

2. Fachtagung der Erl GmbH SCHWEISSEN + SCHNEIDEN und
MIG WELD GmbH Deutschland am Mittwoch, 3. März 2004 in Landau

Schweißkosteneinsparungen in kleinen und mittleren Betrieben

Dipl.-Ing. Dieter Bouse

Schweißfachingenieur

European Welding Engineer



Baden-Württemberg

LANDESGEWERBEAMT

Inhalt

0. Einleitung

1. Wirtschaftliche Grundlagen

2. Kosteneinsparung durch wirtschaftliche Konstruktion

3. Kosteneinsparung durch wirtschaftliche Produktion

- Schweißzusatzkosten
- Schweißfertigungskosten

4. Beispiele aus der Schweißpraxis

5. Fazit

Einleitung

In meinem Vortrag werde ich über wesentliche Schweißkosteneinsparungen in kleinen und mittleren Betrieben bei der Herstellung von Schweißprodukten durch Einsatz von Schmelzschweißverfahren, insbesondere in Stahl-, Behälter- und Maschinenbaubetrieben, berichten.

In den metallverarbeitenden Schweißbetrieben findet ein ständiger Optimierungsprozess in den Bereichen Konstruktion, Produktion, Qualitätssicherung und Arbeitsorganisation zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und Steigerung der Produktivität statt.

Für die verantwortlichen Schweißexperten in den Betrieben hat sich aber die grundsätzliche Aufgabenstellung zur Erfüllung der gegensätzlichen Zielsetzungen, Schweißprodukte mit hoher Schweißqualität bei niedrigen Schweißkosten herzustellen, nicht geändert.

Die Problemlösungen zur Erfüllung beider Zielsetzungen können nicht immer gleichzeitig erreicht werden, man wird ständig bemüht sein tragfähige Kompromisse zu finden. Die Folie „Grundsätzliche Probleme und Lösungen“ zeigt diese Zusammenhänge auf.

Grundsätzliche Probleme und Lösungen

Schweißprodukte

Konstruktion - Produktion

o Probleme durch gegensätzliche Zielsetzungen wie

Schweißkosten senken

←-----

Schweißqualität erhöhen

----->

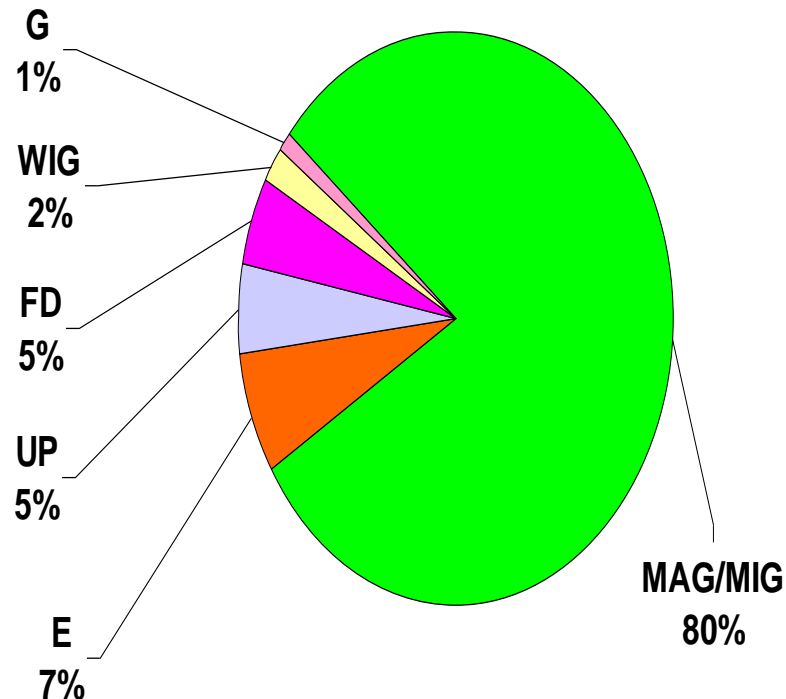
o Problemlösungen durch Kompromisse wie

- *Optimale Schweißkosten* > *Wirtschaftlichkeit*

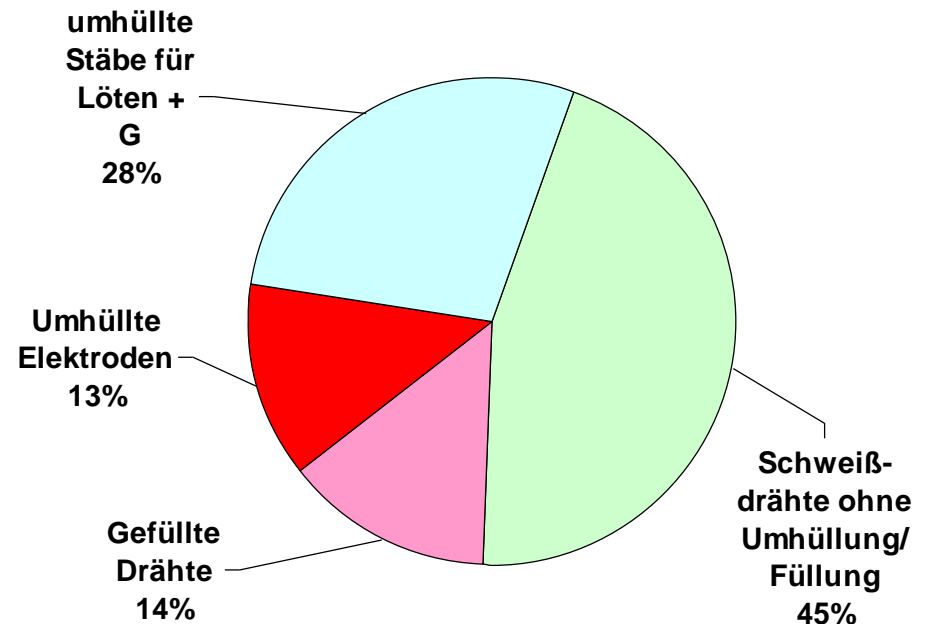
- *Optimale Schweißqualität* > *Qualitätssicherung*

Struktur der Schweißzusätze in Deutschland 2000

Aufteilung niedergeschmolzene Schweißgutmasse(gewicht) ¹⁾



Aufteilung Produktionswert von Schweißzusätzen von 246 Mio. €

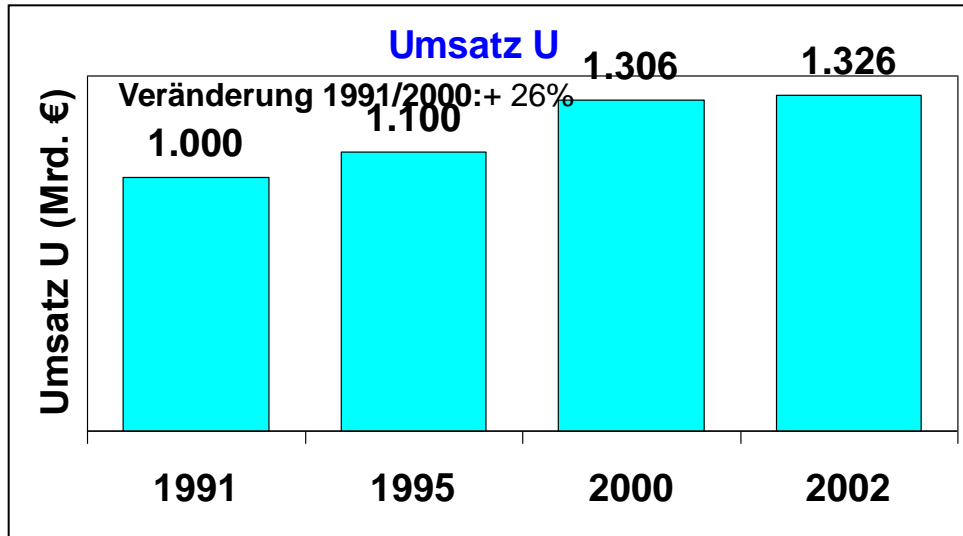


1) Annahmen: 1 kg Stabelektroden = 0,7 kg; Ausbringen: FD / MAG-MIG-WIG / Sonstige = 86 / 93 / 100%

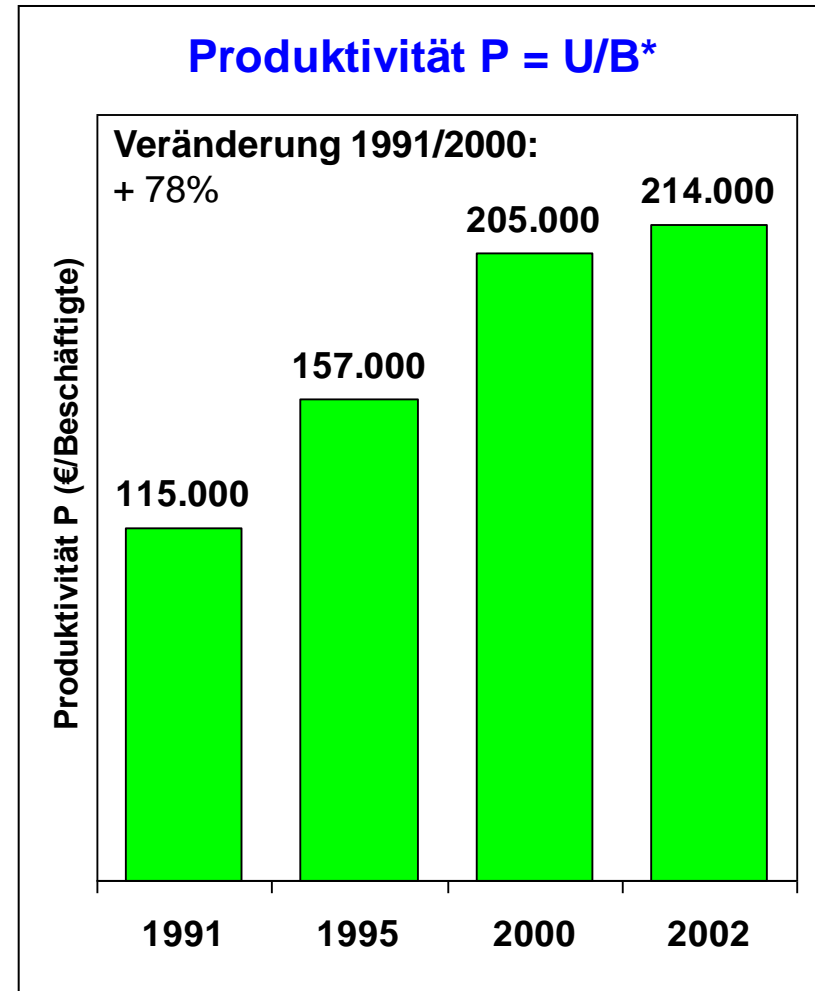
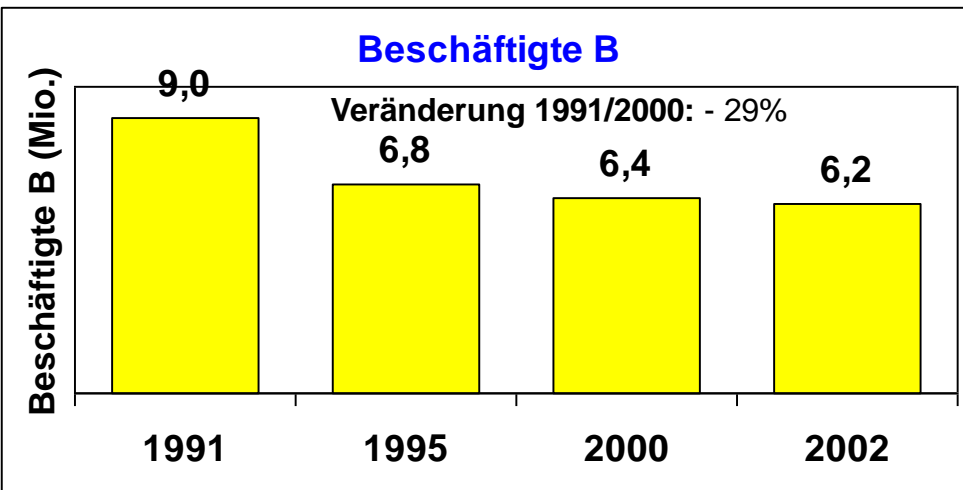
Quelle: Schweißelektroden-Vereinigung aus praktiker 11/2001

Quelle: R. Janßen-Timmen, W. Moos, Schweißen und Schneiden 2001, Schweißen und Schneiden 2002/9

Entwicklung der Industrieproduktivität in Deutschland 1991-2002



Mehr Umsatz mit weniger Beschäftigte

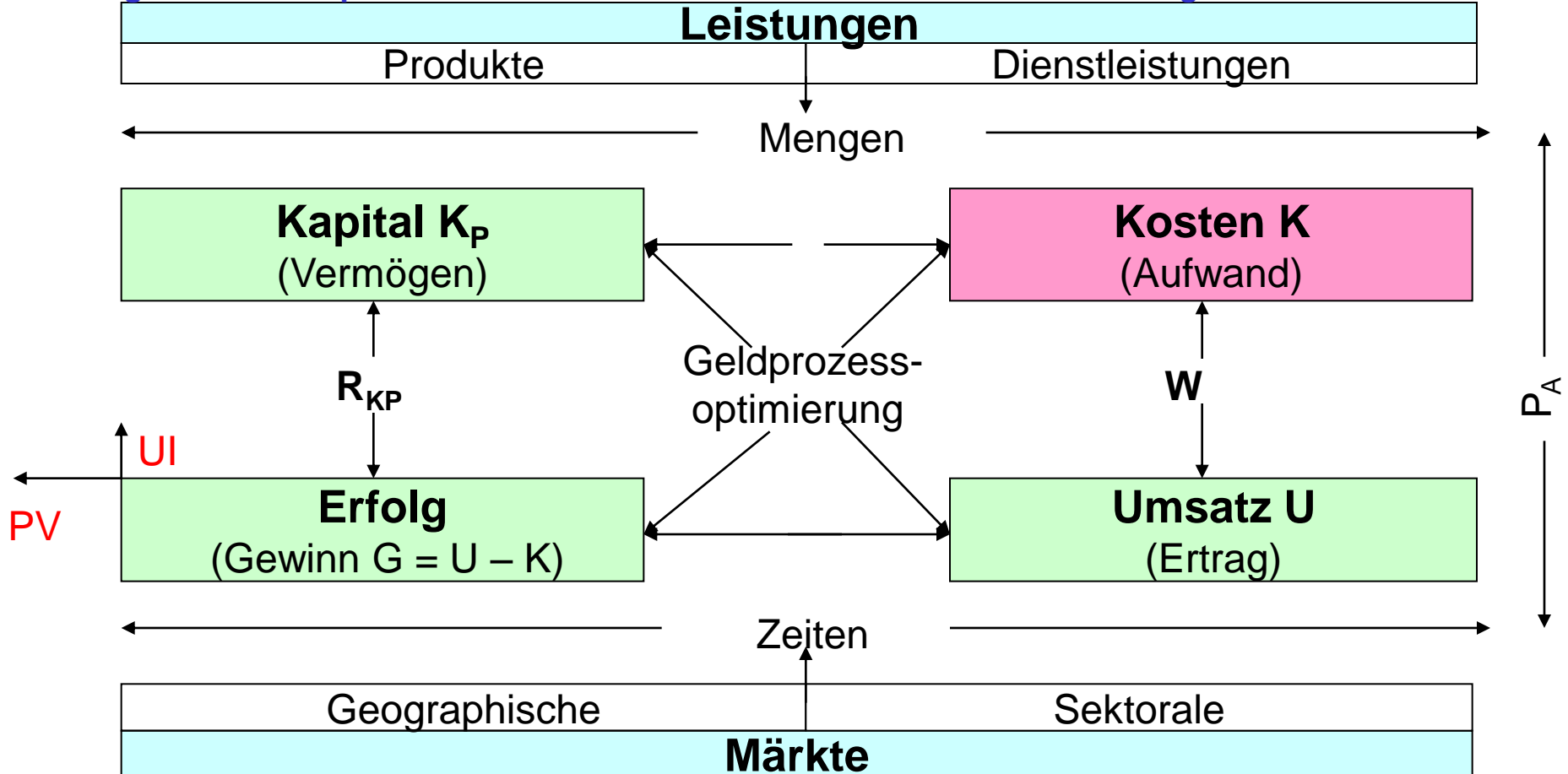


* Produktivität P im Handwerk 1995/2000
78.000 / 89.000 €/Beschäftigte

Geldprozess im Unternehmen ¹⁻⁵⁾

Wichtige Unternehmensziele

- Eingebrahtes Kapital vermehren
- Bedarf an Produkten/Dienstleistungen des Marktes decken



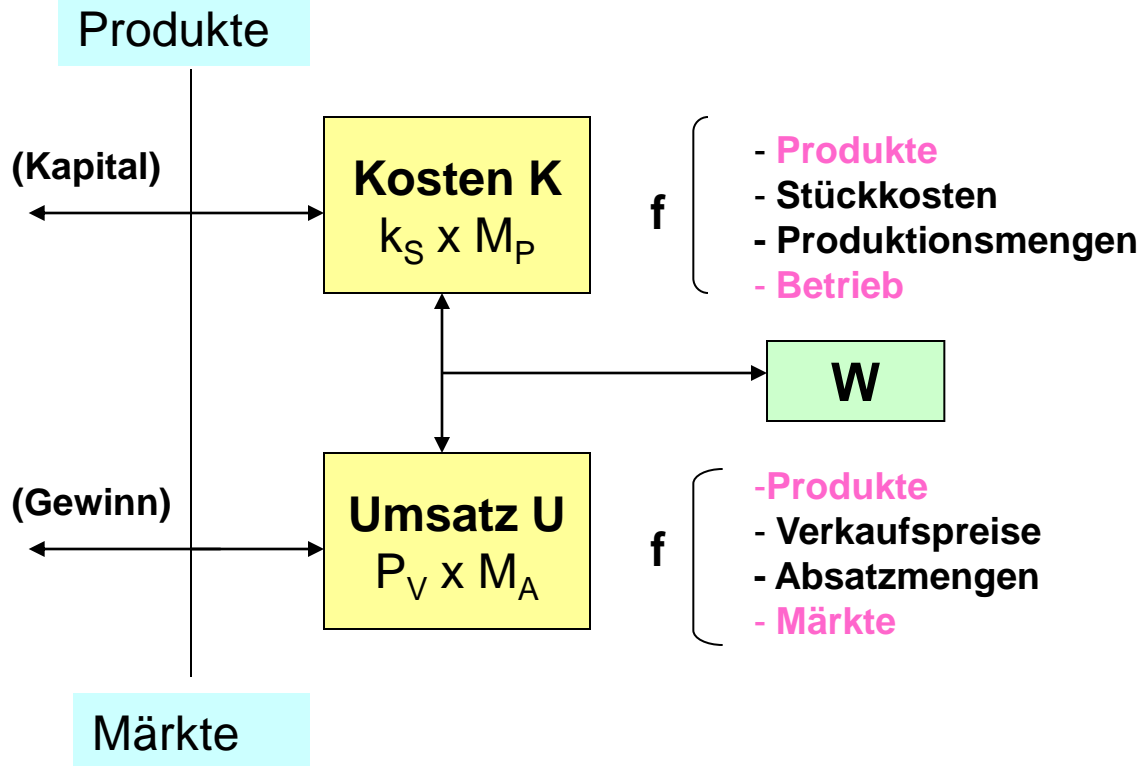
- Zielgrößen:** Leistungen und Märkte
- Wertgrößen:** Kapital, Kosten, Umsatz und Gewinn
- Wichtige Kenngrößen:**
 W = Wirtschaftlichkeit, P_A = Arbeitsproduktivität,
 R_U = Umsatz-Rentabilität, R_{KP} = Eigen- / Gesamtkapital-Rentabilität

- Bezugsgrößen:** Mengen, Zeiten
- Wichtige Gewinnabflüsse:**
 PV = Privatvermögen, UI = Unternehmensinvestitionen

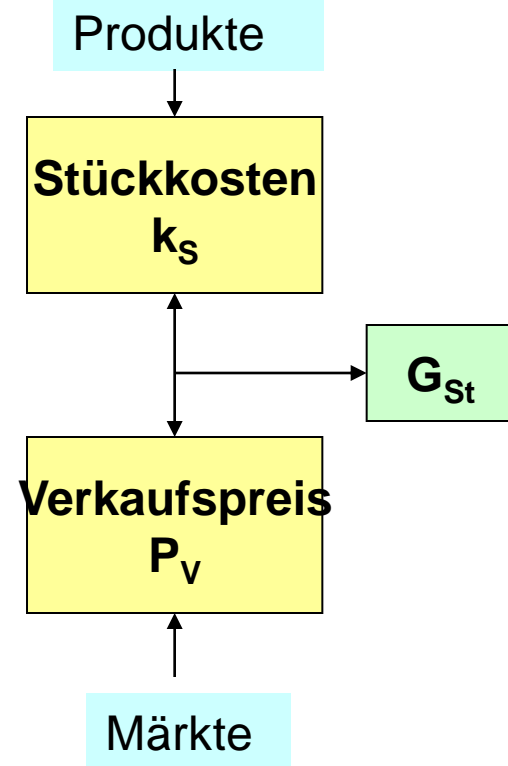
Erfolgsstrategien zur Wirtschaftlichkeit im Schweißbetrieb (1)

Geldprozess

- Ausschnitt Wirtschaftlichkeit



- Ausschnitt Stückgewinn



$$\text{Wirtschaftlichkeit } W = \frac{\text{Ertrag}}{\text{Aufwand}} = \frac{\text{Umsatz}}{\text{Kosten}} > 1$$

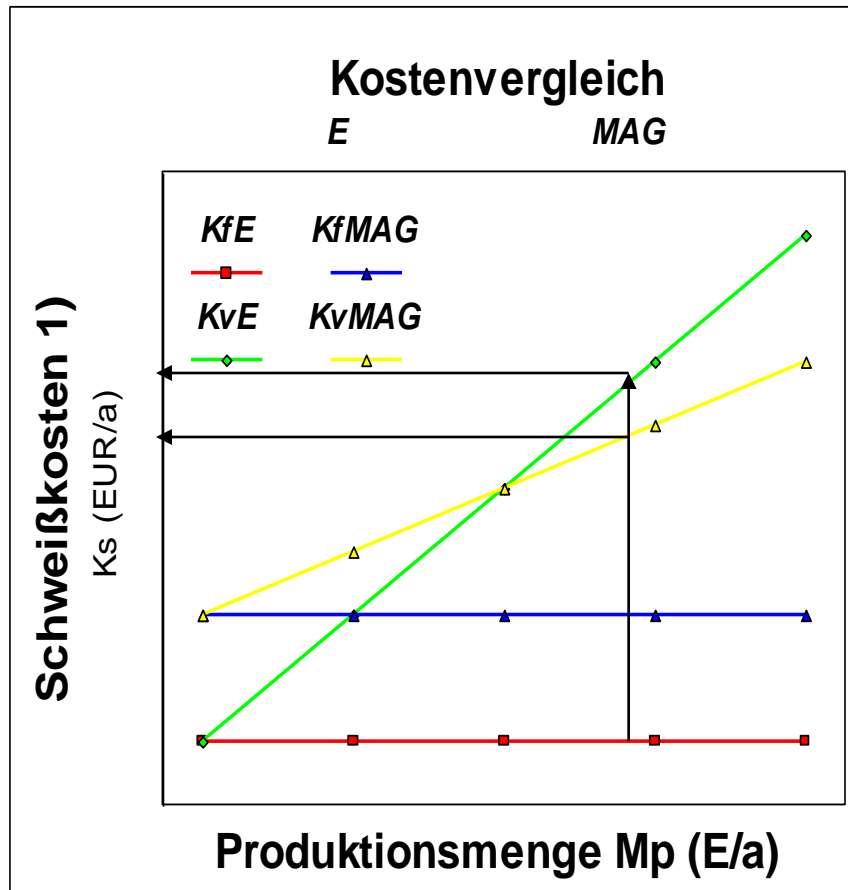
$$\text{Stückgewinn } G_{St} = P_V - k_S \text{ (€/St)}$$

$$\text{Produktivität } P = \frac{\text{Produktionsmenge}}{\text{Einsatzmenge}} = \frac{\text{Erlös (Umsatz)}}{\text{Einsatzmenge}} \text{ z.B. kg/h, St/h, €/Beschäftigte}$$

Erfolgsstrategien zur Wirtschaftlichkeit im Schweißbetrieb (2)

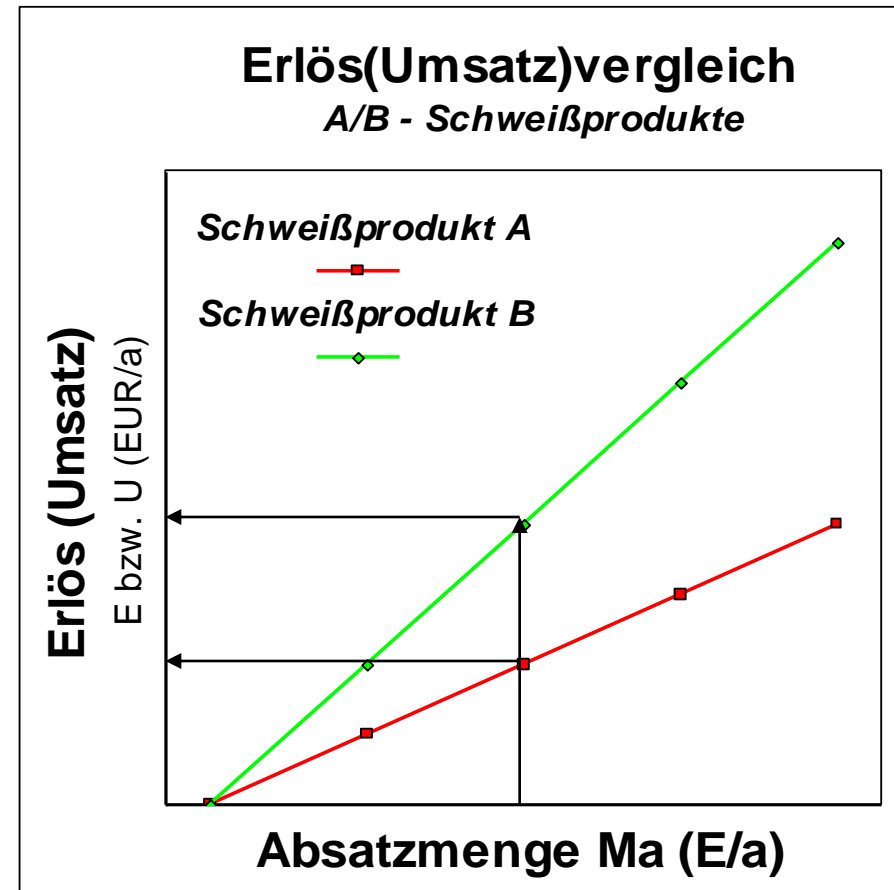
3. Kostenvergleich

E/MAG-Schweißverfahren



4. Erlös(Umsatz)vergleich

A/B-Schweißprodukte



1) K_f = fixe(zeitabhängige) Kosten, K_v = variable(mengenabhängige) Kosten)

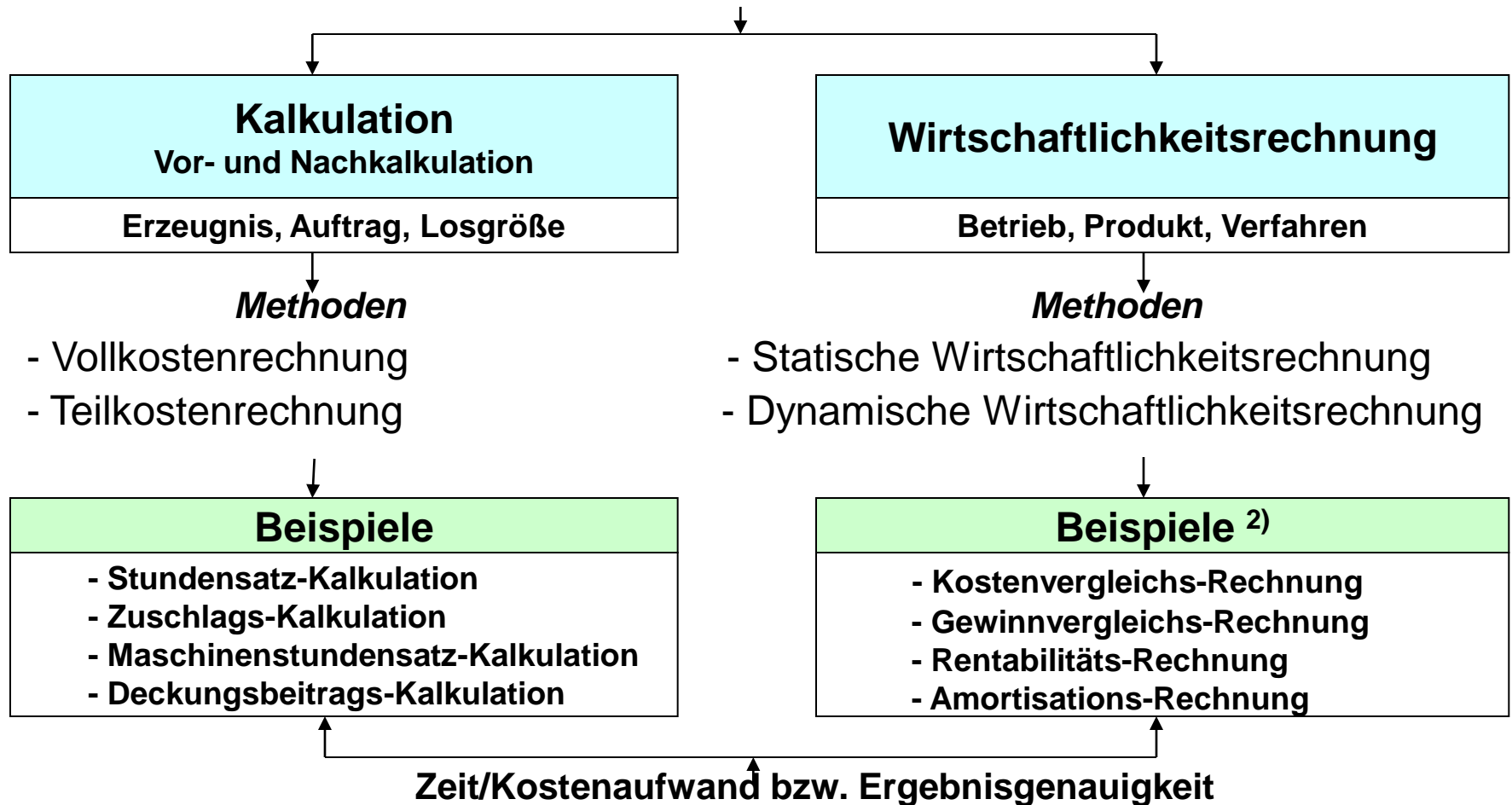
Übersicht Kostengrundlagen

Kostenbegriff:

Kosten sind der bewertete Verbrauch(Verzehr) von Produktionsfaktoren¹⁾ zur unmittelbaren Leistungserstellung.

Kostenrechnungseinteilung:

Wesentliche Einteilung



1) Produktionsfaktoren Material, Betriebsmittel, Personal, Energie, Information

2) Beispiele von statischen Methoden

Kalkulationsmethodenvergleich im Schweißbetrieb

Beschäftigungs- oder Auslastungsgrad $Z_{B(A)} (\%)$

z.B. $\emptyset Z_{B(A)} 80\%$ 10 50 80 100%

Verkaufspreis
P (€/ME)

g = Gewinn

v = Verlust

k_A = Auftragskosten

k_{Ve} = Verwaltungs-/Vertriebskosten

k_F = Fertigungskosten

k_M = Materialkosten

k_v = Variable (mengenabh.) Kosten

k_f = Fixe (zeitabhängige) Kosten

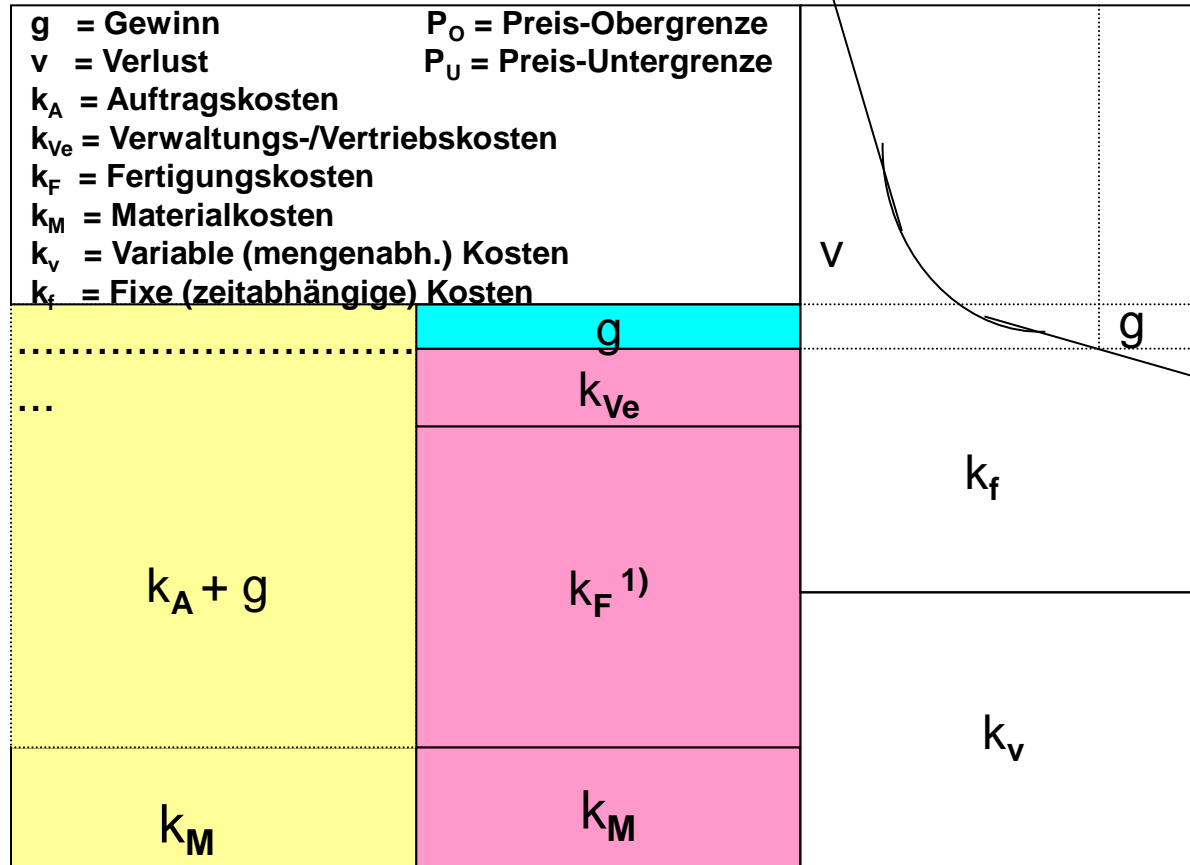
P_O = Preis-Obergrenze

P_U = Preis-Untergrenze

spez. Kosten
k (€/ME)

P_O ----->

P_U ----->



Stundensatz-
kalkulation

Zuschlags-
kalkulation

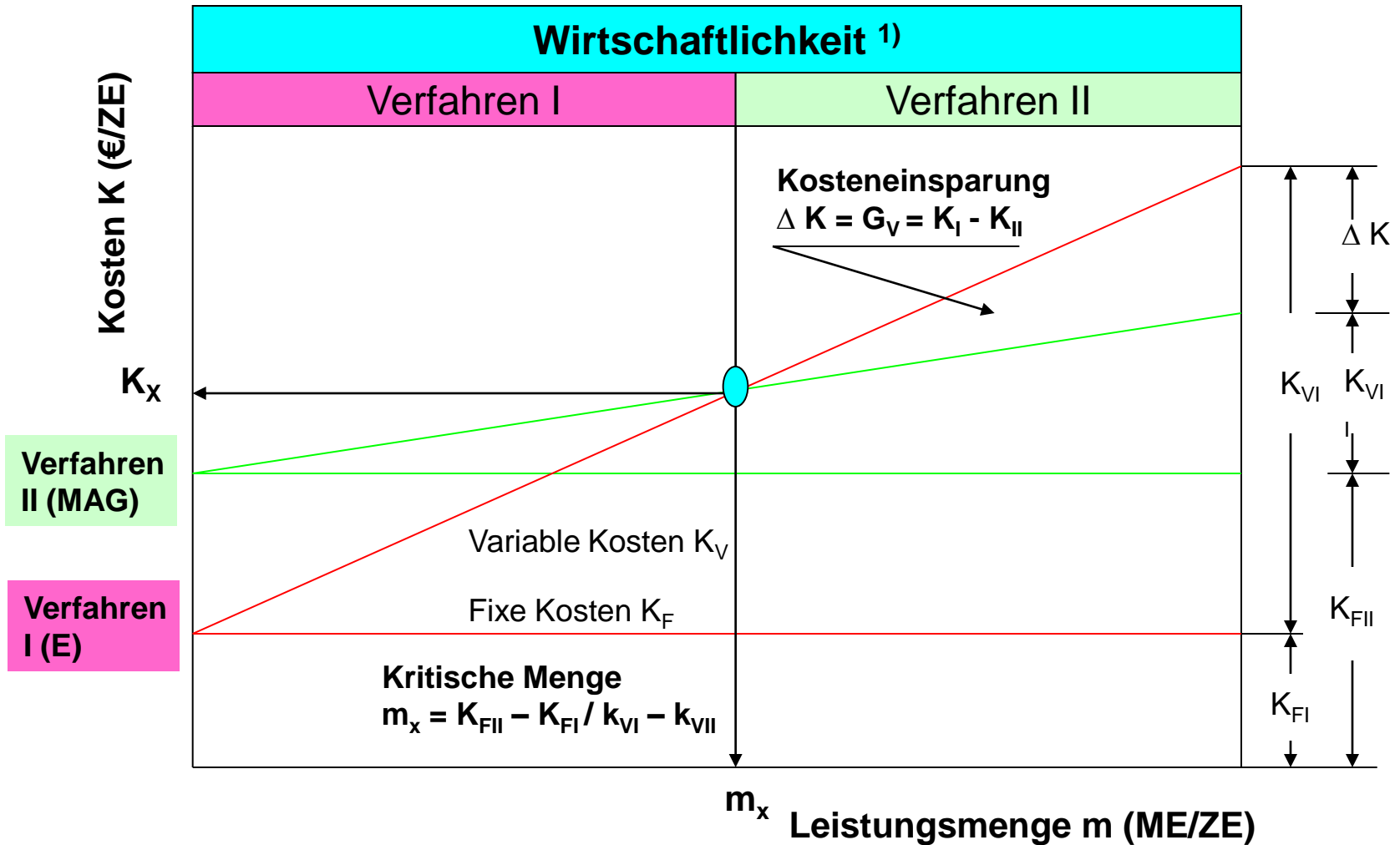
Deckungsbeitrags-
kalkulation

Kalkulationsmethoden

1) Maschinenstundensatzkalkulation (Verfeinerte Zuschlagskalkulation)

Fertigungskosten k_F = Fertigungslohnkosten k_{FL} + Maschinenkosten k_{Ma} A;B,C... + Restgemeinkosten k_{RG}

Wirtschaftlichkeit beim Verfahrenskostenvergleich im Schweißbetrieb



1) Kosteneinsparung $\Delta K =$ Verfahrensgewinn G_V bei konstantem Produkt-Umsatzerlös U,
 Umsatzerlös U = Menge m x Preis p (Absatzmenge und Verkaufspreis bleiben unverändert bei einer Verfahrensänderung !)

Beispielhafter Betriebsvergleich im Handwerksverband Metallbau und Feinwerktechnik Baden-Württemberg 2001

Beispiel Betriebsgröße II: 5 – 9,9 / Ø 7,5 Beschäftigte ³⁾

o Jahresumsatz mit Aufwand(Kosten)struktur: ^{1,2)}:

Ø 606.030 €		100%	Ø 104.903 €		17,3%
Aufwand	Gewinn ⁴⁾	9%	Aufwandsanteile wie	10,1%	
	Fremdleistungen	8%	- Finanzierungskosten		
	Abschreibungen	5%	- Kfz		
	Sonstiger Aufwand	17%	- Büroaufwand		
	Personalaufwand (ohne Betriebsinhabergehalt)	36%	- Gewerbesteuer		
	Materialaufwand	25%	- Versicherungen, Gebühren		
			- Rechts-/Steuer-Beratungen		
			- Werbung		
			- Sondereinzelkosten Vertrieb u.a		
			Raumaufwand	3,7%	
			Instandhaltung M.G.B.	0,9%	
			Werkzeuge, Geräte < 400 €	1,0%	
			Energieaufwand	0,6%	
			Hilfs-/Betriebsstoffe	1,0%	

Jahres-Umsatz und Aufwand

Sonstiger Aufwand

o Wesentliche betriebswirtschaftliche Kennzahlen:

Ø Unternehmens-Produktivität	80 T€/Beschäftigte
Ø Gesamtkapital-Rentabilität ⁵⁾	17 %
Ø Lohnumsatz / produktive Stunde ⁶⁾	50 €/h

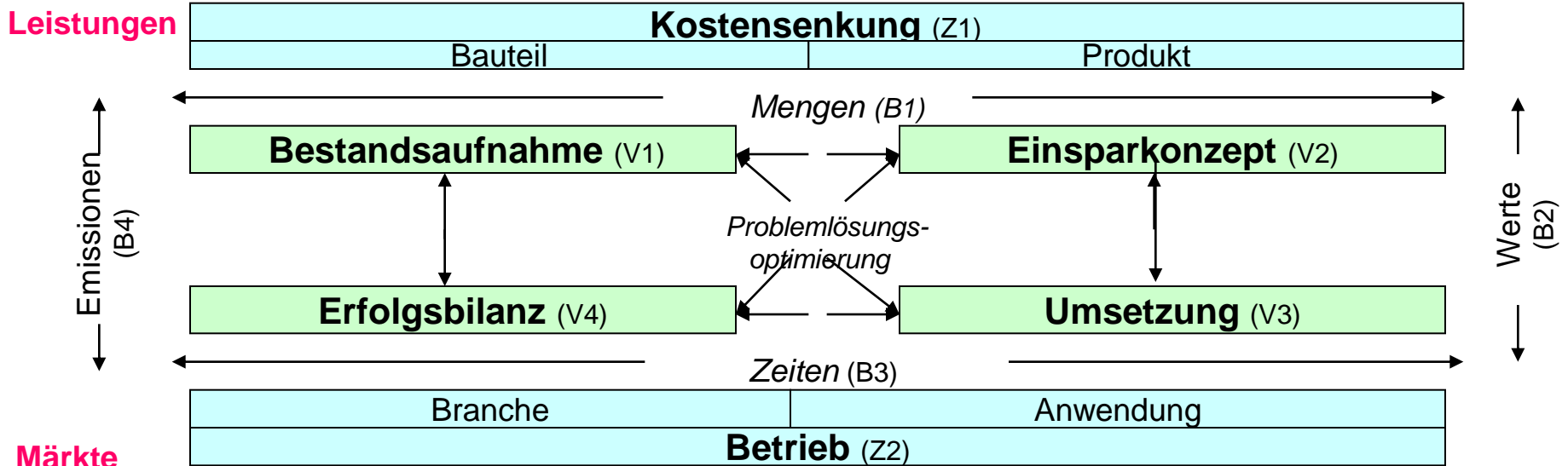
- 1) Gesamtumsatz und Aufwand ohne 16 % Mehrwertsteuer
- 2) Aufwandsanteile beziehen sich hier auf die Gesamtbetriebsleistung (Umsatz)
- 3) Ø Jahresarbeitsstunden = 36 h/Woche x 42 Wochen/Jahr = 1.512 h/Jahr
- 4) Gewinn enthält Betriebsinhabergehalt
- 5) Gesamtkapitalrentabilität = (Gewinn + Fremdkapitalzinsen) / Gesamtkapital x 100
- 6) Lohnumsatz je Stunde = Gesamtbetriebsleistung – Fremdleistungen + FL-Zuschlag – Material + M-Zuschlag / produktive Beschäftigte

Quelle:

HMF - Betriebsvergleich 2001, Handwerksverband Metallbau und Feinwerktechnik Baden-Württemberg, Stuttgart 5/2003

Kostensenkungsprogramm im Schweißbetrieb

Modell Problemlösung ¹⁾



Stufenplan Vorgehensweise

1. Bestandsaufnahme

- Situation und Ist-Analyse

2. Einsparkonzept

- Strategien und Bewertungen (Diagnose)

Schweißkonstruktion	
Bauteil	Schweißnaht

- < B-Masse (Gewicht) / S-Masse (Gewicht)

(m_s)

- < Wanddicke / Nahtdicke

- Maßnahmenempfehlung (Maßnahmen A, B, C..)

3. Umsetzung

- Durchführungsplan (Therapie)

(Maßnahmen A', B', C'..)

Schweißproduktion	
Fertigung	Verfahren

- Schweißzusatzkosten

(< Masse m_s x < Verrechnungspreis)

- Schweißfertigungskosten

(< Zeit t_s ²⁾ x < Stundensatz St

< m_s / L_s x < Stundensatz St)

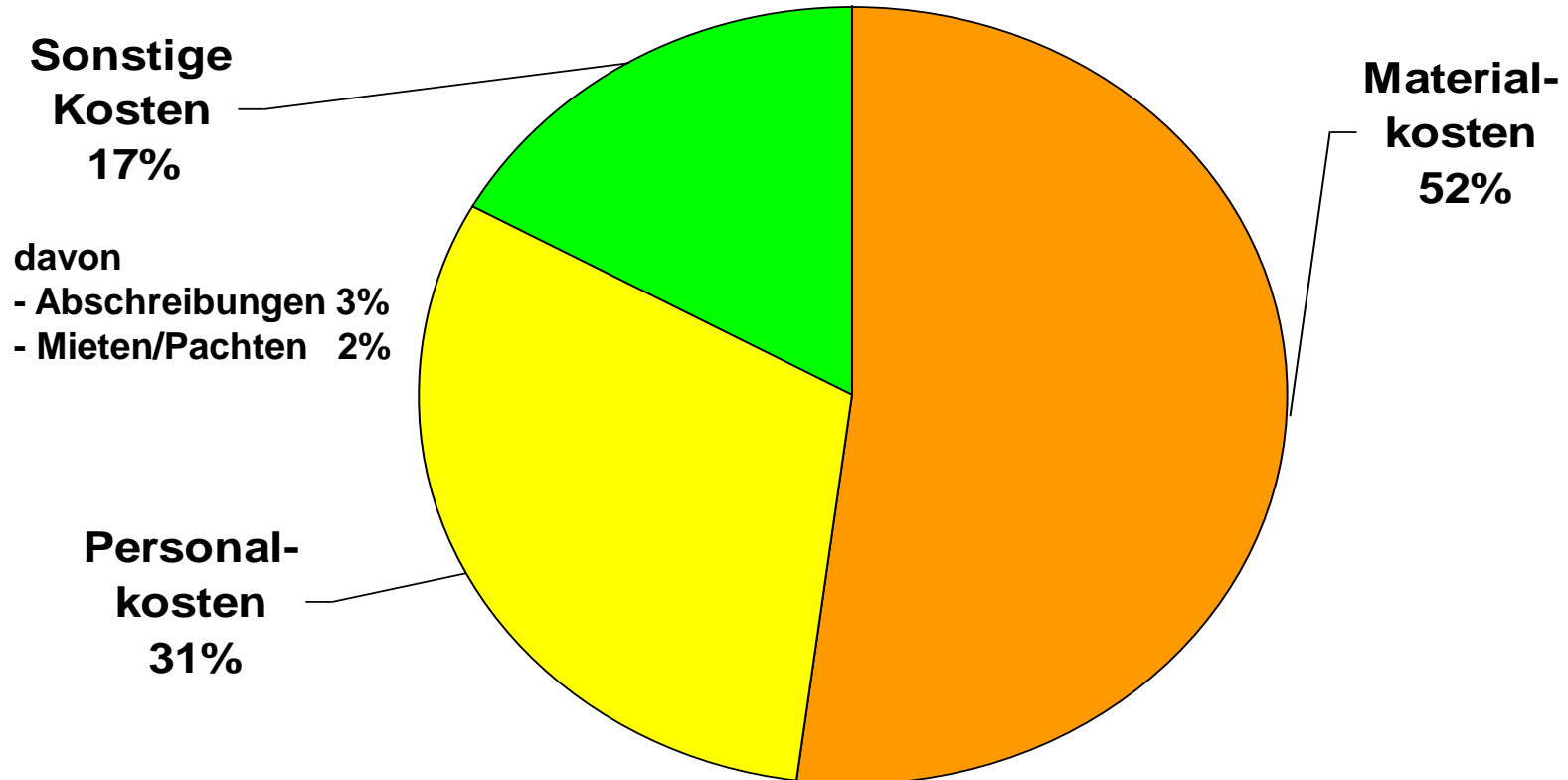
4. Erfolgsbilanz (Evaluierung)

- Soll- / Istvergleich

- Branchenvergleich

1) Zielgrößen (Z), Vorgehensgrößen (V), Bezugsgrößen (B), 2) Schweißzeit $t_s = \text{Weg} / \text{Geschwindigkeit} = m : m/\text{min} (\text{min})$

Beispielhafte Kostenstruktur im Maschinenbau in Deutschland



**Maßnahmen zur Kostensenkung
insbesondere beim Material und Personal**

Konstruktionsgrundlagen (1)

o Aufgabe

Der Konstrukteur berücksichtigt bei der Entwicklung und Gestaltung von Bauteilen und Produkten folgende wesentliche Anforderungskriterien:

- Funktion
- Beanspruchung
- Material
- Kosten
- Qualität
- Fertigungsstruktur
- Umweltverträglichkeit

o Kostenbetrachtung

- Produkt*teilkosten*betrachtung des Kostenfeldes
 - *Produktion / Montage*

oder besser

- Produkt*gesamtkosten*betrachtung über den gesamten Produktlebenszyklus in den Kostenfeldern
 - Entwicklung / Konstruktion
 - *Produktion / Montage*
 - Nutzung / Betrieb
 - Entsorgung / Verwertung

Konstruktionsgrundlagen (2)

o Kostenverantwortung

Liegt im allgemeinen mit über 50 bis 70% bei der Entwicklung / Konstruktion eines Produktes / Bauteiles.

o Kostensenkungs-Strategiefelder

z. B. Produktionskosten-Einsparpotentiale

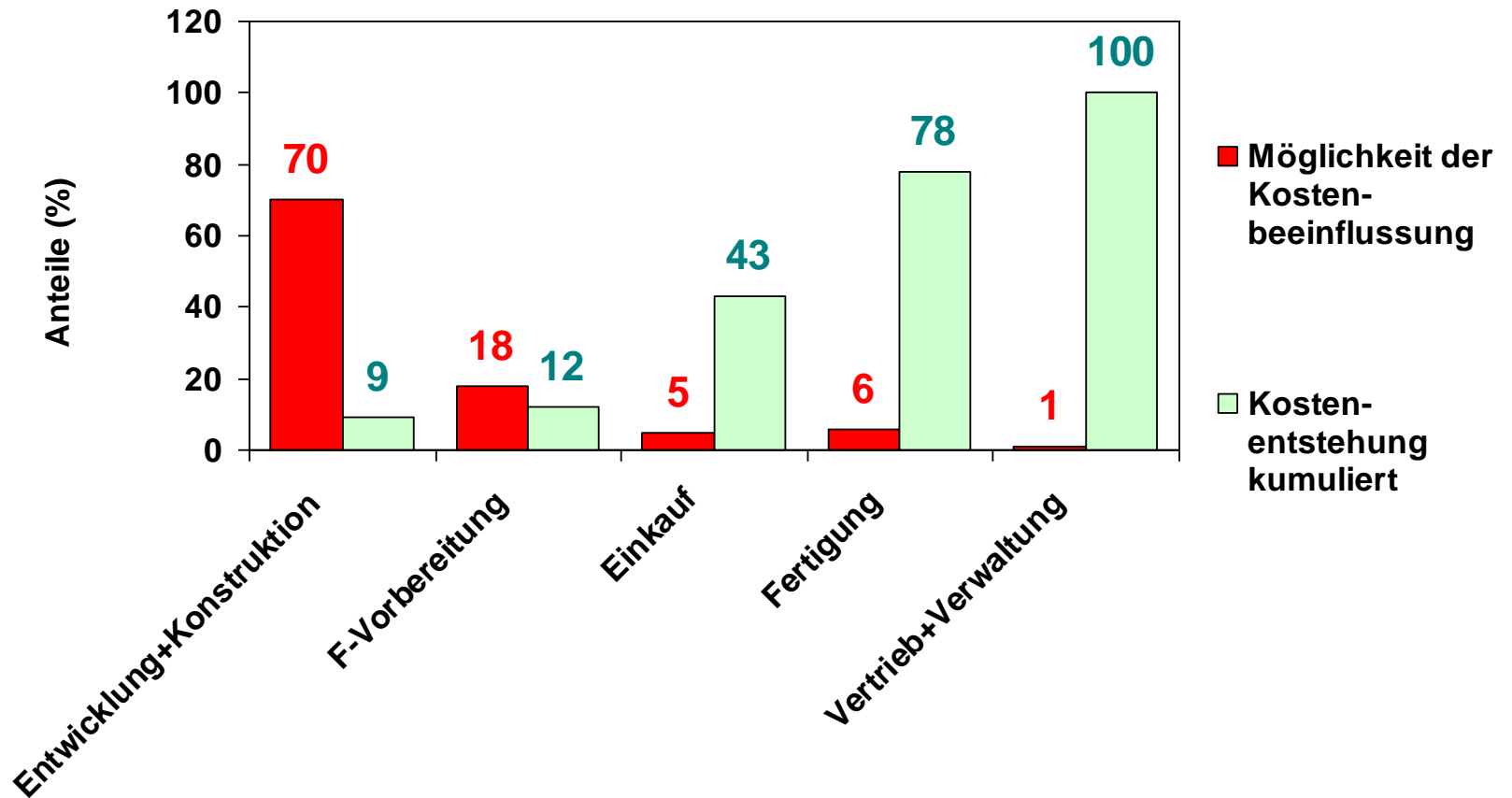
- Bauteile/Produkte

- < Masse(Gewicht)
- < Materialpreis

- Schweißnähte

- < Schweißnaht-Masse(Gewicht)
- < Schweißzusatzpreis

Konstruktiver Anteil auf die Produktkosten bedeutend

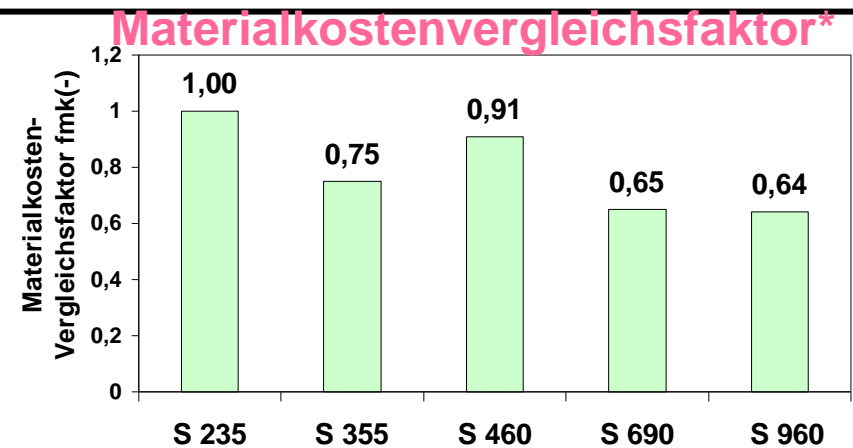
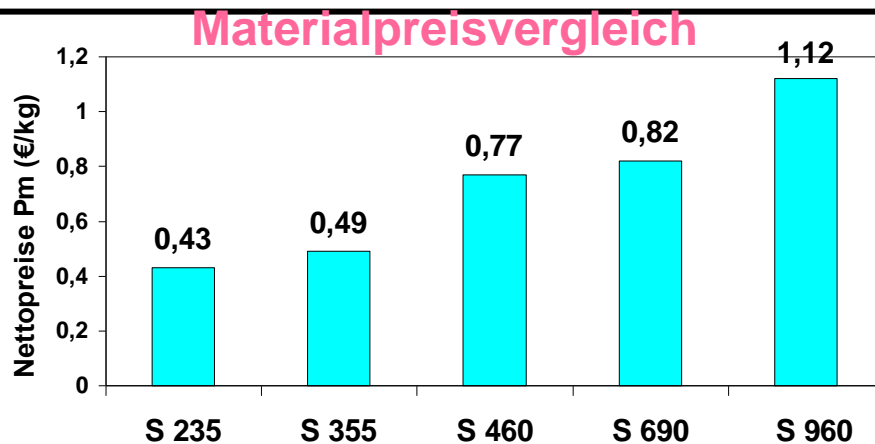


**Engineering entscheidet über den Produktpreis:
Der Kosteneinfluss in der Konstruktion übersteigt den der
übrigen Unternehmensbereiche um ein Vielfaches**

Materialkostenvergleich in Abhängigkeit von der Streckgrenze

Un- und niedriglegierte Stahlbleche mit der Wanddicke $s = 3$ bis 40 mm ^{1,2)}						
Benennung	F-Zeichen / Einheit	Stahlsortenvergleich				
		S 235	S 355	S 460	S 690	S 960
Materialnettopreis	P_M (€/kg)	0,43	0,49	0,77	0,82	1,12
Materialpreisverhältnis	$f_{MP} > S\ 235 = 100$	100	114	179	191	260
Streckgrenze	Rm' (N/mm ²)	235	355	460	690	960
Streckgrenzenverhältnis	$f_{Rm''} > S\ 235 = 100$	100	151	196	294	409
Materialkostenvergleichsfaktor	$f_{MKV} (-)$	1,00	0,75	0,91	0,65	0,64

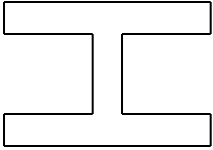
1) Grobbleche 3 - 40 mm bei einer Abnahmemenge von 2 - 10 t mit den Güten unlegierte Baustähle S 235 JRG2 und S 355 J2G3 sowie den Feinkornbaustählen S 460 ML, S 690 QL und S 960 QL
 2) zum Vergleich kaltgewalzte Feinbleche nach DIN EN 10 130, $s = 0,5-4$ mm = z.B. DC 01 (vormals St 12.03) 0,46 EUR/kg bei ca. 2 t
 * Materialkostenvergleichsfaktor $f_{MKV} = \text{Materialpreisverhältnis } f_{MP}' / \text{Streckgrenzenverhältnis } f_{Rm}''$ Preisstand: 7/2002-Region Stuttgart



Merke: Beim Materialkostenvergleich ist das Materialpreisverhältnis / Streckgrenzenverhältnis mit rund 0,65 für die Stahlgüten S 690 QL und S 960 QL am günstigsten!

Wirtschaftlicher Stahlbau mit Walzträgern aus Feinkornbaustahl

Wirtschaftlichkeitsvergleich bei schweren Druckstützen im Jahr 2000

Benennung	Einheit	Stahlgüte		
		S 235 JRG2	S 355 J2G3	S 460 M
Profil		HD 400 x 1086	HD 400 x 677	HD 400 x 463
Traglast kN		21 909	22 345	22 870
Gurtdicke	mm	125	82	57
Vergleichsrechnung				
- Gewicht	%	160	100	68
- Materialeinzelkosten	%	156	100	69


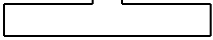
Ausgeführte Beispiele:

- Aufständering aus hochfestem Feinkornstahl des Lehrter Bahnhofs in Berlin
- Druckstützen in markanten Frankfurter Hochhäusern

Quelle: M. Blum und A. Girkes, Köln - Wirtschaftlicher Bauen mit Walzträgern aus TM-Ost-Stahl (S 460 M), praktiker 7/2000

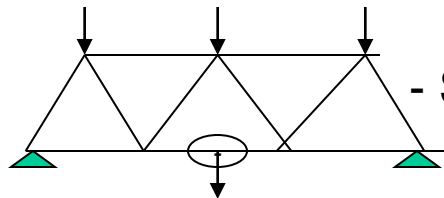
Wirtschaftlicher Stahlbau mit Walzträgern aus Feinkornbaustahl

Wirtschaftlichkeitsvergleich bei Fachwerken durch kleinere Querschnitte bei den Zugstäben 2000

Benennung	Einheit	Stahlgüte		
		S 235 JRG2	S 355 J2G3	S 460 M
Profil		HD 400 x 1086	HD 400 x 634	HD 400 x 463
Traglast kN		25 636	26 259	27 119
Vergleichsrechnung				
- Gewicht	%	171	100	73
- Materialeinzelkosten	%	175	100	78
- Schweißgutvolumen	%	174	100	53

Ausgeführte Beispiele:

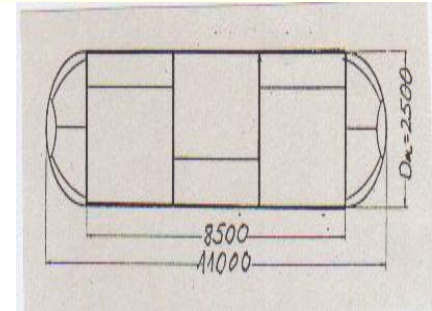
- Velodrom in Berlin



- Sportstadionumbau in Kaiserslautern

Beispiel Masse(gewichts)einsparung durch Werkstoffveränderung beim Flüssiggas-Transportbehälter *

Wanddickenberechnung					
$s = \frac{D_a \times p}{20 \times K/S \times v} + c \text{ (mm)}$		<p><i>p</i> zul. Betriebsdruck <i>D_a</i> Außendurchmesser <i>t</i> Berechnungstemperatur <i>S</i> Sicherheitsbeiwert <i>K</i> Festigkeitskennwert <i>v</i> Verschwächungsbeiwert <i>c</i> Korrosionszuschlag</p>	<p>16 bar ¹⁾ 2.500 mm - 20 /+ 50 ° 1,5 0,85/ (1,0) ²⁾ 1 mm</p>		
Stahlsorte ³⁾	Festigkeitskennwert K (N/mm ²)	Mindest-Wanddicke s (mm)	Stahlmasse M _o (t)	Material-Bezugspreis P _m (€ /t)	Material-Einzelkosten K _{me} (€/t)
P 265 GH (H II)	265	14	10,7	450	4.815
P 355 NL2	355	11	7,9	600	4.740
P 460 NL2	460	9	6,2	750	4.650
P 690 QL	690	7	5,0	790	3.950
Einsparung		absolut	5,7		865
P 265 GH gegenüber P690QL		%	53		18
<p>1) Druck p = 1 bar = 0,1 N/mm² 2) Verschwächungsbeiwert v = 0,85 gewählt 3) Druckbehälterstähle nach DIN EN 10028, z.B normalgeglühte Feinkornbaustähle Kosten- und Preisstand ohne 16% MwSt: 7/2002 Region Stuttgart Quellen: Degenkolbe, Duisburg 1985, Uwer Duisburg 1995, Kalla, Düsseldorf 1996, Helbing, TÜV Filderstadt 1997, Fritz, Salzgitter Stahlhandel, Plochingen 2002</p>					



3 Rohrschüsse,
2 Halbkugelböden

* Butan t_s = + 0,5°C

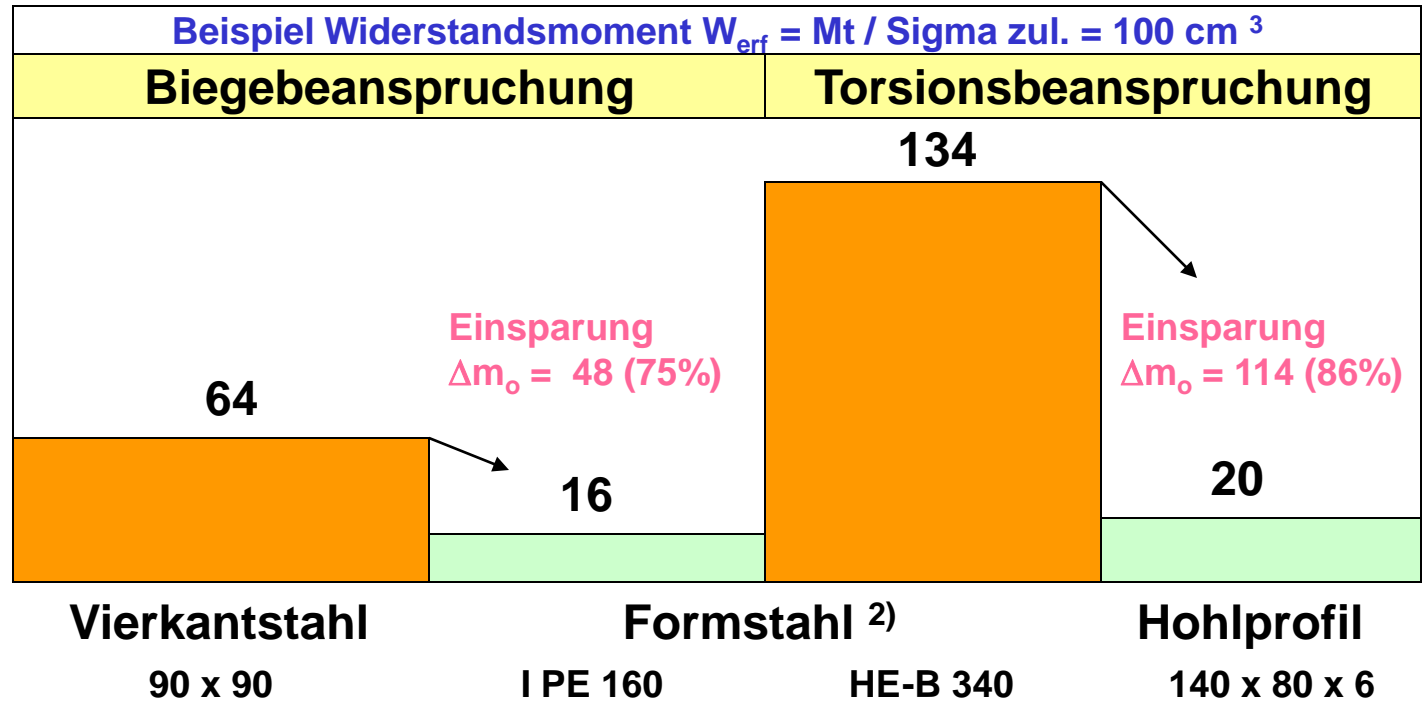
Auswirkungen der Masse(gewichts)-Einsparung:

- Wanddickensenkung
- Schweißkostensenkung
- Material- und Herstellkostensenkung
- Betriebskostensenkung bei 38 bzw. 42 t zul. Fahrzeuggesamtgewicht

Baustahlprofil-Masse(Gewichts)vergleich

Einsparung von Profilmasse(gewicht) im Stahl- und Fahrzeugbau, Werkstoff S 235 JRG2 (R St 37-2)

Bauteil-Masse
(Gewicht)
 m_o (t/1000 m)



Wanddicke s (mm)	90	8/5	22/12	6
Preis P_M (€/kg) ¹⁾	0,52	0,36	0,44	0,42
M-Kosten K_M (€/1000 m) ¹⁾	33.280	5.760	58.960	8.400
Empfehlung	offenen Querschnitte		geschlossene Querschnitte	

1) Einkaufspreis P_M ohne MwSt bei einer Bestellmenge 2 - 10 t,

2) I PE-Träger / HE-B Breitflanschträger

Preisstand: 7/2002, Region Stuttgart, z.B. Firma Bucher + Mayer, 70736 Fellbach

Schweißnähte (1)

Aufgabe:

Schweißmengen senken, z.B.
Schweißgutmasse(gewicht)

Einflüsse:

- Schweiß-Werkstoff
Stahl / Aluminium / Kupfer
- Schweiß-Bauteildicke
- Schweißnaht
Art / Form / Maß / Toleranz
- Schweißnahtgüte
- Schweißzugänglichkeit

Lösungen:

- Vorkalkulation

(Berechnen, Tabellen, Grafiken, Schätzen)

- Nachkalkulation

(Wiegen, Zählen)

Formel für das Schätzen		
$m_s = m_o \times z_s / 100$ (kg/E)		
F-Zeichen	Benennung	Einheit
m_s	Schweißgutmasse(gewicht)	(kg/E)
m_o	Schweißbauteilmasse(gewicht)	(kg/E)
z_s	Schweißgutmasse(gewichts)prozentsatz 2 % Branchendurchschnitt, 1,5 - 5 % Stahl- / Maschinenbau	(%)
Formeln für Wiegen und Zählen		
$m_s = \Delta m_s$	Schweiß-Bauteil wiegen	(kg/ME)
$m_s = m_z \times n'$	Schweiß-Zusatz wiegen	(kg/ME)
$m_s = m_z / B$	Schweiß-Zusatz zählen	(St/ME)
F-Zeichen	Benennung	Einheit
m_s	Schweißgutmasse(gewicht)	(kg/ME)
m_z	Schweißzusatzmasse(gewicht)	(kg/ME)
m_z'	Schweißzusatzanzahl	(St/ME)
n'	Nutzzahl	(-)
B	Schweißzusatzwechselzahl	(St/kg)

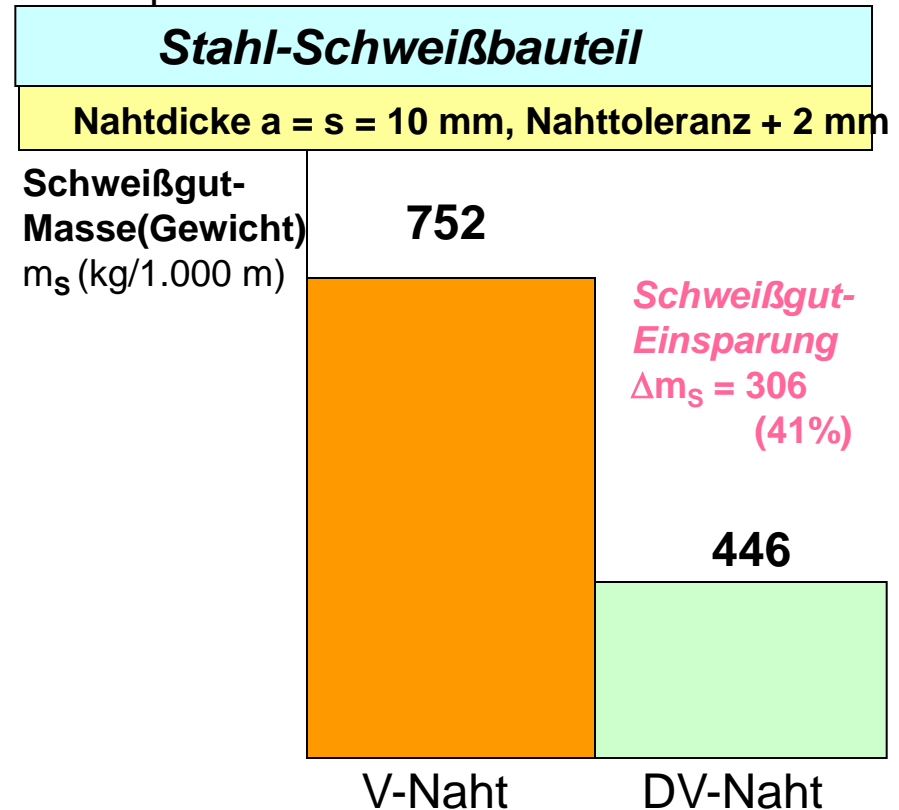
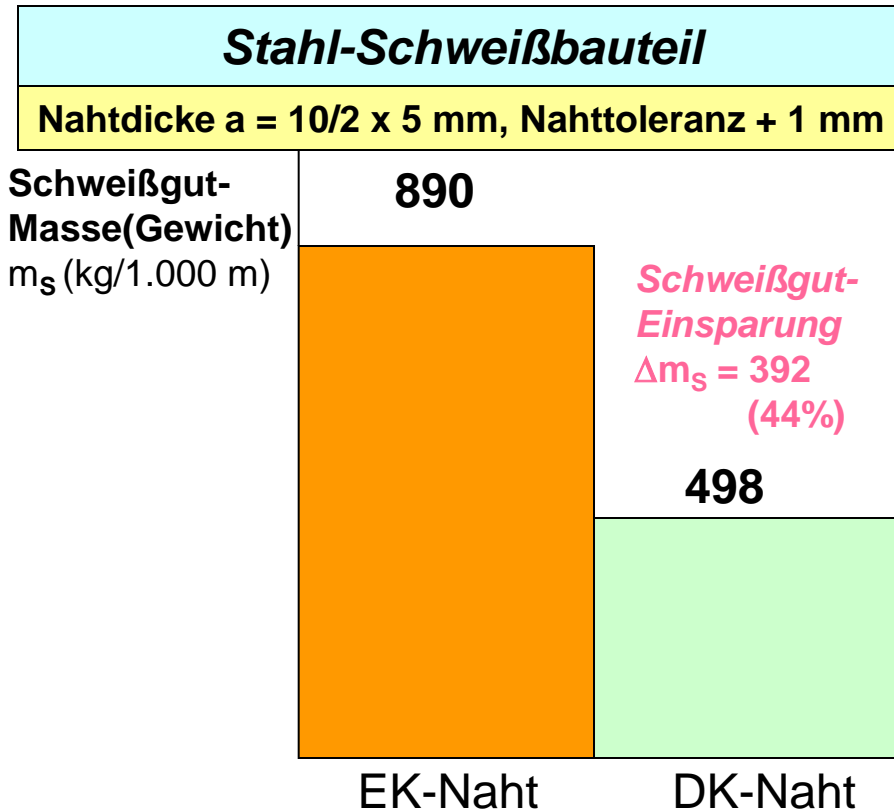
Schweißnähte (2)

Vergleiche:

- Kehlnaht-Schweißgutmasse(gewicht) - Stumpfnah-Schweißgutmasse(gewicht)

Einsparung von Schweißgutmasse(gewicht) bei Kehlnähten ¹⁾

Einsparung von Schweißgutmasse(gewicht) bei Stumpfnähten ¹⁾



Merke: Stumpfnähte gegenüber Kehlnähten bevorzugen!

¹⁾ Ermittlung der Werte aus "Tabellen zur Bestimmung des Schweißgutgewichtes"

Tabelle Schweißnahtmasse(gewicht) für Kehlnähte (1)

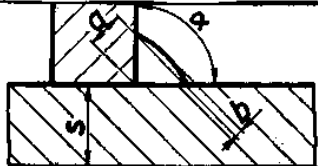
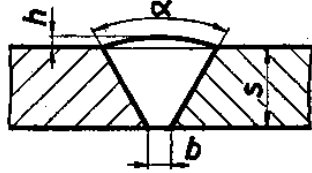
Kehlnähte		Schweißnahtgewicht pro Meter																		
Schweißnahtquerschnitt: $F_o = a^2 \cdot \tan^2 \frac{\alpha}{2}$																				
Schweißnahtgewicht: $G = F \cdot l \cdot \gamma$ ($l = 1000 \text{ mm}$)																				
Öffnungswinkel α	60°					90°					120°					Prozentualer Zuschlag für Überhöhung um:				
	Nahdicke a (mm)	Querschnitt F_o (mm ²)	Gewicht pro Meter (g)				Querschnitt F_o (mm ²)	Gewicht pro Meter (g)				Querschnitt F_o (mm ²)	Gewicht pro Meter (g)							
		$G_{0,0}$ $b=0$	$G_{0,5}$ $b=0,5$	$G_{1,0}$ $b=1,0$	$G_{1,5}$ $b=1,5$			$G_{0,0}$ $b=0$	$G_{0,5}$ $b=0,5$	$G_{1,0}$ $b=1,0$	$G_{1,5}$ $b=1,5$			$G_{0,0}$ $b=0$	$G_{0,5}$ $b=0,5$	$G_{1,0}$ $b=1,0$	$G_{1,5}$ $b=1,5$	0,5 %	1,0 %	1,5 %
2,0	2,31	18,15	24,3	29,8	36,2	4	31,4	41,6	52,6	62,8	6,9	54,2	72,2	90,4	107,5	32,5	67,5	100,0		
2,5	3,61	28,4	36,1	43,2	50,3	6,3	49,5	62,8	75,5	87,7	10,9	88,5	115,2	138	161	27,0	53,0	79,0		
3,0	5,18	40,7	50,2	58,9	68,4	9	70,6	86,3	102	118	15,6	122,5	150	177,5	205	22,3	44,6	66,8		
3,5	7,1	55,8	66	77	87	12,3	96,5	114,6	133	151,5	21,3	167	198	230	261	18,8	37,4	57,0		
4,0	9,2	72,1	84	96,5	108,5	16	125,6	147	167,5	188,5	27,7	217	254	290	327	18,6	33,0	50,0		
4,5	11,7	92	105	119,4	133	20,3	159,4	183	206,5	230	35,2	276	317	358	398	14,7	29,5	44,2		
5,0	14,4	113	128	144	157,5	25	196	222	249	275	43,3	340	386	431	477	13,2	26,8	40,0		
5,5	17,5	137	154	170	188	30,3	238	265	295	324	52,5	411	462	511	560	11,2	24,0	36,2		
6,0	20,8	163	181	200	218	36	282	314	346	377	62,4	490	545	597	654	11,1	22,2	33,3		
6,5	24,4	192	211	231	250	42,3	334	366	400	430	73,4	576	635	695	753	10,25	20,5	30,8		
7,0	28,2	221	243	265	286	49	385	422	458	495	85	666	731	795	860	9,6	19,0	28,6		
7,5	32,5	255	278	301	323	56,3	443	480	520	560	97,5	765	835	900	970	8,85	17,7	26,7		
8,0	36,9	290	314	338	362	64	503	544	587	628	111	870	940	1015	1090	8,3	16,6	25,0		
9,0	46,7	367	405	420	448	81	635	683	730	777	140	1100	1180	1260	1350	7,4	14,7	22,3		
10,0	57,7	453	483	513	544	100	785	836	890	943	173	1360	1450	1540	1635	6,7	13,3	20,0		
11,0	70,0	570	584	615	645	121	950	1005	1060	1120	210	1585	1750	1850	1950	6,05	12,1	18,2		
12,0	83,0	650	688	755	780	144	1130	1193	1258	1320	250	1965	2070	2180	2290	5,6	11,2	16,8		
13,0	97,5	765	805	845	884	169	1329	1395	1465	1530	293	2300	2420	2540	2650	5,1	10,2	15,4		
14,0	113,0	886	930	973	1015	196	1540	1610	1685	1760	340	2670	2800	2930	3050	4,7	9,4	14,2		
15,0	130,0	1020	1065	1110	1156	225	1770	1850	1925	2000	386	3030	3170	3300	3440	4,4	9,0	13,5		
16,0	148,0	1161	1208	1253	1305	256	2010	2100	2180	2260	444	3490	3620	3780	3920	4,2	8,4	12,6		

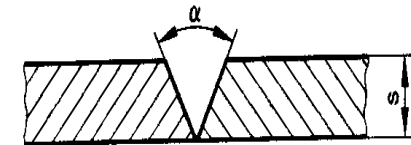
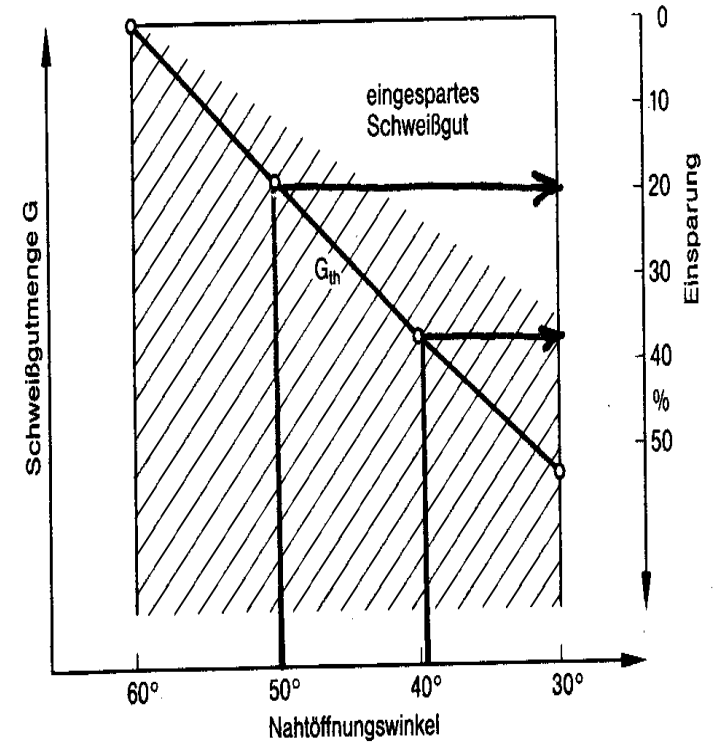
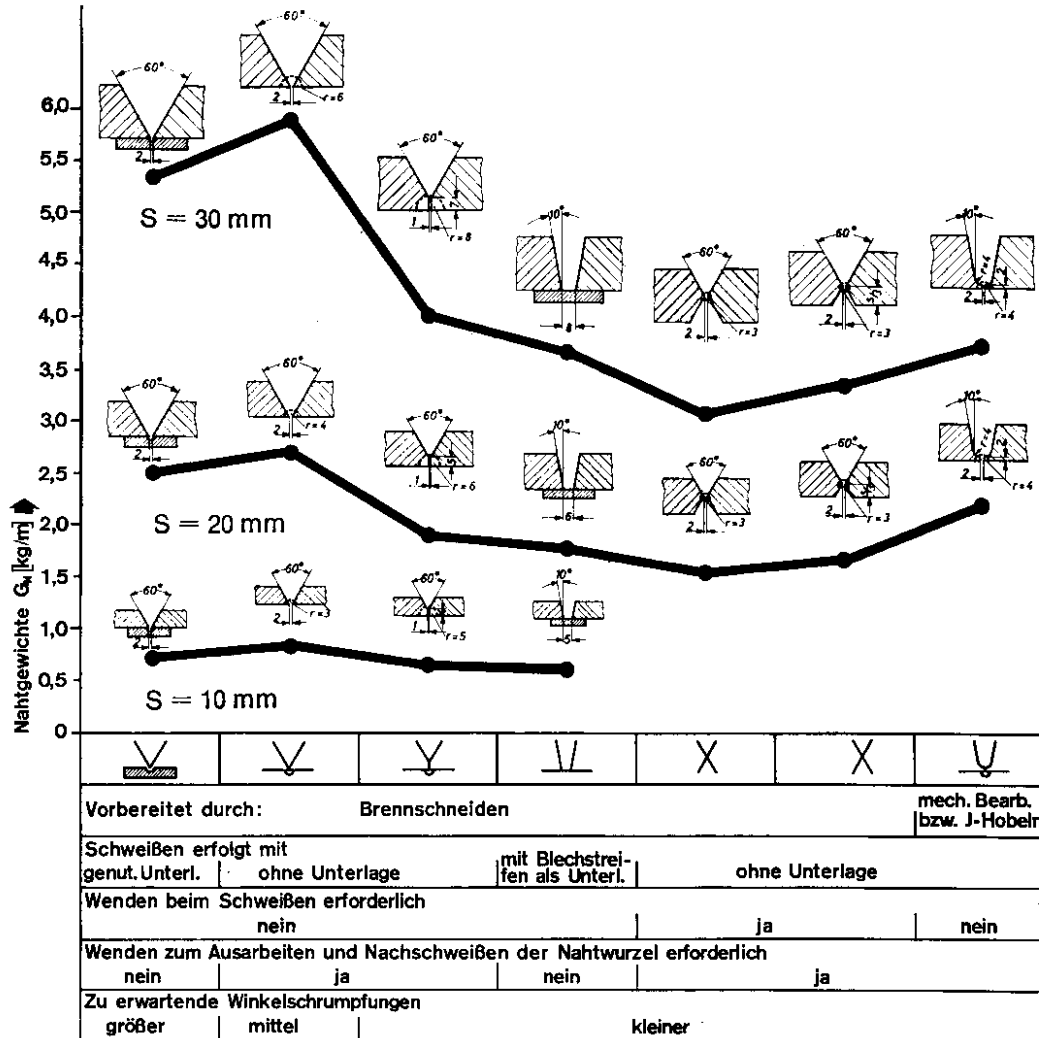
Tabelle Schweißnahtmasse(gewicht) für Stumpfnähte (2)

V-Nähte		Schweißnahtgewicht pro Meter																							
Schweißnahtquerschnitt: $F_o = s \cdot b + s^2 \tan \frac{\alpha}{2}$																									
Schweißnahtgewicht: $G = F \cdot l \cdot \gamma$ ($l = 1000 \text{ mm}$)																									
Öffnungswinkel	50°							60°					70°					Prozentualer Zuschlag für Überhöhung um:							
	Wandstärke s mm	Spaltbreite b mm	Querschnitt F_o (mm) ²	Gewicht pro Meter (g)					Querschnitt F_o (mm) ²	Gewicht pro Meter (g)				Querschnitt F_o (mm) ²	Gewicht pro Meter (g)										
				$G_{h=0}$	$G_{h=1,0}$	$G_{h=1,5}$	$G_{h=2,0}$	$G_{h=2,5}$		$G_{h=0}$	$G_{h=1,0}$	$G_{h=1,5}$	$G_{h=2,0}$	$G_{h=2,5}$		$G_{h=0}$	$G_{h=1,0}$	$G_{h=1,5}$	$G_{h=2,0}$	$G_{h=2,5}$	$h=1,0$ (mm)	$h=1,5$ %	$h=2,0$ %	$h=2,5$ %	
4	1,0	11,5	90,3	115,5	127	140	152	162	177	13,2	103,8	133	147	162	177	15,2	119,5	154	171	188	206	28,0	41,0	56,0	69,5
5	1,0	16,7	131	161	176	190	205	219	241	19,4	152	188	206	223	241	22,5	176	218	240	261	281	23,0	35,0	46,0	58,2
6	1,0	22,8	179	214	231	248	265	282	314	26,8	210	252	273	294	314	31,2	245	295	319	343	368	20,0	29,0	40,0	49,0
7	1,5	33,3	261	303	325	345	366	388	430	38,8	305	354	380	406	430	44,8	352	411	441	470	500	16,5	24,5	33,0	41,0
8	1,5	41,9	329	376	400	418	446	489	525	48,9	384	441	469	496	525	56,8	446	513	546	580	612	14,5	21,5	28,0	36,7
9	1,5	51,1	405	453	479	505	531	60,2	628	60,2	472	535	566	598	628	70,2	552	625	665	699	735	13,0	19,5	26,0	33,0
10	2,0	66,6	524	582	611	642	670	77,7	788	77,7	610	681	716	752	788	90,0	706	791	833	875	915	11,5	17,0	23,0	29,2
11	2,0	78,5	616	681	712	743	775	91,8	915	91,8	720	797	836	875	915	106,5	835	928	971	1018	1064	10,7	16,1	21,5	27,1
12	2,0	91,1	715	785	820	853	875	107,1	1050	107,1	841	925	965	1010	1050	124,8	980	1080	1128	1176	1225	9,8	14,5	19,5	24,8
13	2,0	104,7	821	895	930	970	1010	123,6	1192	123,6	970	1060	1105	1150	1192	134,3	1055	1556	1212	1268	1315	9,0	13,7	18,0	22,8
14	2,0	119,4	937	1018	1058	1095	1135	141,0	1345	141,0	110	1205	1254	1300	1345	165,1	1300	1410	1466	1521	1580	8,5	13,0	17,0	21,4
15	2,0	135,0	1060	1142	1185	1230	1268	159,8	1506	159,8	255	1355	1410	1458	1506	187,5	1470	1590	1655	1705	1770	8,0	12,0	16,0	20,1
16	2,0	151,3	1190	1277	1320	1365	1410	179,6	1675	179,6	410	1520	1570	1625	1675	211,2	1660	1786	1850	1910	1970	7,7	11,5	15,0	18,8
17	2,0	168,6	1325	1418	1462	1510	1558	200,6	1860	200,6	575	1690	1748	1805	1860	236,5	1860	1990	2060	2125	2190	6,95	10,6	13,8	17,7
18	2,0	187,0	1470	1567	1615	1666	1715	223,0	2050	223,0	750	1870	1930	1990	2050	263,0	2065	2205	2280	2350	2420	6,8	10,2	13,5	17,2
19	2,0	206,2	1620	1720	1770	1832	1878	246,0	2243	246,0	930	2055	2120	2180	2243	290,5	2280	2430	2508	2580	2660	6,5	9,85	13,0	16,2
20	2,0	226,5	1780	1890	1940	2000	2045	271,0	2460	271,0	1130	2260	2330	2395	2460	320,0	2510	2670	2750	2830	2900	6,2	9,4	12,5	15,5

Wirtschaftliche Gestaltung von Stumpfnähten

Schweißguteinsparung bei Stumpfnähten

Schweißguteinsparung bei V-Nähten



$$G_{th} = s^2 \cdot l \cdot \gamma \cdot \tan \alpha / 2$$

l = Nahtlänge
(ohne Spalt, ohne Steg, ohne Überhöhung)

Produktionsgrundlagen

Ziel:

Herstellkosten von Schweiß-Bauteilen-/Produkten senken!

Einflüsse:

Die Herstellkosten von Schweißarbeiten werden durch folgende Fertigungsschrittstufen beeinflusst:

Fertigungsschritte			
Vorbereiten	Schweißen	Nachbehandeln	Prüfen

Beispiel:

Schweiß-Bauteil-/Produkt-Kosten

- Herstellkostenstruktur

	€/E	%
Materialkosten		30
Fertigungskosten	Vorbereiten	10
	Schweißen	40
	Nachbehandeln	15
	Prüfen	5

Ermittlung:

Aufteilung und Berechnungsmethoden zur Schweißkostenermittlung

Schweißkosten k_S (€/Einheit)	
(1) S-Zusatzkosten + S-Fertigungskosten	
k_{SM}	+ k_{SF}
(2) Menge x Preis + Zeit x Stundensatz ²⁾	
$m_Z \times P_V$	+ $t_S \times St_{S(B)}$
(3) $m_S/L_S \times (St_S + k_{SM}/t_S)$ oder $m_S/L_S \times St_S$	

- Schweißkostenstruktur

	€/E	%
Schweißfertigungskosten		80
Schweißzusatzkosten		20

1) Schweißzusatzkostenverrechnung, z.B. auch als Hilfsstoffkosten bei den Fertigungsgemeinkosten

Schweißzusatzkosten

Ziel:

Schweißzusatzkosten senken!

Einflussgrößen:

Schweißzusatzmenge	$< m_z$ (ME/E)	Verrechnungspreis	$< P_v$ (€/ME)
- Schweißnahtmasse(gewicht)	$< m_s$ (kg/E)	- Schweißzusatzeinkaufspreis	$< P_z$ (€/E)
- Nutzzahl oder	$> n'$ (-)	- Materialgemeinkostensatz ¹⁾	$< z_M$ (%)
Schweißzusatzwechselzahl	$< B$ (St/kg Schw.)		

Ermittlung:

Schweißzusatzkosten k_{SM} (€/E)	
S-Zusatzmenge m_z x Verrechnungspreis P_v	
$m_s / n' \times P_z (1 + z_M / 100)$	$m_s \times B \times P_z (1 + z_M / 100)$
G/WIG/MAG/MIG/UP	E

Beispiel:

Einsparmaßnahmen beim Einsatz niedriglegierter Stabelektroden

- Stabdurchmesser	2,5 mm	----->	3,25 / 4 mm
- Stablänge	250 mm	----->	350 / 450 mm
- Stummelverlust	90 mm	----->	60 / 45 mm
- Abnahmemenge	klein	----->	groß

1) Bei Verrechnung als Fertigungsmaterial

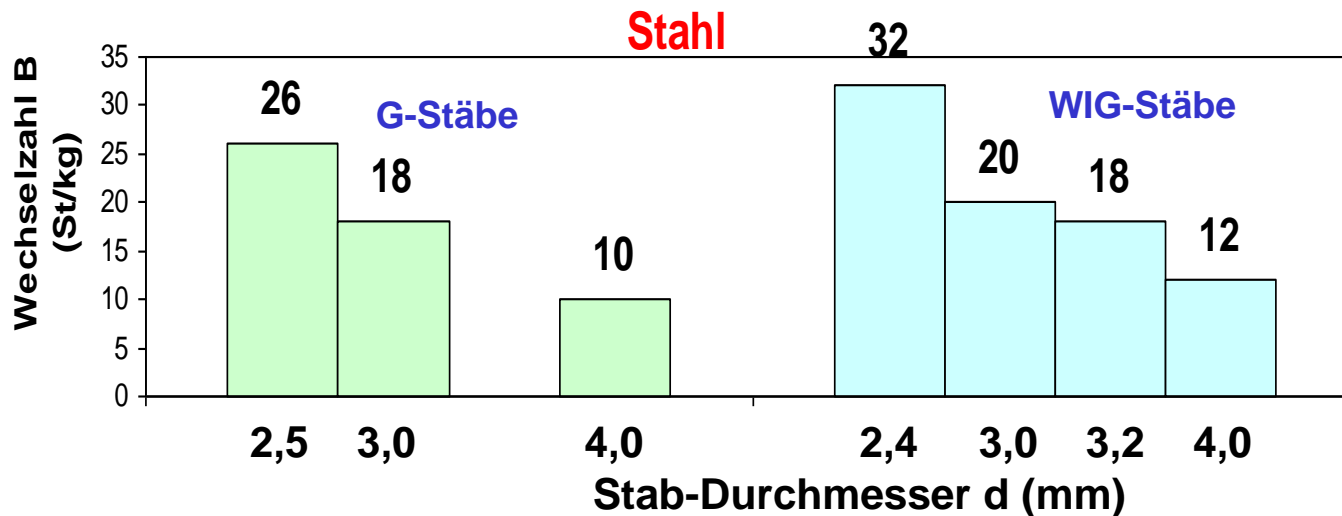
Schweißzusatzkosten

Schweißzusatz-Wechselzahl B für G-WIG-Schweißstäbe, l = 1.000 mm

$$B = 1 / n' \times m_z \text{ (St/kg Schweißgut)}$$

Benennung	FZ / Einheit	G			WIG			Hinweise	
Stabdurchmesser	d (mm)	2,5	3,0	4,0	2,4	3,0 / 3,2	4,0	Alu > Aluminium St > Stahl; Cu > Kupfer Berechnungsbeispiel für G-Schweißstab Stahl 3 mm $1 \text{ St} / (0,98 \times 0,03 \text{ dm}^2 \times 3,14/4 \times 10 \text{ dm} \times 7,85 \text{ dm}^3/\text{kg}) = 18 \text{ Stück/kg Schweißgut}$	
Schweißzusatz-Wechselzahl nach Werkstoff	Al St Cu	B (St/kg Schweißgut)	77 26 23	53 18 16	30 10 9	93 32 28	60 / 52 20 / 18 18 / 16		34 12 10
Schweißstabmasse(gewicht) $m_z = d^2 \times 3,14/4 \times l \times d'$ (kg/St) Nutzzahl n' (-), z.B. G = 0,98 (Spritzverluste), WIG 0,88 (Spritzverluste + Reststummel) Dichte d' (kg/dm ³), z.B. Al = 2,7, St = 7,85, Cu = 8,9									

Schweißzusatz-Wechselzahl



Merke:

Schweißzusatz-Wechselzahl wird benötigt zur

- Bestimmung der Schweißleistung

Schweißzusatzkosten

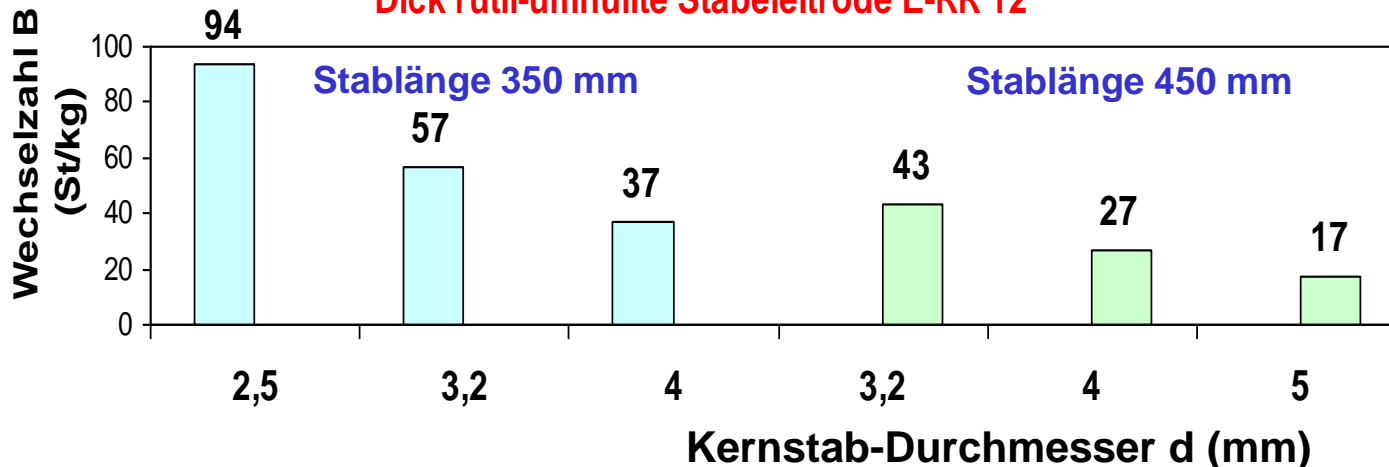
Schweißzusatz-Wechselzahl B für E-Stabelektroden

$$B = 1 / (n' \times m_z) = 1 / (R \times f_a \times m_z) \text{ (St/kg Schweißgut)}$$

Benennung	FZ / Einheit	L = 350 mm			L = 450 mm			Hinweis
		2,5	3,2	4,0	3,2	4,0	5,0	
Stabdurchmesser	d (mm)	2,5	3,2	4,0	3,2	4,0	5,0	Beispielrechnung für E-Stabelektrode RR 12 3,2 mm x 350 mm 1 St / (0,95 x 0,83 x 0,032 dm ² x 3,14/4 x 3,5 dm x 7,85 dm ³ /kg) = 57 Stück/kg Schweißgut
Schweißzusatz- RC 11	B	99	61	39	45	29	18	
Wechselzahl RR 12	(St/kg	94	57	37	43	27	17	
nach E-Typ B 42	Schweißgut)	81	50	32	37	24	15	
RR 73		56	34	22	25	16	10	
Kernstabmasse(gewicht) $m_z = d^2 \times 3,14/4 \times l \times d'$ (kg/St) Nutzzahl $n' = R \times f_a$ (-); Dichte d' (kg/dm ³), z.B. für Stahl 7,85 Ausbringung R (-), z.B. RC 11 = 0,9; RR12 / RB 12 / RA 12 = 0,95; B 42 = 1,1; RR 73 = 1,6 Ausnutzung f_a (-), z.B. Stablänge 350 bzw. 450 mm / Reststummellänge 60 mm = 0,83 bzw. 0,87								

Schweißzusatz-Wechselzahl

Dick rutil-umhüllte Stabelektrode E-RR 12



Merke:

Schweißzusatz-Wechselzahl wird benötigt zur Bestimmung der

- Schweißleistung
- Elektrodenstückzahl bei Montagearbeiten

Schweißzusatzkosten

Umhüllte Stabelektroden für unlegierte- und niedriglegierte Stähle

Dick rutil-umhüllte Stabelektroden ^{1,2)} EN 499 E42 0 RR 12 (früher E 5122 RR 6 DIN 1913)

Benennung	FZeichen	Schweißzusatz				Einheit	Schweißbare Werkstoffe
		2,5 x 350	3,2 x 350	3,2 x 450	4 x 450		
Stab-Durchmesser x Länge	d x l	2,5 x 350	3,2 x 350	3,2 x 450	4 x 450	mm	z.B. unlegierte Baustähle S 235 JRG2 bis S 355 J2G3, Druckbehälterstähle H I, H II, 17 Mn 4, Feinkornbaustähle S 275 NL bis S 355 NL
Wechselzahl	B	94	57	43	27	St/kg Schweißgut	
Werklisten/Bezugspreis ²⁾	Pz' / P _Z	0,23/0,15	0,31/0,20	0,40/0,26	0,54/0,35	€/St	
SZ-Kosten ^{1,2)}	k _{SM}	14	11	11	10	€/kg Schweißgut	

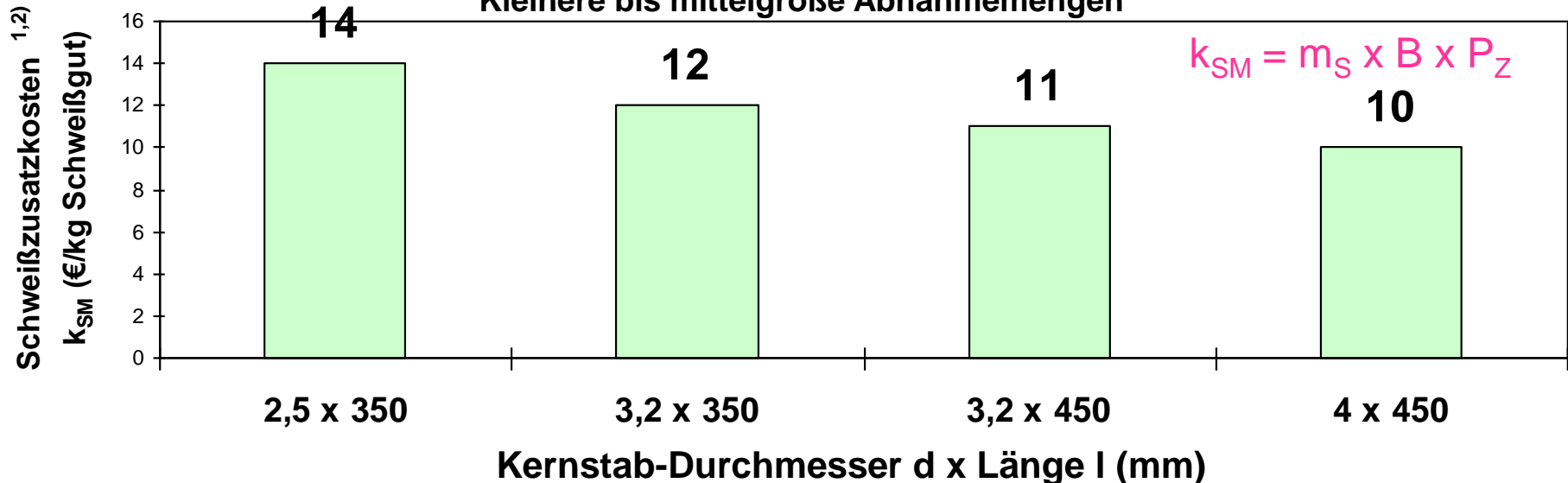
1) Schweißzusatzkosten k_{SM} ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz

2) Werklisten und Nettobezugspreise sowie SZ-Kosten ohne 16% Mehrwertsteuer bei kleineren bis mittelgroßen Abnahmemengen, Region Stuttgart,
z.B. gewählte Abnahmemenge 5 Kartons a 5 Pakete = 35 % Rabatte auf Werklistenpreise ohne Teuerungsausgleich.

Stand: 1.1.2004

Dick rutil-umhüllte Stabelektroden

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



Schweißzusatzkosten

Umhüllte Stabelektroden für unlegierte- und niedriglegierte Stähle

Benennung	FZ	Schweißzusatz				Einheit	Schweißbare Werkstoffe
		RC 11	RR12	B12	RR73		
Elektrodentyp	-	RC 11	RR12	B12	RR73	-	z.B. unlegierte Baustähle S 235 JRG2 bis S 355 J2G3, Druckbehälterstähle H I, H II, 17 Mn 4, Feinkornbaustähle S 275 NL bis S 355 NL
Stab-Durchmesser x Länge	d x l	3,2 x 450	3,2 x 450	3,2 x 450	3,2 x 450	mm	
Ausbringung/ Wechselzahl	R / B	0,90 / 45	0,95 / 43	1,10 / 37	1,60 / 25	- / St/kg Schweißgut	
Werklisten/Bezugspreis ²⁾	Pz' / P _Z	0,35/ 0,24	0,40/0,26	0,45/0,30	0,68/ 0,44	€/St	
SZ-Kosten ^{1,2)}	k _{SM}	11	11	11	11	€/kg Schweißgut	

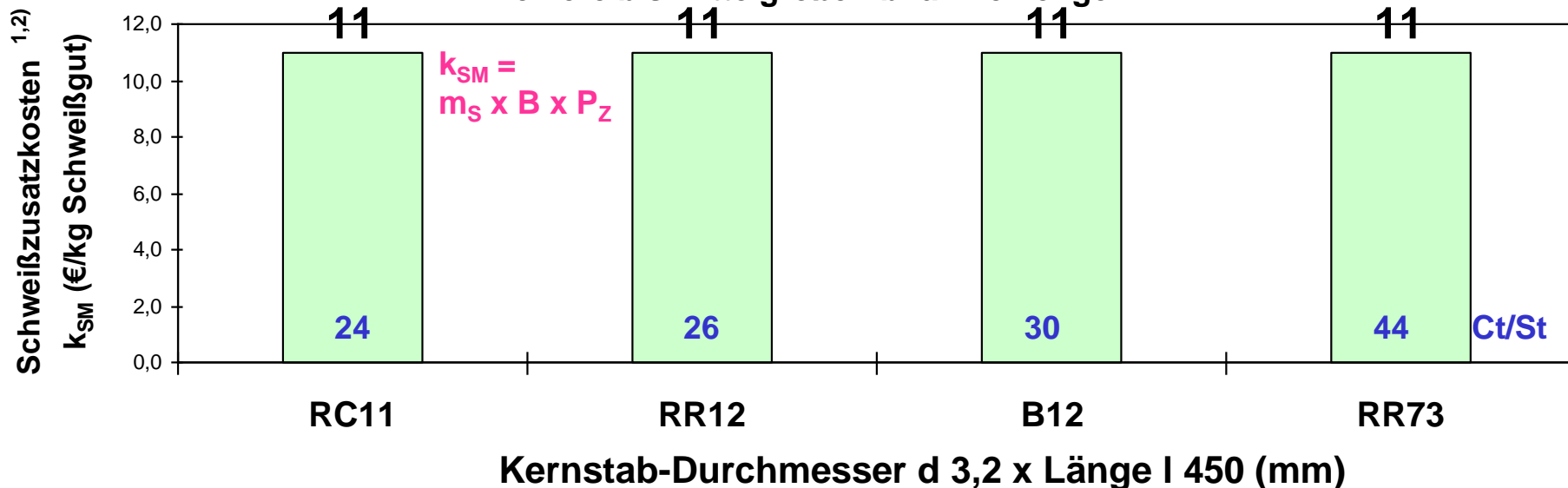
1) Schweißzusatzkosten ksm ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz

2) Werklisten und Nettobezugspreise sowie SZ-Kosten ohne 16% Mehrwertsteuer bei kleineren bis mittelgroßen Abnahmemengen, Region Stuttgart, z.B. gewählte Abnahmemenge 5 Kartons a 5 Pakete = 40 % Rabatte auf Werklistenpreise ohne Teuerungsausgleich.

Stand: 1.1.2004

Stabelektroden-Schweißzusatzkostenvergleich

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



Schweißzusatzkosten

Schweißzusätze für unlegierte- und niedriglegierte Stähle

G / WIG Schweißstäbe und MAG / UP-Drahtelektroden

Benennung	FZeichen	Schweißzusatz ^{1,2,3,4)}				Einheit	Schweißbare Werkstoffe z.B. unlegierte Baustähle S 235 JRG2 bis S 355J2G3, Druckbehälterstähle H I, H II, 17 Mn 4, Feinkornbaustähle S 275 NL bis S 355 NL
Stab/Draht-Typ x D-Messer	d	GIII x 3	WIG SG2x2,4	UP S3 x3	MAG SG3x1	mm	
Wechselzahl / Nutzzahl	B / n'	18 / 0,98	32 / 0,88	- / 1,10	- / 0,95	St/kg Schw. / -	
Werklisten/Bezugspreis ²⁾	Pz' / P _Z	6,30/2,65	10,47/6,62	5,78/2,94	1,88/0,98	€/kg	
SZ-Kosten ^{1,2)}	k_{SM}	3	8	3	1	€/kg Schw.	

1) Schweißzusatzkosten ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz

2) Werklisten- und Nettobezugspreise sowie SZ-Kosten ohne 16% Mehrwertsteuer bei kleineren bis mittelgroßen Abnahmemengen, Region Stuttgart, z.B. MAG SG 3 x 1- Palette mit 64 Korbspulen a 15 kg = 960 kg = 48% Rabatt (ab 3 Spule 38% Rabatt), G, WIG ca. 100 bis 500 kg = 50% Rabatt

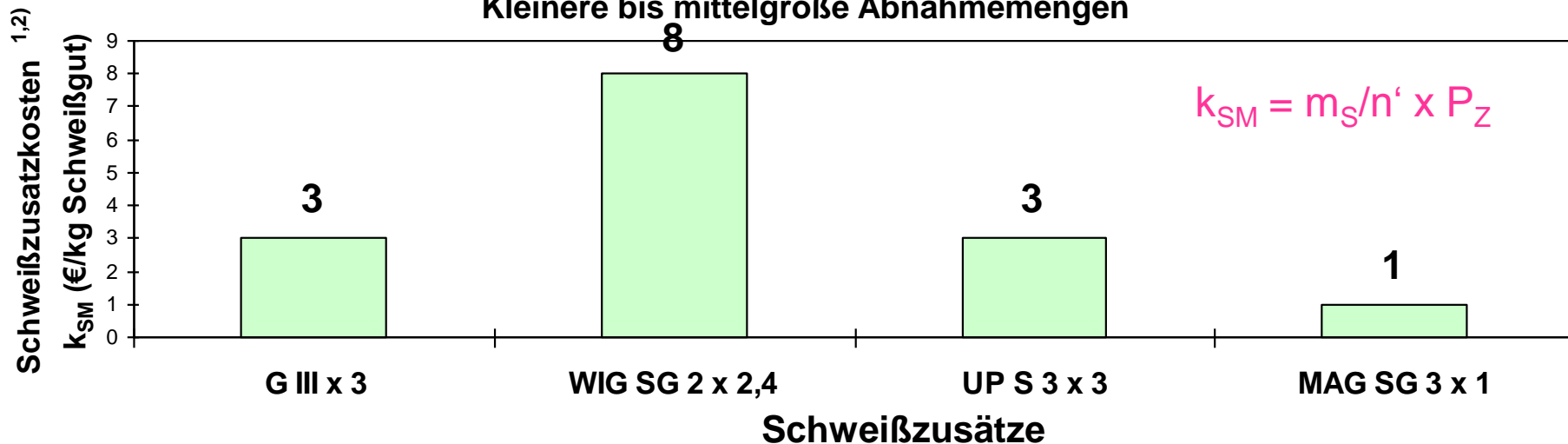
3) 1 t Schweißpulver Aluminat-Typ, Werklistenpreis 2,95 €/kg bzw. Netto-Bezugspreis ca. 1,50 €/kg, spez. Pulververbrauch je nach Pulversorte und Schweißbedingungen 0,6-1,4 kg/kg Schweißgut

4) Schlackenlose MAG-Metall-Fülldrahtelektroden, Netto-Bezugspreis 1,2 = 2,50-2,80 €/kg

Stand: 1.1.2004

G-WIG-UP-MAG-Schweißzusatzkostenvergleich

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



Schweißzusatzkosten

Schweißzusätze für Aluminiumlegierungen und hochlegierte Stähle

Benennung	FZeichen	Schweißzusatz					Einheit
Grundwerkstoff	-	AL MG 3		Cr-Ni-Stähle 1.4541 (V2A)			-
S-Verfahren/Stab/Draht DM	d	WIG 2,4	MIG 1,2	WIG 2,4	MIG 1,0	E 3,2 x 350	mm
Wechselzahl / Nutzzahl	B / n'	93 / 0,88	- / 0,96	32 / 0,88	- 0,98	57 / -	- / -
Werklisten/Bezugspreis ²⁾	Pz' / P _Z	19,35/7,40	20,06/8,32	46,35/7,00	49,70/7,47	1,37 / 0,80	€ / St bzw. €/kg
SZ-Kosten ^{1,2)}	k _{SM}	8	9	8	8	46	€/kg Schweißgut

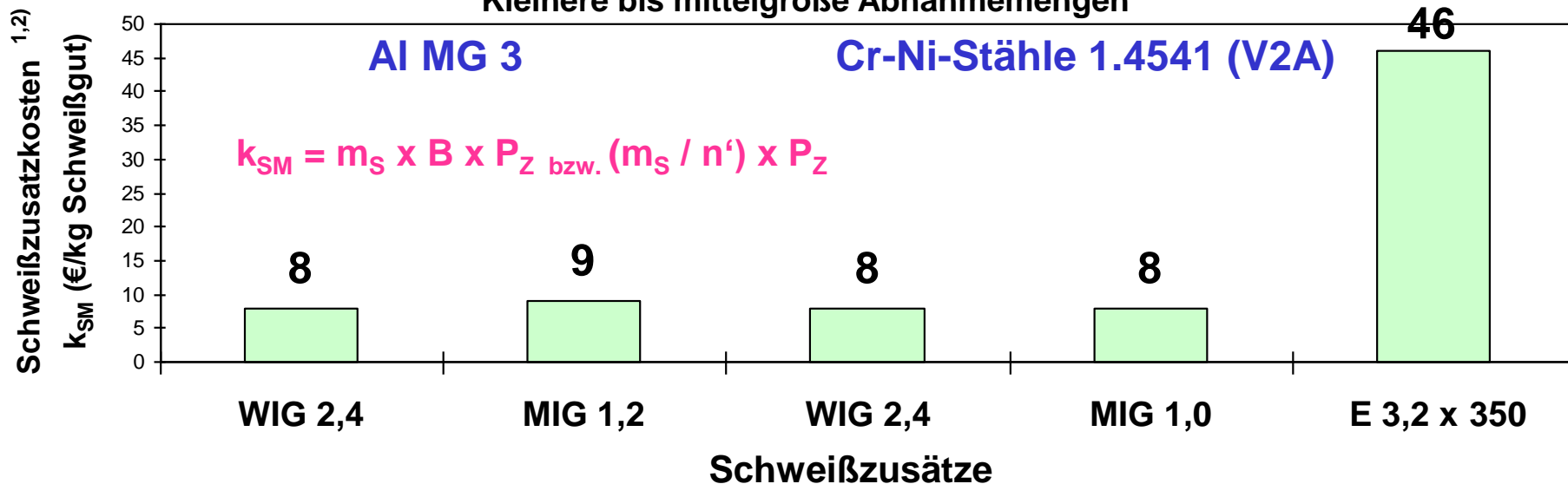
1) Schweißzusatzkosten k_{SM} ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz (nur erforderlich bei Materialeinzelkostenverrechnung)

2) Werklisten- und Nettozugspreise sowie SZ-Kosten ohne 16% Mehrwertsteuer bei kleineren bis mittelgroßen Abnahmemengen, Region Stuttgart, z.B. E - 5 Kartons a 5 Pakete = 40 % Rabatt, MAG - 1 Palette mit 64 Korbspulen a 15 kg > 960 kg, 48% Rabatt ab 3 Spulen mit 38% Rabatt)

Stand: 1. Januar 2004

Schweißzusatzkostenvergleich

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



Schweißfertigungskosten

Ziel:

Schweißfertigungskosten senken!

1) ohne Schweißzusatzkosten

3) $St_{S(B)} = L_B \times (1 + z_F / 100)$

2) mit / ohne Restgemeinkosten

4) $L_S / L_{S'}$ mit / ohne Rüstzeitanteil

Einflussgrößen:

Schweißzeit	$< t_S$ (h/E)	Schweiß(Betriebs)stundensatz ^{2,3)}	$< St_{S(B)}$
- Rüstzeit	$< t_R$ (h/E)	- Teilstundensätze	$< St_{M,E,H,P,So}$
- Zeit/Einheit	$< t_e$ (h/E)	Maschine / Energie / Hilfsstoffe / Personal /	
- Schweißnahtmasse(gewicht)	$< m_S$ (kg/E)	Sonstige (mengen- und zeitabhängig, z.B. vom	
- Schweißleistung	$> L_S$ (kg/h)	Kapitaleinsatz und Beschäftigungsgrad)	
<i>Einbringleistung L_E (kg/h), Einschaltdauer ED (%)</i>			

Ermittlung: 1,4)

Schweißfertigungskosten k_{SF} (€/E) 1,4)

Schweißzeit t_S x Stundensatz $St_{S(B)}$

$t_R + m_S \times 100 / L_E \times ED) \times St_{S(B)}$ oder $(m_S / L_S) \times St_{S(B)}$

Beispiel:

Einsparmaßnahmen beim Einsatz niedriglegierte MAG-Drahtelektroden

- Schweißvorrichtung	h,s,ü,q	----->	w-Schweißposition
- Drahtelektrodendurchmesser	0,8 mm	----->	1,0 / 1,2 mm
- Schutzgas	CO ₂	----->	Mischgas
- Einstellwerte			$> v_S$
- Material- und Arbeitsfluss			verbessern
- Stückzahl / Losgröße			erhöhen

Schweißzeiteinsparung (1)

Richtwerte für die Einbringleistung:

Geltungsbereich: Werkstoff Stahl, Wanddicke > 4 mm, Füll- und Decklagen, Schweißposition w,h

Schweißverfahren		Übliche Stab/Draht Ø mm	Mittlere Einbringleistung L_E bei 100 % ED			Formeln: 1,2,3,4
			kg/h	1	5	
G	Gasschweißen	3	0,4			1) Einbringleistung L_E (kg/h) $= m_s / th$ $= L_A \times R$ bei E $= L_A \times n'$ bei MAG
		4	0,7			
E	Lichtbogenhandschweißen Stabelektrode EN 499 - E-RC11-B42 - E-RR73-B93 (Ausbringung160)*	2,5	0,7			2) Abschmelzleistung L_A (kg/h) $= m_z / th$ $= m_s / th \times R$ bei E $= m_s / th \times n'$ bei MAG
		3,2	1,4			
		4	1,9			
		4*	2,6*			
MAG	Schutzgasschweißen - Massivdraht mit Mischgas - Fülldraht mit Mischgas*	1,0	3,3			3) Ausbringen R(-) $= m_s / m_z$ bei
		1,2	4,1			
		1,2*	4,5*			
UP	Unterpulverschweißen	3	6,0			4) Nutzzahl n' (-) $= m_s / m_z$ bei G, WIG, MIG m_s = Schweißgutmasse(gewicht) m_z = Schweißzusatzgewicht (kg)
		4	8,0			

Richtwerte für die Einschaltdauer:

Schweißarbeit	Mittlere Einschaltdauer ED (%)				Formeln: 5) $ED = th / t \times 100$ (%) $= th / (th+tn+tw+ter+tv+tr) \times 100$
	%	10	50	100	
Heft/Montageschweißung	10/20				5) t = Gesamtzeit, tr = Rüstzeit th = Hauptzeit (reine Schweißzeit) tn = Nebenzeit, tw = Wartezeit, ter = Erholungszeit, tv = Verteilzeit
Schweißkonstruktion Einzel/Serienfertigung	30/50				
Automatenschweißung	90				

Schweißzeiteinsparung (2)

Veränderung der Einschaltdauer ED durch Verfahrensumstellung

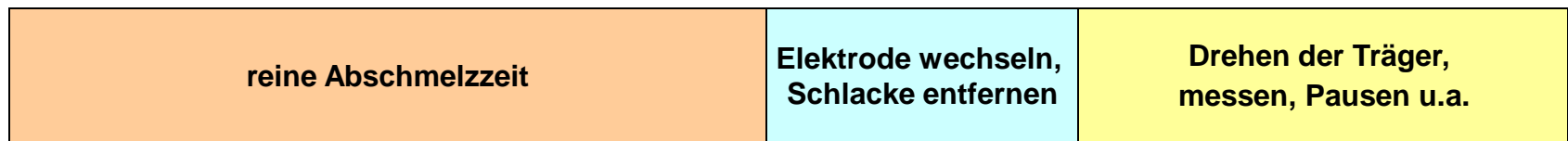
o Beispiel Stahlbau-Träger

- E Lichtbogenhandschweißen: ED = 50 % $ED = th \times 100 / ts$ (%)

Hauptzeit th

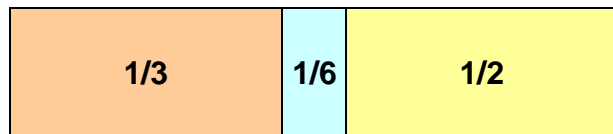
Nebenzeit $tn1$
(verfahrensbedingt)

Nebenzeit $tn2$ + Verteilzeit tv ¹⁾
(bauteilbedingt)



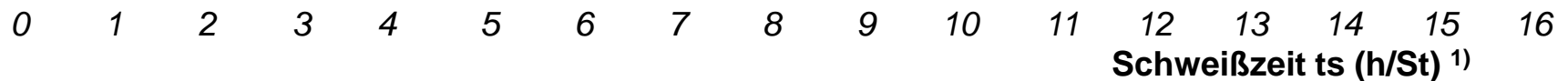
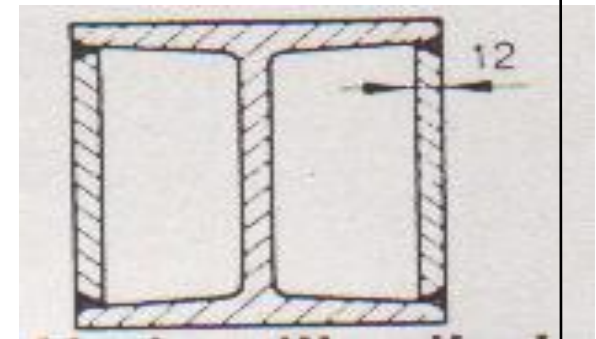
- MAG Schweißen: ED = 44 %

Bauteil



Zeiteinsparungsverhältnisse
gegenüber dem E-Schweißen

Träger 6,4 m lang



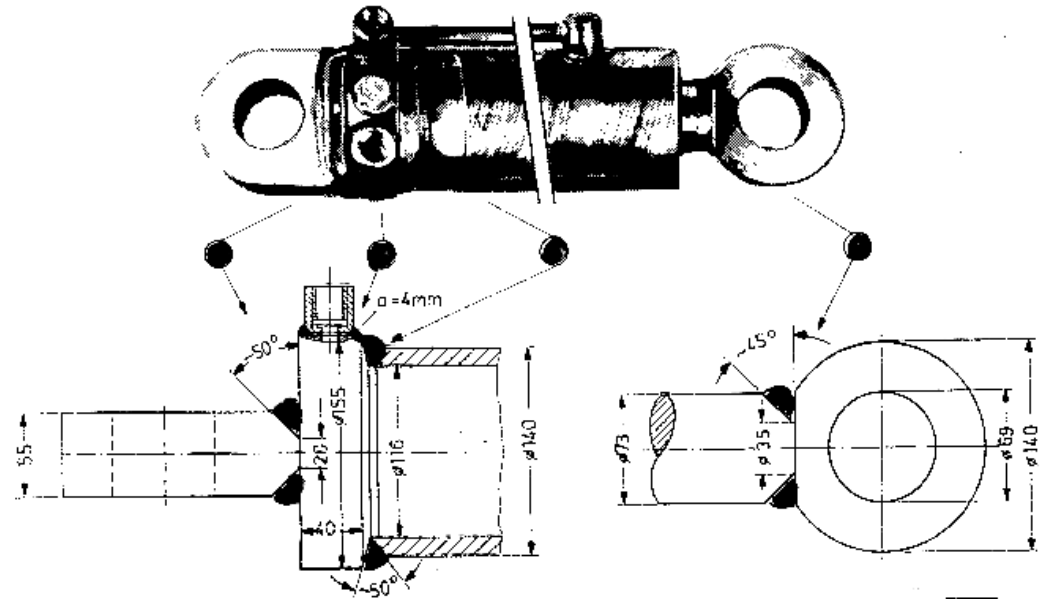
1) Schweißzeit ts ohne Rüstzeit tr und Erholungszeit ter

Quelle: Aichele - Kalkulation und Wirtschaftlichkeit in der Schweißtechnik, S. 184, DVS-Verlag, Düsseldorf 1985

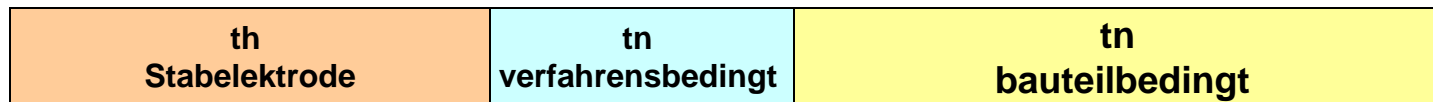
Schweißzeiteinsparung (3)

Veränderung der Einschaltdauer ED durch Verfahrensumstellung

o Beispiel
Hydraulikzylinder



- E Lichtbogenhandschweißen: ED = 34 % ED = $th \times 100 / ts$ (%)



- MAG Schweißen: ED = 21 %



1) Schweißzeit t_s ohne Rüstzeit t_r und Erholungszeit t_{er}

Quelle: Pomaska - Kostenanalytische Betrachtung des MAG-Schweißverfahrens, MM Maschinenbau 11/1978

Schweißzeiteinsparung (4)

o Überschlägige Ermittlung der Schweißguteleistung L_S (kg/h) ³⁾

G/WIG/E-Schweißverfahren	MAG/UP-Schweißverfahren
<p style="text-align: center;">Ermittlung</p> $L_S = \frac{\text{Schweißzusatzstückzahl}}{\text{S-Zusatzwechselzahl} \times \text{Schweißzeit}} \quad (\text{kg/h})$ $= m_Z / (B \times t_S)$	<p style="text-align: center;">Ermittlung</p> $L_S = \frac{\text{S-Zusatzgewicht} \times \text{Nutzzahl}}{\text{Schweißzeit}} \quad (\text{kg/h})$ $= (m_Z \times n') / t_S$
<p style="text-align: center;">Beispiel für E ^{2,3)}</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elektrodenstückzahl $m_Z = 320$ St - Schweißzeit $t_S = 8$ h - Schweißleistung $L_S = \frac{320}{57 \times 8} = 0,7$ kg/h 	<p style="text-align: center;">Beispiel für MAG ^{1,3)}</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gewicht Drahtrolle $m_Z = 15$ kg - Schweißzeit $t_S = 10$ h - Schweißleistung $L_S = \frac{15 \times 0,95}{10} = 1,5$ kg/h
<p style="text-align: center;">Erfahrungsrichtwerte</p> <p>$L_S = 0,1 - 0,2$ kg/h bei G/WIG $= 0,5 - 1,0$ kg/h bei E</p>	<p style="text-align: center;">Erfahrungsrichtwerte</p> <p>$L_S = 1 - 2$ kg/h bei MAG $= 2 - 4$ kg/h bei UP</p>

1) Nutzzahl $n' = 0,95 / 1,0$ bei MAG / UP

2) Wechselzahl $B = 57$ St/kg Schweißgut bei EN 499 E-RR 12 3,2 \varnothing x 350 mm,
 19 / 21 St/kg Schweißgut bei G / WIG 3 \varnothing

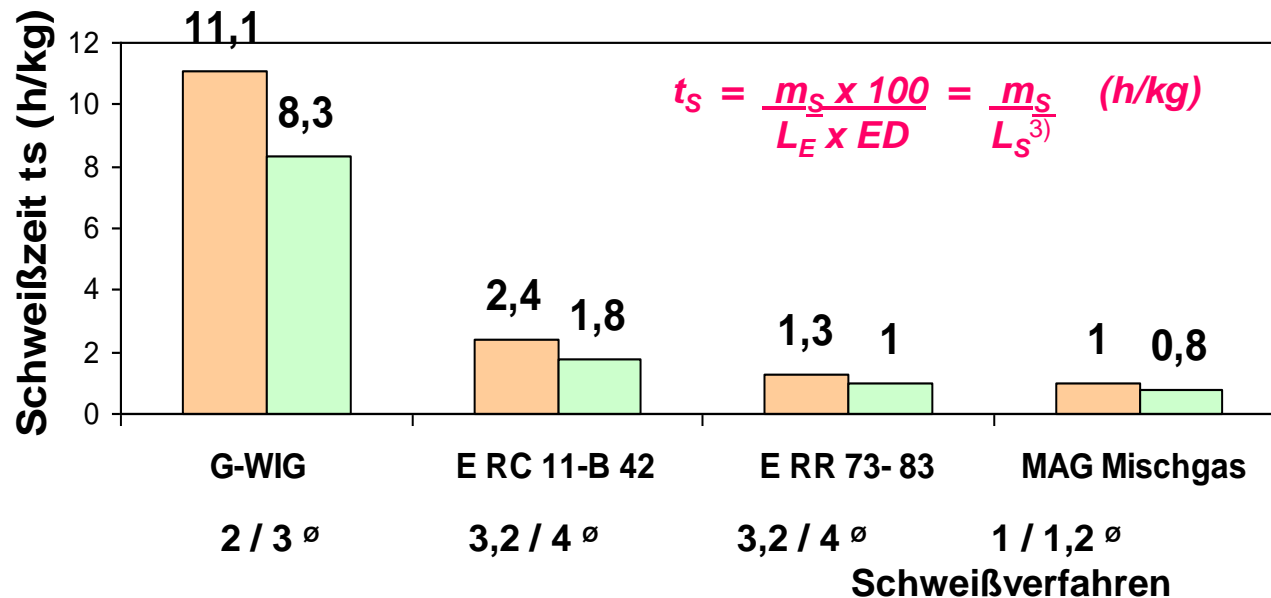
3) Prüfe, ob bei der Schweißleistung L_S die Rüstzeit t_R enthalten ist!

Schweißzeiteinsparung (5)

o Schweiß-Zeitvergleich ausgewählter Schweißverfahren für Baustahl mit einer Wanddicke $s = > 5 \text{ mm}$

Benennung	Schweißverfahren				F-Zeichen / Einheit
	G-WIG	E RC 11-B 42	E RR 73-B 43	MAG Mischgas	
Einschaltdauer	30				ED (%)
Einbringleistung	0,3 / 0,4	1,4 / 1,9	2,6 / 3,2	3,3 / 4,4	L_E (kg/h)
Schweißzeit	11,1 / 8,3	2,4 / 1,8	1,3 / 1,0	1,0 / 0,8	t_s (h/kg)

■ Schweißzeit bei kleineren Durchmesser ■ Schweißzeit bei größeren Durchmesser

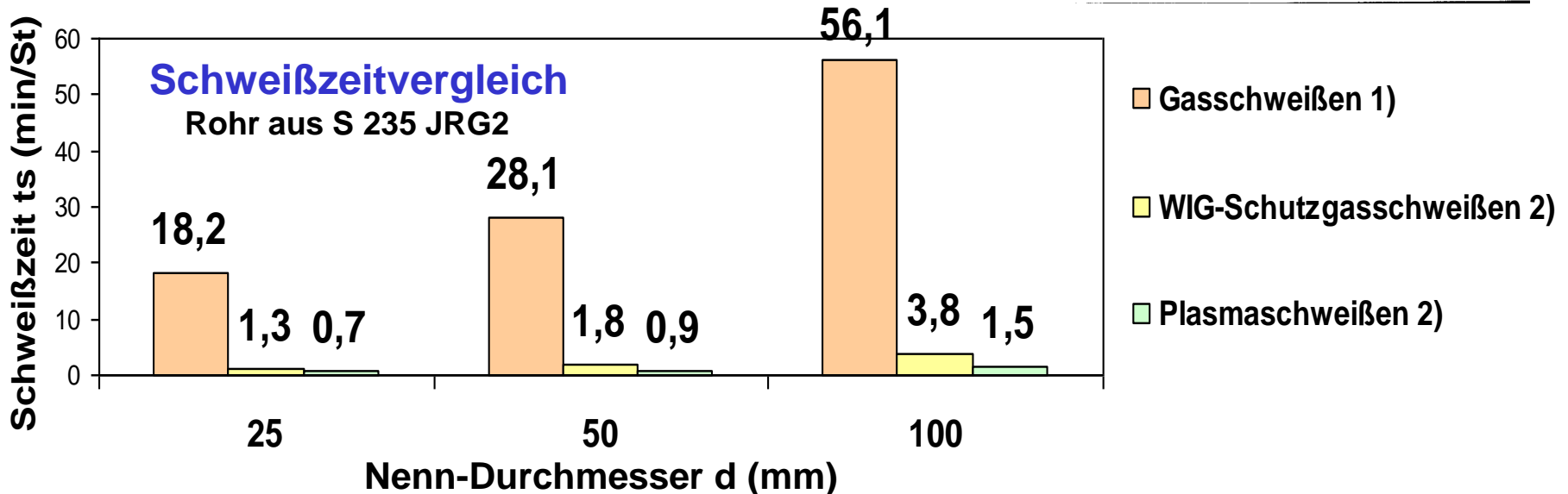
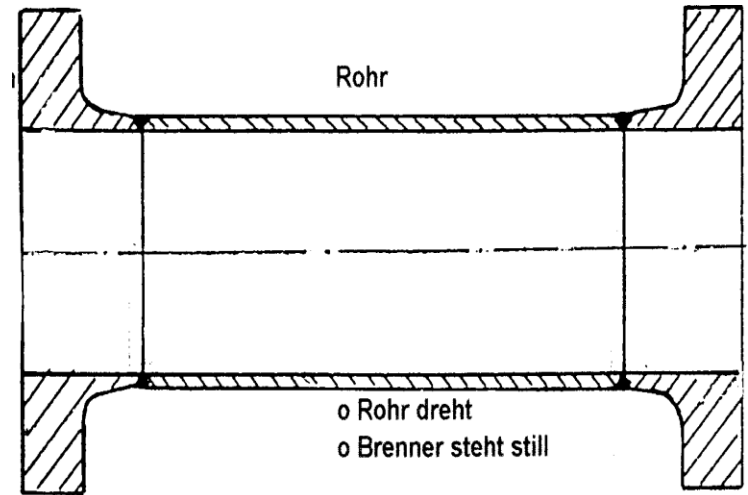


Schweißzeiteinsparung (6)

o Beispiel Schweißzeitvergleich bei Rohrverbindungen - Chemische Industrie

Schweißverfahren	Schweißzeit ts		
	Nenndurchmesser d (mm)		
	25	50	100
Gasschweißen ¹⁾	18,2	28,1	56,1
WIG-Schutzgasschweißen ²⁾	1,3	1,8	3,8
Plasmaschweißen ²⁾	0,7	0,9	1,5

1) Handschweißen 2) Automatisch gleichzeitig
 Quelle: Bohlen, Bayern AG, Leverkusen, 1986

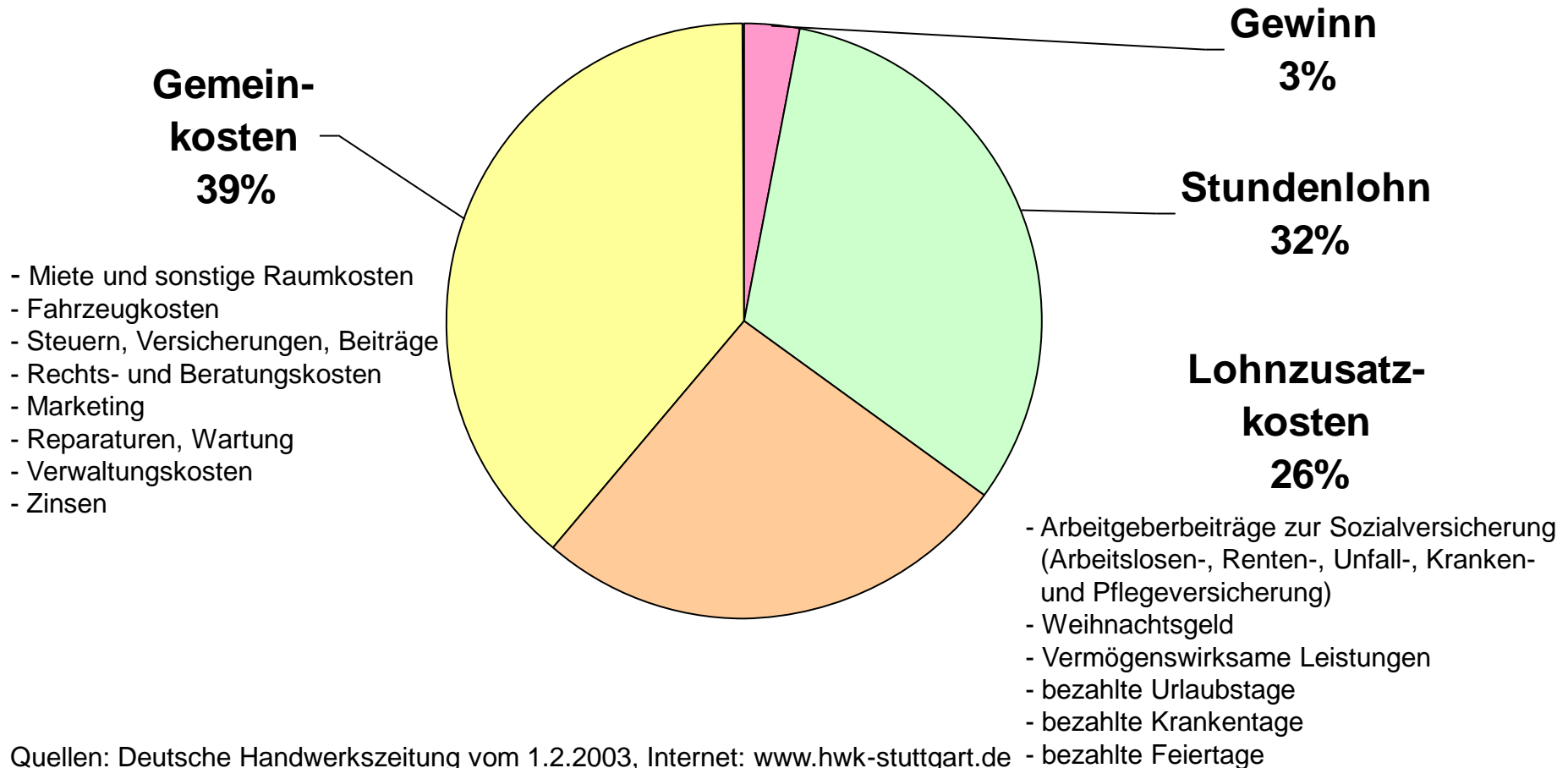


Übersicht zur Ermittlung von Stundensätzen

(a) Betriebs-Stundensatz St_B (€/h) ¹⁾				
Jahresgesamtkosten Betrieb / produktive Jahresarbeitstunden				
(b) Kostenstellen-Stundensätze $St_{H,M,S,Mo,Vw}$ (€/h)				
Hand	Maschine	Schweißen	Montage	Verwaltung
(c) Schweiß-Stundensätze St_S (€/h) ²⁾				
Maschine	Energie	Hilfsstoff	Personal	Sonstiges
Jahresgesamtkosten Kostenstelle Schweißen K_S / Jahresnutzungsstunden T_N				
$St_M + St_E + St_{Hi} + St_P + St_{So}$				
K = Jahresgesamtkosten f (Maschine, Energie, Betriebs- und Hilfsstoffe, Personal, Sonstiges)				(€/a)
T_N = Jahresnutzungszeit (J-Kostenstellen-Stundensätze), z.B. 1 Schichtbetrieb 37 h x 40 Wo = 1.480				(h/a)
L_B = Bruttostundenlohn, z.B. Industriearbeiter 2002 = Ø 15				(€/h)
z_P = Personalstundenprozentsatz, z.B. Industriearbeiter 2002 = Ø 80				(%)
St_P = Personalstundensatz > Arbeitskosten				(€/h)
$L_B \times (1 + z_P / 100)$, z.B. Industriearbeiter 2002 = 15 €/h x (1+ 80 / 100%) = 27 €/h				
1) Vereinfachtes Rechenverfahren beim Einsatz des Betriebsstundensatzes				
2) Schweißstundensätze ohne Schweißmaterial				

Was kostet eine Handwerkerstunde 2002

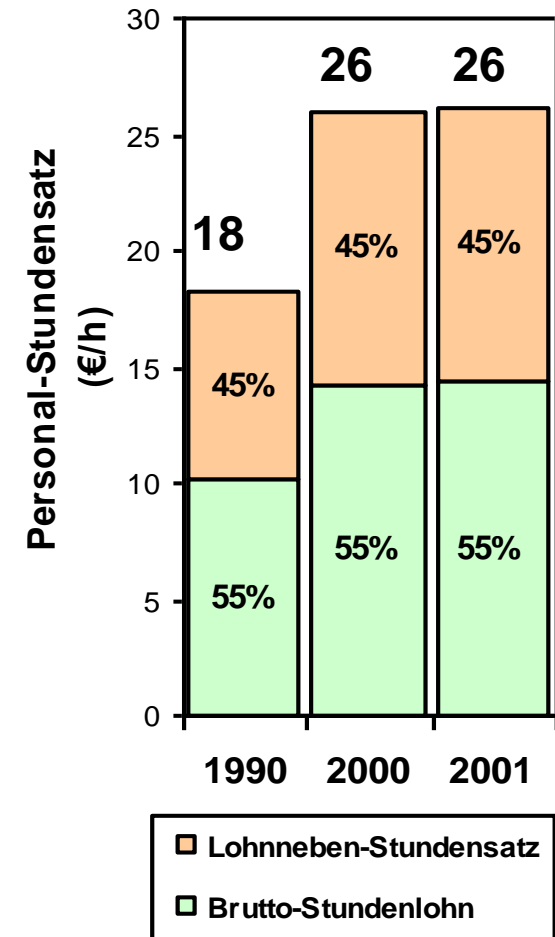
**Beispiel Stundenverrechnungssatz 44 € ohne MwSt,
davon Stundenlohn 14 €**



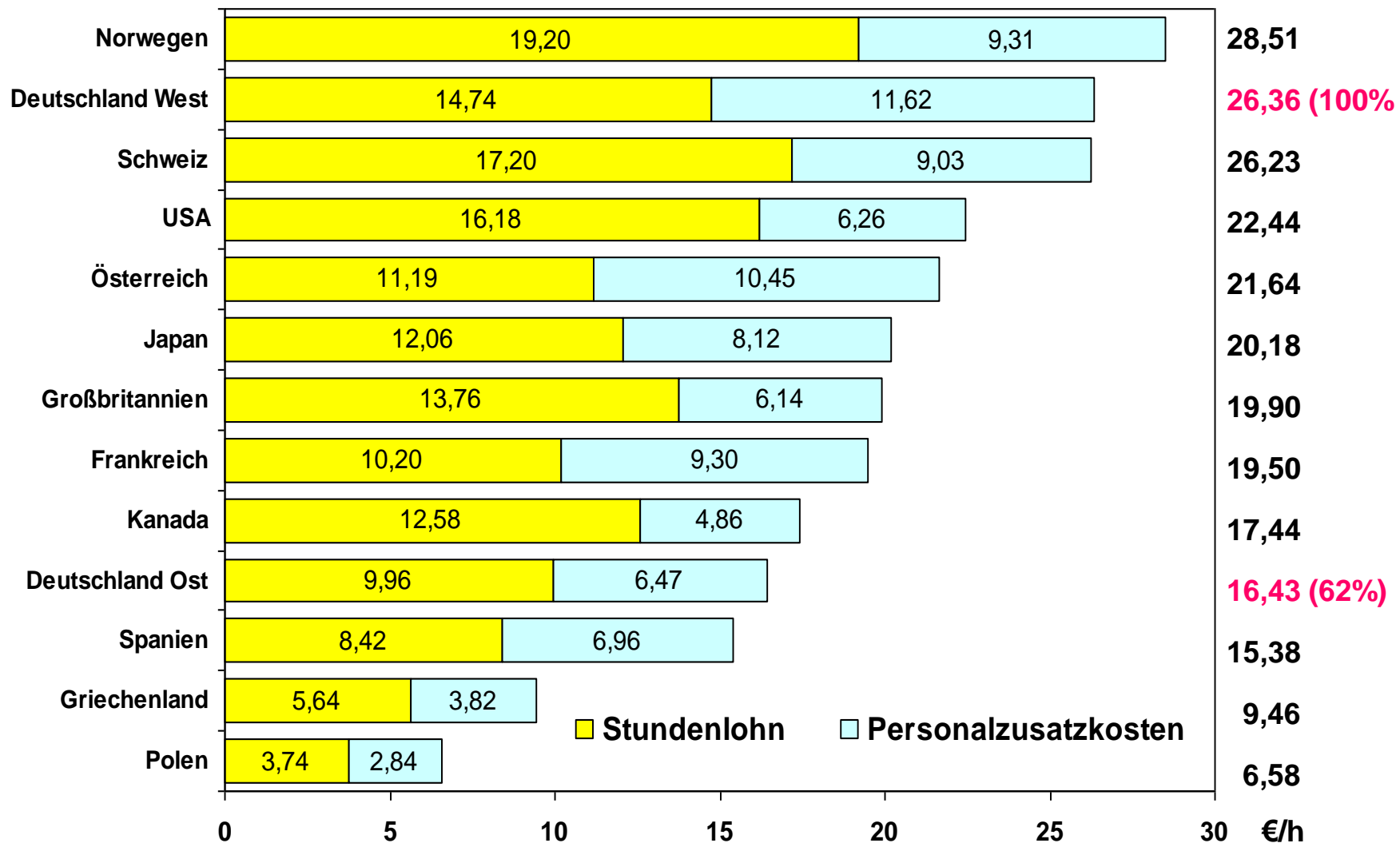
Entwicklung der Personal-Stundensätze für Arbeiter in der verarbeitenden Industrie Deutschland-West 1990-2001

Personal-Stundensatzentwicklung				
Benennung	F-Zeichen /Einheit	Personal-Stundensatz		
		1990	2000	2001
Brutto-Stundenlohn	L_B (€/h)	10,09	14,29	14,44
Lohnnebenstundensatz	L _N (€/h)	8,16	11,63	11,72
Personal-Stundensatz	St_P (€/h)	18,25	25,92	26,16
P-Stundensatz-Veränderung	1990 = 100	100	142	143
Lohnnebenprozentsatz	z_{LN} (%)	80,9	81,4	81,2
Aufteilung Lohnnebenkostenprozentsatz z _{LN} (%) im Jahr 2001				
Leistungsbestandteile			Prozentanteil (%)	
Tarifliche und betriebliche Leistungen	- Urlaub, Urlaubsgeld	18,6	44,1	
	- Weihnachtsgeld, Gratifikationen u.a	8,3		
	- Betriebliche Altersversorgung	7,7		
	- Sonstige, z.B. Vermögensbild	9,5		
Gesetzliche Leistungen	- Sozialversicherungsbeiträge Arbeitgeber	28,4	37,1	
	- Entgeltfortzahlung im Krankheitsfall	3,3		
	- Bezahlte Feiertage u.a.	5,0		
	- Sonstige, z. B. Mutterschutz	0,4		
Insgesamt			81,2	
1) Personalstundensatz oder Arbeitskosten $St_P = L_B + L_N = L_B \times (1 + Z_{LN}/100)$ (€/h) 2) Personalstundensatz Deutschland Ost 2001 = 16,86 €/h (10,02+ 6,84); $Z_{LN} = 68,3 \%$, Quellen: BMWi: Wirtschaft in Zahlen 2001, Bonn; Globus 5533, 6985, 7155, imu 108 0402				

Personal-Stundensatzentwicklung



Auswahl Arbeitskosten (Personal-Stundensatz) im globalen Ländervergleich 2002*



*Arbeitskosten der Industriearbeiter im Verarbeitenden Gewerbe = Stundenlohn + Personalzusatzkosten,

** P-Zusatzkostensatz $Z_z = \frac{\text{P-Zusatzkosten } L_z}{\text{Stundenlohn } L_B} \times 100 = \frac{11,62 \text{ €/h}}{14,74 \text{ €/h}} \times 100 = 78,8\% \text{ von } L_B$

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft Köln aus Geschäftsbericht 2003 - Wirtschaftsverband industrieller Unternehmen

Baden e.V., Freiburg

Maschinen-Stundensätze

o Kostenarten:

Kalkulatorische Abschreibung, Zinsen sowie Instandhaltung- und Raumkosten

o Einflussgrößen und Berechnung

Maschinenstundensatz St_M (€/h)

Jahresmaschinenkosten / Nutzungszeit

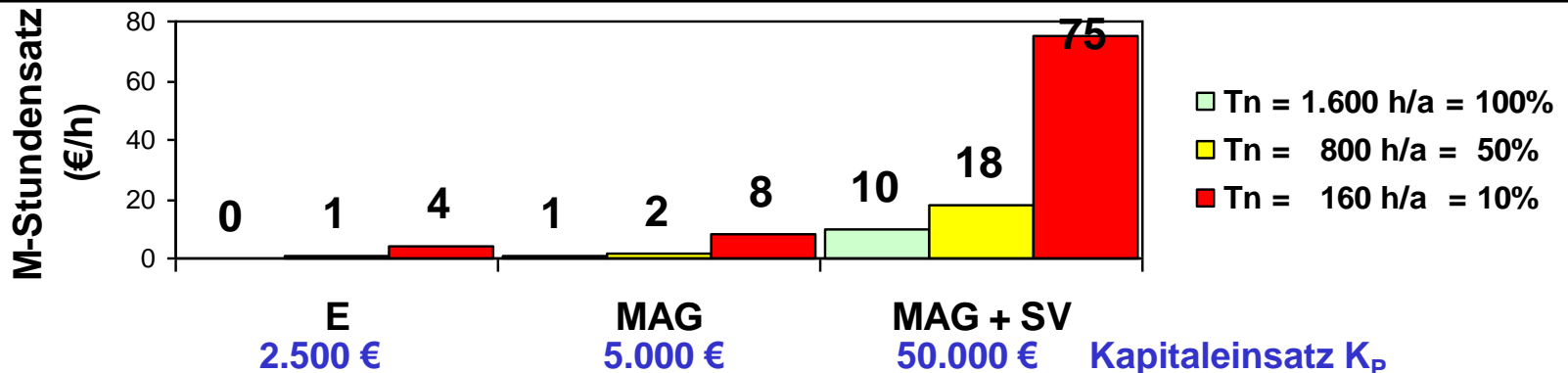
$$St_M = \frac{K_p \times Z_M}{T_N \times 100} + \frac{K_r}{T_N \times 100} = \frac{K_p}{T_N \times 100} (100/n + Z_s/2 + Z_i \times f_A) + K_r/T_N \text{ (€/h)}$$

- Kapital-Bedarf/Einsatz K_p (€)
- Nutzungszeit T_N (h/a)
- Ausnutzungsfaktor f_A (-)
- Raumkosten ²⁾
- Maschinenprozentersatz z_m (%)
- Abschreibungssatz
- Zinssatz
- Instandhaltungssatz

Beispiel Maschinenstundensatzvergleich mit einer Nutzungsdauer $n = 5$ Jahre

Benennung	Schweißverfahren									1) Abschreibungssatz $z_a=100/5=20\%$, Zinssatz $z_z=6\%$, Instandhaltungssatz $z_i=5/10/10\%$ für E/MAG/MAG+SV2 2) ohne Raumkosten
	E			MAG			MAG + Schweißvorrichtung			
Nutzungszeit T_N (h/a)	1.600	8.00	160	1.600	8.00	160	1.600	8.00	160	
Kapitaleinsatz K_p (€)	2.500			5.000			50.000			
M-Prozentsatz z_m (%)	28	25,5	23,5	33	28	24	33	28	24	
M-Stundensatz St_M (€/h)	0	1	1	1	2	8	10	18	75	

3) Ausnutzungsfaktor $f_a = T_n/T_b$ (-) 4) Bereitschaftszeit t_b (h/a) - gewählt 1Schichtbetrieb 36 h/ Wo x 42 h/Jahr = 1.512 + 88 Überstunden h/a
5) Nutzungszeit t_n oder Betriebsnutzungszeit oder Maschinenlaufzeit 2) Ausnutzungsfaktor $f_a = T_n/T_b$ (-)

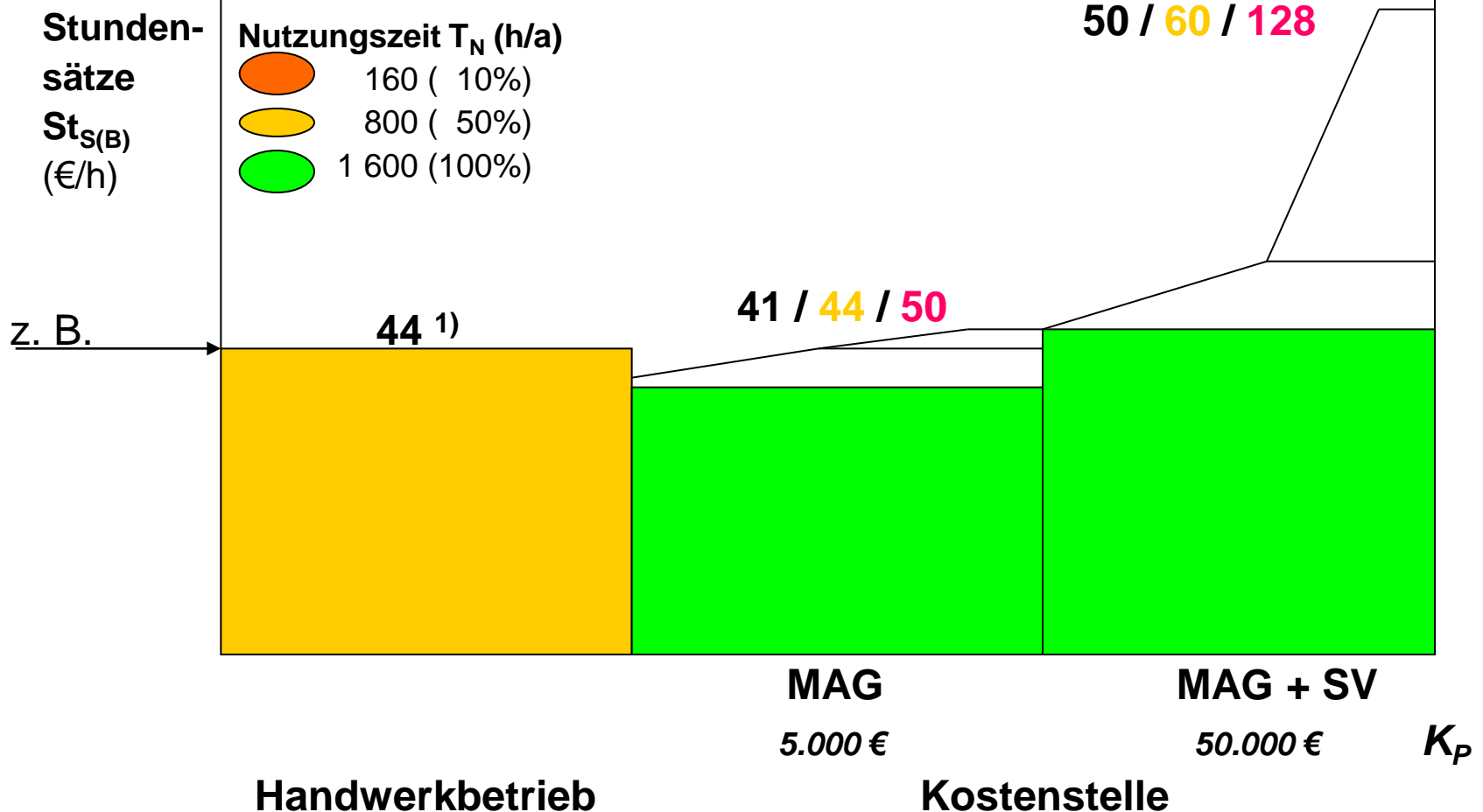


Stundensatz-Methodenvergleich

Betriebs- / Schweißstundensätze 2002 ²⁾

Kostenstelle Betrieb: $St_B = K_B / T_B$

Kostenstelle Schweißen: $St_S = K_S / T_N = St_M + St_E + St_{Hi} + St_P + St_{So}$



1) Betriebsstundensatz durch vereinfachtes Rechenverfahren ermittelt, z. B. 44 €/h bei einem Ø Jahresbetriebsbeschäftigungsgrad von ca. 80 %

2) Schweißstundensätze ohne Schweißmaterial

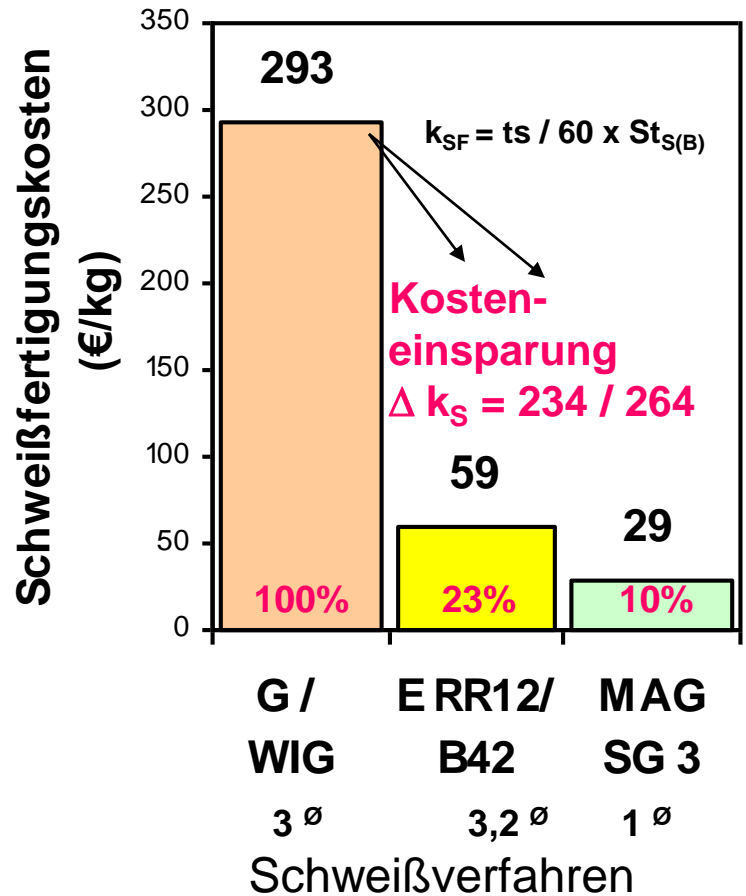
Fertigungskosteneinsparung

Werkstoff S 235 JRG2, Wanddicke s > 3mm				
Bezeichnung	Schweißverfahren			F-Zeichen/ Einheit
	G / WIG	E-RR 12/ B 42	MAG SG 3	
Schweißleistung	0,15	0,75	1,5	L _S (kg/h)
Schweißzeit	400	80	40	ts (min/kg)
Schweißstundensatz	44			St _{S(B)} (€/h)
S-Fertigungskosten*	293	59	29	k _{SF} (€/kg)
* Schweißfertigungskosten $k_{SF} = \frac{\text{Zeit}}{ts / 60} \times \text{Stundensatz} \times St_{S(B)}$				
Kosten- und Preisstand: 10/2002				

Merke:

Fertigungskosteneinsparungen durch
Umstellung auf leistungsfähige
Schweißverfahren

S-Fertigungskostenvergleich

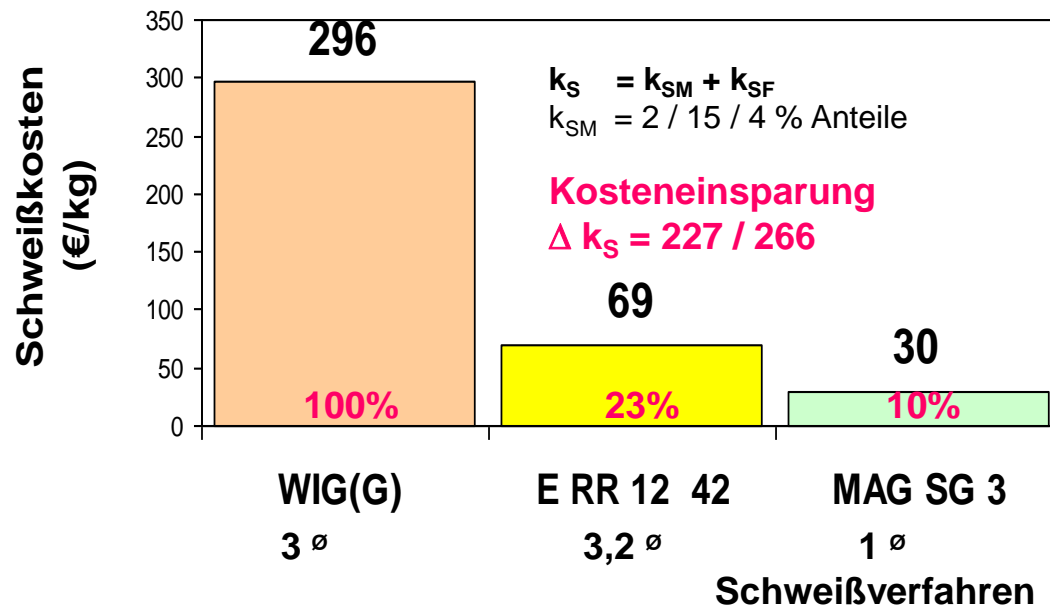


Schweißkosteneinsparung (1)

- Schweißkosten-Verfahrensvergleich für unlegierte Baustähle 2002

Werkstoff S 235 JRG2, Wanddicke s > 3mm				
Bezeichnung	Schweißverfahren			F-Zeichen / Einheit
	G/WIG	E- RR 12 / B 42 ¹⁾	MAG SG 3	
Schweißleistung	0,15	0,75	1,5	L _S (kg/h)
Schweißstundensatz	44			St _S (€/h)
Schweißstundensatz mit S-Zusatz*	45	53	46	St _S ' (€/h)
Schweißkosten Material / Fertigung	3 / 293	10/ 59	1 / 29	k _{SM} / k _{SF} (€/kg)

1) EN 499 - E- RC 11, RR 12, B 42 (vormals DIN 1913 - E- R(C) 3, RR 6, B 10)
 * Schweißstundensatz mit Schweißzusatz $St_S' = St_S + k_{SM} / t_S = k_S / t_S = k_S / (m_S / L_S)$

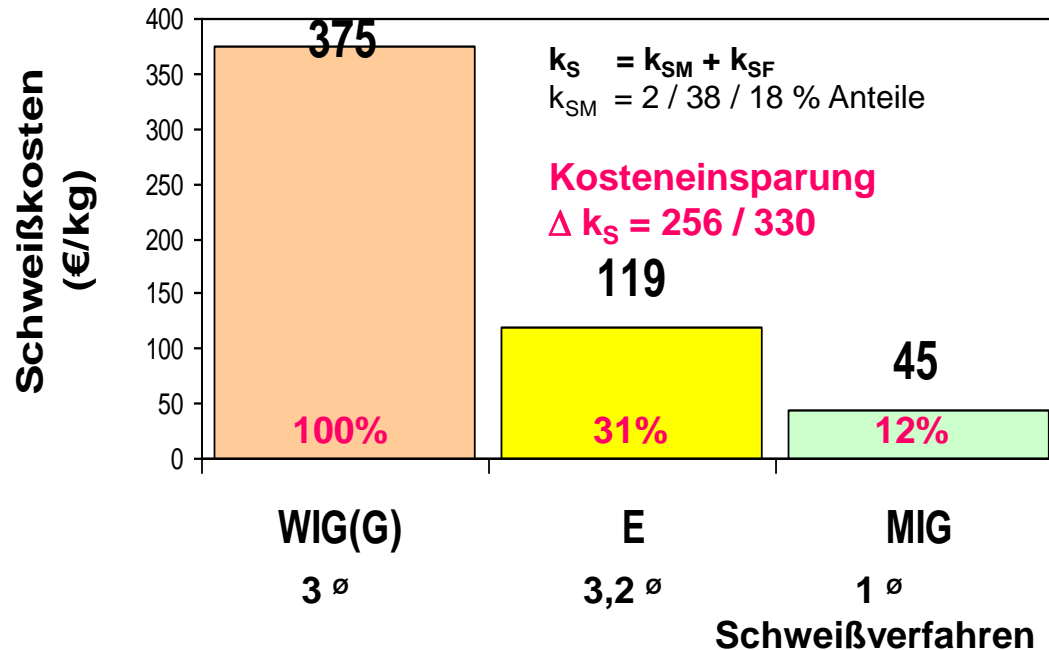


Schweißkosteneinsparung (2)

- Schweißkosten-Verfahrensvergleich für nichtrostende Cr-Ni Stähle 2002

Werkstoff 1.4541 (V2A) , Wanddicke s > 3mm				
Bezeichnung	Schweißverfahren			F-Zeichen / Einheit
	G(WIG)	E	MiG	
Schweißleistung	0,12	0,6	1,2	L _S (kg/h)
Schweißstundensatz	44			St _S (€/h)
Schweißstundensatz mit S-Zusatz*	45	71	52	St _S ' ²⁾ (€/h)
Schweißkosten Material / Fertigung	8 / 367	46 / 73	8 / 37	k _{SM} / k _{SF} (€/kg)

* Schweißstundensatz mit Schweißzusatz St_S' = St_S + k_{SM} / t_S = k_S / t_S = k_S / (m_S / L_S)



Übersicht ausgewählte Maßnahmen zur Kosteneinsparung im Betrieb

Beispiele im Stahl-, Maschinen-, Fahrzeug-, Rohrleitungs- und Druckbehälterbau

Maßnahmen in der Schweißkonstruktion

Bauteile – Schweißnähte

- Produktinnovationen
- Werkstoffumstellung
- Profillumstellung
- Schweißnaht-Form/Güteänderung

Maßnahmen in der Schweißproduktion

Verfahren - Auslastung

- Verfahrens-Innovationen und Umstellungen
- Schweißprozessänderung
- Mechanisierung und Automatisierung
- Maschinenauslastungserhöhung

Sonstige Maßnahmen

Betrieb - Standort

- Unternehmen verschlanken
- Fertigungstiefe verringern
- Arbeitszeitflexibilität – Wochen/Jahresarbeitszeit
- Standortänderung -

Trends zur Kosteneinsparung bei der Herstellung von Mobilkranen

Schweißfertigung von Mobilkranen mit hochfesten Stählen beim Liebherr-Werk Ehingen GmbH

Beim Bau von Mobil- und Raupenkranen werden Feinkornbaustähle seit über 30 Jahren erfolgreich verarbeitet.

- bisher war der Stahl **S 690QL** der Favorit,
- heute werden die **tragenden Komponenten** der Schweißkonstruktionen aus dem wasservergüteten Feinkornbaustahl **S 960 QL** (Werkstoffnummer 1.8933) gefertigt.

Beispiel Teleskopmobilkran LTM 1500:

Tragkraft 500 t, Eigengewicht 96 t, max. Hubhöhe 142, Ausladung bis 108 m.
Berechnung der hochbeanspruchten Teile nach der Finite-Element-Methode.

- **Der gesamte Fahrzeugrahmen besteht aus 918 Brennteilen, davon sind 277 Teile mit Schweißkantenvorbereitung versehen.**
- **Die Vorwärmtemperatur beim Schweißen des S 960 QL liegt bei 120-150°C.**
- **Als Schweißverfahren wird das MAG-M-Verfahren angewendet.**
- **Die Ausführung erfolgt mit manueller Schweißbrennerführung und Robotern.**
- **Die Prüfung der Schweißnähte erfolgt mit Röntgen- und Ultraschallprüfung.**

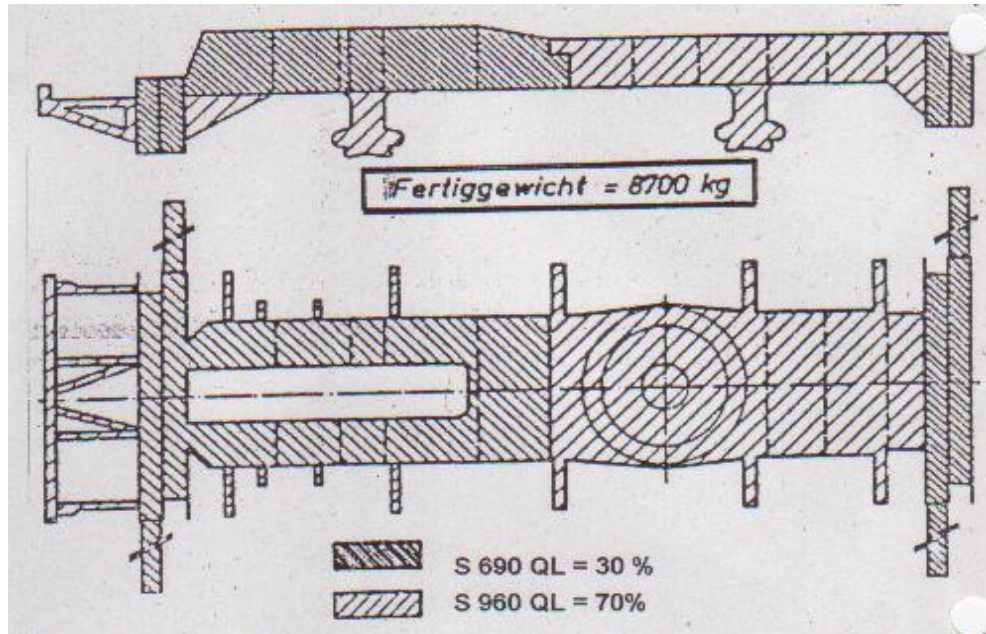
Quelle: W. Gundel, J. Hauser - Liebherr-Werk Ehingen GmbH aus Schweißen und Schneiden 9/2000



Kosteneinsparung beim MAG-Schweißen von Fahrzeugrahmen durch Änderung Werkstoff- und Nahtform im Mobilkranleichtbau (1)

Fahrzeugrahmen

Werkstoffstruktur mit Masse(Gewichts)anteile



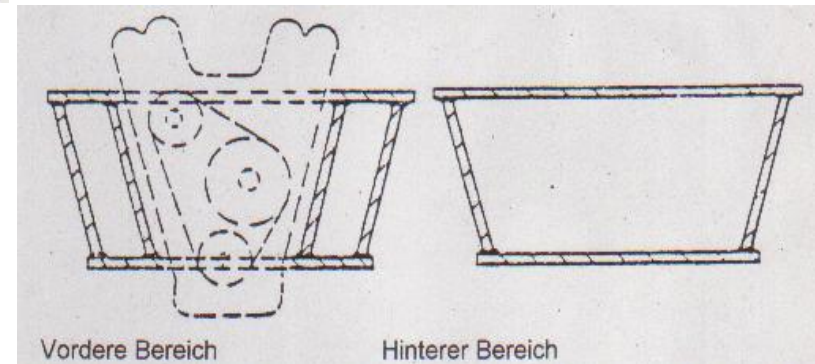
Mobilkran LTM 1060
Liebherr-Werk Echingen GmbH

Fahrzeugrahmen

Schnitt durch vorderen und hinteren Bereich

Quellen: Gerster, P - Anwendung hochfester Feinkornbaustähle beim Bau von Autokranen für tiefe Temperaturen, Stahl und Eisen 104 (1984),

Nr. 2, S. 91-94 und Liebherr - Werk Echingen GmbH, 2001



Kosteneinsparung beim MAG-Schweißen von Fahrzeugrahmen durch Änderung Werkstoff- und Nahtform im Mobilkranleichtbau (2)

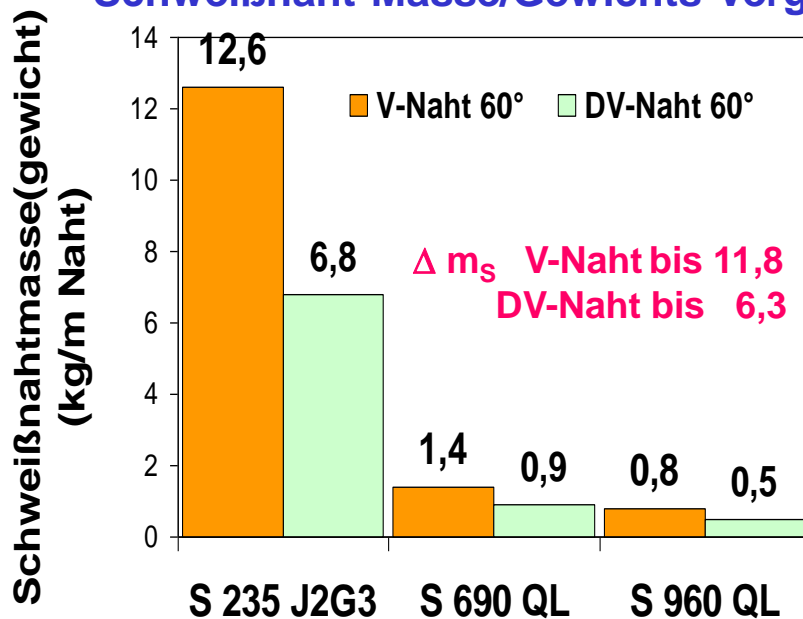
Benennung	Stahlsorte			F-Zeichen/ Einheit
	S 235 J2G3	S 690 QL	S 960 QL	
Streckgrenze	215	690	960	R (N/mm ²)
Materialdicke	50	15	10	s (mm)
S-Nahtmasse(gewicht) V-Naht DV-Naht	12,6 6,8	1,4 0,9	0,8 0,5	m _S (kg/ m Naht)
S-Zeit ^{1,2)} V-Naht DV-Naht	252 137	27 17	16 9	ts (min/ m Naht)

1) Schweißguteleistung L_S = 3 kg/h bei 1,2 mm Drahtdurchmesser
 2) Schweißzeit t_S = m_S / (L_S x 60) (min/m Naht)
 3) Einsatz hochfester Feinkornbaustähle heute bei S 960 QL

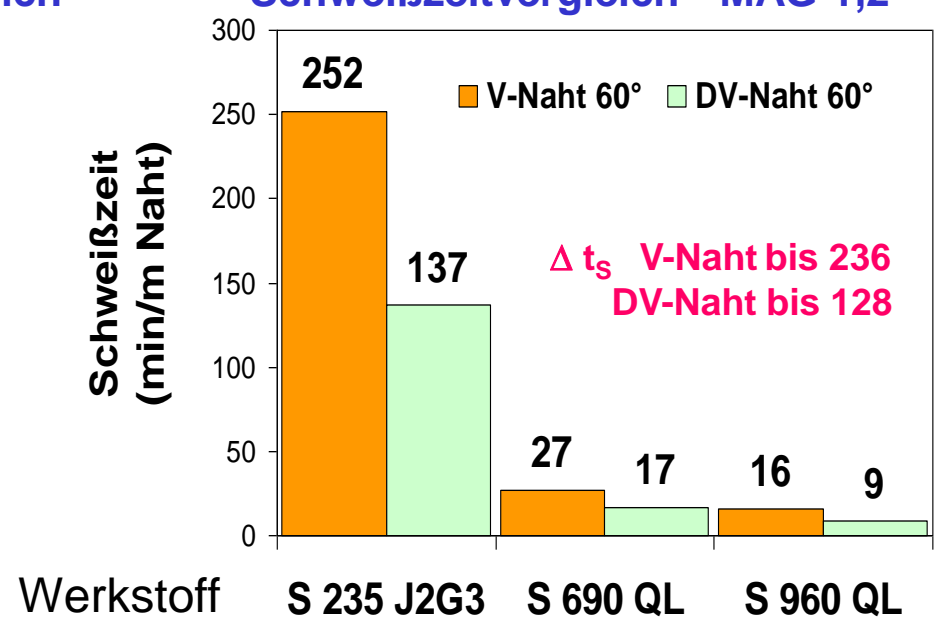
Preis- und Kostenstand ohne MwSt Jahr 2002

Quelle: Gerster, P und Hauser, J, Hummel 1983 und 2002 Liebherr-Werk Ehingen GmbH

Schweißnaht-Masse/Gewichts-Vergleich



Schweißzeitvergleich - MAG 1,2 Ø



Kosteneinsparung beim MAG-Schweißen von Fahrzeugrahmen durch Änderung Werkstoff- und Nahtform im Mobilkranleichtbau (3)

Benennung	V-Naht 60° / DV-Naht 60°			F-Zeichen/ Einheit
	S 235 J2G3	S 690 QL	S 960 QL	
S-Nahtmasse(gewicht)	12,6 / 6,8	1,4 / 0,9	0,8 / 0,5	m_s (kg/m Naht)
S-Zusatzpreis	0,70	2,90	3,60	P_z (€/kg)
S-Stundensatz ohne/mit S-Zus.	60/62	60/69	60/71	$St_{(S/B)}$ (€/h) 3)
S-Zeit 1,2)	252 / 137	27 / 17	16 / 9	ts (min/m Naht)
S-Zusatzkosten 4)	9 / 5	4 / 3	3 / 2	k_{sz} (€/m Naht)
S-Fertigungskosten 5)	252 / 137	27 / 17	16 / 9	k_{sf} (€/m Naht)
S-Kosten = $k_{sz} + k_{sf}$	261 / 142	31 / 20	19 / 11	k_s (€/m Naht)

1) Schweißguteleistung $L_s = 3$ kg/h bei 1,0 und 1,2 mm Drahtdurchmesser

2) Schweißzeit $t_s = m_s / (L_s \times 60)$ (min/m)

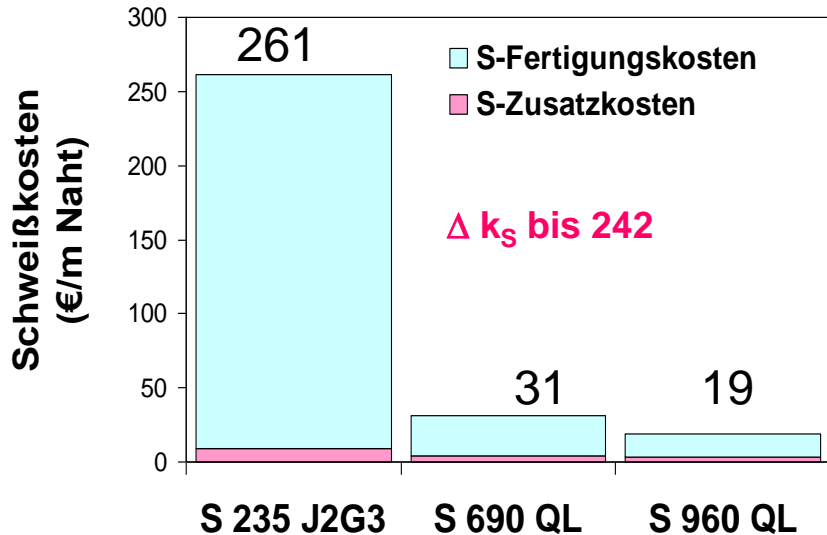
3) S-Stundensatz mit S-Zusatz St_s (€/h)
 $k_s / t_s = k_s \times L_s / m_s = St_s + k_{SM} / t_s$

4) S-Zusatzkosten k_{sz} (€/m Naht)
 $m_s / n' \times P_z \times f_m > f_m = /$

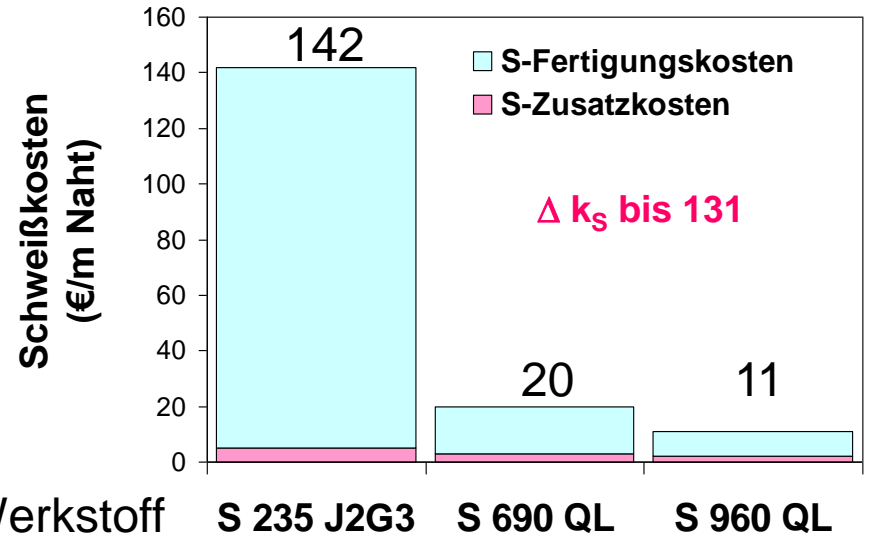
5) S-Fertigungskosten k_{sf} (DM/m Naht)
 $t_s \times St_{s(B)} = m_s / L_s \times St_s$

Preis- und Kostenstand ohne MwSt 2002
 Quelle: Gerster, P und Hauser, J, Hummel 1983 und 2002 Liebherr-Werk Ehingen

Schweißkostenvergleich V-Naht 60°



Schweißkostenvergleich DV-Naht 60°



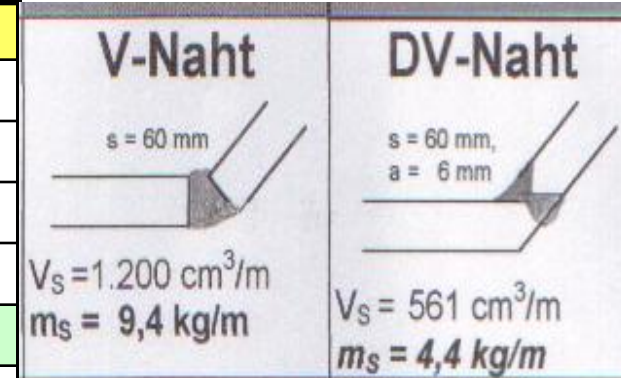
Trend: Schweißkosteneinsparung durch vermehrten Einsatz hochfester Feinkornbaustähle

Kosteneinsparung durch Schweißnahtformänderung im Maschinenbau

Untergurtschweißung von 100 Stück Pressenkörper

Benennung	F-Zeichen/ Einheit	V-Naht	DV-Naht
Schweißgutmasse(gewicht)	M_S (kg)	2.449	1.144
Schweißzusatzkosten	K_{SZ} (€)	2.114	987
Schweißfertigungskosten	K_{SF} (€)	69.388	32.413
Schweißkosten	K_S (€)	71.502	33.400
Schweißkosteneinsparung	K_S (€)	-	36.831

Nutzzahl $n' = 0,95$, S-Zusatzpreis $P_Z = 0,82$ €/kg, Materialgemeinkostensatz $z_M = /$
 Schweißleistung $L_s = 1,8$ kg/h, Stundensatz ohne/mit Schweißzusatz $t_s = 51/53$ €/h
 S -Kosten $k_S = K_{SZ} + K_{SF} = m_S / n' \times P_Z (1 + z_M / 100) + m_S / L_s \times St_s$ (€)
Preis- und Kostenstand ohne MwSt: 2002
 Quelle: Korten, H -Schuler Pressen, Göppingen



Unlegierter Baustahl
 S 235 JR G2
 Nahtlänge $l_s = 2,6$ m
MAG-Schweißverfahren
 Schweißzusatz SG 3 – 1,2 Ø

Schweißkosten

V-Naht:

29 €/kg Schweißgut / 275 €/m Naht

DV-Naht:

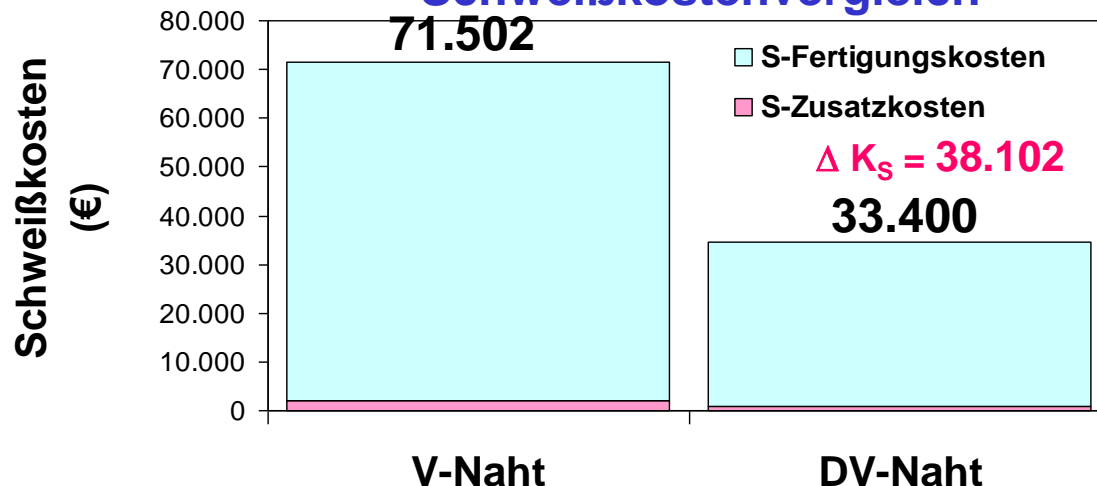
29 €/kg Schweißgut / 128 €/m Naht

K_{SZ} – Anteile: 3 / 3%

Schweißzeit

V-Naht / DV-Naht = 1.361 / 636 h

Schweißkostenvergleich



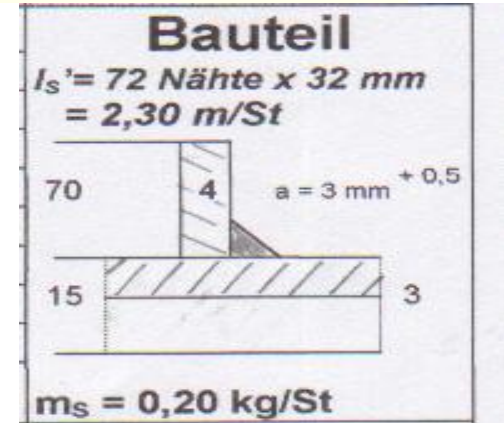
Kosteneinsparung durch Verfahrensumstellung E / MAG im Stahlbau

Schweißen von 5.000 Stück Stabroste

Benennung	F-Z/ Einheit	EN 499-E-RR 12	MAG-M-SG 2
Schweißgutmasse(gewicht)	M_S (kg/a)	1.000	
Schweißzusatzkosten ¹⁾	K_{SZ} (€)	10.260	863
Schweißfertigungskosten ¹⁾	K_{SF} (€)	80.000	32.593
Schweißkosten ²⁾	K_S (€)	90.260	33.456
Schweißkosteneinsparung	K_S (€)	-	56.804

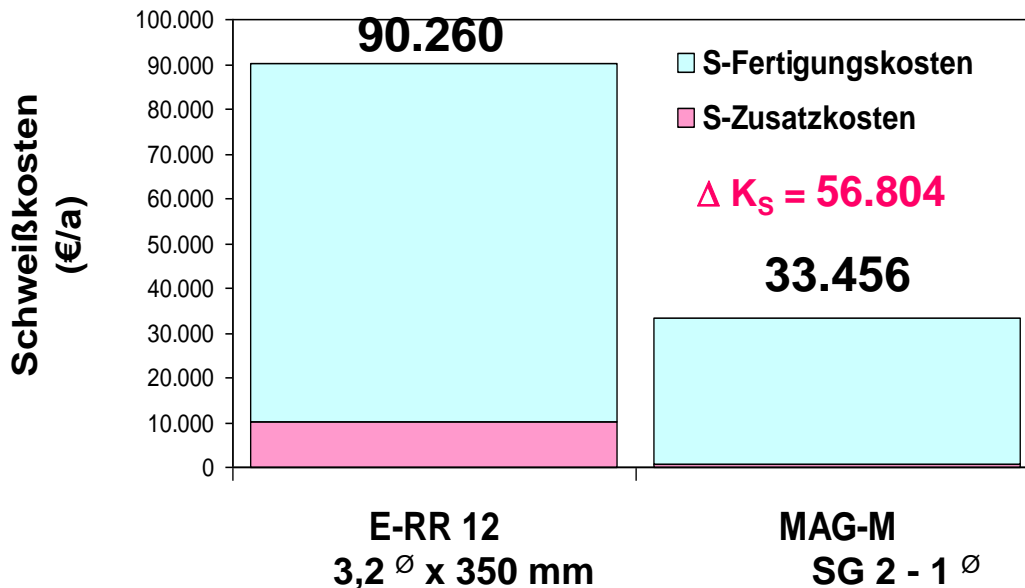
1) Nutzzahl $n' = 0,95$, S-Zusatzpreis $P_Z = 0,18 \text{ €/st} / 0,82 \text{ €/kg}$, Materialgemeinkostensatz $z_M = /$
 Schweißleistung $L_s = 0,55 / 1,35 \text{ kg/h}$, Stundensatz o/m Schweißzusatz $t_s = 44 / 50$ bzw. 45 €/h
 2) S-Kosten $k_S = K_{SZ} + K_{SF} = m_S \times B$ bzw. $m_S / n' \times P_Z (1 + z_M / 100) + m_S / L_s \times St_S$ (€)

Preis- und Kostenstand ohne MwSt: 2002 Quelle: Aichele, G -Freiburg



Unlegierter Baustahl
S 235 JRG2

Schweißkostenvergleich



Schweißkosten

E-Verfahren:

90 €/kg Schweißgut / 8 €/m Naht

MAG-Verfahren:

33 €/kg Schweißgut / 3 €/m Naht

K_{SZ} – Anteile 11 / 3%

Schweißzeit

E / MAG = 1.818 / 741 h/a

Weitere Einsparmöglichkeiten:

- Maschinenauslastung verbessern
- Einsatz von Schweißrobotern

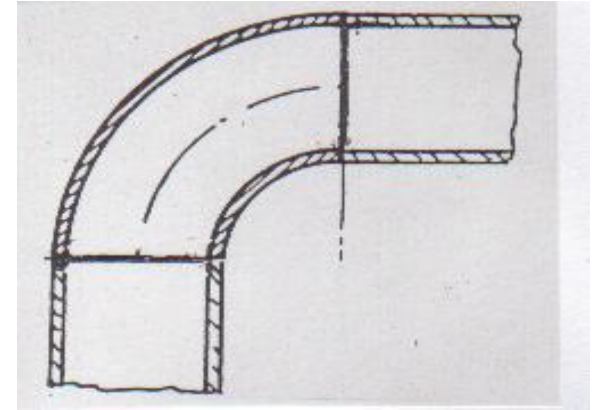
Amortisationszeit n_A

Kapitaleinsatz /Verfahrensgewinn
 8.000 € / 56.804 €/a = **0,1 a**

Kosteneinsparung durch Verfahrensumstellung von E- auf Plasma-Schweißen von Rohrleitungen in der Chemie

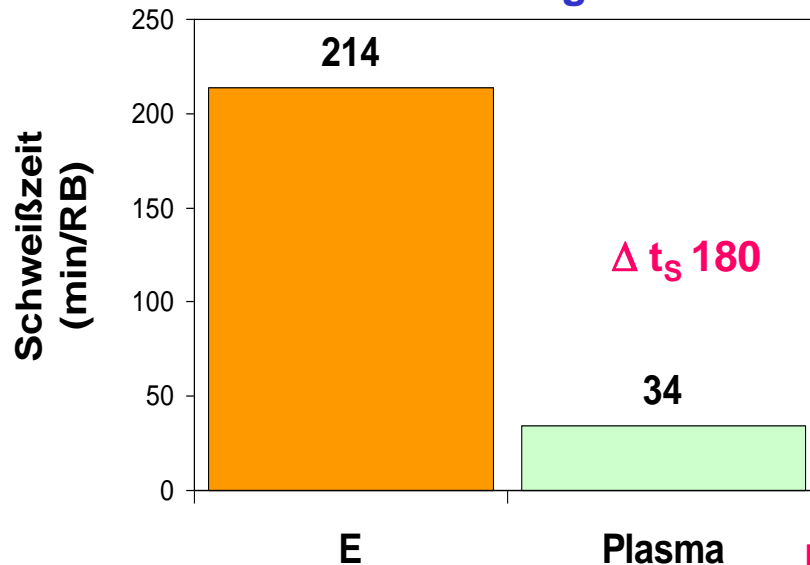
Benennung	F-Zeichen/ Einheit	Rohr Stahl S 235, 150 / 200 / 300 Nenn- Ø	
		E	Plasma ^{1,2)}
Schweißzeit	ts (min/RB)	144 / 214 / 346	28 / 34 / 48
Schweißkosten ³⁾	k _S (€/RB)	125 / 185 / 300	36 / 44 / 62

1) Plasmaschweißen vollmechanisch mit umlaufenden Brenner
 2) Maschinelle Fertigung erfordert enger tolerierte Rohre
 3) Schweißstundensatz mit Schweißzusatz E / Plasma Sts' = 52 / 77 €/h
 Kosten- und Preisstand o. MwSt.: 2002
 Quelle: Bohlen, Bayer AG, Dormagen 1986/2002

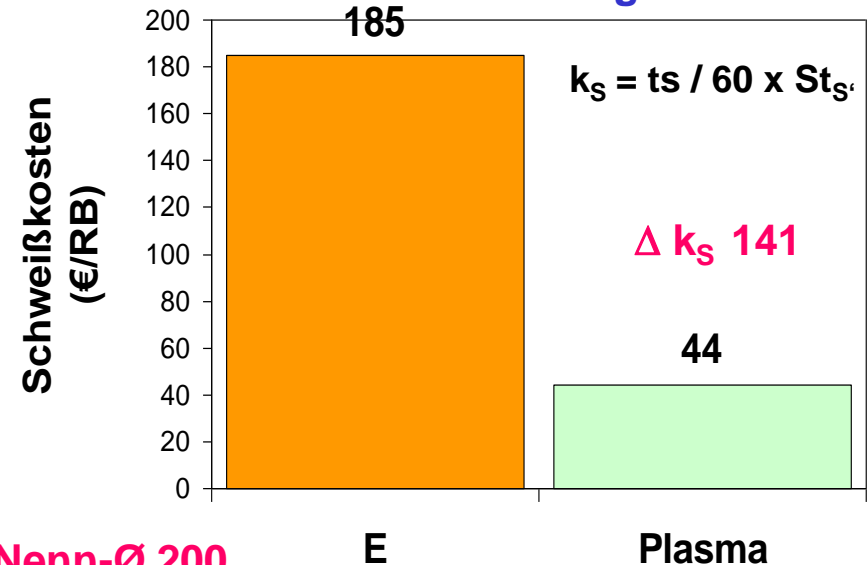


Einschweißen eines 90° Rohrbogens mit 2 Stumpfnähten

Schweißzeitvergleich



Schweißkostenvergleich

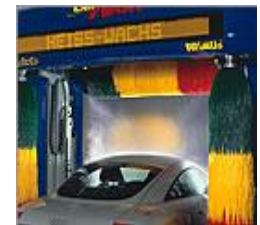


Rohr-Nenn-Ø 200

Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Kostenanalyse Schweißen mit Hand / Roboter

Schweißteile für Autowaschanlagen, Firma Otto Christ, Memmingen (1)

Pos	Benennung	F-Zeichen/ Einheit	MAG-Schutzgasschweißen	
			Hand	Roboter
10	Schweißaufgabe:			
	Werkstoff - Schweißnähte		Unlegierter Baustahl S 235 JR G2 Stumpf- und Kehlnähte	
20	Randbedingungen			
	Betriebsgröße	Beschäftigte	> 500	
	Produktionsmenge	M_P (St/a)	2.400	
	Schweißgutmenge	M_S (kg/a)	14.400	
	S-Nahtmasse(gewicht)	m_S (kg/St)	6,0	
	S-Zusatzbezeichnung	-	SG 3 - 1Ø	
	S-Schweißzusatzpreis	P_Z (€/kg)	0,80	
	Nutzungsdauer	n_a (a)	5	
	Auftragszeit	T_A (h/a)	9.600	3.200
	Nutzungszeit Schweißplatz	T_N (h/a)	1.600	3.200
	S-Fertigungszeit	t_s (min/St)	240	80
	Schweißgutleistung	L_S (kg/h)	1,5	4,5
	Kapital-Investition	K_P (€)	60.000	90.000
	Schweißplatzzahl	Anzahl	6	1 (Zweischichtbetrieb)



Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Kostenanalyse Schweißen mit Hand / Roboter

Schweißteile für Autowaschanlagen, Firma Otto Christ, Memmingen (2)

Pos.	Benennung	F-Z	MAG-Schutzgasschweißen								Hinweise
			Hand (H)				Roboter (R)				
30	Kostenanalyse		€/a	€/h	€/St	%	€/a	€/h	€/St	%	
	Schweißzusatzkosten $ms/n' \times Pz (1 + zm/100) \times Mp$	K_{SM}	12.126	1,26	5,05	3	12.126	3,79	5,05	4	6,0/0,95 x 0,80 (1+./100) x 2.400
	S-Fertigungslohnkosten $ts/60 \times L_B \times Mp$	K_{SFL}	144.000	15,00	60,00	30	48.000	15,00	20,00	15	240 bzw. 80/60 x 15 x2.400
	S-Fertigungsgemeinkost. $K_{SFL} \times z_{FG}/100$ oder	K_{SFG}	275.981	28,75	114,99	57	200.947	62,80	83,73	64	Summe nachfolgender Einzelkosten
	o Lohnnebenkosten $K_{sfl} \times z_{ln}/1$	K_{SFL}	118.080	12,30	49,20	24	38.400	12,00	16,00	12	144.000 bzw. 48.000 x 82/100
	o Maschinenkosten	K_{SMA}	17.760	1,85	7,40	4	26400	8,25	11,00	8	Summe
	- Kalk. Abschreibung $K_p/n = K_p \times za/100$	K_{SA}	12.000	1,25	5,00	2	18.00	5,63	7,50	6	- 60.000 bzw 90.000 x 20/100
	- Kalk. Zinsen $K_p/2 \times zz/100$	K_{SZ}	1.800	0,19	0,75	0	2.700	0,84	1,13	1	- 60.000 bzw 90.000/2 x 6/100
	- Instandhaltung $K_p \times zi/10$	K_{SI}	1.800	0,19	0,75	0	4.500	1,41	1,88	1	- 60.000 bzw 90.000 x 3 bzw 5/100
	- Raumkosten $A \times P_R$	K_{KR}	2.160	0,23	0,90	0	1.200	0,38	0,50	0	- 6 x 6 bzw 20 m2 x 60 € /m2a
	o Energiekosten $E \times Pe \times Ta$	K_{SE}	4.320	0,45	1,80	1	2.400	0,75	1,00	1	3 bzw. 5 kWh x 9.600 bzw 3.200 x 0,15
	o Schutzgaskosten $v \times 60/1000 \times ED/100 \times Ps \times T_A$	K_{SS}	6.221	0,65	2,59	1	4.147	1,30	1,73	1	12x60/1000 x 30 bzw 60/100x T _A x 3 €/m3
	o Restgemeinkosten ¹⁾ $K_{SFL} \times z_{FRG}/100$	K_{SFR}	<u>129.600</u>	13,50	54,00	27	<u>129.600</u>	40,50	54,00	41	144.000 bzw 48.000 x 90 bzw 270/100

Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Kostenanalyse Schweißen mit Hand / Roboter Schweißteile für Autowaschanlagen, Firma Otto Christ, Memmingen (3)

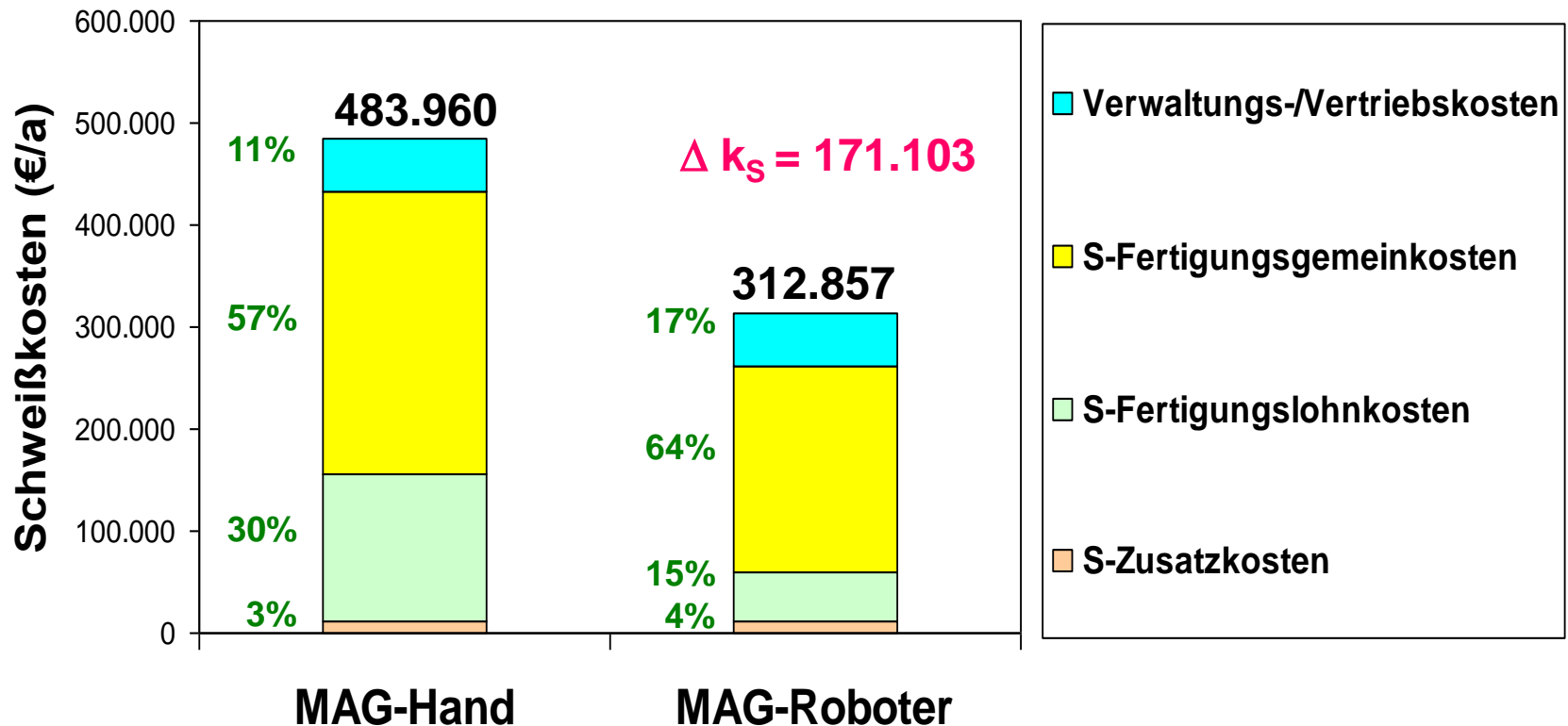
Pos.	Benennung	F-Z	MAG-Schutzgasschweißen								Hinweise
			Hand (H)				Roboter (R)				
30	Kostenanalyse		€/a	€/h	€/St	%	€/a	€/h	€/St	%	
	Verwaltg./Vertriebskosten ¹⁾ (K _{SM} + K _{SFL} + K _{SFG}) x z _V /100	Ksv	51.853	5,40	21,61	11	51.783	16,18	21,58	17	(12.126 + 144.000 + 275.981) x 12 / 100 (H)
	Schweißkosten K _{SM} + K _{SFL} + K _{SFG} + K _{SV}	Ks	483.960	50,41	201,65	100	312.857	97,77	130,36	100	12.126 + 144.000 + 275.981 + 51.853 (H)
	Schweißkosteneinsparung Ks Hand - Ks Roboter	Δ Ks					171.103	-	71,29	35	483.960 - 312.857
40	Gewinnvergleichsrechnung		€/a	€/h	€/St	%	€/a	€/h	€/St	%	
	Kapital-Investition	K _P	60.000 *				90.000				* Hand 6 x 10.000 €
	Kosten - Schweißkosten - S-Kosteneinsparung	Ks Δ Ks	483.960	50,41	201,65	100	312.857 171.103	97,77 -	130,36 71,29	100 35	siehe Pos. 30
	Umsatzerlöse - Schweißumsatzanteil - Umsatzdifferenz	U Us Δ Us	gleich gleich 0								
	Verfahrensgewinn	G _V					171.103	-	71,29	35	= Kosteneinsparung
50	Beurteilung										
	Amortisation	n _A	K _P / (G _V + K _A)				0,2				30.000 / 171.103 + 6.000
	Empfehlung	-	Dringlichkeitsstufe 1				Kaufen!				n _A = < 2 Jahre

1) Bei Annahme konstanter Jahreskosten K_{S_{RFG}} und K_{S_V} ergeben sich folgende SF-Restgemeinkostensätze z_{FG} = 90 / 270% und Verwaltungs-/Vertriebsgemeinkostensätze z_V = 12,0 / 19,8% für MAG-Hand- bzw. Roboter.

Preis- und Kostenstand ohne MwSt: 2002

Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Kostenanalyse Schweißen mit Hand / Roboter
Schweißteile für Autowaschanlagen, Firma Otto Christ, Memmingen (4)

**Kostenvergleich bei der Produktion
von Schweißteilen 2002**



Merke: Beim einfachen Verfahrensvergleich genügt es nur die unterschiedlichen Teilkosten zu ermitteln (Reduzierte Herstellkosten)

Laserschweißen in der Blechverarbeitung am Beispiel des Druckergehäuses für Thermotransferdrucker



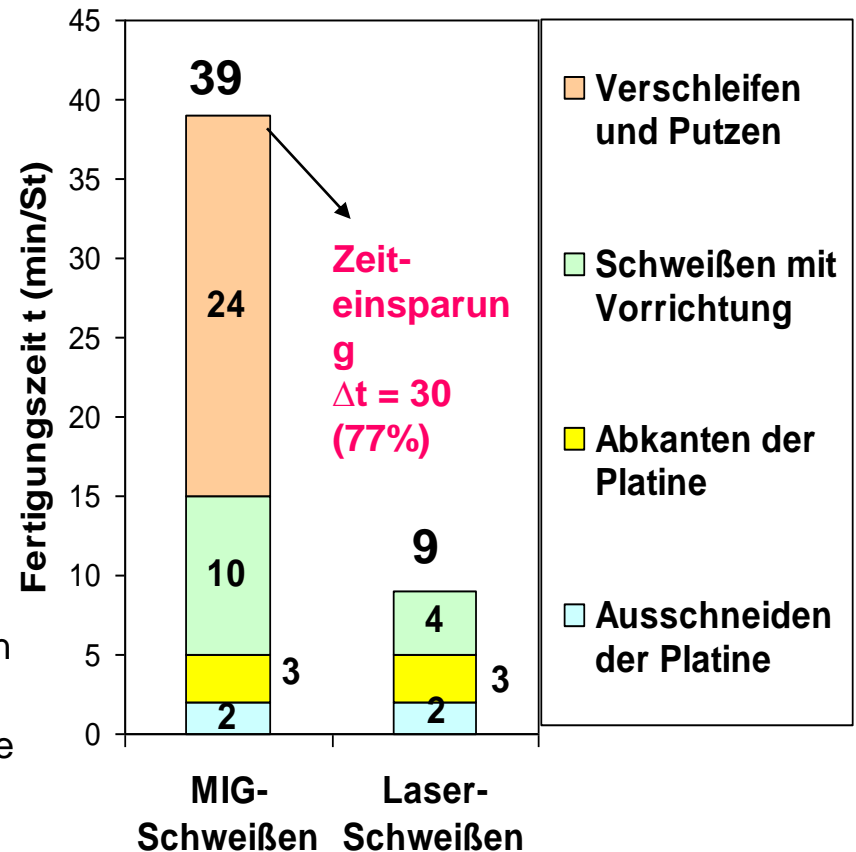
Beurteilung der Arbeitsschritte:

- Vorbereiten und Ausschneiden sowie Abkanten der der Platinen ist bei beiden Verfahren gleich
- Das Laserschweißen ist gegenüber dem MIG-Schweißen wesentlich schneller
- Die zeitaufwendigen Schritte Schleifen und Richten können beim Laserschweißen (meist) entfallen

Vorteile Laserschweißen bei höheren Stückzahlen:

- Kosten
Reduzierung der Fertigungszeit und der Gesamtkosten
- Qualitätsverbesserung
der Arbeitsgang Verschleifen und Richten bestimmt die Qualität des Teils, fällt beim Laserschweißen nicht an und dadurch reproduzierbare Ergebnisse
- Produktivität
Erhöhung der Produktivität (Laser / MIG geschweißt 4:1)

Zeitvergleich MIG-/Laserschweißen



Fazit

Zusammenfassung:

Schweißkosteneinsparungen bei Produkten, z.B. in Stahl- und Maschinenbaubetrieben, können im wesentlichen erzielt werden durch

- o **wirtschaftliche Schweißkonstruktion**, z.B. Maßnahmen zur optimalen Auswahl von Werkstoffen, Halbzeugen und Schweißnahtformen führen zu Gewichts- und Kosteneinsparungen und
- o **wirtschaftliche Schweißproduktion**, z.B. Maßnahmen zum optimalen Einsatz von leistungsfähigen Schweiß- und Schneidverfahren sowie Erhöhung der Maschinenauslastung führen zu Zeit- und Kosteneinsparungen.

Ausblick:

Zukünftig wird insbesondere durch den EU-Binnenmarkt und der zunehmenden Globalisierung der internationale Wettbewerbsdruck auf die deutschen Unternehmen weiter zunehmen.

Betriebe, die den steigenden Anforderungen bei der Entwicklung und Herstellung von Schweißprodukten, insbesondere durch Produkt- und Verfahrensprozessinnovationen, Qualitätssicherung, Kostensenkung und Service erfüllen, haben auch in Zukunft gute Wettbewerbschancen.