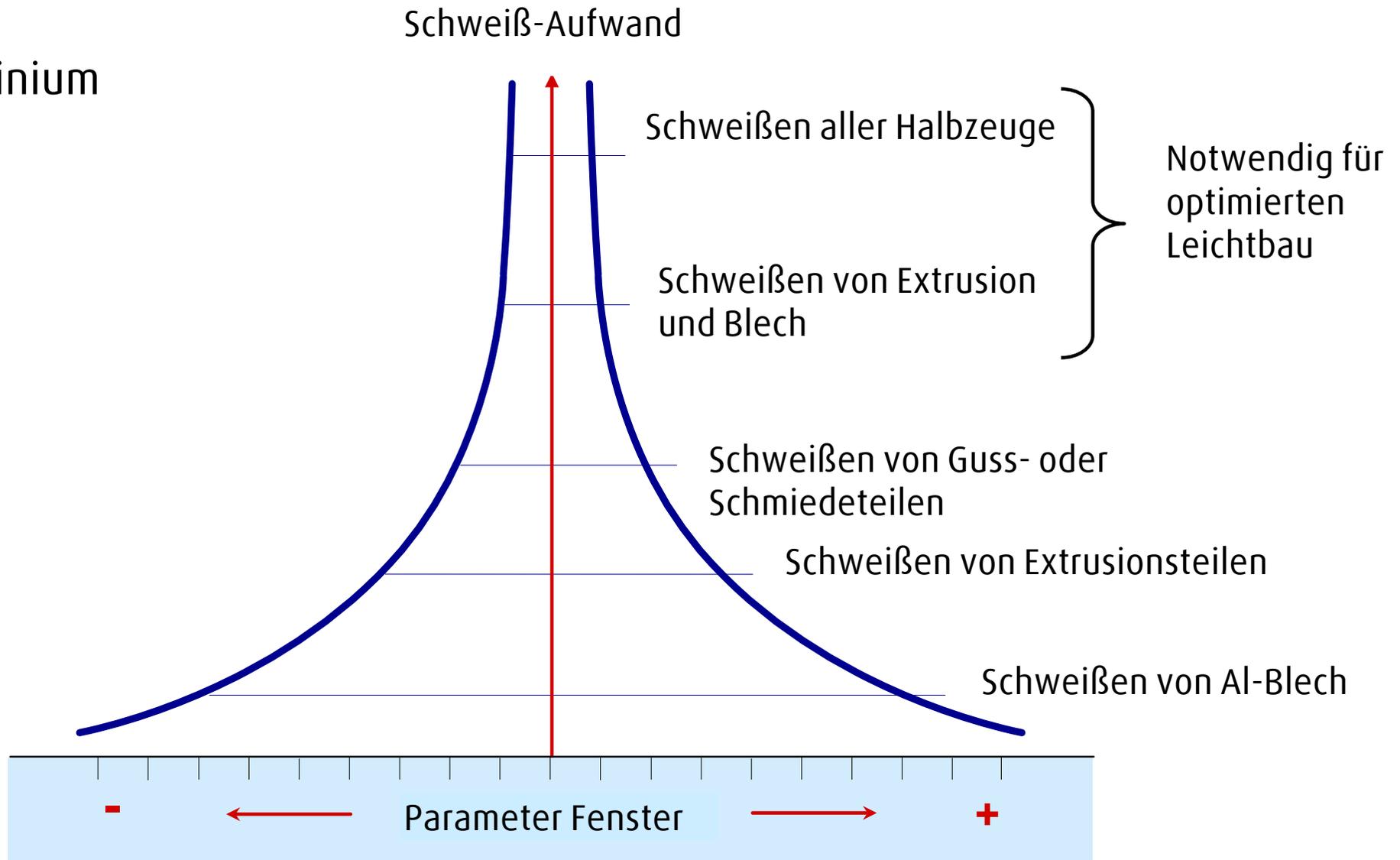


Strengere Anforderungen durch unterschiedliche Halbzeuge, Legierungen, Oberflächenzustände, Automation, etc.

THE LINDE GROUP

Linde

Aluminium



Kostenbewusst Konstruieren Beanspruchungs-, Fertigungs- und

THE LINDE GROUP

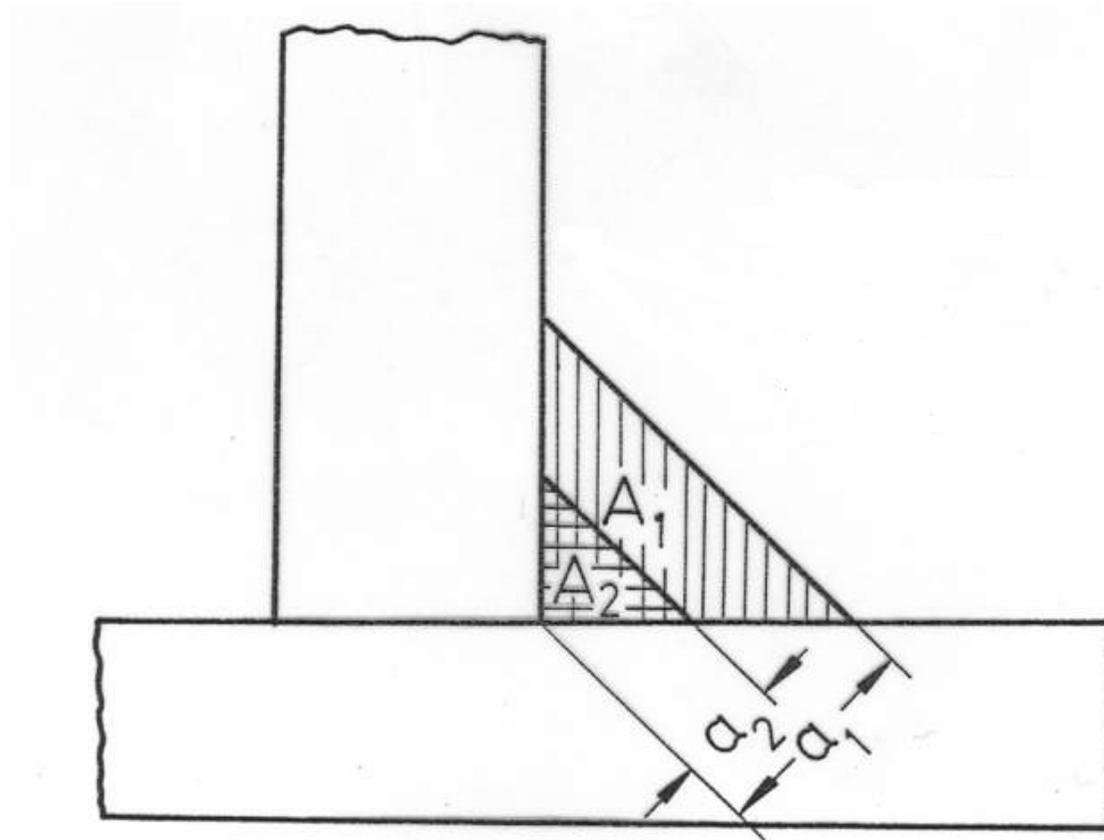
Linde

- Schweißgutmenge verringern.
- Maßhaltig vorbereiten und zusammenbauen.
- Qualität so gut wie notwendig
- Festlegung der Bewertungsgruppe bei geschweißten Konstruktionen im nicht geregelten Bereich.

Kosten reduzieren durch Verringern der Schweißgutmenge

- Anzahl der Schweißnähte klein halten.
- Nahtquerschnitte genau bemessen.
- Nahtlängen genau bemessen.
- Toleranzen der Kehlnahtabmessungen einengen.
- Tieferen Einbrand nutzen.
- DV-Naht statt ,V-Naht, wenn beidseitig zugänglich.
- Nahtöffnungswinkel verringern.
- Genauere Brennschnitte herstellen.
- Maßhaltiger zusammenbauen.

Schweißnahtvolumen bei unterschiedlichen a -Maßen



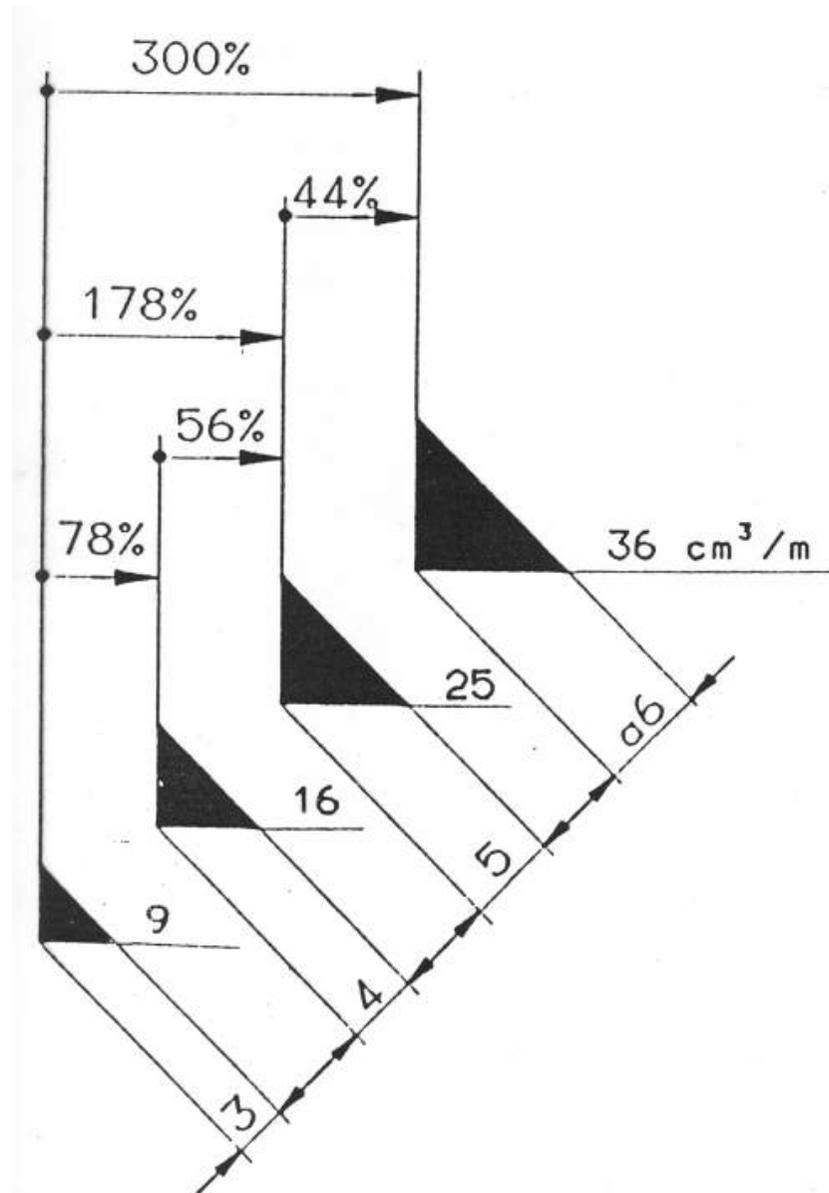
$$a_2 : a_1 = 1 : 2$$

$$A_2 : A_1 = 1 : 4$$

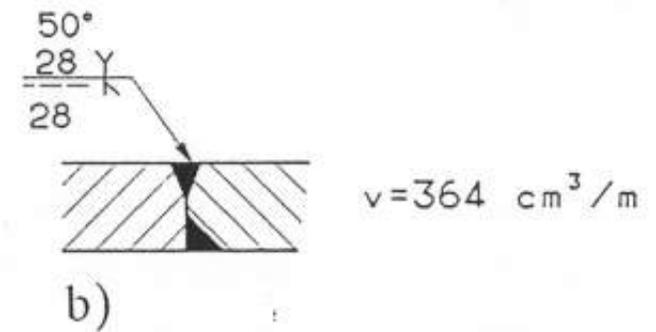
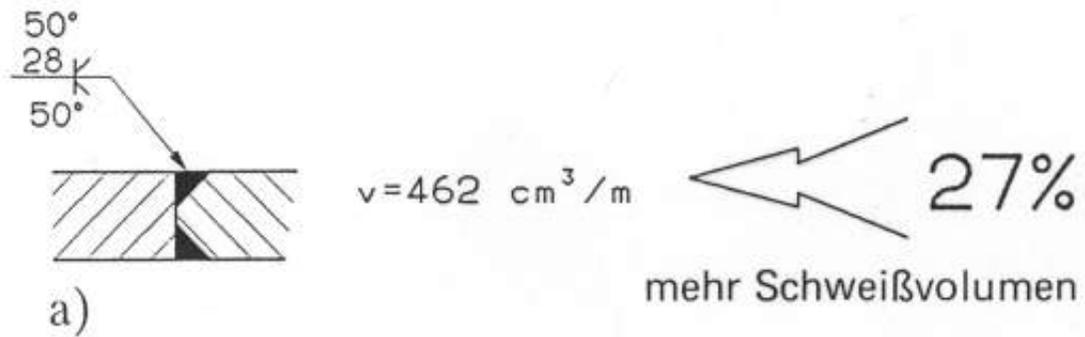
= in der Zeichnung angegebenes Schweißnahtmaß (z.B. $0,7 \times t_{\min}$)

= erforderliches Schweißnahtmaß (auf Grund der Statik)

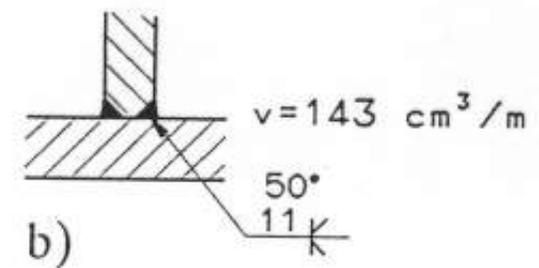
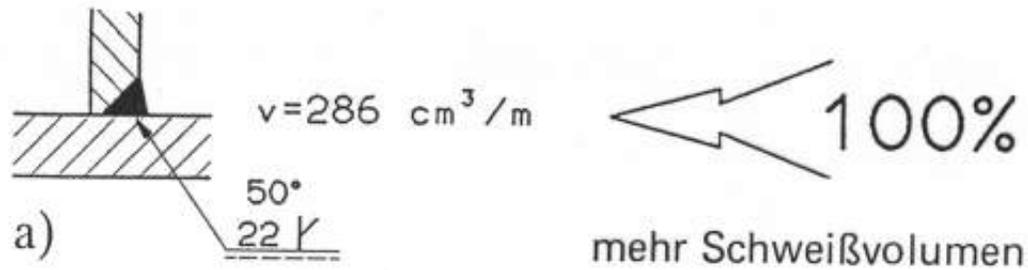
Schweißnahtvolumen bei unterschiedlichen a- Maßen



Die richtige Nahtform wählen



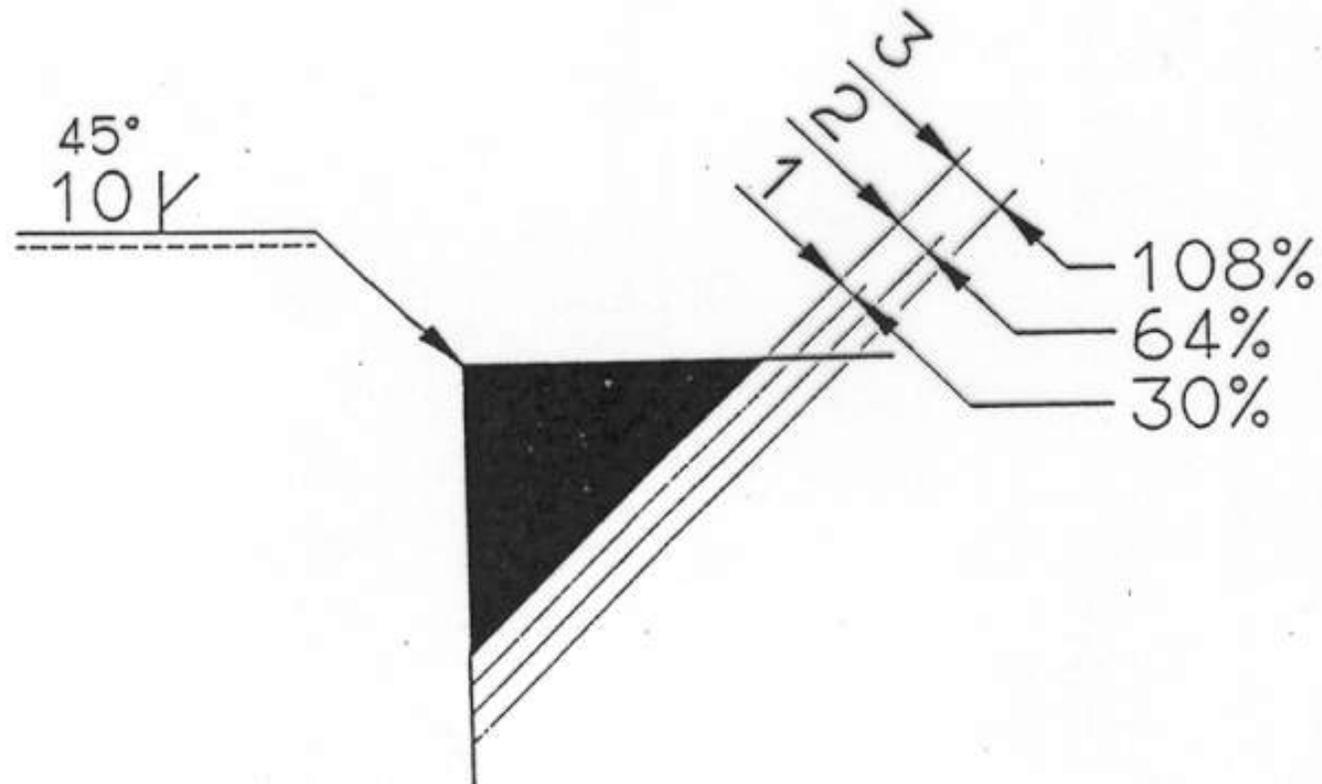
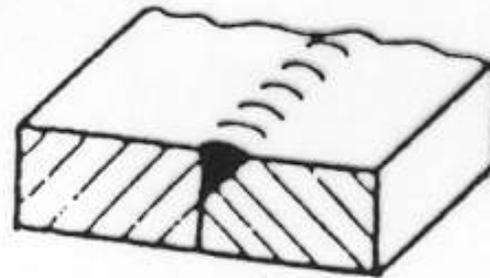
27%
mehr Schweißvolumen



100%
mehr Schweißvolumen

HY - Naht

HY-Naht



Qualität nicht so gut wie möglich,
sondern so gut wie notwendig.

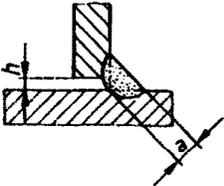
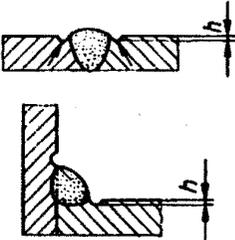
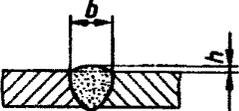
THE LINDE GROUP

Linde

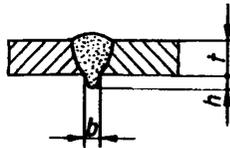
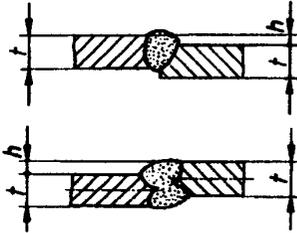
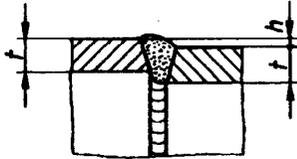
Einfluss der Bewertungsgruppen von Schweißverbindungen auf die Konstruktion, Fertigung und Kontrolle

Tragfähigkeit	Herstellung	Kontrolle
<p>Kriterien für das Festigkeits- und Ermüdungsverhalten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unterschiedliche Berechnungswerte Zulässige Spannungen bei <ul style="list-style-type: none"> - Statischer Festigkeit - Ermüdung • Unterschiedlicher Materialverbrauch 	<p>Kriterien für die Herstellungsbedingungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unterschiedliche Maßnahmen in der Fertigung zur Sicherung der Qualitäts-Merkmale • Festlegung der Schweißerqualifizierung 	<p>Kriterien für die Kontrolle</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unterschiedlicher Umfang der Prüfungen • Unterschiedliche Festlegung der äußeren und inneren Unregelmäßigkeiten
<p>Einfluss auf die Kosten für die Fertigung und dazugehörige Kontrolle der Schweißverbindungen</p>		

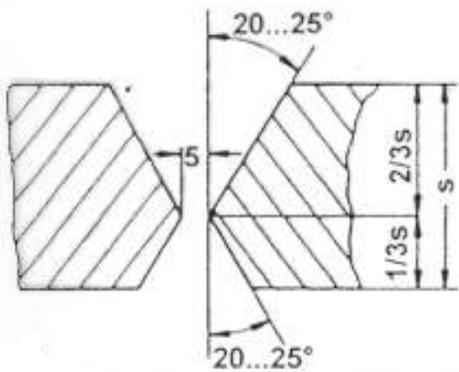
Bewertung von Stumpf- und Kehlnähten nach ISO 5817

Nr	Unregelmäßigkeit Benennung	Ordnungs- Nr nach ISO 6520	Bemerkungen	Grenzwerte für die Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
				niedrig D	mittel C	hoch B
13	Schlechte Passung, Kehlnähte	—	<p>Ein übermäßiger oder ungenügender Stegabstand zwischen den zu verbindenden Teilen.</p>  <p>Stegabstände, die den zugehörigen Grenzwert überschreiten, können durch eine entsprechend größere Nahtdicke ausgeglichen werden.</p>	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,2 a$ max. 4 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,15 a$ max. 3 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$ max. 2 mm
14	Einbrand- kerbe	5011 5012	<p>Weicher Übergang wird verlangt.</p> 	$h \leq 0,6 \text{ mm}$	Lange Unregelmäßigkeiten: $h \leq 0,4 \text{ mm}$	$h \leq 0,2 \text{ mm}$
				$h \leq 1,5 \text{ mm}$	Kurze Unregelmäßigkeiten: $h \leq 1 \text{ mm}$	$h \leq 0,5 \text{ mm}$
15	Zu große Nahtüber- höhung ¹⁾	502	<p>Weicher Übergang wird verlangt.</p> 	$h \leq 1,5 \text{ mm} + 0,2 b$ max. 10 mm	$h \leq 1,5 \text{ mm} + 0,15 b$ max. 7 mm	$h \leq 1,5 \text{ mm} + 0,1 b$ max. 5 mm

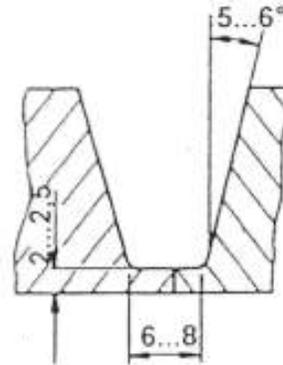
Bewertung von Stumpf- und Kehlnähten nach ISO 5817

Nr	Unregelmäßigkeit Benennung	Ordnungs- Nr nach ISO 6520	Bemerkungen	Grenzwerte für die Unregelmäßigkeiten bei Bewertungsgruppen		
				niedrig D	mittel C	hoch B
19	Zu große Wurzel- über- höhung	504		$h \leq 5 \text{ mm}$	$h \leq 4 \text{ mm}$	$h \leq 3 \text{ mm}$
20	Kanten- versatz	507	<p>Die Grenzwerte für die Abweichungen beziehen sich auf die einwandfreie Lage. Wenn nicht anderweitig festgelegt, ist die einwandfreie Lage gegeben, wenn die Mittellinien übereinstimmen (siehe auch Abschnitt 1). t bezieht sich auf die geringere Dicke.</p>  <p>Bild A Bleche und Längsschweißnähte</p>	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,25 t$ max. 4 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,15 t$ max. 3 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 t$ max. 2,5 mm
			 <p>Bild B Umfangsschweißnähte</p>	max. 4 mm	$h \leq 0,5 t$ max. 3 mm	max. 2,5 mm

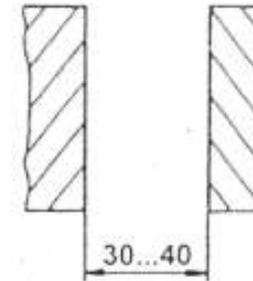
Das Verfahren bestimmt die Menge des Schweißgutes



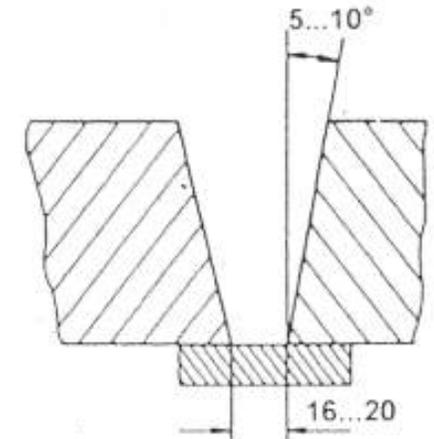
Lichtbogenhandschweißen



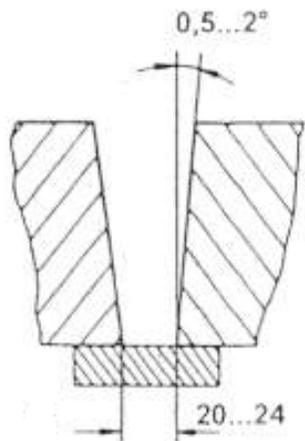
WIG- Engspaltschweißen



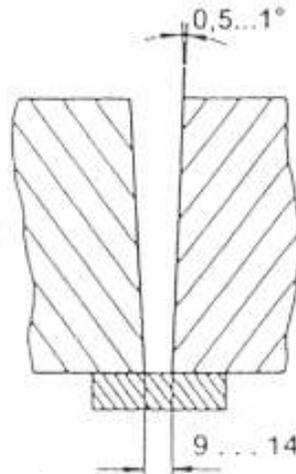
Elektroschlackeschweißen



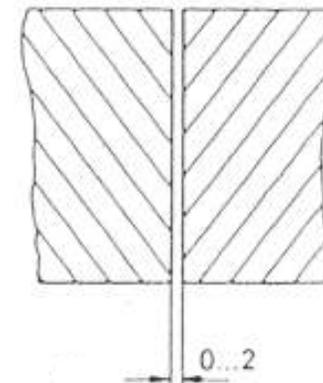
Unterpulverschweißen



UP- Engspaltschweißen



MSG- Engspaltschweißen

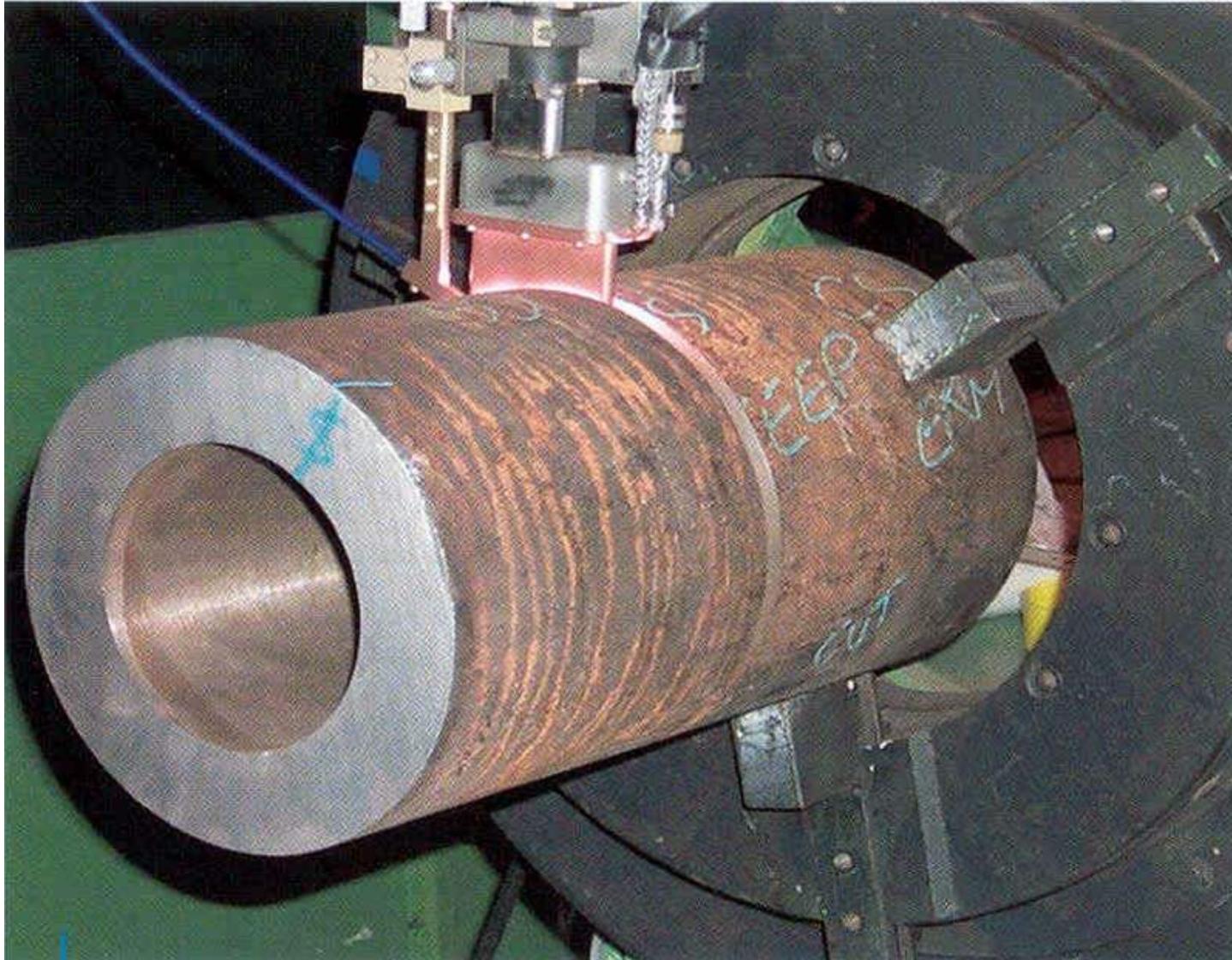


Elektronenstrahlschweißen

Engspaltschweißen

THE LINDE GROUP

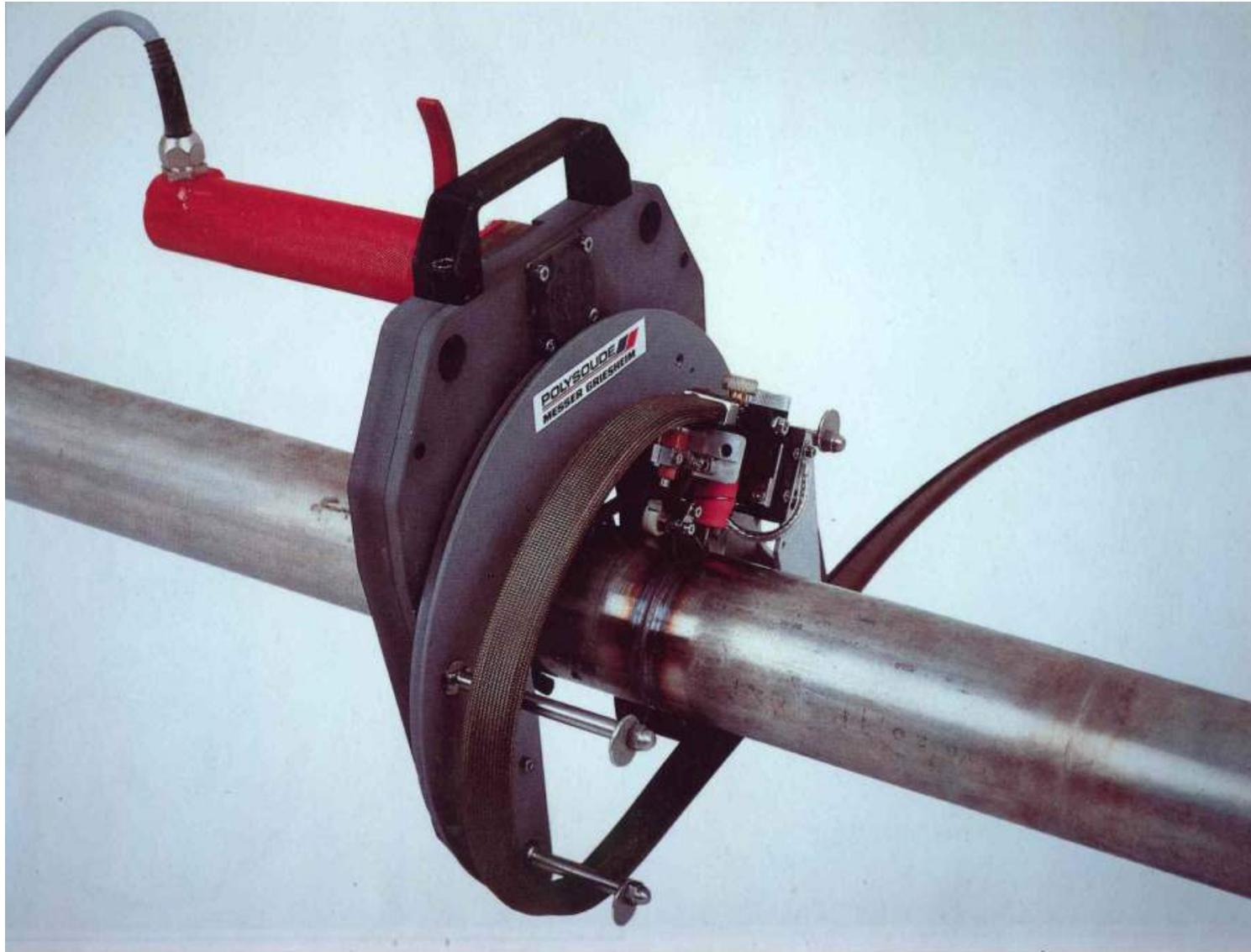
Linde



WIG Orbitalschweißen mit offener Zange

THE LINDE GROUP

Linde



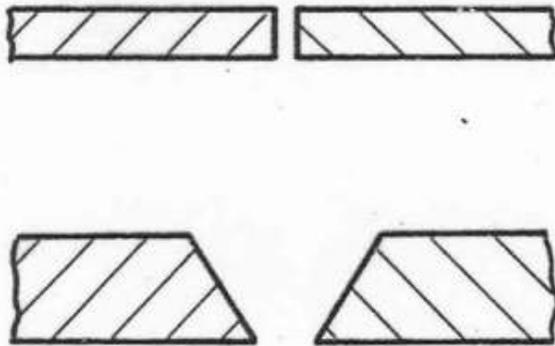
Badsicherungen benutzen.

THE LINDE GROUP

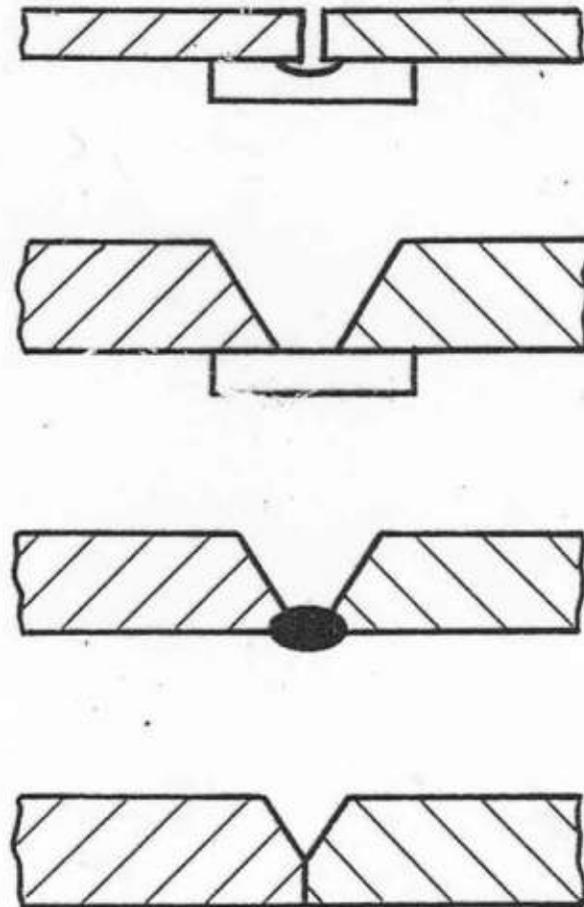
Linde

Mit oder ohne!?

ungünstig



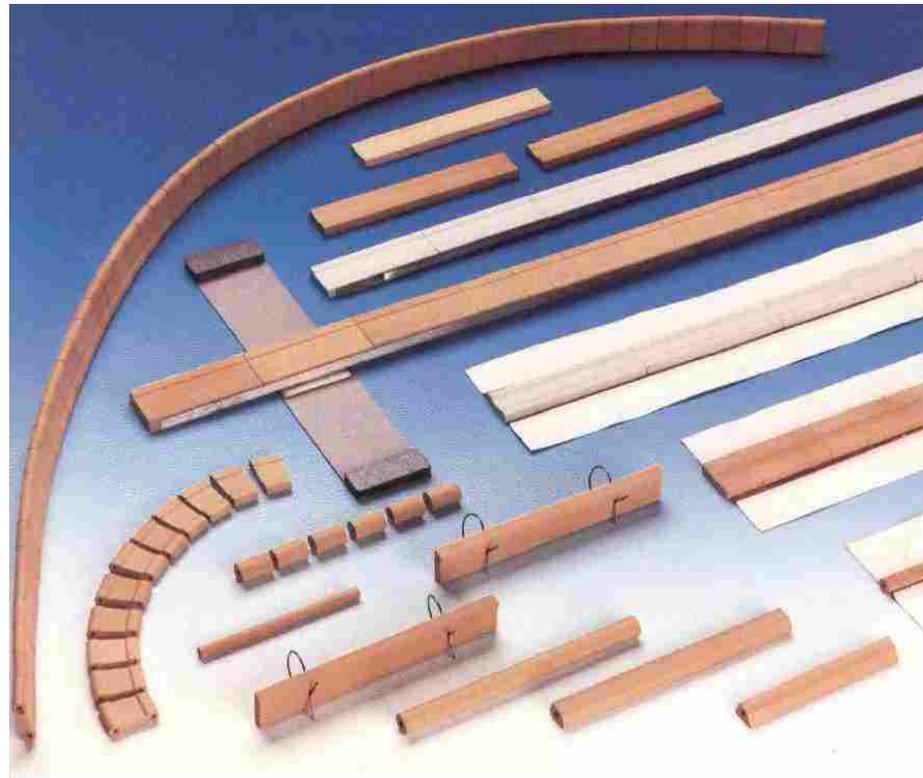
günstig



Keramische Badsicherungen

THE LINDE GROUP

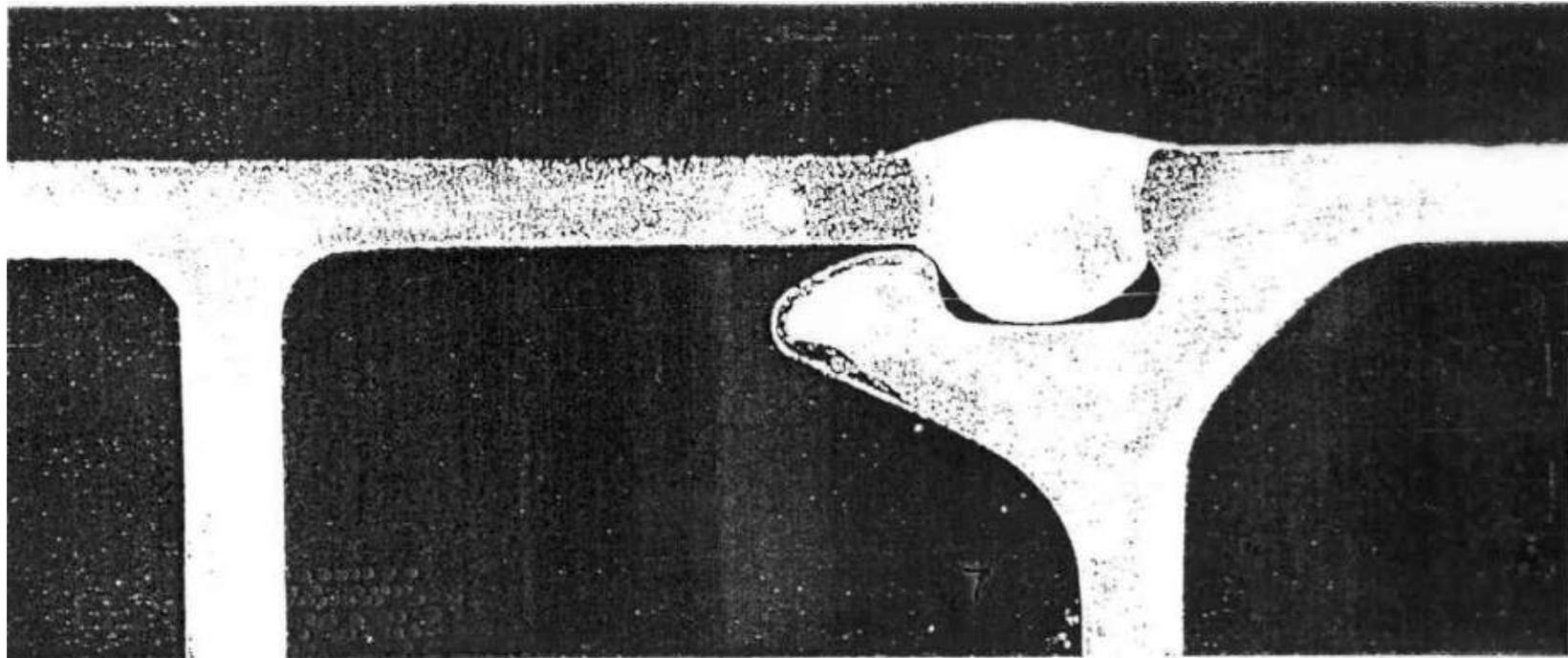
Linde



„Eingebaute“ Badsicherung

THE LINDE GROUP

Linde



Empfehlungen für Fugenformen nach EN ISO 9692-3

THE LINDE GROUP

Linde

Schweißen und verwandte Prozesse

Empfehlungen für Fugenformen

Teil 3: Metall-Inertgasschweißen und Wolfram-Inertgasschweißen
von Aluminium und Aluminium-Legierungen
(ISO 9692-3:2000) Deutsche Fassung EN ISO 9692-3:2001

DIN

EN ISO 9692-3

Tabelle 1 — Fugenformen für Stumpfnähte, einseitig geschweißt

Maße in Millimeter

Ref.-Nr. ^a	Schweißnaht				Fugenform					Empfohlener Schweißprozess ^c	Bemerkungen
	Werkstückdicke t	Benennung	Symbol ^b	Darstellung	Schnitt	Öffnungswinkel Flankenwinkel α, β	Stegabstand b	Steghöhe c	Andere Maße		
1.1	$t \leq 2$	Bördelnaht				—	—	—	—	141	
1.2	$t \leq 4$	I-Naht				—	$b \leq 2$	—	—	141	Brechung an der Wurzel-seite wird empfohlen.
	$2 \leq t \leq 4$	I-Naht mit Unterlage	 			—	$b \leq 1,5$	—	—	131	
1.3	$3 \leq t \leq 5$	V-Naht	V			$\alpha \geq 50^\circ$	$b \leq 3$	$c \leq 2$	—	141	
						$60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$b \leq 2$			131	
		V-Naht mit Unterlage	 			$60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$b \leq 4$	$c \leq 2$	—	131	

Kostenfaktor. Fehler beim Schweißen.

- Bindefehler
- Schlackeneinschlüsse
- Einbrandkerben
- Kalt- und Heißrisse
- Poren

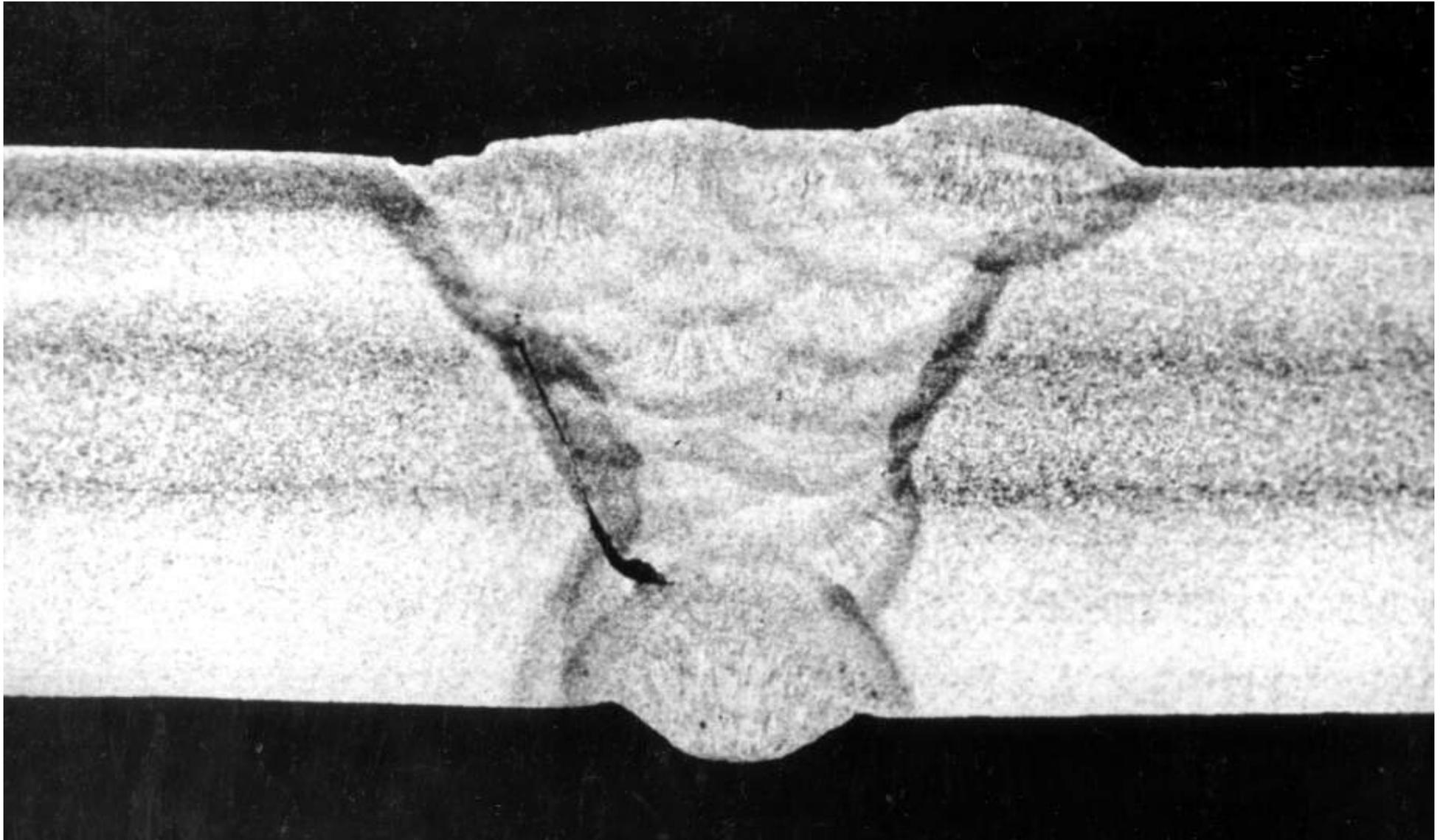
THE LINDE GROUP

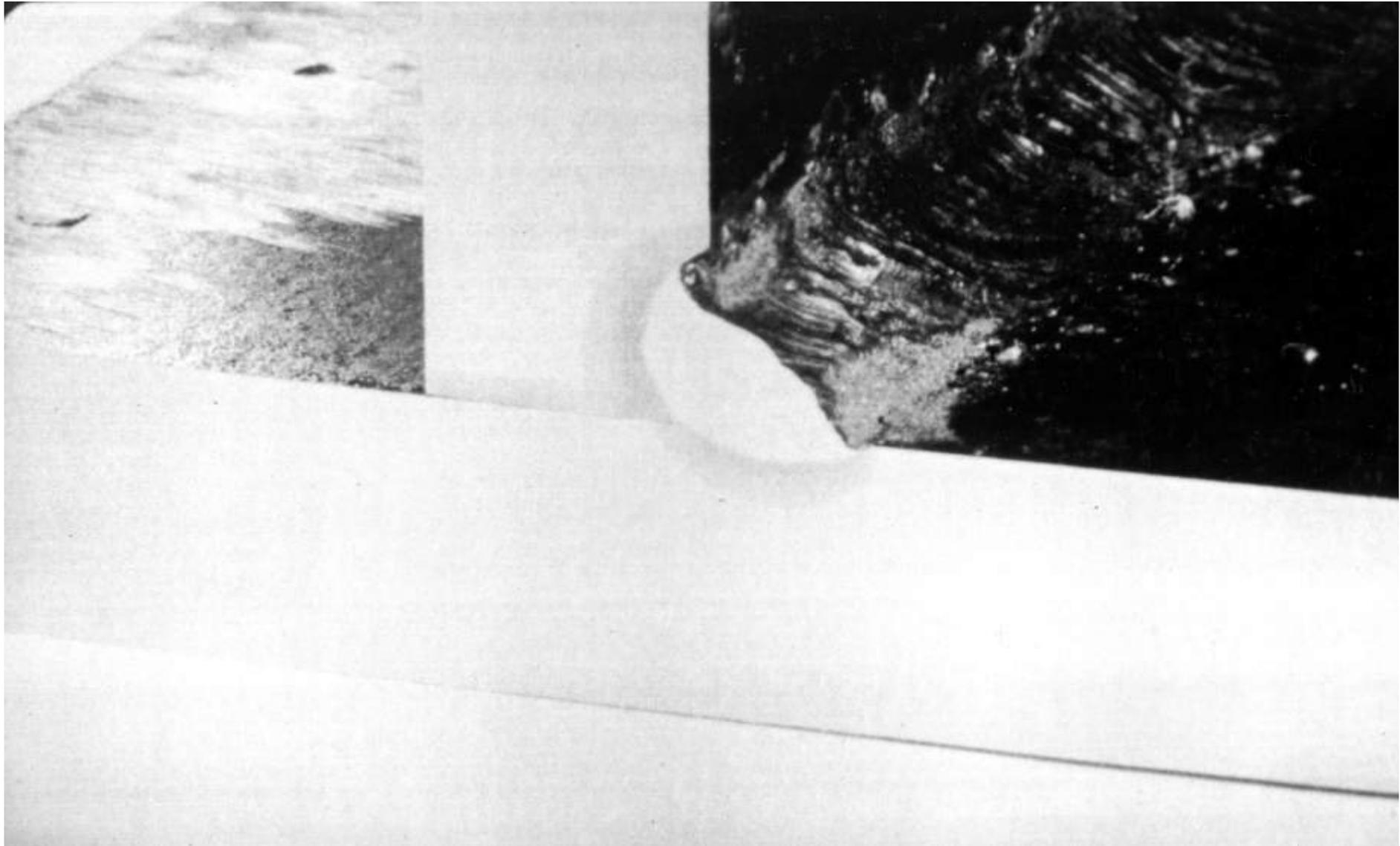
Linde

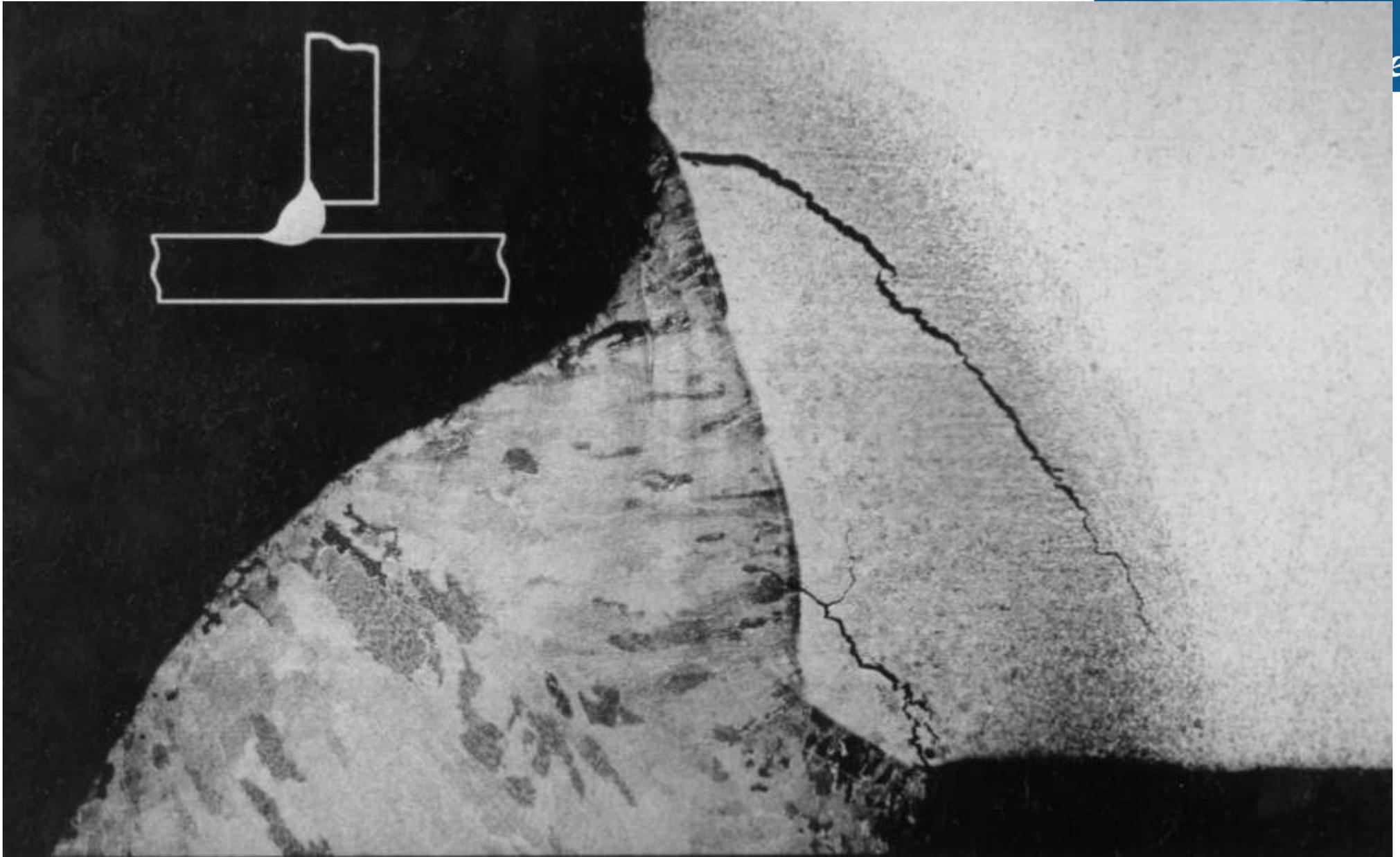
Bindefehler

THE LINDE GROUP

Linde







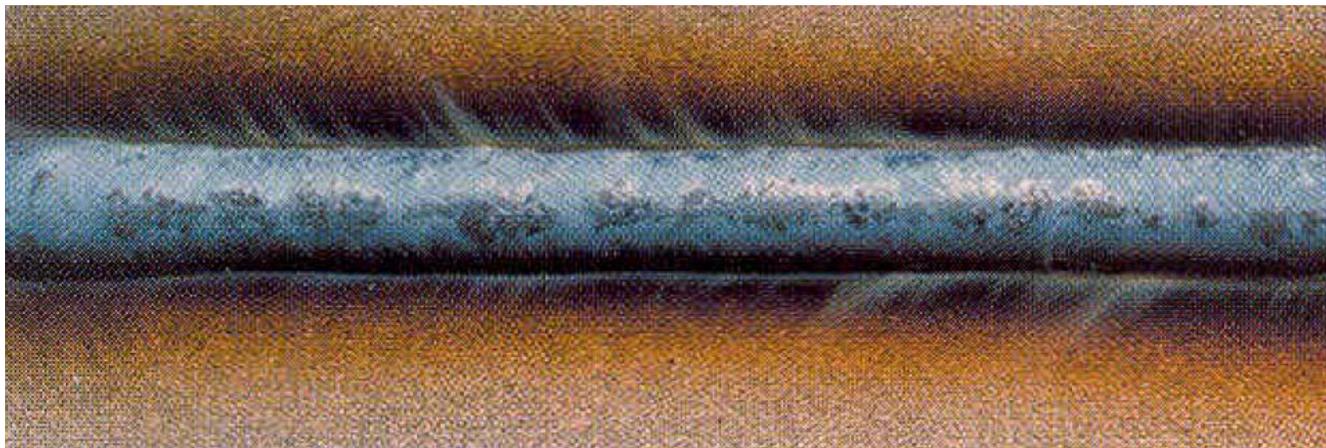
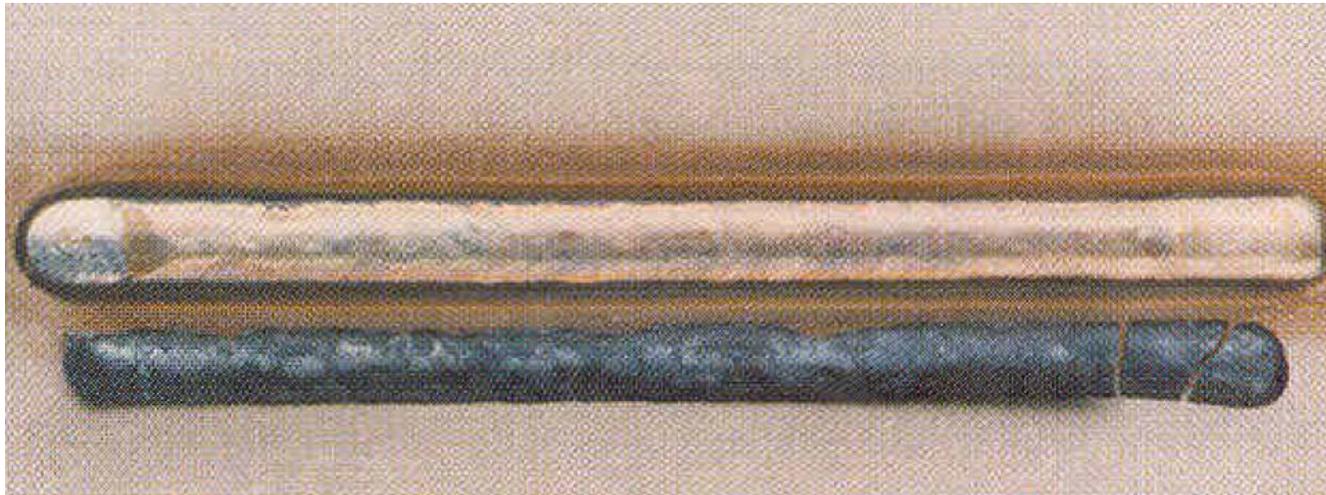
Nacharbeit reduzieren, Silikate, Schlacken
und Spritzer.

THE LINDE GROUP

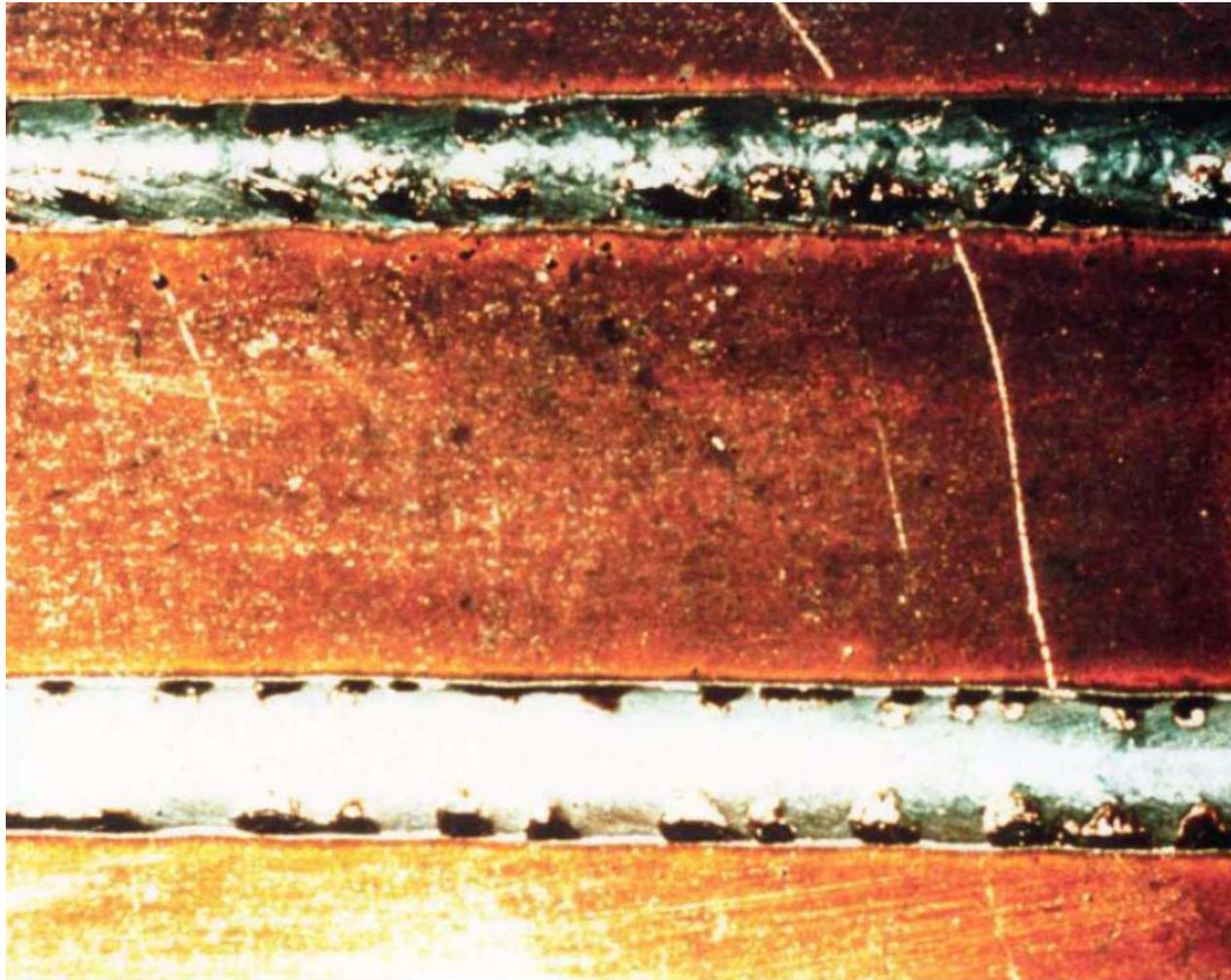
Linde



Oxidationsschutz durch die Schlacke



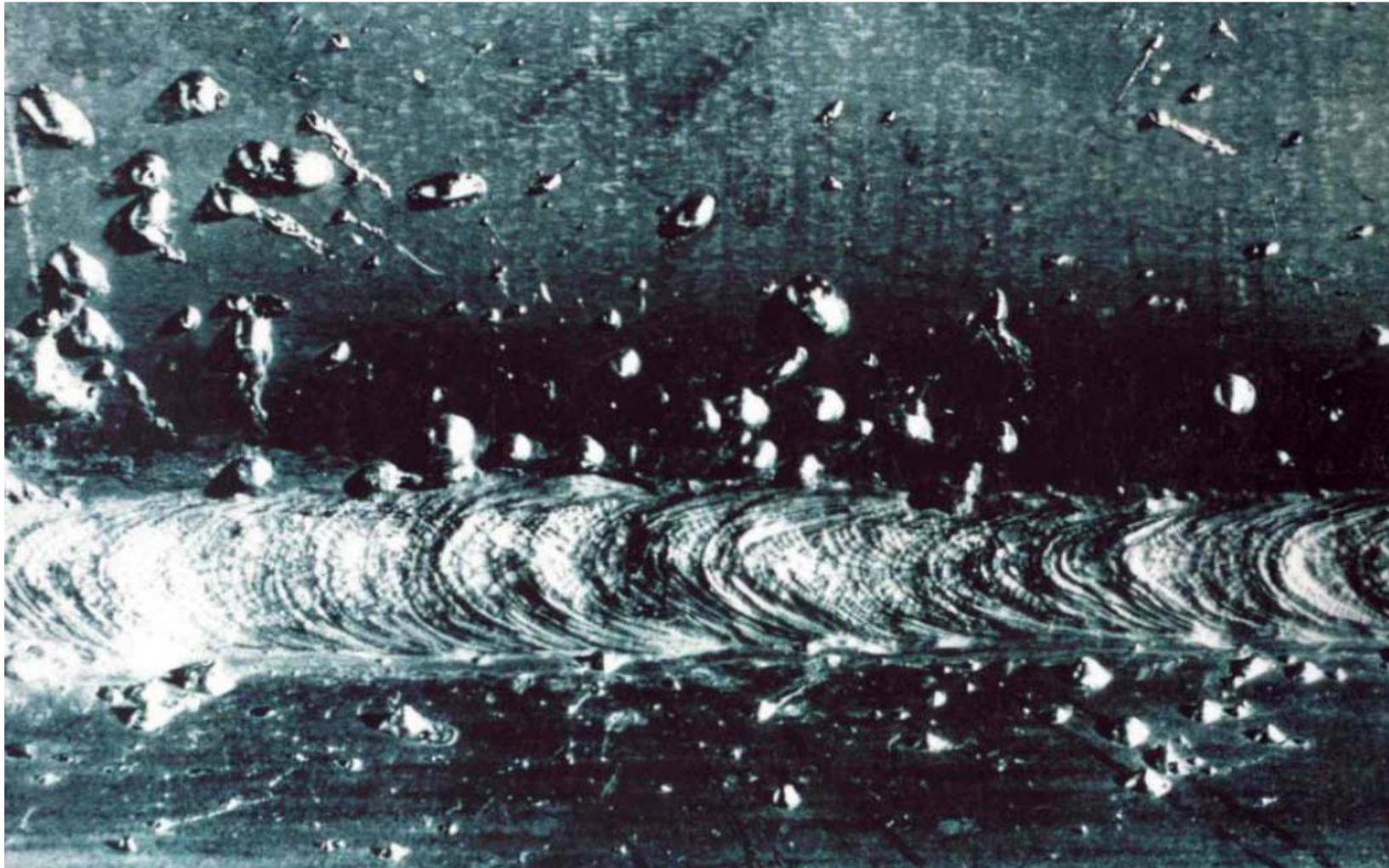
Die Wahl des Schweißschutzgases bestimmt den Oxidationsgrad der Oberfläche



Extreme Spritzerbildung führt zu sehr großer Nacharbeit

THE LINDE GROUP

Linde



Unregelmäßigkeiten

THE LINDE GROUP

Linde



Unregelmäßigkeiten

THE LINDE GROUP

Linde



Unregelmäßigkeiten

THE LINDE GROUP

Linde



Unregelmäßigkeiten

THE LINDE GROUP

Linde



Einfache Bedienung von Schweißgeräten.

THE LINDE GROUP

Linde

Verringerung der Zeiten für Nebentätigkeiten

Verringern von Nebentätigkeiten	Erreichbar durch
- Optimale Schweißfolge beachten	- Schweißpläne erstellen
- Einfache Bedienung von Stromquellen	- Fernregler, Leistungspot., Programmspeicher
- Vorrichtungen zum Wenden und Spannen	- Diese möglichst sinnvoll konzipieren
- Verputzen verringern	- Mischgase benutzen, Pulsend schweißen
- Badsicherungen benutzen	- Cu-Schienen, Pulverkissen, Keramikunterlage, Flachstahlbadsicherung, Al-Strangpressprofile
- Elektroden und Pulver mit guter Schlackenentfernbarkeit verwenden	- RR statt B, agglomerierte Pulver
- Geeignete Hebevorrichtungen wählen	- Krane, Hubtische
- Guten Materialfluss gewährleisten	- Innerbetrieblichen Transport separat

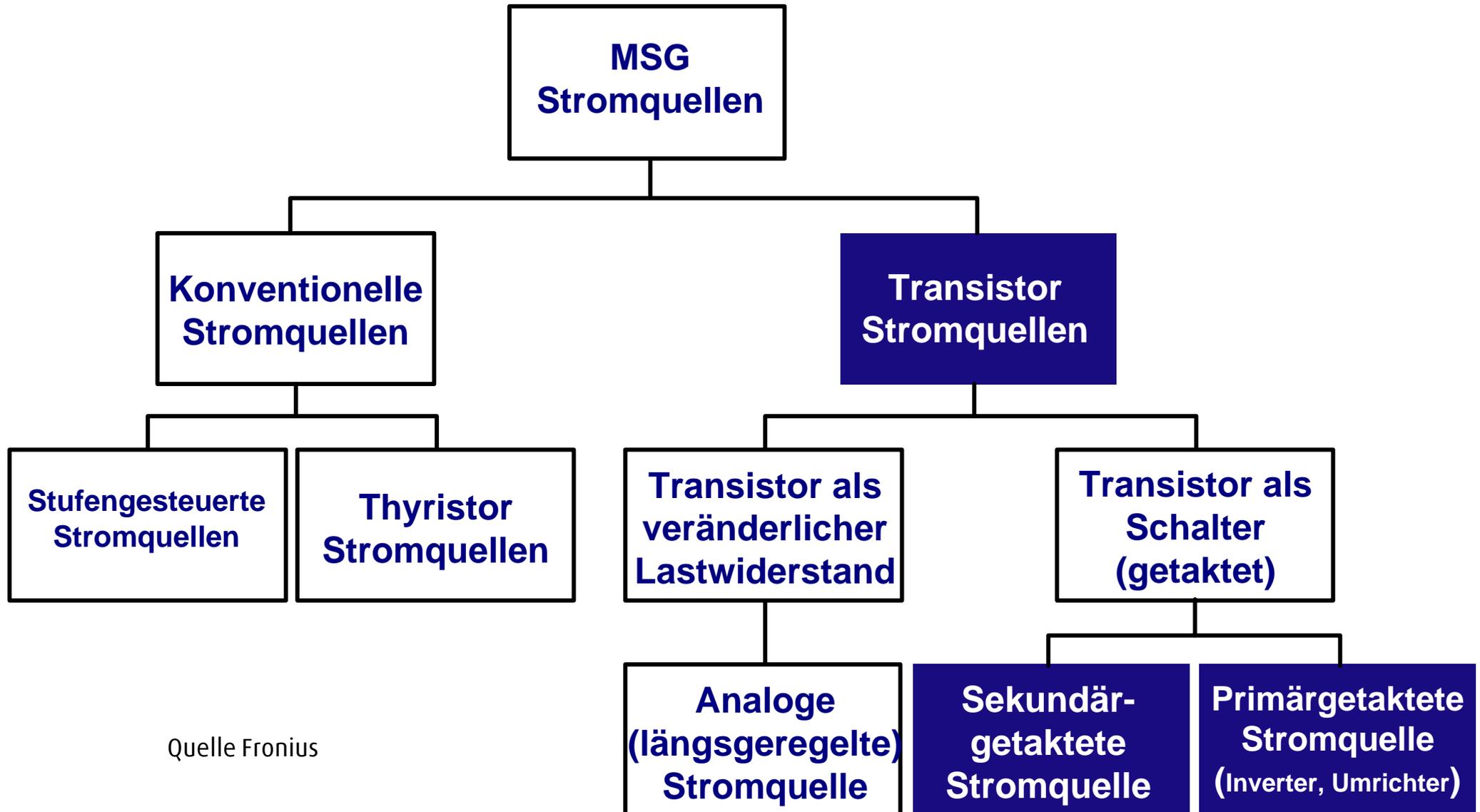
Gerätetechnik

- Drahtvorschubautomatik für Einfädeln des Drahtes
- Einschleichautomatik
- Gasnachströmzeit
- Freibrennautomatik
- Intervallsteuerung für Heftnähte
- Vorprogrammierung
 - Drosseleinstellung für Dünn- u. Grobblech
 - Kennlinien
 - Grundwerkstoff und Drahtdurchmesser
- Pulsautomatik
- Einknopfbedienung durch Synergie-Steuerung
- Reproduzierbarkeit des Prozesses durch Hochleistungsprozessor

Schutzgase

- Nahtaussehen und Einbrand
- Schlackebildung und Spritzer
- Erhöhung der Schweißgeschwindigkeit

Bauarten von MSG Schweißstromquellen (Quelle Fronius)



Quelle Fronius

JOBMASTER – Funktion (Quelle Fronius)

THE LINDE GROUP

Linde



- integrierte Fernregelung
- digitale Parameteranzeige
- Parameterabruf
- Job - Abruf



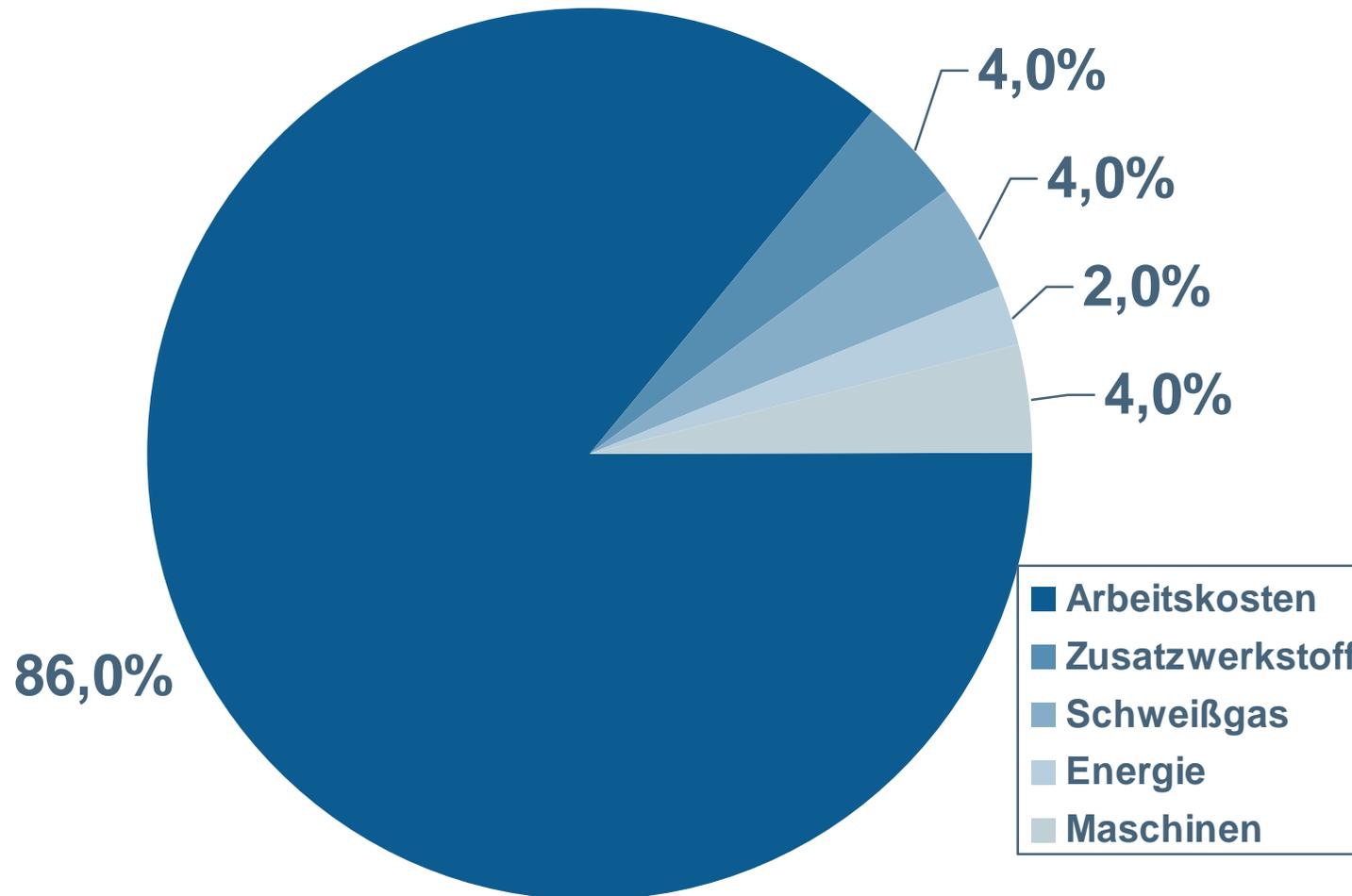
Quelle Fronius

Kostenreduzierung durch den Einsatz optimierter Schweißschutzgase.

THE LINDE GROUP

Linde

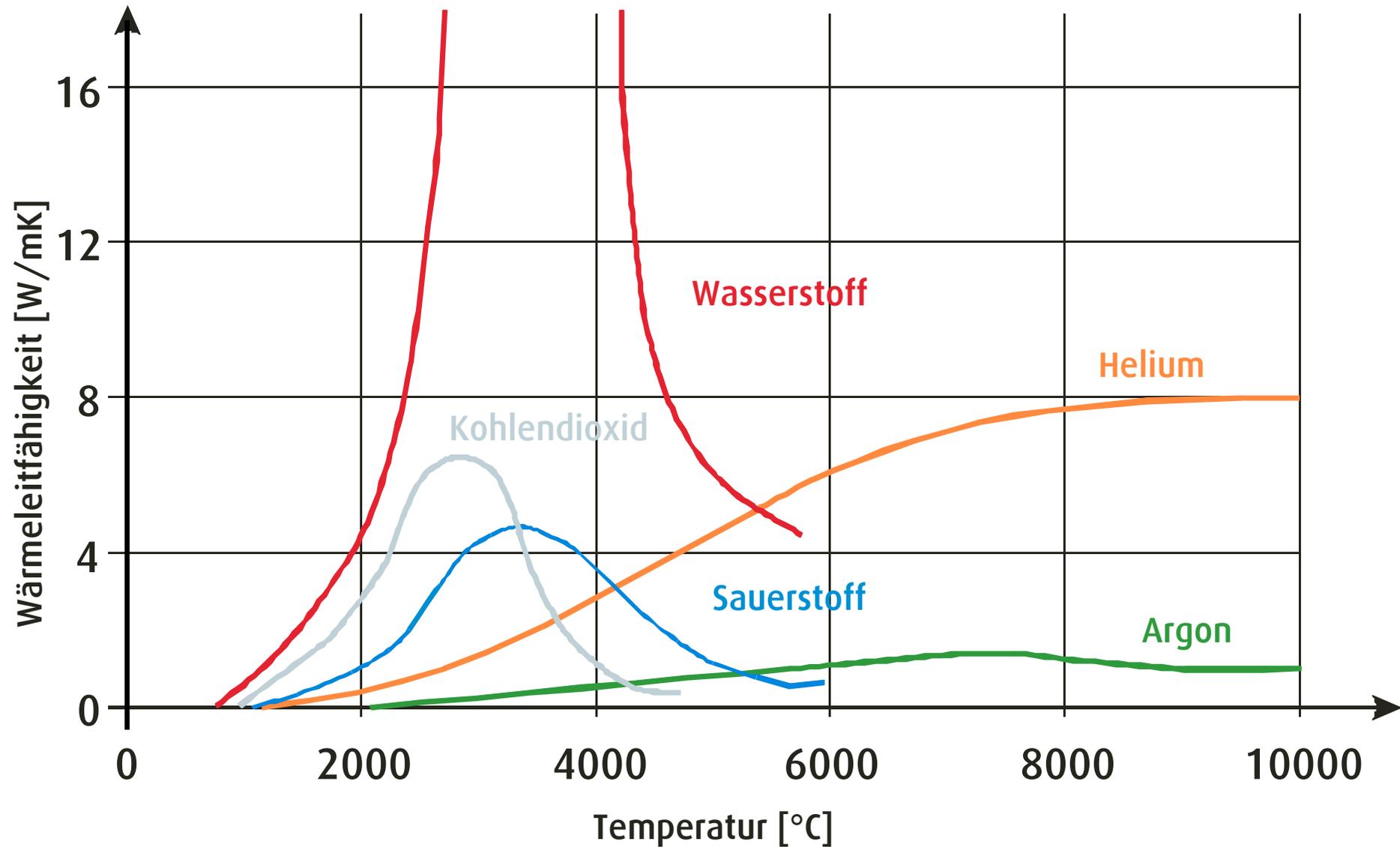
Näherungsweise für Schweißung: MAG-Hand, Schutzgas M21



Wärmeleitfähigkeit verschiedener Prozessgaskomponenten

THE LINDE GROUP

Linde

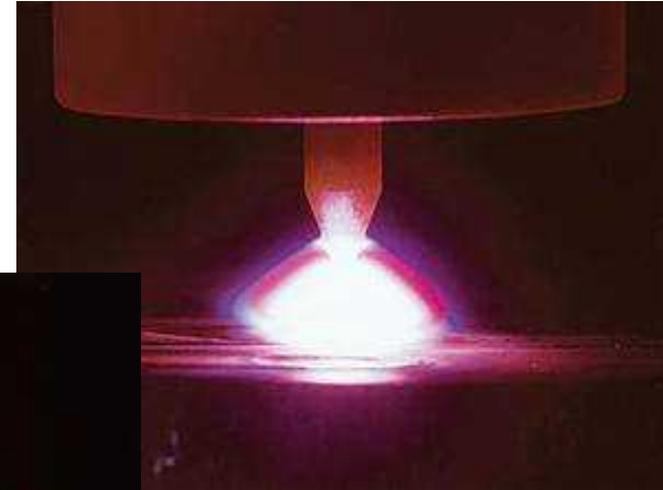


Schutzgase zum WIG-Schweißen von Nichtrostendem Stahl

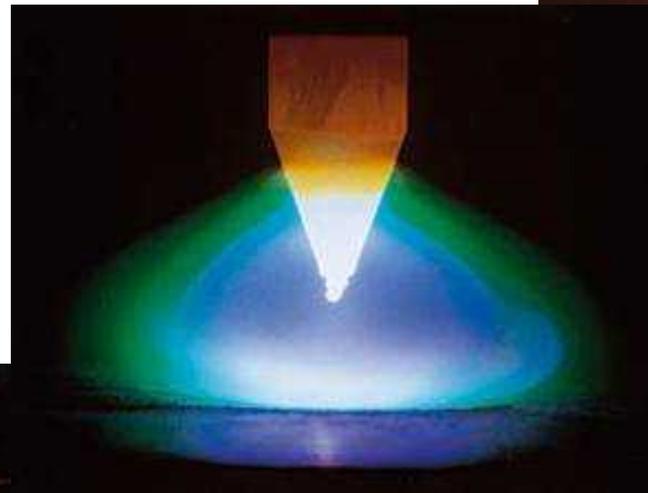
THE LINDE GROUP

Linde

VARIGON® H



VARIGON® He

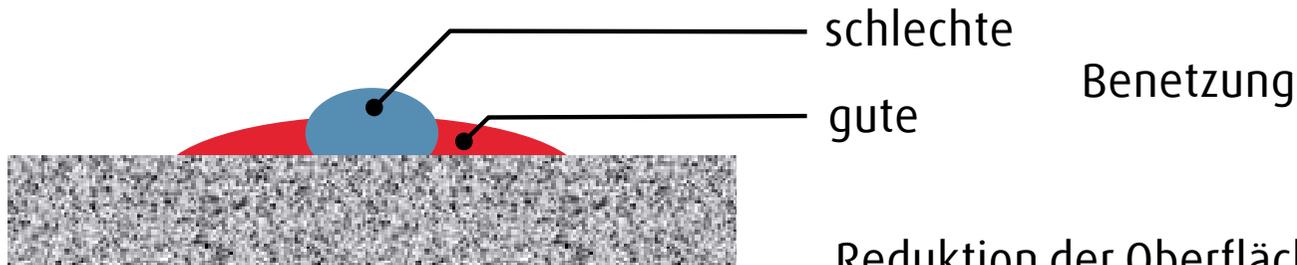


Argon



Lichtbogentemperatur
Wärmetransfer
Schweißleistung

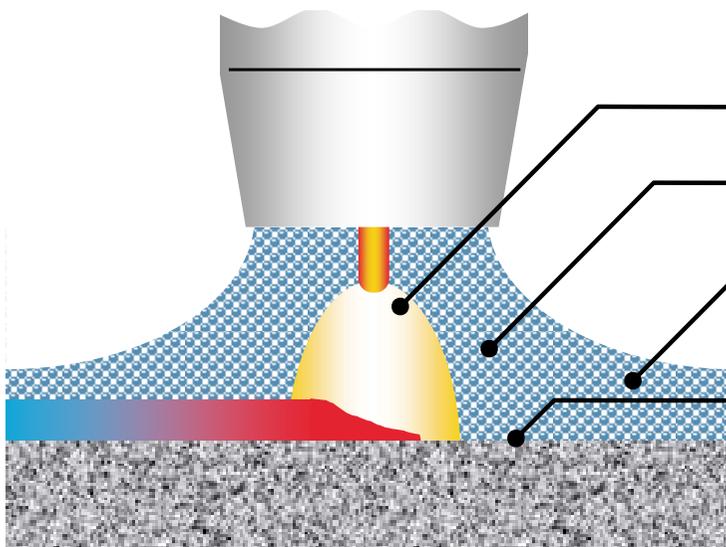
Einfluss der Prozessgaskomponenten auf das Benetzungsverhalten



schlechte Benetzung
gute Benetzung

Reduktion der Oberflächenspannung und Viskosität

O₂ und CO₂ : durch Oxidation
He : durch höhere Temperatur



„Vorwärmeeffekt“

Dissoziation
Rekombination

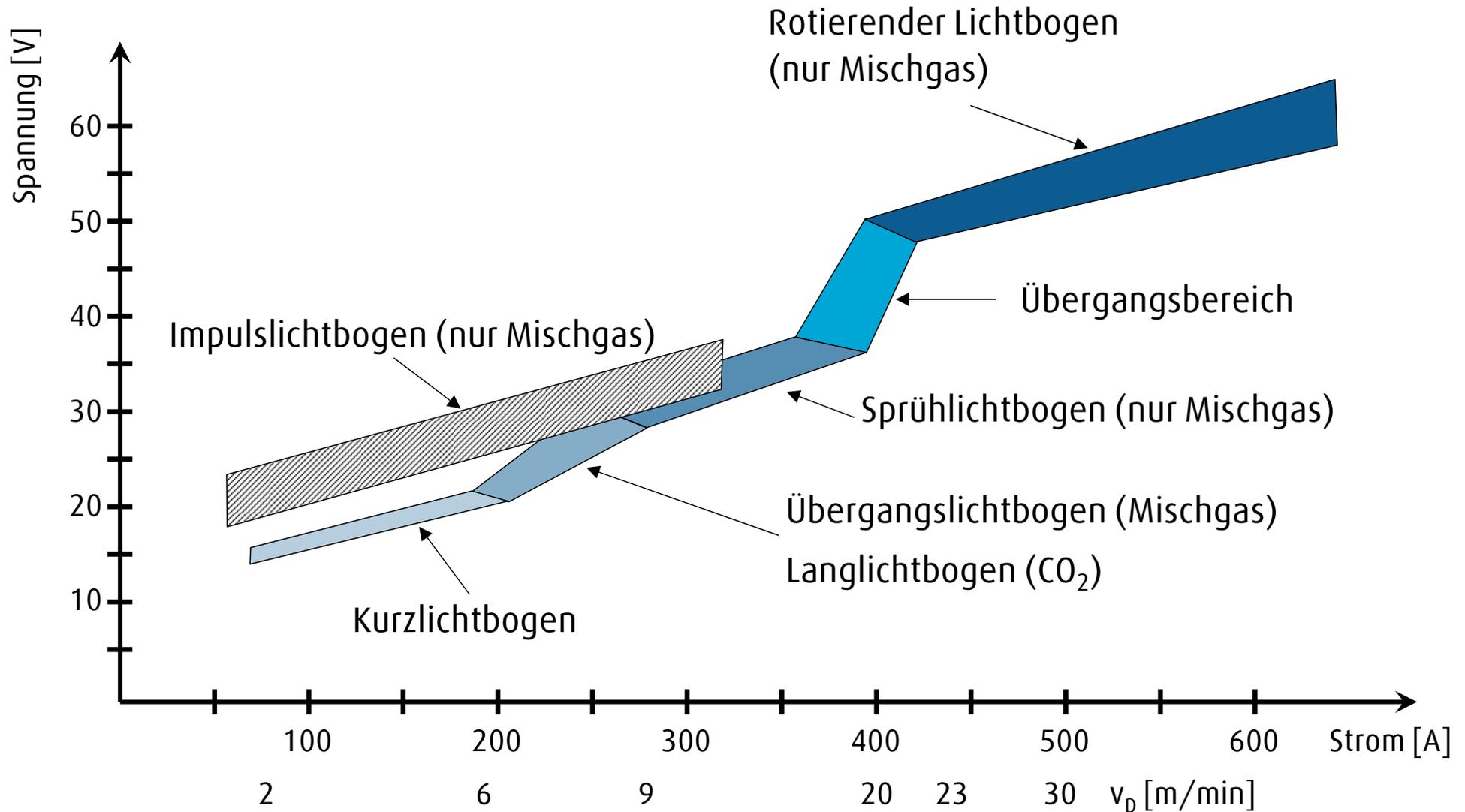
CO₂ <=> CO + 1/2 O₂ endotherm
exotherm

Wärmeleitfähigkeit $\frac{\lambda \text{ He}}{\lambda \text{ Ar}} \sim \frac{8}{1}$

Wärmeübergangszahl $\frac{\alpha \text{ He}}{\alpha \text{ Ar}} \sim \frac{5}{1}$

Lichtbogenarten beim MAG Schweißen

Gilt für Massivdraht G3Si1, \varnothing 1,2 mm, Schutzgas ISO 14175-M21 (CORGON[®] 18)



Beispiel MAG- Handschweißung:

Y-Naht an Baustahl, $t = 5 \text{ mm}$, $s = 1 \text{ mm}$, Steg = 2 mm, 60° V-Naht Vorbereitung

Wurzel (KLB):	180 A	Decklage (ILB):	250 A
	17 V		27 V
	Gas: 12 l/min		12 l/min
	v_D : 3 m/min		6 m/min
	v_S : 30 cm/min		45 cm/min

In allen Berechnungen identisch: Kosten für Arbeit (30 €/h + 10% Gemeinkosten), Maschinen, Zusatzwerkstoff und Strom

Optimierte Lösung 1: Alternatives Schweißgas M20, Reduktion der Nebenzeiten

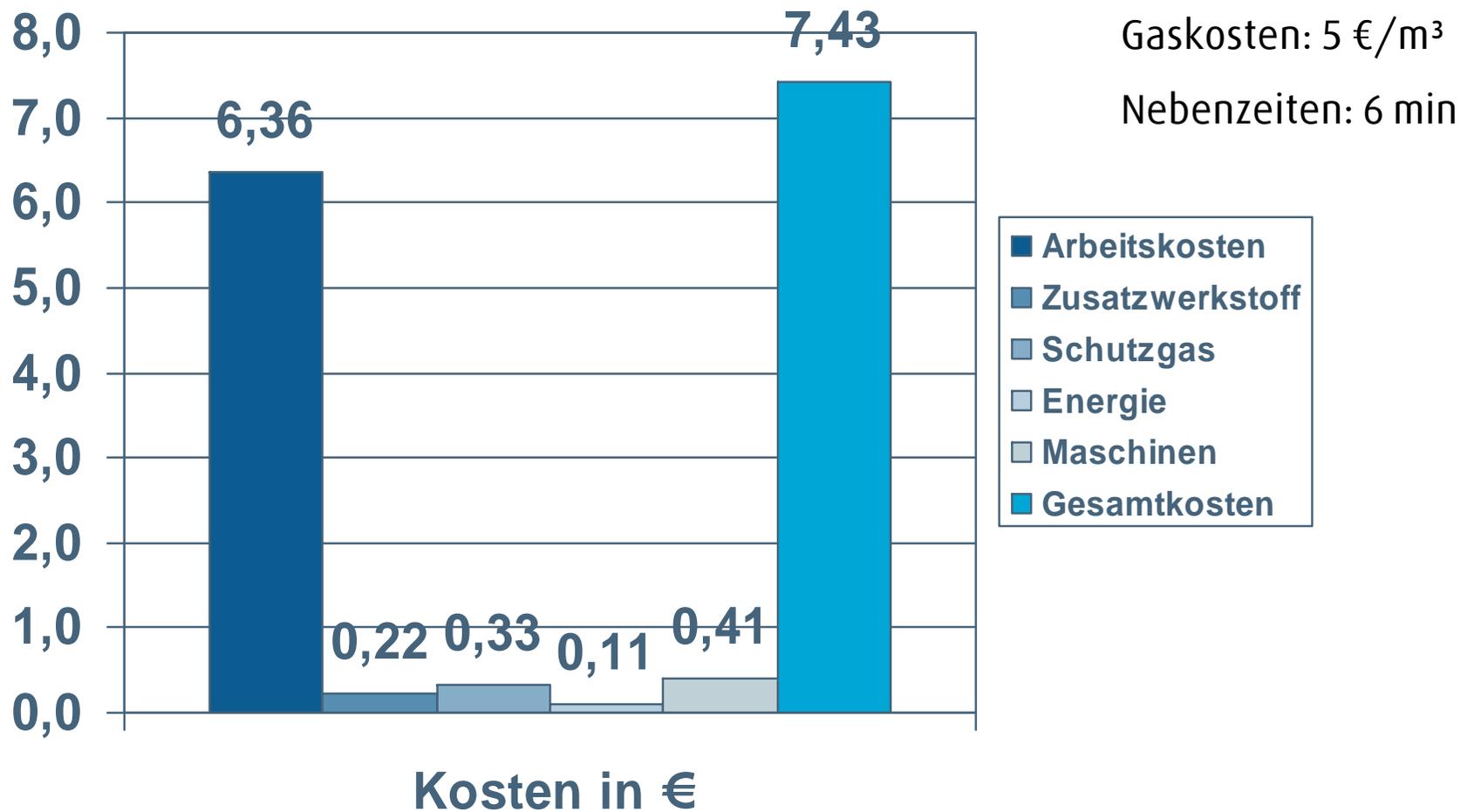
Optimierte Lösung 2: Alternatives heliumhaltiges Schweißgas M20, Reduktion der Nebenzeiten, höhere Schweißgeschwindigkeiten (je +3 cm/min)

Schweißnahtkostenrechner auf www.erl-gmbh.de/berechnungen.htm

Kostenbetrachtung (7,43 €/m Schweißnaht, Deutschland)



Standardanwendung: MAG-Hand, Schweißgas M21* (CORGON® 18)



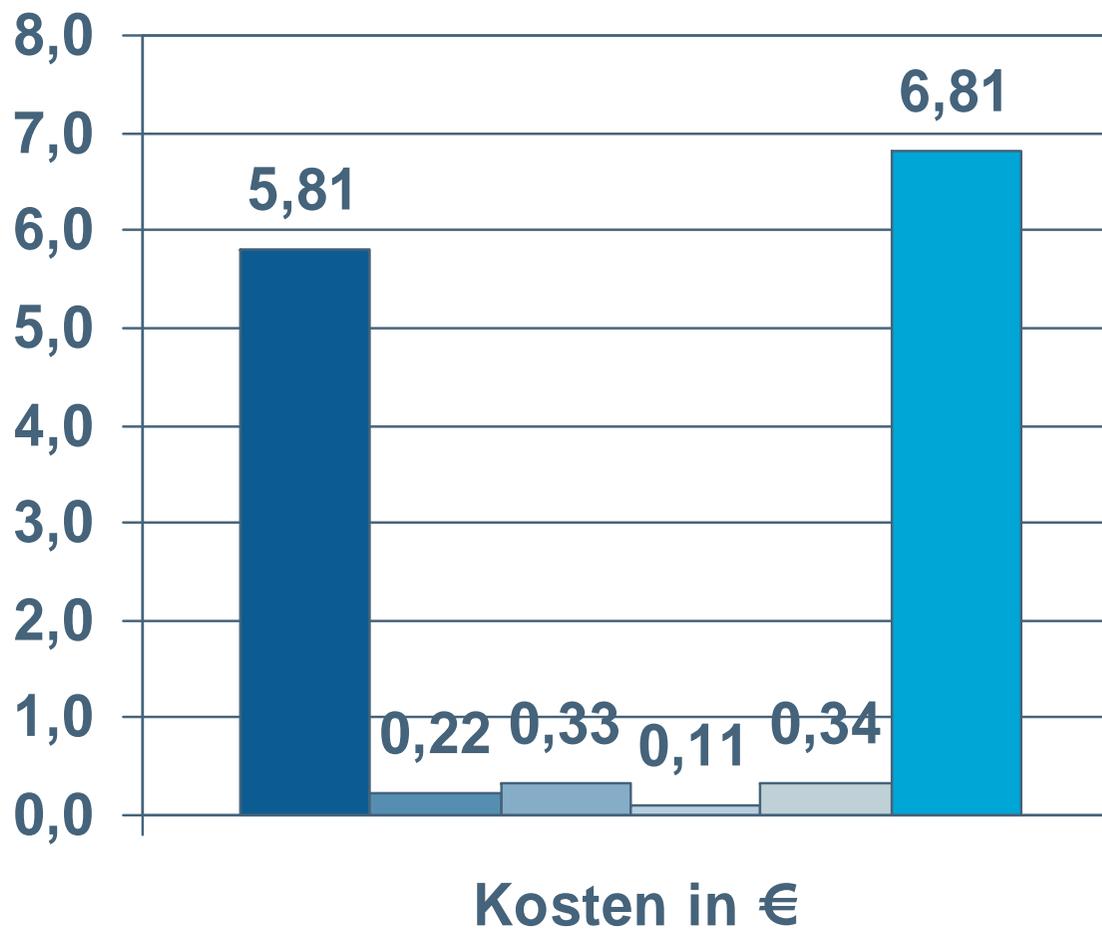
*ISO 14175

Einfluss der Prozessgaszusammensetzung auf den MAG-Prozess und sein Ergebnis

Gaskomponenten	Ar + CO ₂	Ar + CO ₂ + He Performance Line	Ar + O ₂	CO ₂
Kriterien				
Einbrand in Normalposition	Gut	Gut	Ausreichend; gut bei dünnen Blechen	Gut
Einbrand in Zwangslagen	Sicherer mit mehr CO ₂	Sicherer mit mehr CO ₂	Kann kritisch werden wegen Badvorlauf	Sehr sicher
Vermeiden von Flankenbindefehlern	Gut	Verbessert durch He-Anteil	Ausreichend, Gefahr bei Badvorlauf	Ausreichend
Oxidationsgrad („Schlackebildung“)	→ Fallend mit abnehmendem CO ₂ -Gehalt	Fallend mit abnehmendem CO ₂ -Gehalt	Höher als vergleichbare CO ₂ -haltige Gase	Hoch
Porenbildung in der Schweißnaht	Gering werdend mit zunehmendem CO ₂ -Gehalt	Gering werdend mit zunehmendem CO ₂ -Gehalt	Am empfindlichsten	Sehr gering
Spaltüberbrückung	→ Besser werdend mit fallendem CO ₂ -Anteil	Verbessert durch He-Anteil	Gut	Schlecht
Spritzerwurf	→ Gering werdend mit fallendem CO ₂ -Anteil	Gering werdend mit fallendem CO ₂ -Anteil	Spritzerarm	Am heftigsten
Kerbwirkung am Nahtübergang	Gering	Am geringsten	Zunehmend mit Blechdicke	Hoch
Wärmeübertragung, Wärmeeinbringung	Zunehmend mit steigendem CO ₂ -Anteil	Zunehmend mit steigendem CO ₂ - oder He-Anteil	Am geringsten	Hoch
Besonders empfohlene Lichtbogenarten	Kurzlichtbogen Sprühlichtbogen Impulslichtbogen (max. 25 % CO ₂)	Kurzlichtbogen Sprühlichtbogen (auch HL) Impulslichtbogen (auch HL)	Sprühlichtbogen Impulslichtbogen	Kurzlichtbogen

Kostenbetrachtung (6,85 €/m Schweißnaht, Deutschland)

Optimierte Lösung 1: MAG- Hand, Schweißgas M20* ARC-10 CORGON® 10)



Gaskosten: 5 €/m³

Nebenzeiten: 5 min

Ersparnis: 0,62 € oder 8%

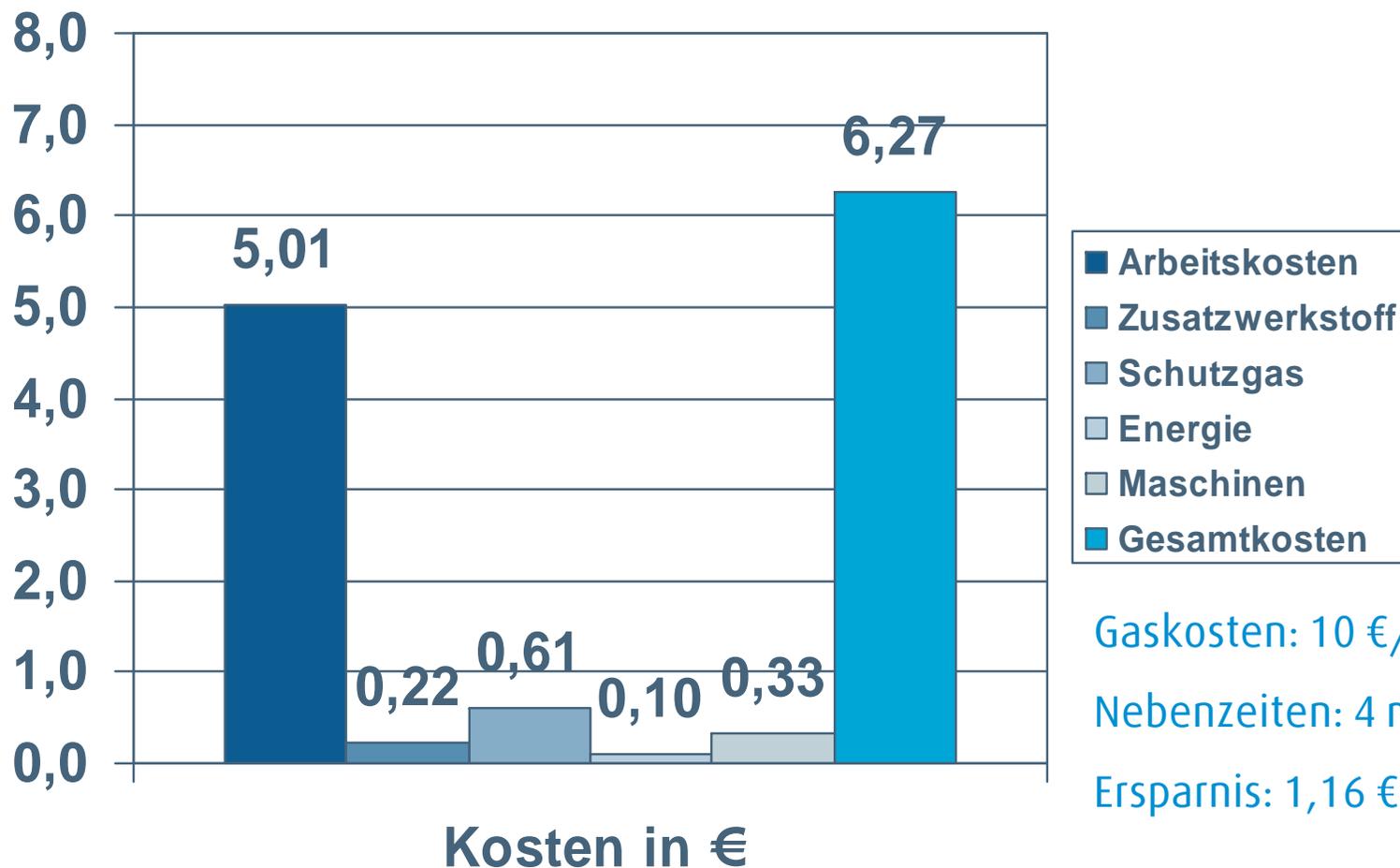
- Arbeitskosten
- Zusatzwerkstoff
- Schutzgas
- Energie
- Maschinen
- Gesamtkosten

Einfluss der Prozessgaszusammensetzung auf den MAG-Prozess und sein Ergebnis

Gaskomponenten	Ar + CO ₂	Ar + CO ₂ + He Performance Line	Ar + O ₂	CO ₂
Kriterien				
Einbrand in Normalposition	Gut	Gut	Ausreichend; gut bei dünnen Blechen	Gut
Einbrand in Zwangslagen	Sicherer mit mehr CO ₂	Sicherer mit mehr CO ₂	Kann kritisch werden wegen Badvorlauf	Sehr sicher
Vermeiden von Flankenbindefehlern	Gut	→ Verbessert durch He-Anteil	Ausreichend, Gefahr bei Badvorlauf	Ausreichend
Oxidationsgrad („Schlackebildung“)	Fallend mit abnehmendem CO ₂ -Gehalt	Fallend mit abnehmendem CO ₂ -Gehalt	Höher als vergleichbare CO ₂ -haltige Gase	Hoch
Porenbildung in der Schweißnaht	Geringer werdend mit zunehmendem CO ₂ -Gehalt	Geringer werdend mit zunehmendem CO ₂ -Gehalt	Am empfindlichsten	Sehr gering
Spaltüberbrückung	Besser werdend mit fallendem CO ₂ -Anteil	→ Verbessert durch He-Anteil	Gut	Schlecht
Spritzerwurf	Geringer werdend mit fallendem CO ₂ -Anteil	Geringer werdend mit fallendem CO ₂ -Anteil	Spritzerarm	Am heftigsten
Kerbwirkung am Nahtübergang	Gering	→ Am geringsten	Zunehmend mit Blechdicke	Hoch
Wärmeübertragung, Wärmeeinbringung	Zunehmend mit steigendem CO ₂ -Anteil	→ Zunehmend mit steigendem CO ₂ - oder He-Anteil	Am geringsten	Hoch
Besonders empfohlene Lichtbogenarten	Kurzlichtbogen Sprühlichtbogen Impulslichtbogen (max. 25 % CO ₂)	Kurzlichtbogen Sprühlichtbogen (auch HL) Impulslichtbogen (auch HL)	Sprühlichtbogen Impulslichtbogen	Kurzlichtbogen

Kostenbetrachtung (6,75 €/m Schweißnaht, Deutschland)

Optimierte Lösung 2: MAG- Hand, Schweißgas M20* ArHeC-30/10 (CORGON® 10He30)



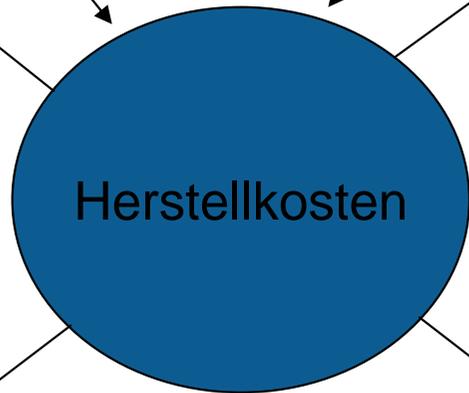
Gaskosten: 10 €/m³

Nebenzeiten: 4 min

Ersparnis: 1,16 € oder 15%



Der Mensch



~ als Aufsichtsperson

~ als Schweißer

Können

Motivation

Fachkenntnis

Zugänglichkeit

Wollen

Handfertigkeit

Schweißfolge

Phantasie

Gewissenhaftigkeit

Vorfertigung

Kraft zum Führen

Ausdauer

Wahl des Verfahrens

Nahtform

Größe

Position

Gestaltung / Planung

Nahtanordnung

Herstellkosten

Wanddicke

Stückzahl

Werkstück

Standort

Wärmebehandlung

Wartung

Einbrand

Güteprüfung

Handlichkeit

Rüstzeiten

Werkstoffauswahl

Auslastung

Anlernzeiten

Beweglichkeit

Verzinsung

Schweißzusätze

Abschmelzleistung

Energiebedarf

Abschreibung

Nebenzeiten

Gesundheitsgefährdung

Raumbedarf

Nacharbeit

Schweißgerät

Schweißverfahren

Quelle: Kalkulation und Wirtschaftlichkeit in der Schweißtechnik; DVS-Verlag; G. Aichele

Checkliste zum Kostensenken

1. Menge des Schweißgutes verringern
2. Hauptzeiten verringern
3. Neben – und Rüstzeiten verringern
4. Energie und Verbrauchsstoffe nicht verschwenden
5. Qualität überwachen

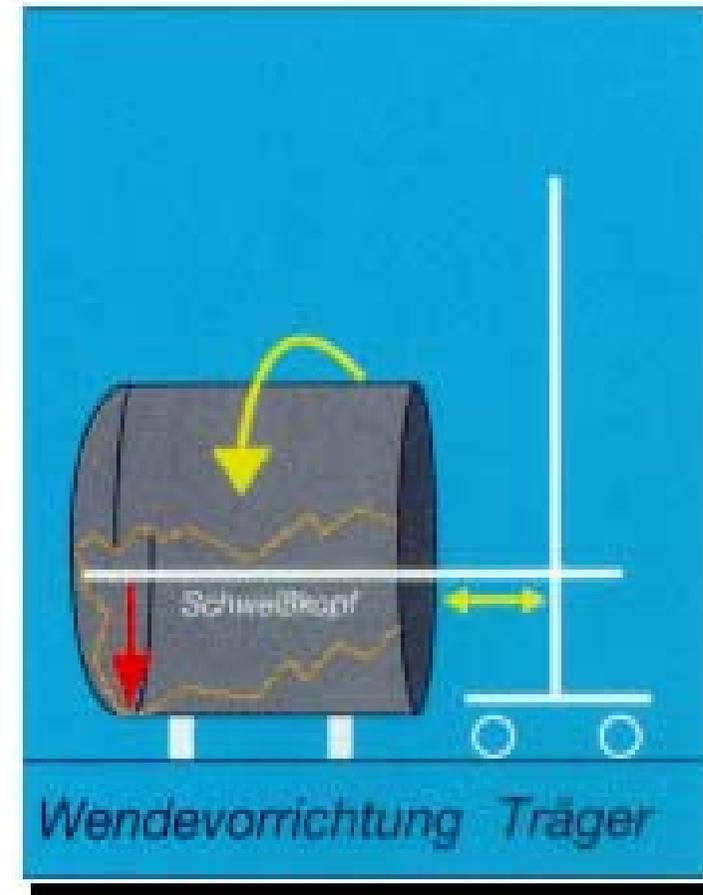
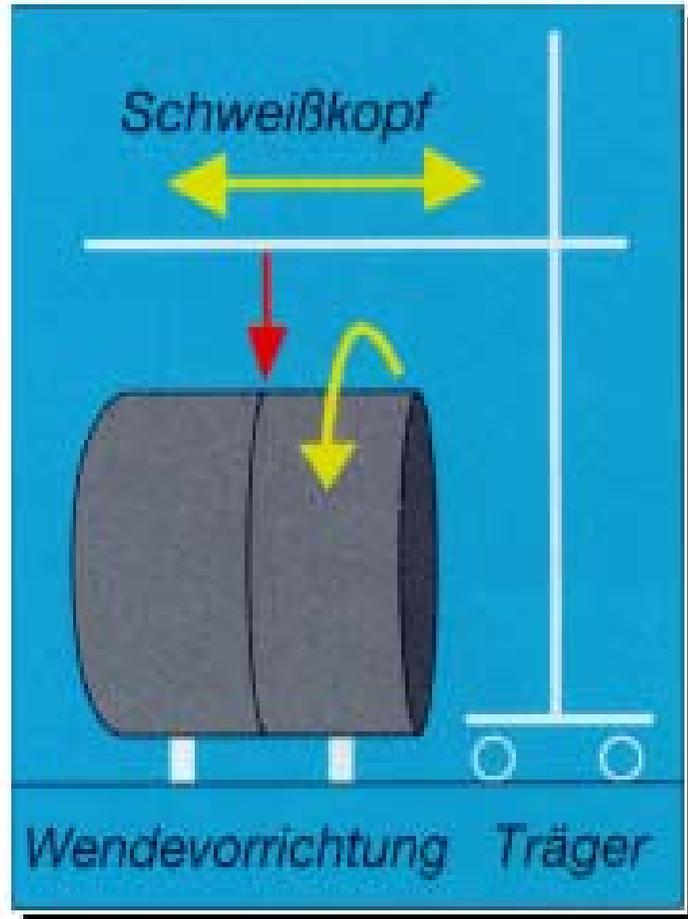
Robotergestützte Produktion von Baggerkomponenten

THE LINDE GROUP

Linde

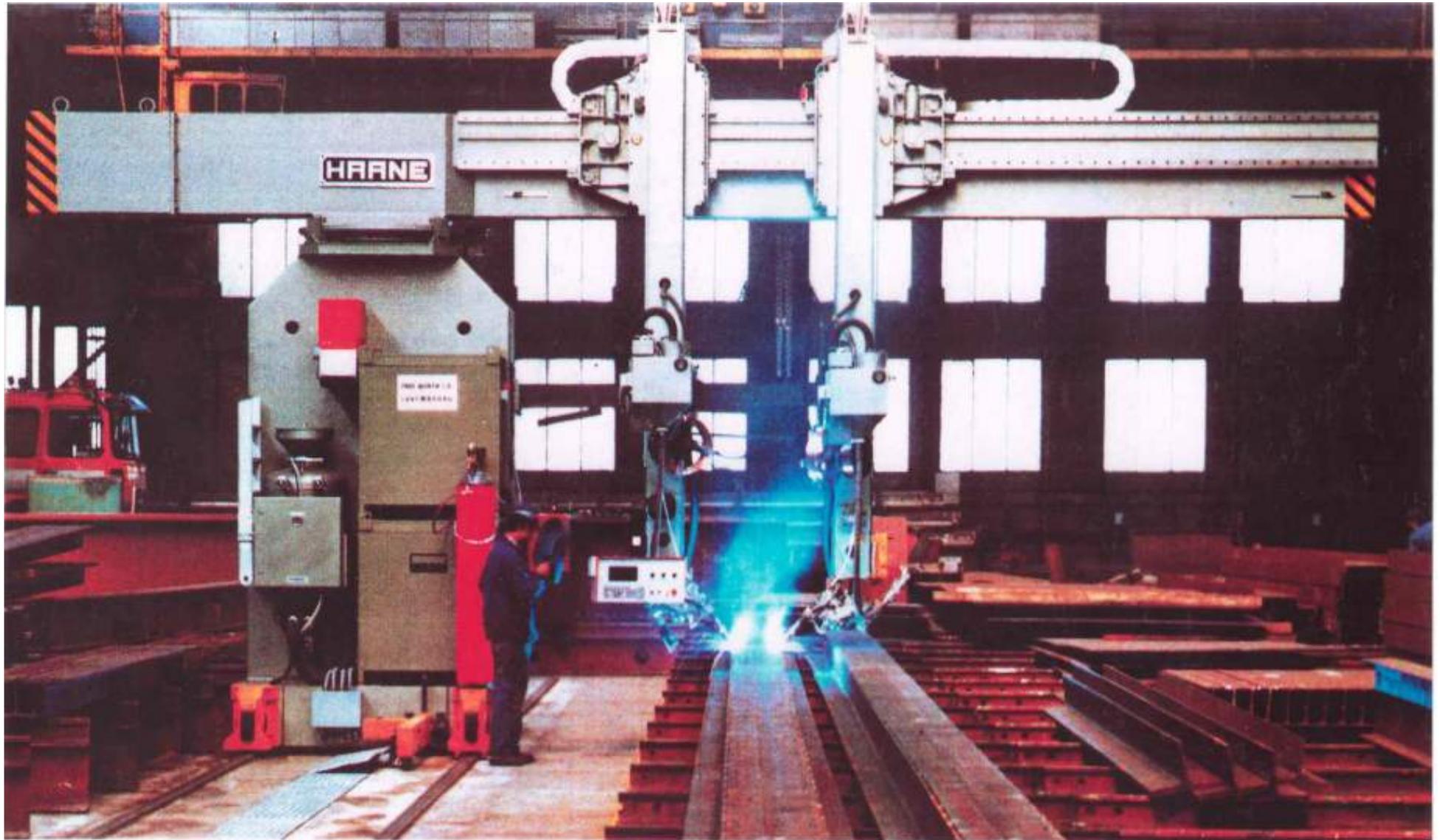


© 2014 Linde AG





Plasma und UP (Edelstahl-Fertigung)



LINFAST® Optimierung MAG Tandem im Schiffbau

THE LINDE GROUP

Linde



Aker MTW Wismar - D- Projekt 2000-2002...

...AkerKvaerner Philadelphia - USA - Projekt Start 2003

2 x Massiv Draht 1,2mm G3Si1 + CORGON® He 30 (vor Ort)
Schweißgeschwindigkeit 1,5m/min

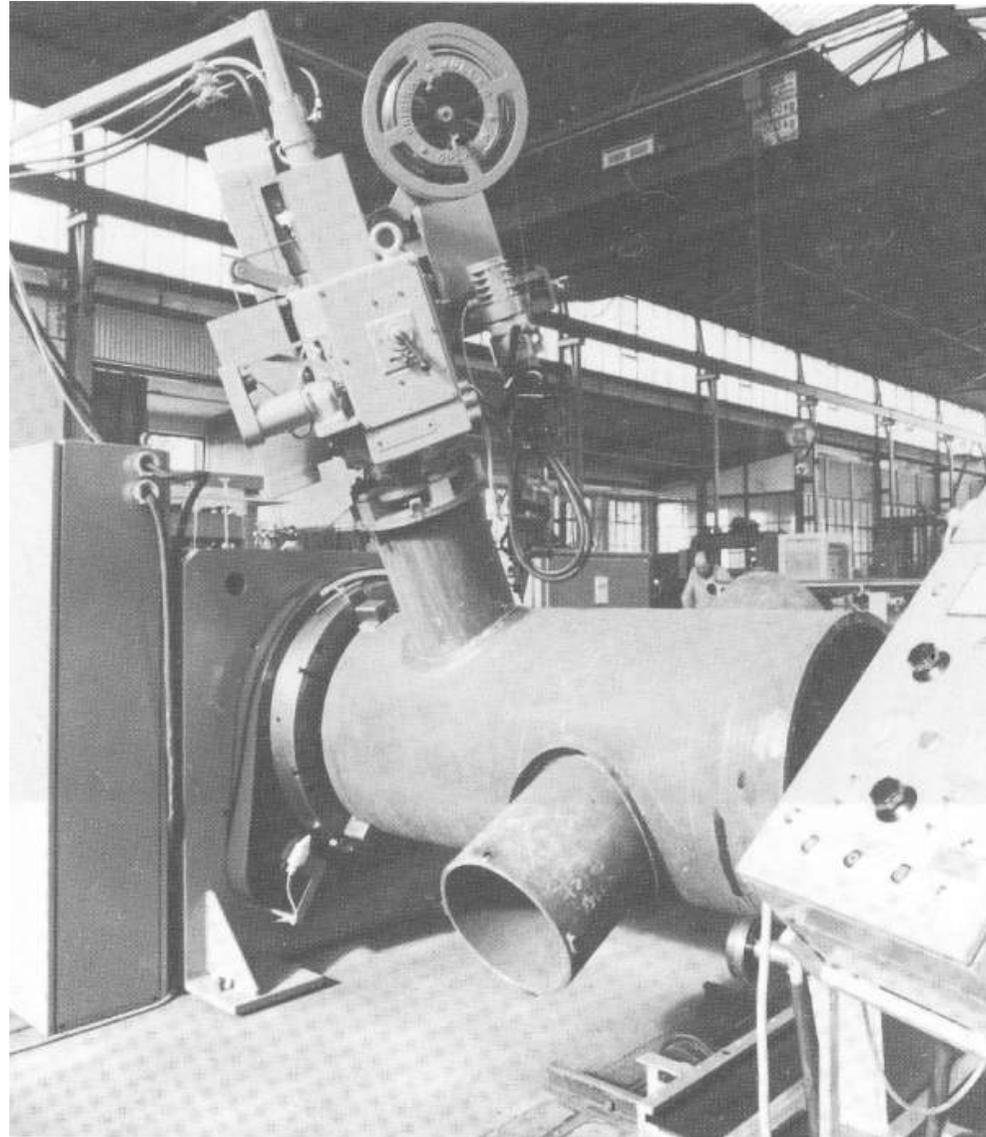
Freundliche Genehmigung Aker MTW Wismar

Optimale Schweißposition

THE LINDE GROUP

Linde











Gezielte und objektive Planung!

(Intern oder mit externer Unterstützung)

Wer zu spät kommt, den bestraft das Leben!

(Frühzeitig planen)

Bewußtsein schärfen, welche Investitionsaufwendungen anfallen.

Nicht am falschen Ende sparen!

(Schulung, vorbeugende Wartung)

Bereit sein, neue Wege zu gehen!

(Konstruktions-Verfahrensänderungen, Produktbereinigung)

Produktionssteigerungsmaßnahmen!

(Simulation, Programmierunterstützung, Hard-Softwareanpassungen)

Nutzen von Förderprogrammen !

(Beratungs- und Planungsunterstützungen)

THE LINDE GROUP

Linde

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Jens Heimbokel
Gelsenkirchen, 7. Oktober 2014

Kontakt:
Fangdieckstraße 75
22547 Hamburg
040. 85 31 21 - 227
0151. 58 24 58 54
Jens.heimbokel@de.linde-gas.com