Vortragsveranstaltung des DVS-Bezirksverbandes Odenwald-Tauber
am Donnerstag, 3. Mai 2007 in Buchen,
Zentralgewerbeschule Buchen

Schweißkosten sparen im Klein- und Mittelständischen Betrieb

Dipl.-Ing. Dieter Bouse

Schweißfachingenieur

European Welding Engineer

Baden-Württemberg

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM

Impressum

Herausgeber:

Dieter Bouse
Freiberuflicher Berater
Beethovenstr. 19/1, 71665 Vaihingen/Enz
Tel.: 07042 / 22455
E-Mai: dieter.bouse@gmx.de

Referent a.D. im Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg
Theodor-Heuss-Str. 4, 70174 Stuttgart
Tel: 0711/123-0, Fax: 0711/123-2126
E-Mail: poststelle@wm.bwl.de, Internet: www.wm.baden-wuerttemberg.de

Vorstandsmitglied der Fördergemeinschaft für die
Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Fellbach
Niederlassung der GSI mbH, Stuttgarter Straße 86, 70736 Fellbach
Tel.: 0711 / 57544-0, Fax: 0711 / 57544-33
E-Mail: info@slv-fellbach.de, Internet: www.slv-fellbach.de

Stand: 3. Mai 2007; 3,6 MB

Inhalt

Kurzfassung

0. Einleitung und Ausgangslage

1. Wirtschaftliche Grundlagen

2. Kosteneinsparung durch wirtschaftliche Konstruktion

3. Kosteneinsparung durch wirtschaftliche Produktion
- Schweißzusatzkosten
- Schweißfertigungskosten

4. Beispiele aus der Schweißpraxis

5. Fazit und Ausblick

Kurzfassung (1)

0. Einleitung und Ausgangslage

Die metallverarbeitenden Unternehmen werden bei der Herstellung von Schweißerzeugnissen im besonderen mit zwei wesentlichen Zielsetzungen konfrontiert und zwar

- Erzeugnisse mit niedrigen Schweißkosten herzustellen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und
- Erzeugnisse mit hoher Schweißgüte herzustellen aus Gründen der Sicherheit.

Beide Ziele können oftmals nicht gleichzeitig erreicht werden, man wird ständig bemüht sein, Kompromisse zu finden.

Beim Einsatz der Schweiß- und Schneidtechnik im Handwerk und in der mittelständischen Industrie hat sich im letzten Jahrzehnt im allgemeinen folgender Wandel vollzogen:

- Verbesserung der wirtschaftlichen Schweiß-konstruktion von Erzeugnissen durch Optimierung von Beanspruchungen, Werkstoffen, Halbzeugen und Schweißnahtformen.
- Verbesserung der wirtschaftlichen Produktion von Erzeugnissen durch Einsatz leistungsfähiger Schutzgas- und Widerstandsschweißverfahren sowie verstärkte Vorfertigung von Bauteilen in der Werkstatt und durch Zulieferfirmen.
- Verbesserung der Schweißgüte von Erzeugnissen durch höhere Anforderungen von Kunden und Abnahmeorganisationen.
- Verbesserung der Effektivität in allen Unternehmensbereichen durch übergreifende Kommunikation und Organisation.

1. Wirtschaftliche Grundlagen

Die Wirtschaftlichkeit von Schweißbetrieben ist von vielen komplexen Vorgängen abhängig.

Wichtig ist das optimale Zusammenspiel von Standort, Erzeugnisstruktur, Schweißkonstruktion, Fertigungs- und Prüfverfahren,Materialeinkauf sowie Optimierung von Mengen, Zeiten, Stückkosten, Verkaufspreise u.a. verschiedene Methoden der Kostenplanung, Kalkulation und Wirtschaftlichkeitsrechnung werden zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Schweiß- und Schneidverfahren, Schweißkosten und Kosten-einsparungen von Erzeugnissen eingesetzt.

Kurzfassung (2)

2. Wirtschaftliche Konstruktion

Der Konstrukteur schafft durch seine Entwürfe die Voraussetzungen für die wirtschaftliche Herstellung der Erzeugnisse. Nach Vorgabe von Funktionen, Beanspruchungen, Lebensdauer und Fertigungsverfahren bestimmt er die Auswahl von Werkstoffen, Halbzeugen und legt die Stoffnutzung und Schweißnahtformen fest.

Kosteneinsparungen können sich bei folgenden Maßnahmen ergeben:

- Werkstoffwahl mit höherer Festigkeit
- Veränderung von Halbzeugwahl und Abmessungen
- Verbesserung der Stoffnutzung
- Optimierung der Schweißnahtformen

Weitere Einsparungen können durch Normung und Typung der Erzeugnisse und Bauteile erzielt werden.

3. Wirtschaftliche Produktion

Die Ermittlung der Schweißkosten durch die vorwiegend in der Praxis eingesetzten Kalkulationsmethoden Stundensatz- und Zuschlagskalkulationsrechnung sowie die Deckungs-Beitragsrechnung werden näher beschrieben.

Schweißkosteneinsparungen im Herstellungsbereich bei optimalen Schweißkonstruktionen können im wesentlichen bei den folgenden Teil-Schweißkosten erzielt werden:

- <u>Schweißzusatzkosten</u>
  Kosteneinsparungen können z. B. durch Änderung der Güteklasse/Typ, Erhöhung des Stab/Draht, Einkaufsrabatte bei größeren Abnahmemengen erreicht werden.
- <u>Schweißfertigungskosten</u>
  Kosteneinsparungen können erzielt werden durch Einsatz leistungsfähiger Schweiß- und Schneidverfahren sowie Vorrichtungen, Erhöhung des Stab/Draht-Durchmessers, Optimierung der Einstellwerte und Hilfsstoffe, Verbesserung der Maschinenauslastungen u.a..

Kurzfassung (3)

Weiter können Kosteneinsparungen durch organisatorische Verbesserung des Bestell- und Lagerwesens, EDV-gestützte Termin- und Kostenplanung sowie der Material- und Arbeitsflüsse erzielt werden.

4. Beispiele aus der Schweißpraxis

Der Anstieg der Materialpreise und Stundensätze in den letzten Jahren hatten nachhaltig die Verbesserung der Schweißkonstruktionen und die Rationalisierung der Fertigung in den Betrieben beschleunigt.

Folgende Musterbeispiele aus der Praxis des Stahl- und Maschinenbaues sowie des Apparate- und Druckbehälterbaues belegen das fortlaufende Bemühen der Betriebe zur verfeinerten Kostenermittlung und Schweißkostensenkung:

- Werkstoffänderungen
- Halbzeugänderungen
- Schweißnahtoptimierungen
- Verfahrensumstellungen

Weitere Beispiele zur Kostenermittlung und Senkung der Schweißkosten sollen zur Vertiefung der Kenntnisse beitragen.

5. Fazit und Ausblick

Bei der Kostenrechnung und Kalkulation von Schweißarbeiten in kleineren und mittleren Betrieben werden vorwiegend die Methoden der Betriebsstundensatz- und Zuschlagskalkulation eingesetzt. Die Kalkulationsmethoden Maschinen-Stundensatz,- Prozesskosten- und Deckungs-beitragsrechnung werden weniger angewandt.

Schweißkosten-Einsparungen bei Metall-erzeugnissen können im wesentlichen erreicht werden durch folgende Maßnahmen:

- Wirtschaftliche Schweißkonstruktionen durch optimale Auswahl von Werkstoffen, Halbzeugen und Schweißnähten

Kurzfassung (4)

- Wirtschaftliche Schweißproduktion durch optimalen Einsatz von leistungsfähigen Schweiß- und Schneidverfahren einschließlich Verbesserungen der Maschinenauslastung sowie der Organisation und Kommunikation.

Weitere Beispiele sollen das Verständnis für die Zusammenhänge unterschiedlicher Kosten-Ermittlungsmethoden und die Möglichkeiten der Schweißkostensenkung beim Einsatz der Schmelzschweißverfahren vertiefen und das Thema abrunden.

In der Zukunft wird insbesondere durch die Globalisierung und durch den EU-Binnenmarkt der internationale Wettbewerbsdruck auf die deutschen Betriebe weiter zunehmen. Betriebe, die die steigenden Anforderungen bei der Entwicklung und Herstellung von Schweiß-produkten besonders durch Produkt- und Prozessinnovationen, Qualitätssicherung und Kostensenkung erfüllen, haben auch in der Zukunft gute Wettbewerbschancen.

Schrifttumauswahl:

(1) VDI: VDI-Richtlinie 3258, Kostenrechnung mit Maschinenstundensätzen, Blatt 1 und 2, VDI-Verlag, Düsseldorf 1962/64

(2) Warnecke, Hans.J. u.a.: Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure, Carl Hanser Verlag, München 1990

(3) Günther Aichele, Werner Spreitz: Kostenrechnen und Kostensenken in der Schweißtechnik; Handbuch zum Kalkulieren, wirtschaflichen Konstruieren und Fertigen; DVS-Verlag, Düsseldorf 2001

(4) Pomaska: Das Metallschutzgasschweißen im Einsatz, Linde Sonderdruck, Höllriegelskreuth 1981

(5) Fiehn: Halbmaschinelles und maschinelles Schweißen, DVS-Verlag, Düsseldorf 1965

(7) HMF BW : Betriebsvergleich 2004, Handwerksverband Metallbau und Feinwerktechnik Baden-Württemberg, Stuttgart 5/2006

(8) VDI: VDI-Richtlinie 3321, Wirtschaftlichkeitsrechnung in der industriellen Fertigung, Blatt 1-4, VDI-Verlag, Düsseldorf 1970/74/81

(9) Sonnenberg, Hugo: Betriebslehre und Arbeitsvorbereitung, Band 1- Betriebswirtschaftliche Grundlagen, Band 2- Kostenrechnung, Arbeitsstudium, Vieweg-Verlag, Braunschweig/Wiesbaden 1987/1991

(10) Olfert, Klaus und Reichel, Christopher: Kompendium der praktischen Betriebswirtschaft, Band 1- Kostenrechnung, Band 2- Investition, Friedrich Kiehl Verlag, Ludwigshafen 2005/2006

Einleitung und Ausgangslage

In meinem Vortrag zum Thema
„Schweißkosten sparen im Klein- und Mittelständischen Betrieb“ werde ich bei der Herstellung von Schweißprodukten über den wirtschaftlichen Einsatz von Schmelzschweiß-verfahren, insbesondere im Stahl-, Behälter- und Maschinenbaubetrieb berichten.

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

Für den verantwortlichen Schweißexperten
hat sich aber die grundsätzliche Aufgabenstellung zur Erfüllung der gegensätzlichen Zielsetzungen, Schweißprodukte mit hoher Schweiß-qualität 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 folgende Folie
„Grundsätzliche Probleme und Lösungen bei der Herstellung von Schweißprodukten“ zeigt diese Zusammenhänge auf.

Grundsätzliche Probleme und Lösungen bei der Herstellung von Schweißprodukten

Schweißprodukte

Konstruktion - Produktion

o Probleme durch gegensätzliche Zielsetzungen wie

Schweißkosten senken

<----------

Schweißqualität erhöhen

---------->

o Problemlösungen durch Kompromisse wie

- ***Optimierung Schweißkosten*** > *Produktivität* **/** *Wirtschaftlichkeit*

- ***Optimierung Schweißqualität*** **>** *Qualitätssicherung*

Volkswirtschaftliche Bedeutung der Schweißtechnik bei der Produktion und Anwendung in Deutschland 2003

Gesamtwirtschaftliche Wertschöpfung aus Produktion und Anwendung der Fügetechnik	**27,0 Mrd. €**	**100%**
davon Schweißtechnik Produktion und Anwendung	19,0 Mrd €	70%
Aufteilung Schweißtechnik Produktion	1,9 Mrd €	10%
Aufteilung Schweißtechnik Anwendung	17,1 Mrd €	90%
Beschäftigte direkt oder indirekt in der Fügetechnik	**640 000**	**100%**
davon Schweißtechnik Produktion und Anwendung	455 000	71%
Aufteilung Schweißtechnik Produktion	17 000	4%
Aufteilung Schweißtechnik Anwendung	438 000	96%

Durch ihre vielen Anwendungen ist die Schweißtechnik eine volkswirtschaftlich besonders wichtige Schlüsselbranche

**** Wertschöpfung = Produktionswert minus Vorleistungen***

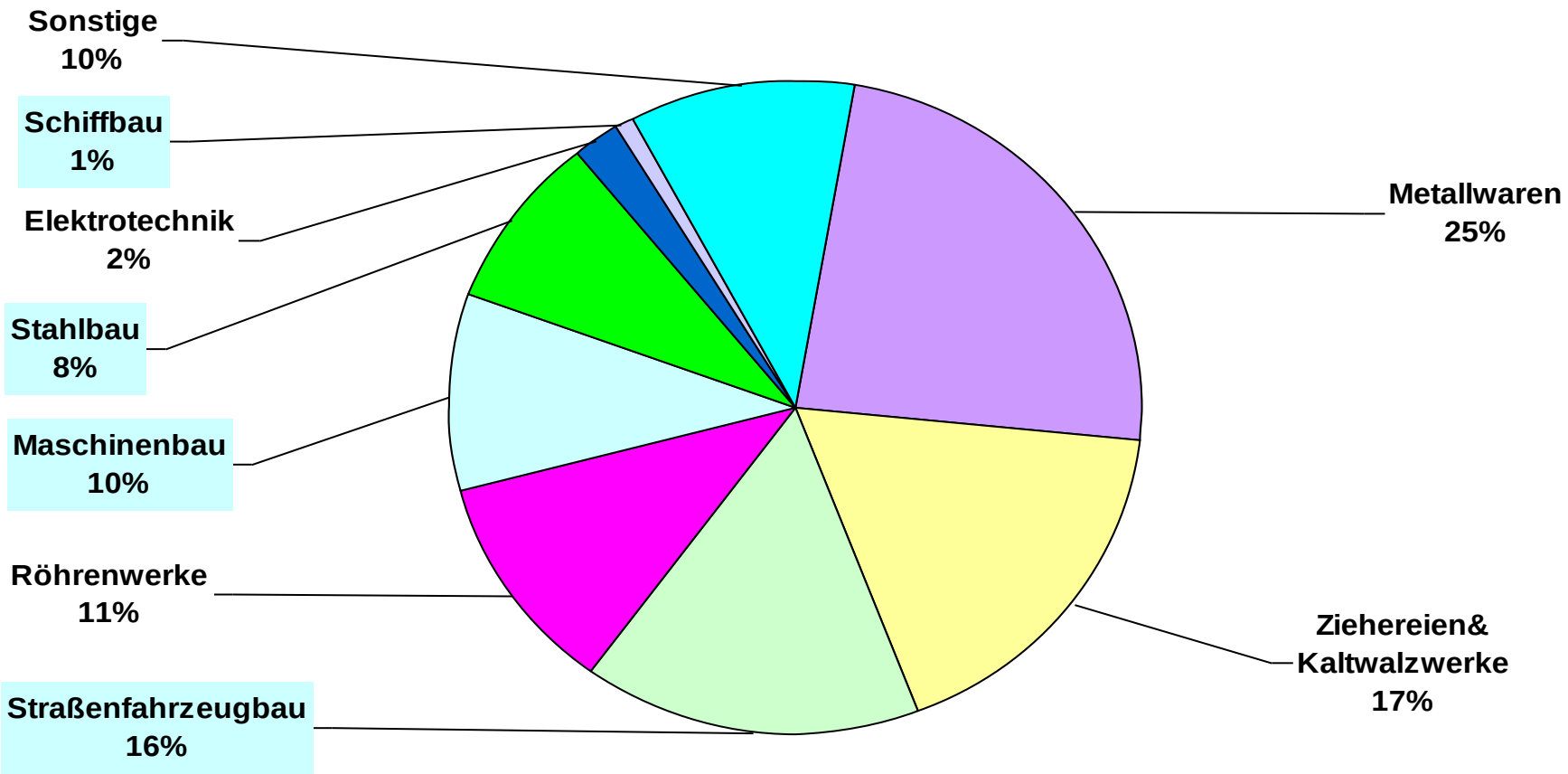
Die Schweißtechnik ist mit 3,4 % an der Wertschöpfung und 4,3% bei den Beschäftigten im produzierenden Gewerbe beteiligt.

Quelle: DVS-Studie 2005 aus VDI nachrichten 30.9.2005 und www.dvs-ev.de/aktuell vom 30.09.2005

Stahlverwendung von warmgewalzten Erzeugnissen in Deutschland 2005

Gesamt 37,8 Mio. t *

davon Anteile Flach- / Lang-Erzeugnisse 66 / 34%**

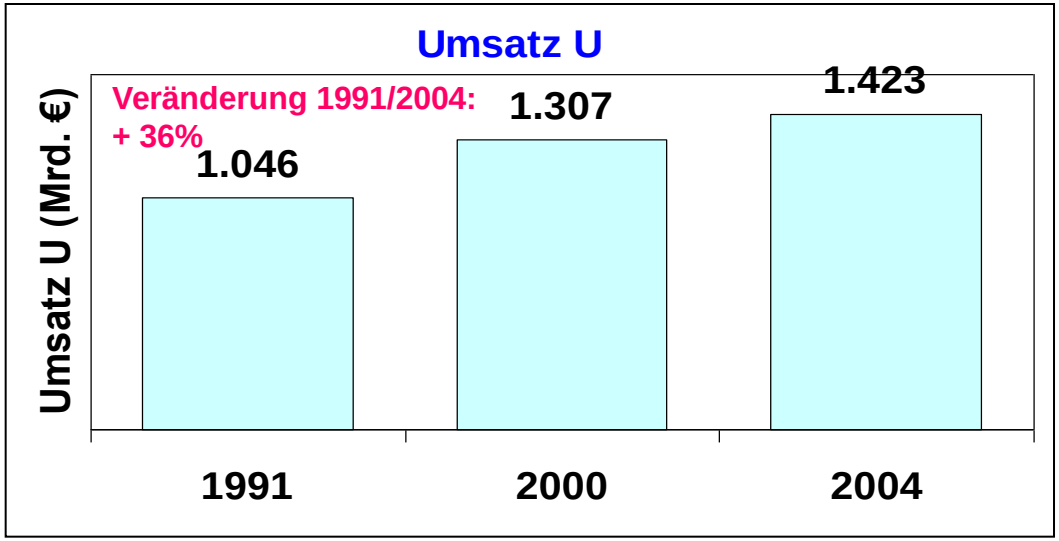


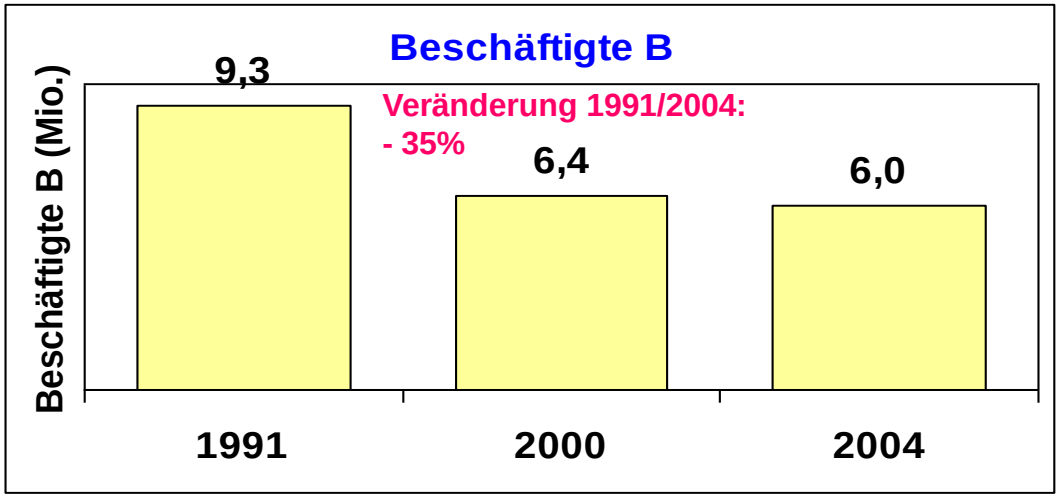
*** Nachrichtlich: Rohstahlerzeugung 44,5 Mio. t**

** **Flacherzeugnisse:** Stahlblech, Breitflachstahl, Bandstahl u.a.;
Langerzeugnisse: Profile, Stabstahl, Walzdraht u.a.

Quelle: Stat. Bundesamt, Stahl-Zentrum, WSW Wirtschaftsverband Stahl- und Metallverarbeitung aus www.stahl-online.de vom 25.8.2006

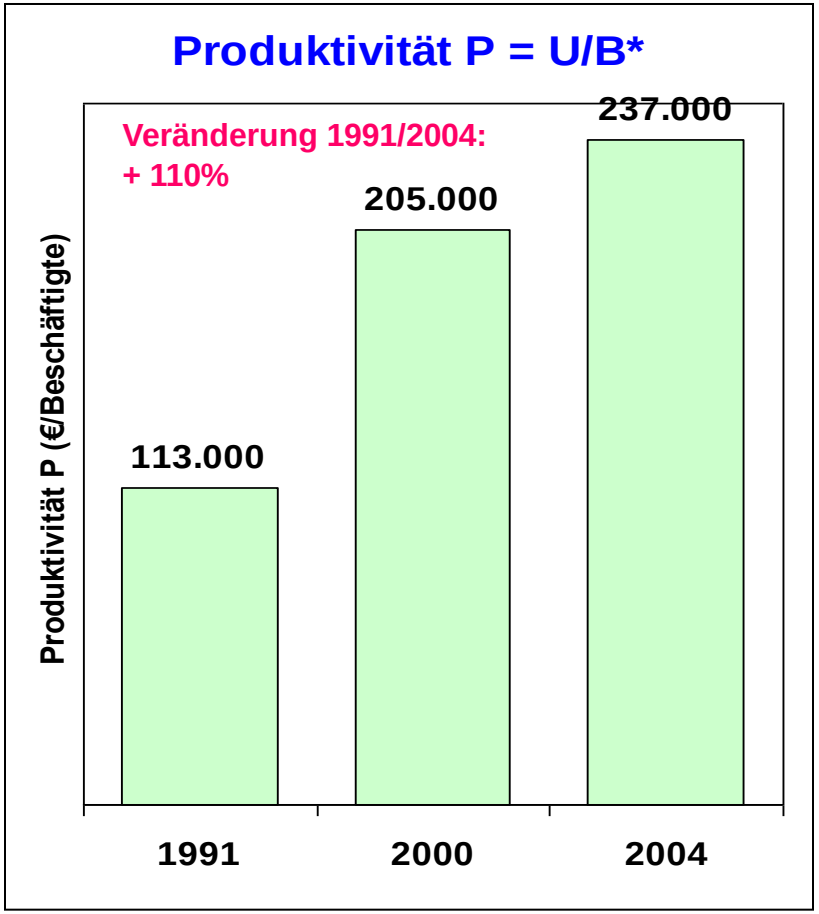
Entwicklung der Produktivität in der Industrie in Deutschland 1991-2004





Mehr Umsätze mit weniger Beschäftigten

Verbesserung der Produktivität



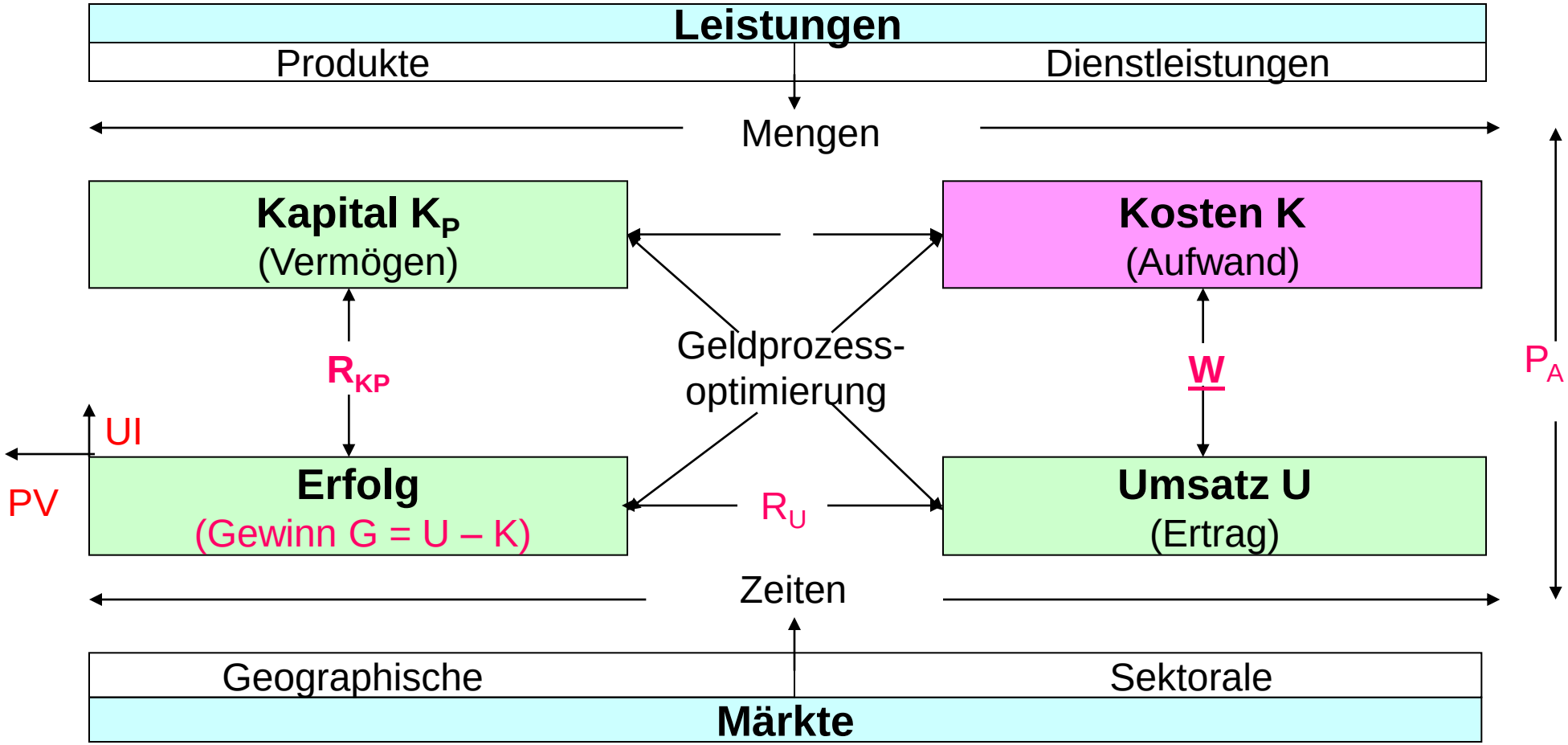
*** Nachrichtlich:**
Produktivität P im Handwerk im Jahr 2004
93.000 €/Beschäftigte

Quellen: Statistisches Bundesamt 2006; www.destatis.de; www.zdh.de

Zusammenhänge zur Geldprozessoptimierung im Unternehmen [1-5)]

Wichtige Unternehmensziele

- Leistungsbedarf der Märkte decken
- Kapital durch Gewinne vermehren



1) Zielgrößen: Leistungen und Märkte

2) Wertgrößen: Kapital, Kosten, Umsatz und Gewinn

3) Wichtige Kenngrößen:

W = Wirtschaftlichkeit, **P_A = Arbeitsproduktivität,**

R_U = Umsatz-Rentabilität, R_{Kp} = Eigen- / Gesamtkapital-Rentabilität

4) Bezugsgrößen: Mengen, Zeiten

5) Wichtige Gewinnabflüsse:

- PV = Privatvermögen,
- UI = Unternehmensinvestitionen

Erfolgsstrategien zur Wirtschaftlichkeit im Schweißbetrieb (1)

Optimierung Geldprozess

- Ausschnitt Wirtschaftlichkeit (Produktivität)

Produkte

(Kapital) ↔ **Kosten K** $k_S \times M_P$

f { - Produkte
- Stückkosten
- Produktionsmengen
- Betrieb

↕ → **W**

(Gewinn) ↔ **Umsatz U** $P_V \times M_A$

f { - Produkte
- Verkaufspreise
- Absatzmengen
- Märkte

Märkte

- Ausschnitt Stückgewinn

Produkte

↓ **Stückkosten** k_S

↕ → G_{St}

Verkaufspreis P_V

↑ Märkte

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

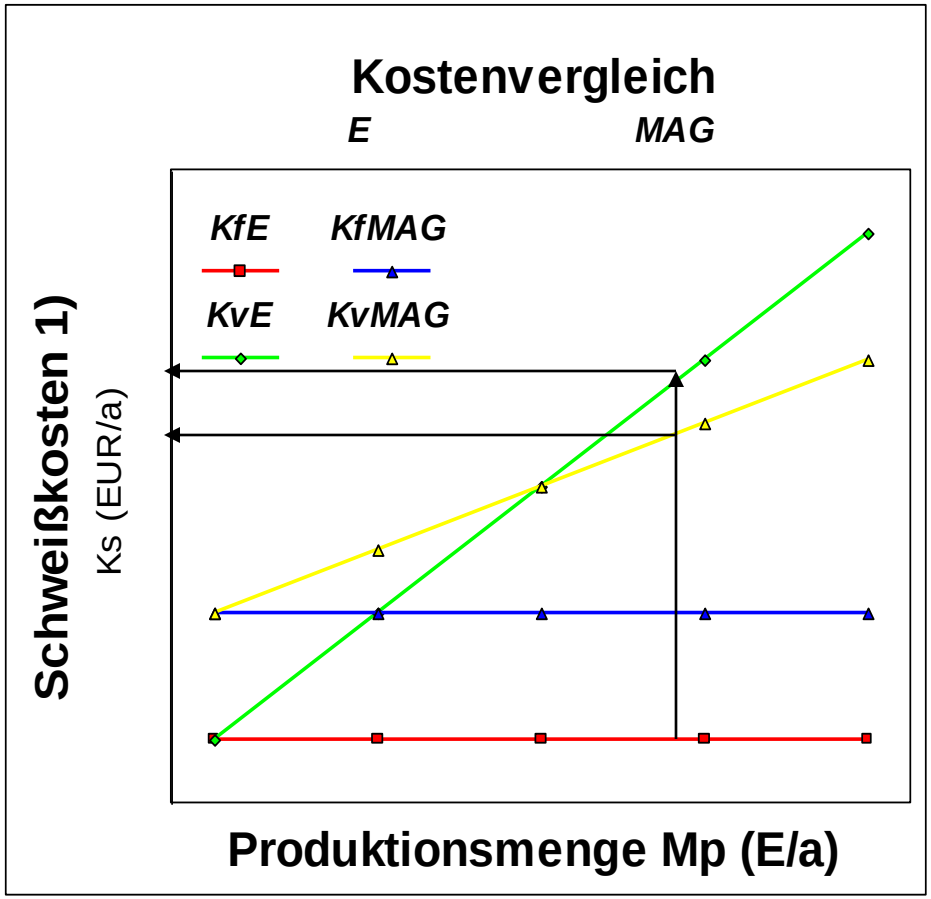
Stückgewinn G_{St}
$P_V - k_S$ (€/St)

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

Erfolgsstrategien zur Wirtschaftlichkeit im Schweißbetrieb (2)

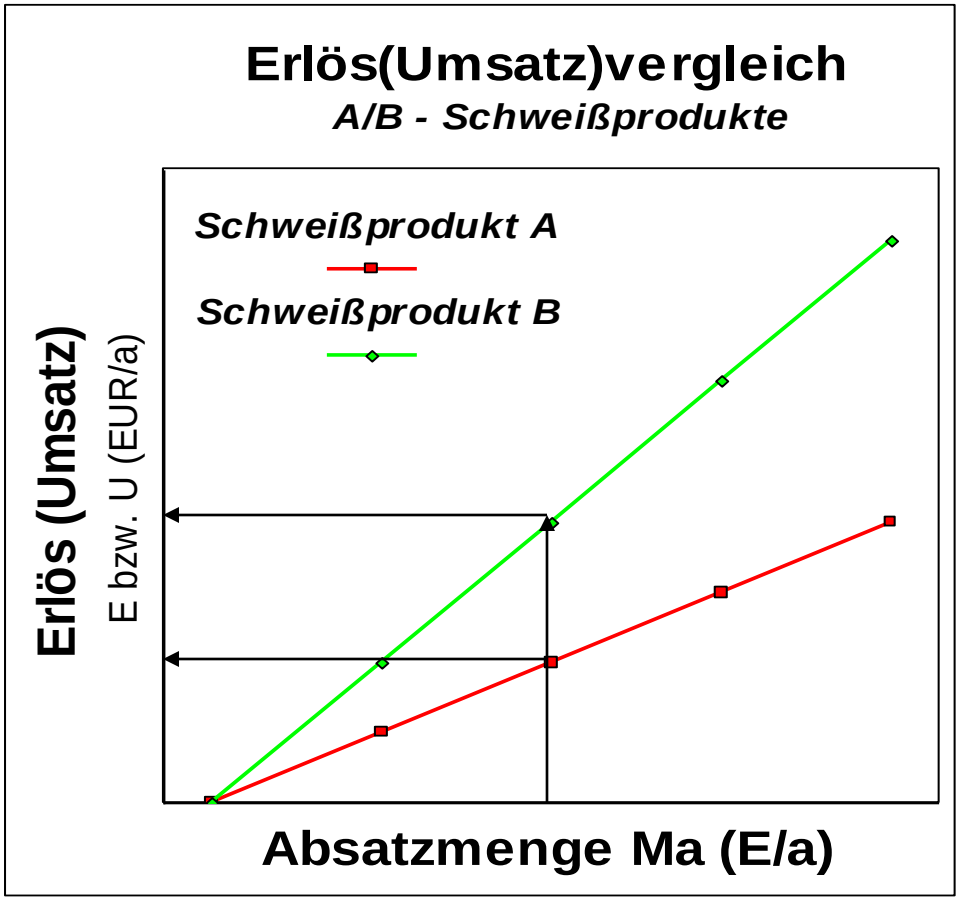
3. Kostenvergleich

E/MAG-Schweißverfahren



4. Erlös(Umsatz)vergleich

A/B-Schweißprodukte



1) Ks = Kf fixe(zeitabhängige) Kosten + Kv variable(mengenabhängige) Kosten)

Übersicht ausgewählter Kostengrundlagen

Kostenbegriff:

Kosten sind der bewertete Verbrauch von Produktionsfaktoren wie Arbeit, Material, Betriebsmittel, Energie zur unmittelbaren Leistungserstellung.

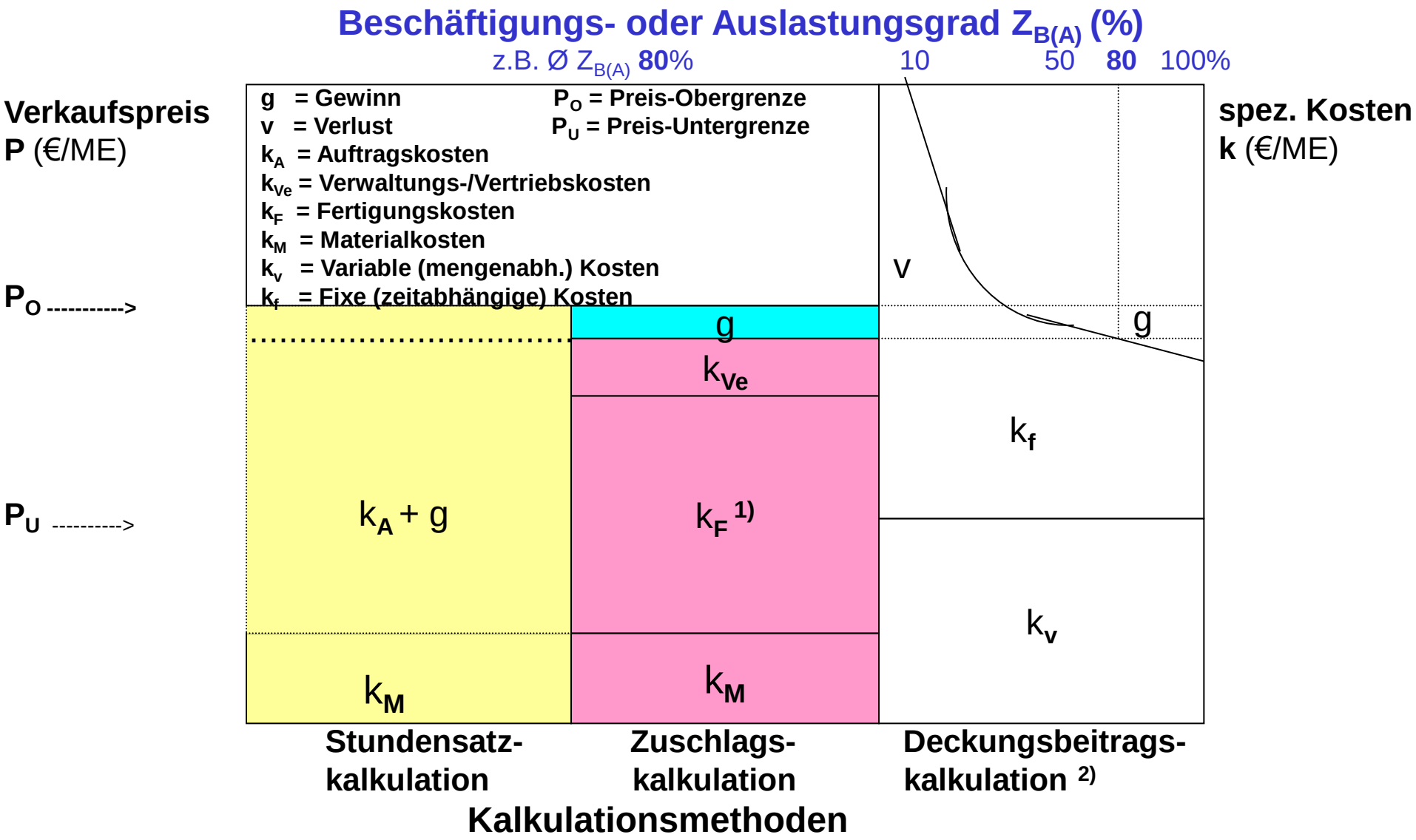
Kostenrechnungseinteilung:

Wesentliche Einteilung

Kalkulation **Vor- und Nachkalkulation**	**Wirtschaftlichkeitsrechnung**
Erzeugnis, Auftrag, Losgröße	**Betrieb, Produkte, Verfahren**
Methoden - Vollkostenrechnung - Teilkostenrechnung	***Methoden*** - Statische Wirtschaftlichkeitsrechnung - Dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung
Beispiele **- Stundensatz-Kalkulation** **- Zuschlags-Kalkulation** **- Maschinenstundensatz-Kalkulation** **- Deckungsbeitrags-Kalkulation**	**Beispiele von stat. W-Methoden** **- Kostenvergleichs-Rechnung** **- Gewinnvergleichs-Rechnung** **- Rentabilitäts-Rechnung** **- Amortisations-Rechnung**

Zeit/Kostenaufwand bzw. Ergebnisgenauigkeit

Kalkulationsmethodenvergleich im Schweißbetrieb



1) Maschinenstundensatzkalkulation (z.B. verfeinerte Zuschlagskalkulation > Fertigungskosten k_F = Fertigungslohnkosten k_{FL} + Maschinenkosten k_{Ma} A;B,C..+ Restgemeinkosten k_{RG})

2) Deckungsbeitrag DB = Verkaufserlös – variable Kosten

Richtwerte für Gemeinkostenzuschlagssätze bei der Zuschlagskalkulation in Metallhandwerksbetrieben in Baden-Württemberg mit Beispiel im Stahlbau 2004 (1)

Pos.	Benennung	Formel	Zuschlagssätze z (%)* Beschäftigte 1 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20	Beispiel Werkstoff S 235 JRG2 €/t 5)
1	Materialeinzelkosten	3, 5)					600
2	Materialgemeinkosten	P1 x Z_{MG}/100	25	30	25	15	150
3	Materialkosten	P1 + P2	Z_{MG} = Ø 25%				750
4	Fertigungslohnkosten	5)					224
5 A	Fertigungsgemeinkosten	P4 x Z_{FG} /100	170	175	185	195	415
5 B	F-Gemein-kosten 4) 20 Handarbeit 21 Maschinenarbeit 22 Schweißarbeit 23 Montage	P4 x Z_{FG}/100	*140* *180* *230* *140*	*150* *190* *245* *150*	*160* *200* *255* *160*	*180* *230* *275* *180*	-
6	Fertigungskosten	P4 + P5	Z_{FG} = Ø 180%				639
7	Sondereinzelkost. Fertigung						-
8	Herstellkosten	P3 + P6 + P7					1 389
9	Verwaltungsgemeinkosten	P8 x Z_V/100	15	15	14	12	195
10	Sondereinzelkosten Vertrieb						-
11	Selbstkosten	P8 +P9 + P10					1 584

Richtwerte für Gemeinkostenzuschlagssätze bei der Zuschlagskalkulation in Metallhandwerksbetrieben in Baden-Württemberg mit Beispiel im Stahlbau 2004 (2)

Pos.	Benennung	Formel	Zuschlagssätze z (%)* 1)				Beispiel Werkstoff S 235JRG2 €/t 5)
			Beschäftigte				
			1 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20	
12	Gewinn 2)	P11 x Z_G/100	13	9	10	7	158
13	Kalkulatorischer Preis ohne MwSt	P11 + P12					1 742
14	Mehrwertsteuer MwSt	P13 x Z_M/100	16				279
15	Angebots- oder Verkaufspreis	P13 + P14	mit 16% MwSt				2 021
	Kennwerte für Überschlagskalkulation						
16	Spez. Angebots-/ Verkaufspreis	P15 / 1.000 kg					2,02 €/kg
17	Netto-Umsatzanteil der Materialkosten	P3 / P13 x 100%					37%

* Geschätzte Richtwerte für das Jahr 2004 (letzte Erhebung in Baden-Württemberg für 1989)

1) Zuschlagssätze für Fremdleistungen in NRW je nach Betriebsgröße 23 / 17 / 19 / 10 % (Ø 14%)

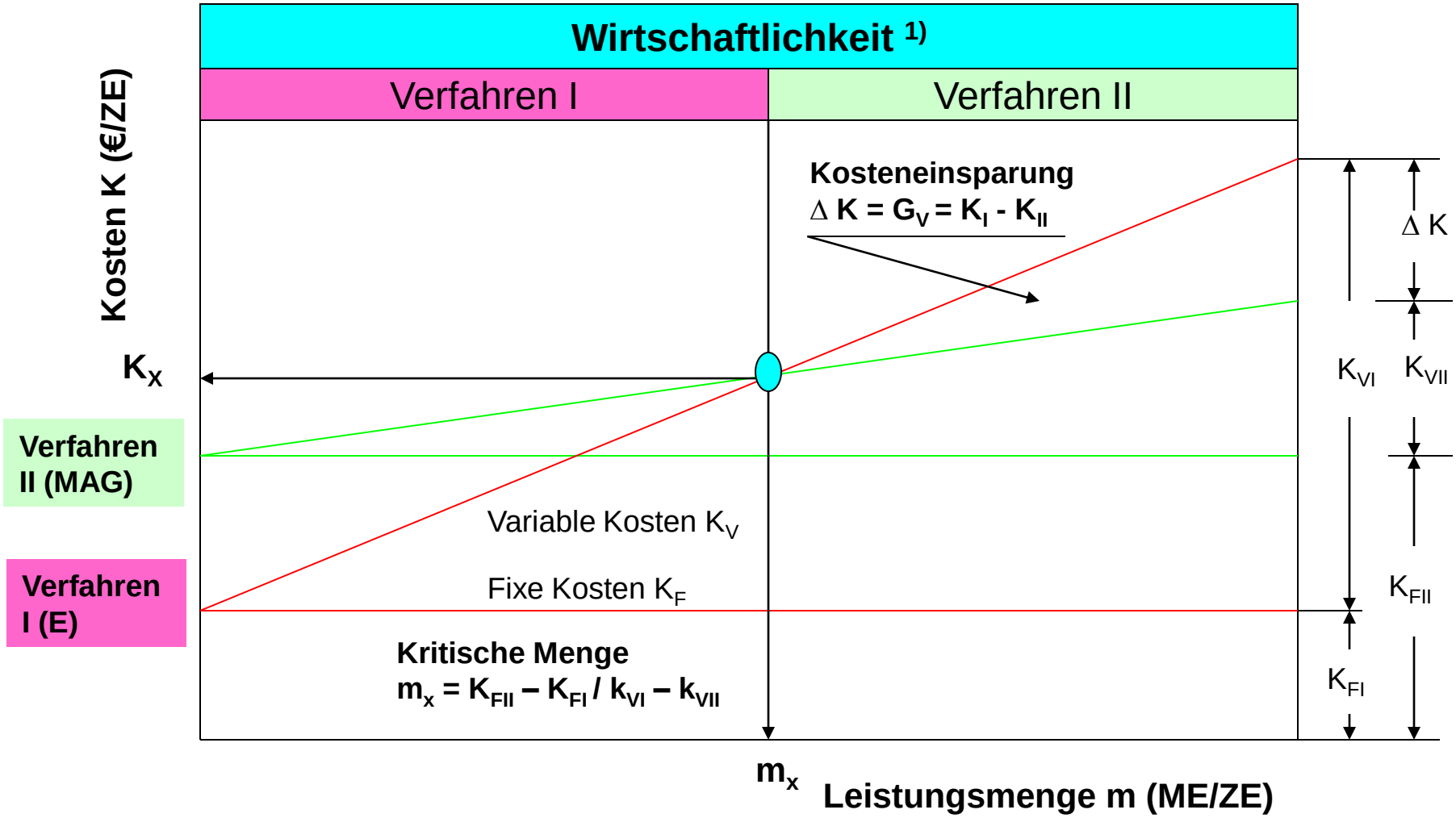
2) enthält kalkulatorische Kosten, z. B. Unternehmergehalt 3) / 4) ohne / mit Schweißmaterial

5) Beispiel aus dem Stahlbau für Betriebe mit 10 bis 20 Beschäftigte im Jahr 2004

- Materialeinzelkosten k_{ME} = Menge x Preis = 1.000 kg/t x 0,60 €/kg = 600 €/t
- Fertigungslohnkosten k_{FL} = Zeit x Lohn = 16 h/t x 14 €/h = 224 €/t
- F-Stundensatz St_F = Lohn (1+ z_{FG} /100) = 14 € x (1+ 185/100) = 40 €/h

Quellen: MHW-BW - Betriebsvergleich 1989 und 2004 im Metallhandwerk Baden-Württemberg, Stuttgart 5-1991/ 5-2006
LGH-NRW - Betriebsvergleich 2002 im Metallbauhandwerk NRW, Düsseldorf 2004

Wirtschaftlichkeit beim Verfahrenskostenvergleich im Schweißbetrieb



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

Betriebsvergleich im Handwerksverband Metallbau und Feinwerktechnik Baden-Württemberg 2004

Beispiel Betriebsgröße II: 5 – 9,9 / Ø 7,25 Beschäftigte [3)]

o Jahresumsatz mit Aufwand(Kosten)struktur: [1,2)]:

Ø 556.091 € **100%**

Gewinn [4)]		**9,1%**
Auf-wand	**Fremdleistungen**	**4,6%**
	Abschreibungen	**4,5%**
	Sonstiger Aufwand	**16,0%**
	Personalaufwand (ohne Betriebsinhaber- bzw. GF-Gehalt)	**36,0%**
	Materialaufwand	**29,8%**

Jahres-Umsatz und Aufwand

Ø 89.155 € ***16,0%***

Aufwandsanteile wie	**9,9%**
- Finanzierungskosten	
- Kfz	
- Büroaufwand	
- Gewerbesteuer	
- Versicherungen, Gebühren	
- Rechts-/Steuer-Beratungen	
- Werbung	
- Sondereinzelkosten Vertrieb u.a	
Raumaufwand	**3,3%**
Instandhaltung M.G.B.	**0,7%**
Werkzeuge, Geräte < 400 €	**0,7%**
Energieaufwand	**0,7%**
Hilfs-/Betriebsstoffe	**0,7%**

Sonstiger Aufwand

o Wesentliche betriebswirtschaftliche Kennzahlen:

Ø Unternehmens-Produktivität	**77 T€/Beschäftigte**
Ø Gesamtkapital-Rentabilität [5)]	**12 %**
Ø Lohnumsatz / produktive Stunde [6)]	**48 €/h**

1) Gesamtumsatz und Aufwand ohne 16 % Mehrwertsteuer
2) Aufwandsanteile beziehen sich hier auf die Gesamtbetriebsleistung (Umsatz)
3) Ø Jahresarbeitsstunden = 36 h/Woche x 41 Wochen/Jahr) + Krankentage =1 480 h/a
4) Gewinn enthält Betriebsinhaber- bzw. GF-Gehalt
5) Gesamtkapitalrentabilität = (Gewinn + Fremdkapitalzinsen)/ Gesamtkapital x 100
6) Lohnumsatz je Stunde = (Gesamtbetriebsleistung GBL– Fremdleistungen FL - FL-Zuschlag - Material M - M-Zuschlag) / produktive Beschäftigte

Quelle:
HMF - Betriebsvergleich 2004, Handwerksverband Metallbau und Feinwerktechnik Baden-Württemberg, Stuttgart 5/2006

Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland 2004*

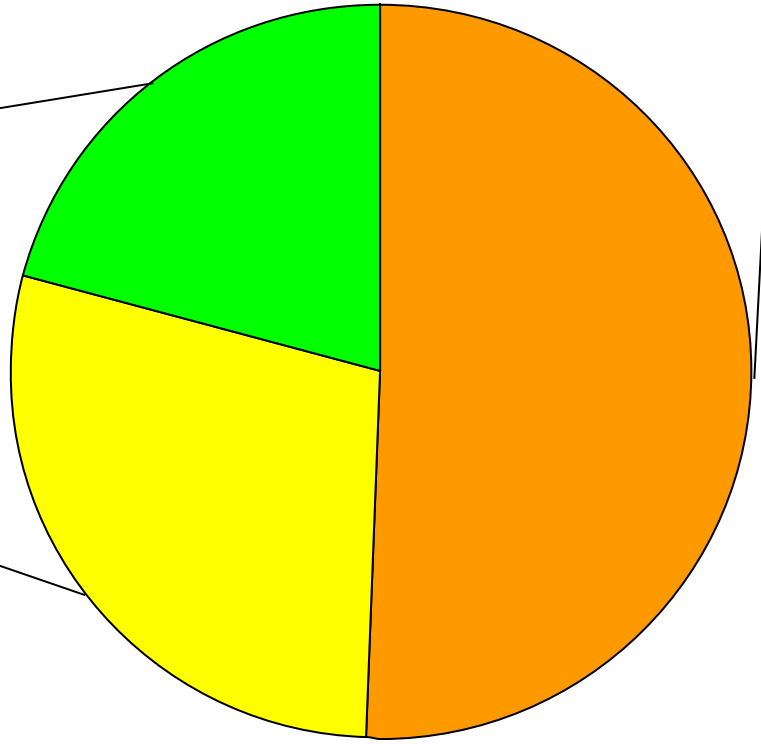
Beispiel Maschinenbaubranche [1)]

Sonstige Kosten
20,7%

davon
- Abschreibungen 2,3%
- F-Kapitalzinsen 0,9%
- Kostensteuern 0,9%
- Mieten/Pachten 1,7%

Personalkosten
28,7%

davon
- Bruttolohn/Gehalt 23,2%
- Sozialkosten 5,5%



Materialkosten
50,6%

davon
- Material 41,0%
- Einsatz an Handelsware 6,2%
- Kosten für Lohnarbeit 3,4%

Trend: Kostensenkungsmaßnahmen bei Material und Personal

* Unternehmen ab 20 Beschäftigten einschließlich Handwerk

1) Branche mit 5.976 Unternehmen, 958.679 Beschäftigten und Bruttoproduktionswert (BPW) 170,0 Mrd. €, Bruttoproduktionswert 177.302 €/Beschäftigten ; Personalkosten 50.937 €/Beschäftigten

2) Bruttoproduktionswert BPW = Gesamtumsatz ohne Umsatzsteuer plus/minus Bestandsveränderungen an fertigen/unfertigen Erzeugnissen plus selbsterstellte Anlagen.

Quelle: IHK Dresden- PDF-Kostenstruktur der Unternehmen in ausgewählten Zweigen des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland 2004, www.dresden.ihk.de vom September 2006 aus Statistisches Bundesamt 2006

Effizienzsteigerung im verarbeitenden Gewerbe bei Arbeit, Material und Energie in BRD-West 1960-2000

Effizienz oder Produktivität
ist das Verhältnis von Output zu Input oder Nutzen zu Aufwand

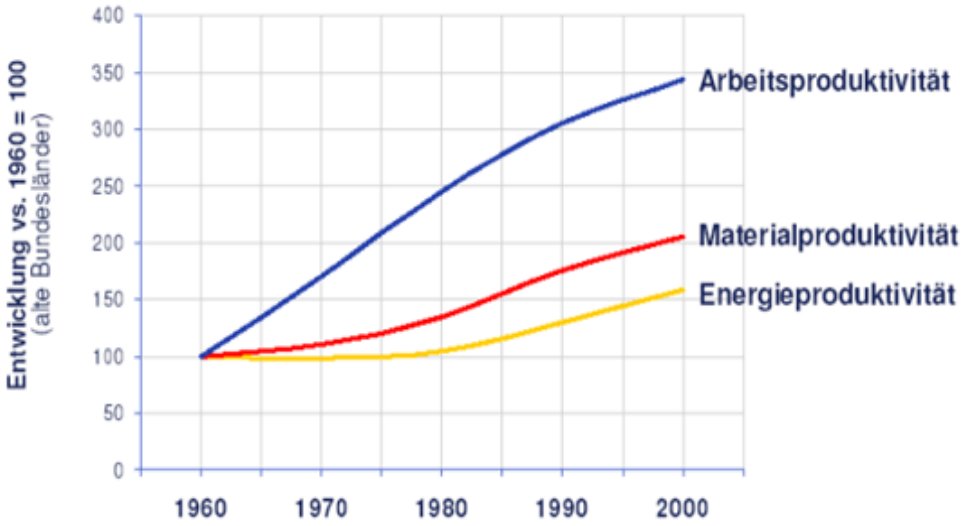
Die Materialeffizienz steht heute im Blickpunkt
und kann als Verhältnis der hergestellten Produkte zur Menge der eingesetzten Materialien definiert werden

Materialeffizienz = Produkt-Output / Material-Input (-)

Was bedeutet Materialeffizienz für die Industrie?
Die Produktionskosten im verarbeitenden Gewerbe setzen sich zusammen aus den Personalkosten und **Kosten für Material**, Energie, Abschreibungen, Mieten und Sonstiges.

Der prozentuale Anteil der einzelnen Kosten ist zwar stark von der jeweiligen **Branche** abhängig, jedoch sind für das **Verarbeitende Gewerbe** die **Materialkosten mit ca. 50 %** der zentrale Kostenblock. Personalkosten machen ungefähr 25 % aus.

Ansatzpunkte zur Steigerung der Materialeffizienz sind:
- Optimierung von Konstruktion und Produktdesign
- Verminderung von Materialverlusten durch Qualitätsverbessungen
- Reduzierung von Verschnitt und Abfall



Seit 1960 bis 2000 ist angestiegen

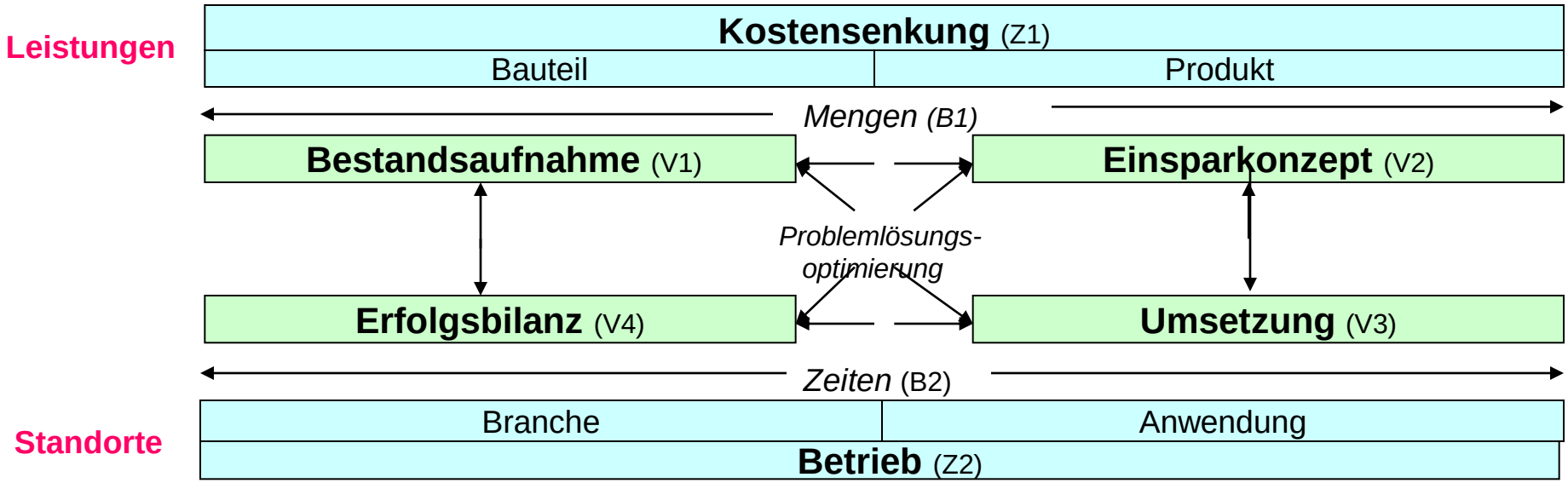
- **die Arbeitsproduktivität um den Faktor 3,5**
- **die Materialproduktivität nur um den Faktor 2,0**
- **die Energieproduktivität erst um den Faktor 1,5**

Untersuchungen haben gezeigt, dass beispielweise **erhebliches Potenzial zur Senkung der Materialkosten besteht**. Eine 20-30%ige Steigerung der Materialeffizienz bis zum Jahr 2016 erscheint durchaus realisierbar zu sein. Das Potenzial für Material-Effizienzsteigerungen Ist in vielen Unternehmen noch nicht ausgeschöpft.

Quellen: vdi nachrichten 9.9.05, Deutsche Materialeffizienzagentur, Berlin, www.materialeffizienz.de vom 21.9.05

Kostensenkungsprogramm im Schweißbetrieb

Modell Problemlösung [1)]



Stufenplan Vorgehensweise

1. Bestandsaufnahme (Situation und Ist-Analyse)

2. Einsparkonzept (Strategie und Bewertung (Diagnose)

Schweißkonstruktion	
Bauteil (B)	**Schweißnaht (S)**

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

(m_S)

- **< Wanddicke / Nahtdicke**

- **Maßnahmenempfehlung** (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)

3. Umsetzung

- **Durchführungsplan (Therapie)**
  (Maßnahmen A‘, B‘, C‘..)

4. Erfolgsbilanz (Evaluierung)

- **Soll- / Istvergleich**
- **Branchenvergleich**

1) Zielgrößen (Z), Vorgehensgrößen (V), Bezugsgrößen (B), 2) Schweißzeit t_S = Weg/Geschwindigkeit = m : m/min (min)

Ausgewählte wirtschaftliche 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 Produktlebens-zyklus in den Kostenfeldern

  - Entwicklung / Konstruktion
  - ***Produktion / Montage***
  - Nutzung / Betrieb
  - Entsorgung / Verwertung

Ausgewählte wirtschaftliche 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 durch*

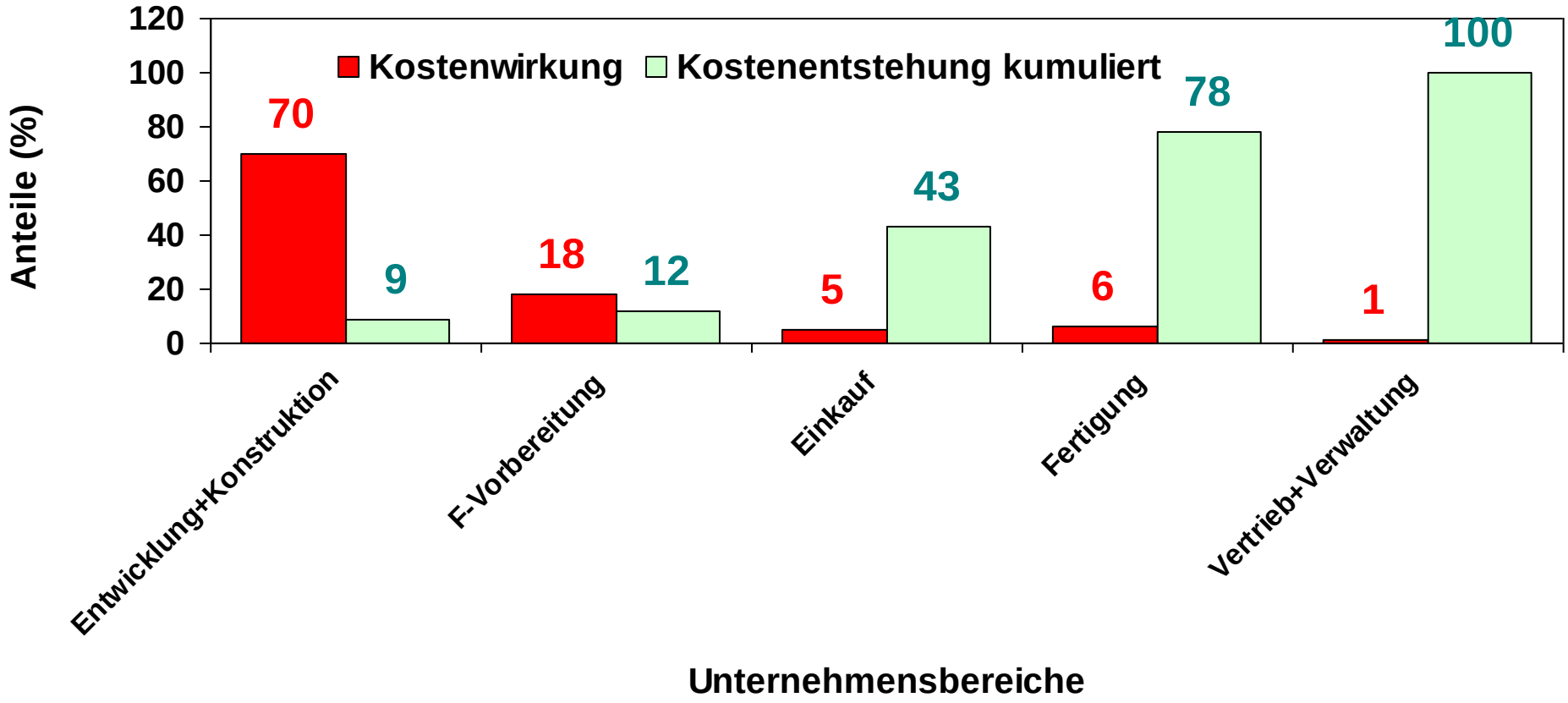
o Bauteile/Produkte

- Masse (Gewicht) senken
  - Optimierung von Konstruktion und Produktdesign
  - Verminderung von Materialverlusten durch Qualitätsverbessungen
  - Reduzierung von Verschnitt und Abfall
- Materialeinkaufspreis senken

o Schweißnähte

- Schweißnaht-Masse (Gewicht) senken
- Schweißzusatzeinkaufspreis senken

Bedeutender konstruktiver Wirkungsanteil auf die Höhe der Produktkosten



Engineering entscheidet über den Produktpreis:

Der Kosteneinfluss durch die Konstruktion übersteigt den der übrigen Unternehmensbereiche um ein Vielfaches

Quelle: VDMA aus Kostenfalle Produktentwicklung, VDI nachrichten vom 2.10.2003

Materialkostenvergleich S 355 bis S 960 in Abhängigkeit von der Streckgrenze

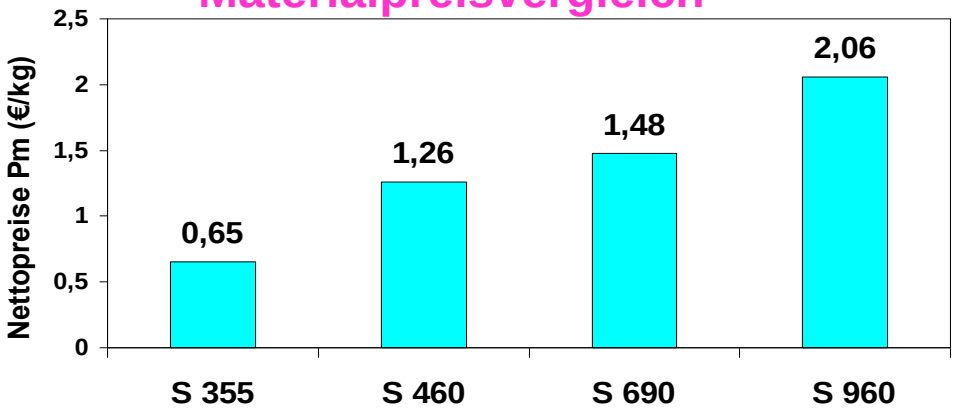
Un- und niedriglegierte Stahlbleche mit der Wanddicke s = ab 3 mm [1,2)]						
Benennung	F-Zeichen / Einheit	Stahlsortenvergleich				
		S 355	S 460	S 690	S 960	
Materialnettorichtpreis	P_M (€/kg)	0,65	1,26	1,48	2,06	
Materialpreisverhältnis	f_{MP} > S 235 = 100	100	194	229	317	
Streckgrenze	Rm‘‚ (N/mm²)	355	460	690	960	
Streckgrenzenverhältnis	$f_{Rm‘‘}$ > S 235 = 100	100	196	294	409	
Materialkostenvergleichsfaktor	f_{MKV} (-)	1,0	0,99	0,78	0,77	

1) Grobbleche bei einer Abnahmemenge größer 10 t mit der Basisgüte unlegierter Baustähle S 355 J2G3 (St 52) im Vergleich zu den Feinkornbaustählen S 460 ML, S 690 QL und S 960 QL für den Stahlbau und Baumaschinenbau

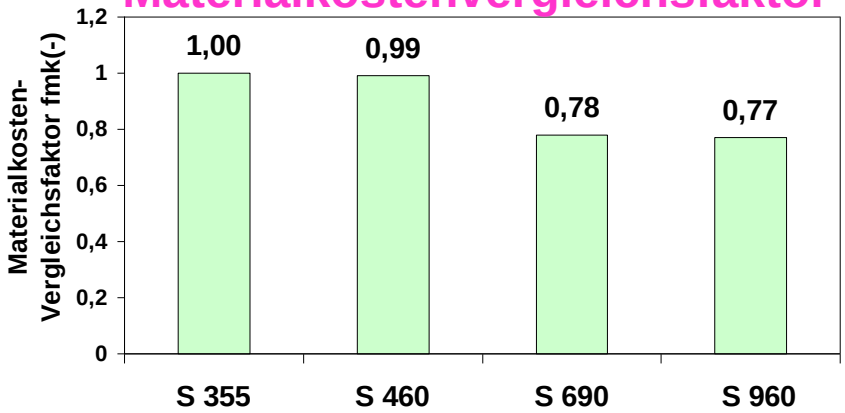
2) zum Vergleich kaltgewalzte Feinbleche nach DIN EN 10 130, s = 0,5-3 mm = z.B. DC 01 (vormals St 12.03) 0,60 EUR/kg bei größer 10 t

* Materialkostenvergleichsfaktor f_{MKV} = Materialpreisverhältnis f_{MP}‘ / Streckgrenzenverhältnis $f_{Rm‘}$ **Preisstand: 7/2005-Region Ulm**

Materialpreisvergleich



Materialkostenvergleichsfaktor*

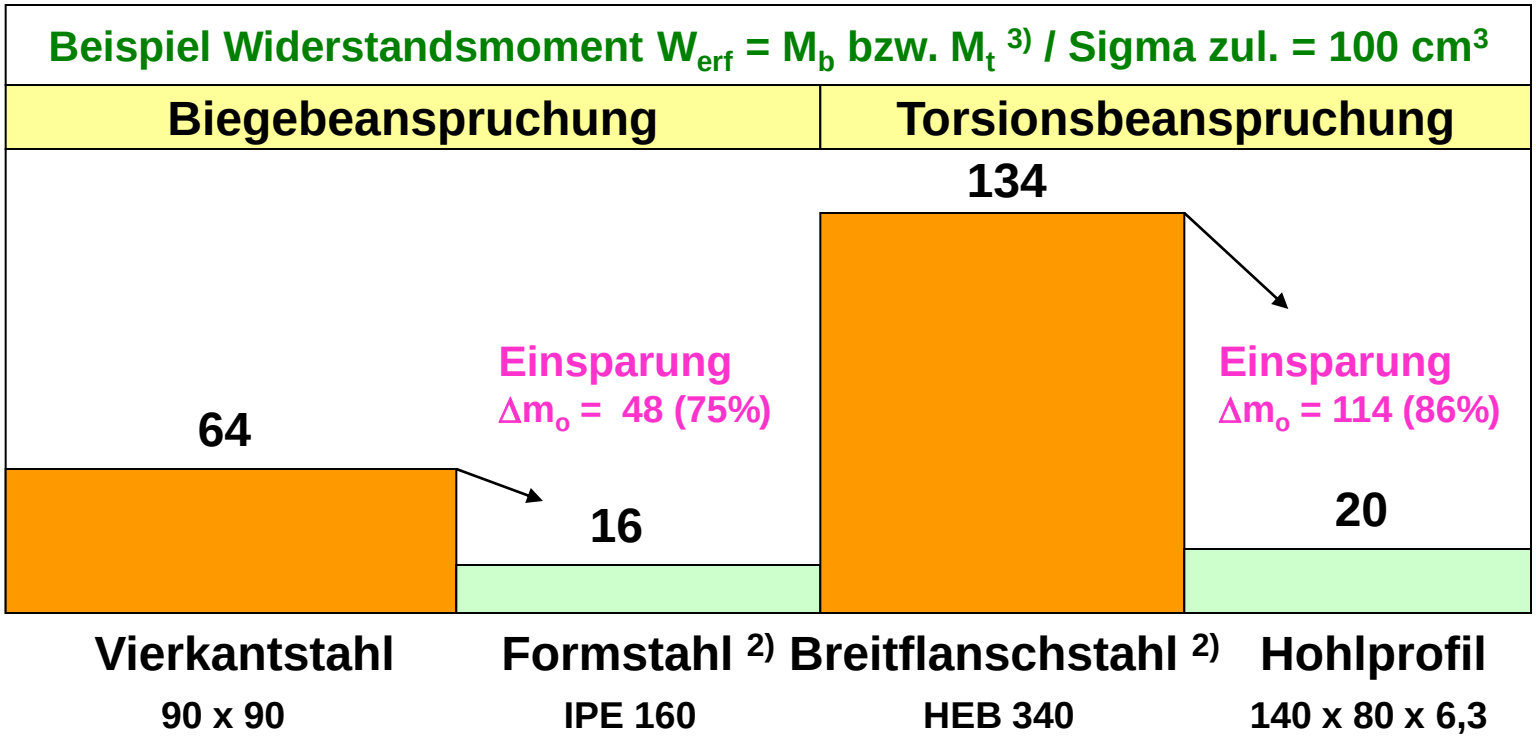


Merke: Beim Materialkostenvergleich ist das Materialpreisverhältnis / Streckgrenzen-verhältnis mit rund 0,78 für die Stahlgüten S 690 QL und S 960 QL am günstigsten!

Beispiele von Masse(Gewichts)einsparung durch Profiländerung im Stahl- und Fahrzeugbau

Werkstoff S 235 (früher St 37)

Bauteil-Masse (Gewicht)
m_o (t/1.000 m)



Wanddicke s (mm)	**90**	**8/5**	**22/12**	**6,3**
Preis P_M (€ / t)[1)]	**820**	**560**	**620**	**380**
M-Kosten K_M (€ / 1000 m)[1)]	**52 480**	**8 960**	**83 080**	**7 600**
Empfehlung	**offene Querschnitte**		**geschlossene Querschnitte**	

1) Einkaufspreis P_M ohne MwSt bei einer Bestellmenge 2 - 10 t, 2) IPE-Träger / HEB Breitflanschträger

3) M_b = Biegemoment; M_t = Torsionsmoment **Preisstand: 9/2005, Region Stuttgart**

Beispiel wirtschaftlicher Stahlbau mit Walzträgern aus Feinkornbaustahl

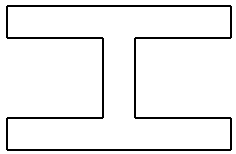
Wirtschaftlichkeitsvergleich der Fachwerkbinder aus Rohre oder Walzträger bei der Messehalle in Bremen im Jahr 2000

Benennung	Fachwerk aus Rohren St 52.0				Fachwerk aus Walzträgern S 460 M*				Gewichts-einsparung %
	Rohr mm	Länge m	Gewicht kg/m	Gesamtgewicht t	Profil mm	Länge m	Gewicht kg/m	Gesamtgewicht kg	
Obergurt 1	Ø 610 x 40	96	562	54,0	HD 400 x187	96	187	18,0	67
Obergurt 2	Ø 610 x 40	64	562	36,0	HD 400 x237	64	237	15,2	58
Untergurt	Ø 457 x 20	160	216	34,6	HP 400 x158	160	158	25,3	27
Vertikalen	Ø 324 x 20	165	150	24,8	HP 400 x158	165	148	26,1	- 5
Horizontalen	Ø 324x 20	132	150	19,8	HP 400 x140	132	140	18,5	7
Diagonalen verti.	Ø 273 x 20	220	125	27,5	HE 400 A	220	125	27,5	-
Diagonalen-hori.	Ø 273 x 20	200	125	25,0	HE 400 A	200	125	25,0	-
Insgesamt Gewicht				**222**				**156**	**30**
Insgesamt Materialeinzelkosten									**48**

*** gefertigt aus hochfesten Feinkornbaustahl S 460 M**

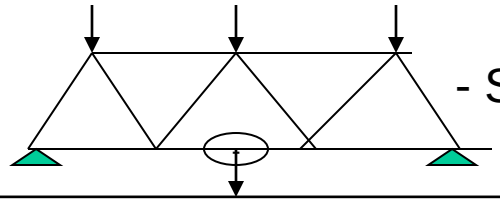
Quelle: M. Blum und A. Girkes, Köln - Wirtschaftlicher Bauen mit Walzträgern aus TM-Ost-Stahl (S 460 M), praktiker 7/2000

Beispiel wirtschaftlicher Stahlbau mit Walzträgern aus Feinkornbaustahl*

Wirtschaftlichkeitsvergleich bei Fachwerken durch kleinere Querschnitte bei den Zugstäben im Jahr 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

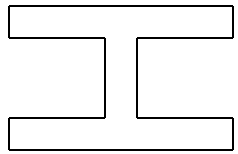


- Sportstadionumbau in Kaiserslautern

*** Walzträger – HD Breitflansch-Stützenträger**

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

Beispiel 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* Traglast kN		HD 400 x 1086 21 909	HD 400 x 677 22 345	HD 400 x 463 22 870
Gurtdicke	mm	125	82	57
Vergleichsrechnung - Gewicht - Materialeinzelkosten	 % %	 160 156	 100 100	 68 69

Ausgeführte Beispiele:

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

*** Walzträger – HD Breitflansch-Stützenträger**

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

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

Wanddickenberechnung					
Da x p Wanddicke s = ... + c (mm) 20 x K/S x v + p			*p zul. Betriebsdruck* *Da Außendurchmesser* *t Berechnungstemperatur* *S Sicherheitsbeiwert* *K Festigkeitskennwert* *v Verschwächungsbeiwert* *c Korrosionszuschlag*		*16 bar 1)* *2.500 mm* *- 20 /+ 50 °* *1,5* *0,85/ (1,0) 2)* *1 mm*
Stahlsorte 3)	**Festigkeits-kennwert** K (N/mm²)	**Mindest-Wanddicke*** s (mm)	**Stahlmasse** Mo (t)	**Material-Bezugspreis** Pm (€ /t)	***Material-Einzelkosten*** *Kme (€/t)*
P 265 GH (H II)	**265**	**14 (15)**	***11,5***	**720**	**8 280**
P 355 NL1	**355**	**11 (12)**	***8,6***	**960**	**8 256**
P 460 NL1	**460**	**9 (10)**	***6,9***	**1 120**	**7 728**
Einsparung		**absolut**	***4,6***		**552**
P 265 GH gegenüber P 460 NL1		**%**	***40***		**7**

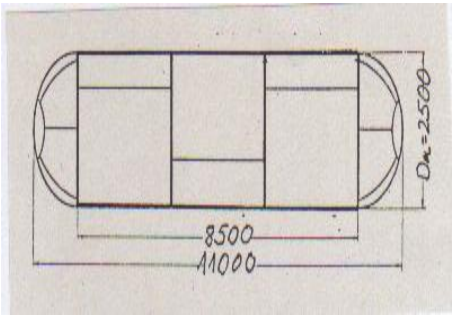
*** Wanddicke in Klammern: verfügbare Wanddicke beim Stahlwerk bzw. Stahlhandel**

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: 7/2005

Quellen: Degenkolbe, Duisburg 1985, Uwer Duisburg 1995, Kalla, Düsseldorf 1996, Helbing, TÜV Filderstadt 1997



3 Rohrschüsse,
2 Halbkugelböden

** Butan ts = + 0,5°C

Auswirkungen der Masse(gewichts)-Einsparung:

- **Wanddickensenkung**
- **Schweißkostensenkung**

- **Material- und Herstell-kostensenkung**
- **Betriebskostensenkung bei 38 bzw. 42 t zul. Fahrzeuggesamtgewicht**

Wirtschaftliche Gestaltung von Schweißnähten (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	Schweißgutprozentsatz 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)

Wirtschaftliche Gestaltung von Schweißnähten (2)

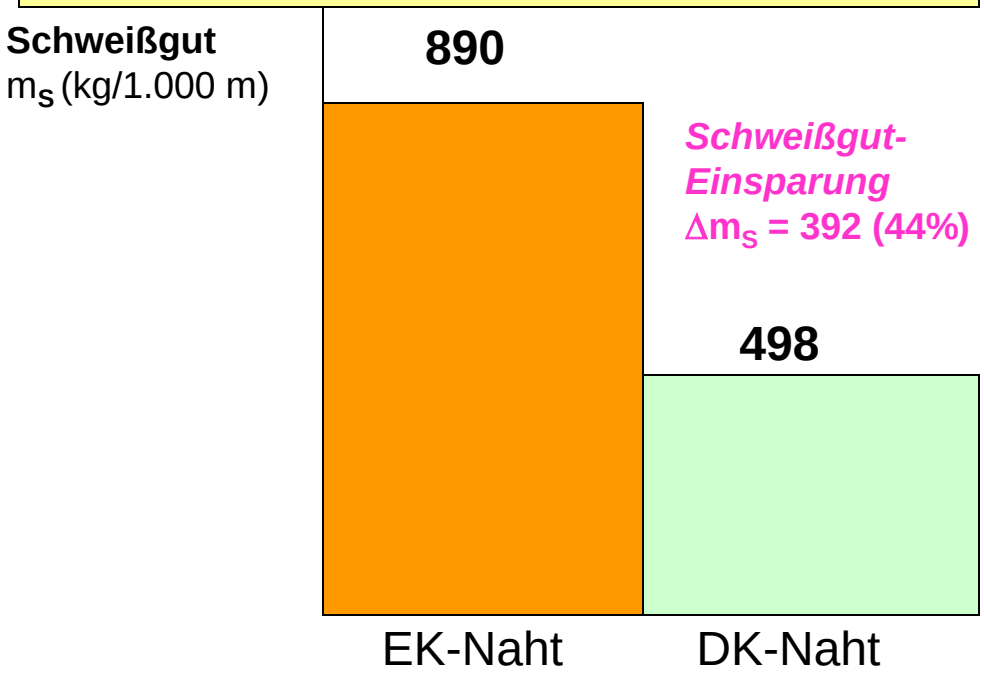
Vergleiche:

- Kehlnaht-Schweißgut

Einsparung von Schweißgutmasse(gewicht) bei Kehlnähten [1)]

Stahl-Schweißbauteil

Nahtdicke a = 10 bzw. 2 x 5 mm, Nahttoleranz + 1 mm

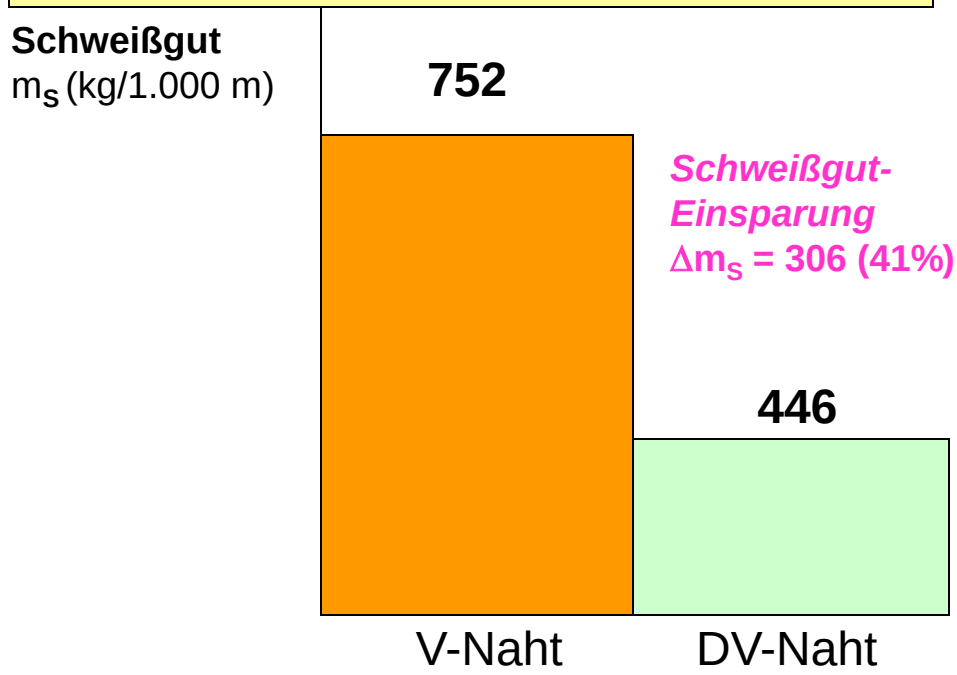


- Stumpfnaht-Schweißgut

Einsparung von Schweißgutmasse(gewicht) bei Stumpfnähten [1)]

Stahl-Schweißbauteil

Nahtdicke a = s = 10 mm, Nahttoleranz + 2 mm



Stumpfnähte sowie doppelseitige Stumpf- und Kehlnähte bevorzugen!

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

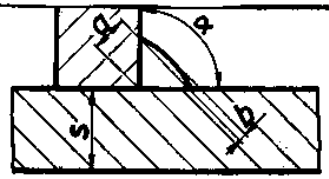
Beispieltabelle Schweißnahtmasse(gewicht) für Kehlnähte (1)

Kehlnähte

Schweißnahtquerschnitt: $F_o = a^2 \cdot \tan\frac{\alpha}{2}$

Schweißnahtgewicht: $G = F \cdot l \cdot \gamma$ ($l = 1000$ mm)

Schweißnahtgewicht pro Meter



Öffnungswinkel α	60°					90°					120°					Prozentualer Zuschlag für Überhöhung um:		
Naht-dicke a (mm)	Querschnitt F_o (mm²)	Gewicht pro Meter (g) G_o b=0	$G_{0,5}$ b=0,5	$G_{1,0}$ b=1,0	$G_{1,5}$ b=1,5	Querschnitt F_o (mm²)	Gewicht pro Meter (g) G_o b=0	$G_{0,5}$ b=0,5	$G_{1,0}$ b=1,0	$G_{1,5}$ b=1,5	Querschnitt F_o (mm²)	Gewicht pro Meter (g) G_o 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

Quelle: Oerlikon – Kalkulationstabellen 1/1983

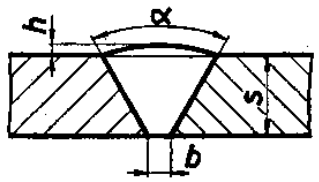
Beispieltabelle Schweißnahtmasse(gewicht) für Stumpfnähte (2)

V-Nähte

Schweißnahtquerschnitt: $F_o = s \cdot b + s^2 \tan \frac{\alpha}{2}$

Schweißnahtgewicht: $G = F \cdot l \cdot \gamma$ ($l = 1000$ mm)

Schweißnahtgewicht pro Meter

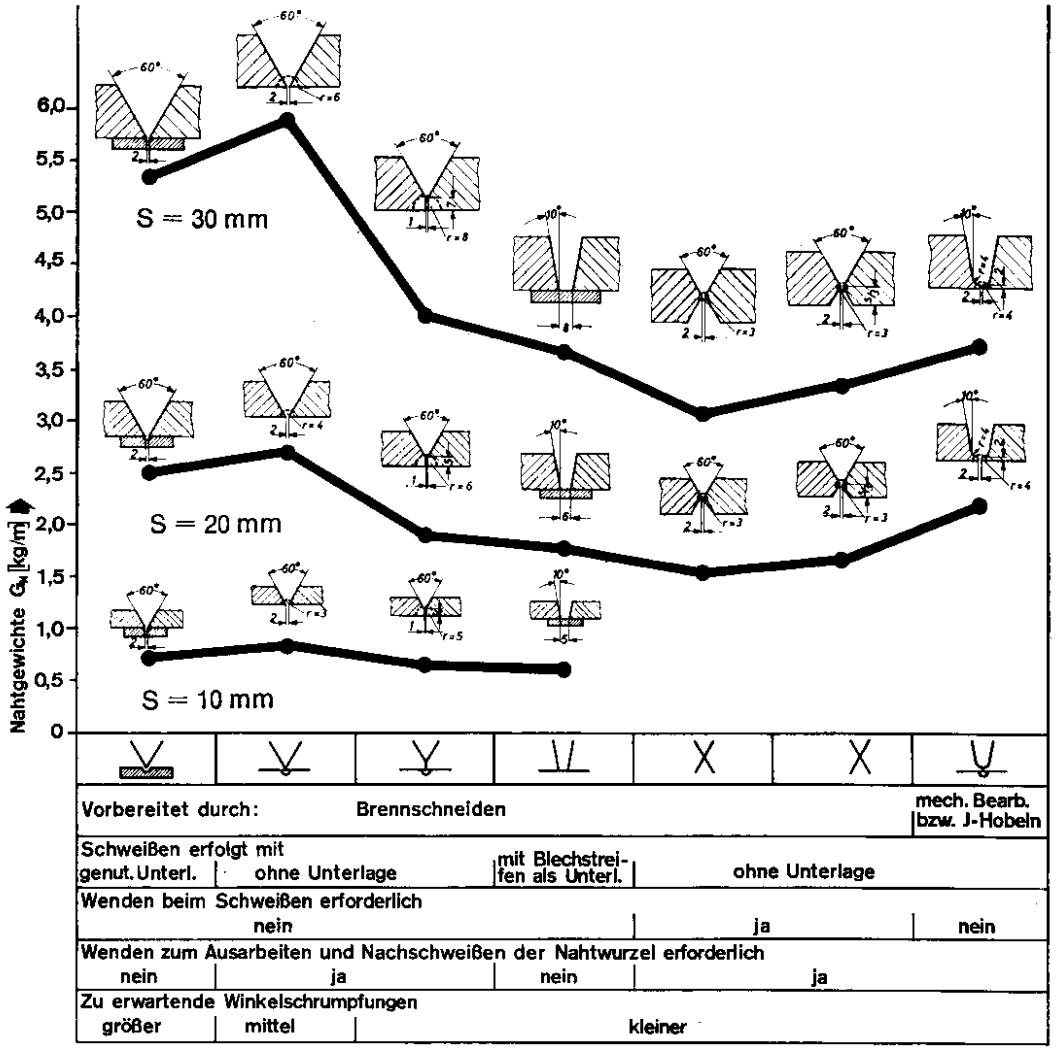


Öffnungswinkel		50°						60°						70°						Prozentualer Zuschlag für Überhöhung um:			
Wandstärke s mm	Spaltbreite b mm	Querschnitt F_o (mm)²	Gewicht pro Meter (g) G_o h=0	$G_{1,0}$ h=1,0	$G_{1,5}$ h=1,5	$G_{2,0}$ h=2,0	$G_{2,5}$ h=2,5	Querschnitt F_o (mm)²	Gewicht pro Meter (g) G_o h=0	$G_{1,0}$ h=1,0	$G_{1,5}$ h=1,5	$G_{2,0}$ h=2,0	$G_{2,5}$ h=2,5	Querschnitt F_o (mm)²	Gewicht pro Meter (g) G_o h=0	$G_{1,0}$ h=1,0	$G_{1,5}$ h=1,5	$G_{2,0}$ h=2,0	$G_{2,5}$ 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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	2130	2260	2330	2395	2460	320,0	2510	2670	2750	2830	2900	6,2	9,4	12,5	15,5

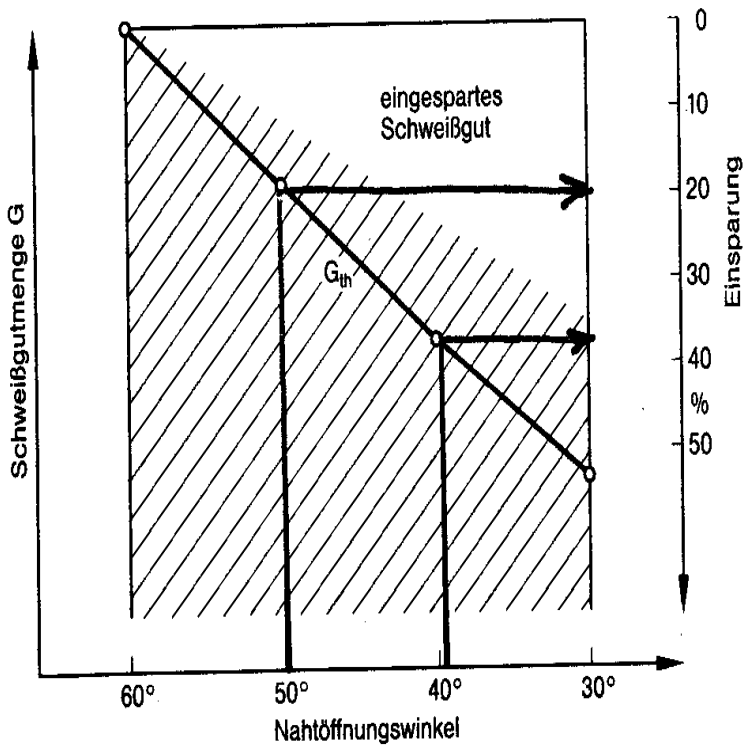
Quelle: Oerlikon – Kalkulationstabellen 1/1983

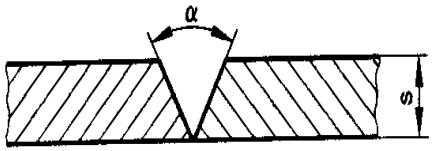
Wirtschaftliche Gestaltung von Stumpfnähten

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)

Ausgewählte wirtschaftliche Produktionsgrundlagen

Ziel:

Herstellkosten von Schweiß-Bauteilen-/Produkten senken!

Einflüsse:

Die Herstellkosten von Schweißarbeiten werden durch folgende Fertigungsschritte beeinflusst:

Fertigungsschritte			
Vorbereiten	**Schweißen**	**Nachbehandeln**	**Prüfen**

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
m_Z x P_V + t_S x $St_{S(B)}$
(3) m_S/L_S x $(St_S + k_{SM}/t_S)$ oder m_S/L_S x $St_{S'}$ [1)]

Beispiel:

Schweiß-Bauteil-/Produkt-Kosten

- Herstellkostenstruktur*

		€/E	%
Materialkosten			40
Fertigungs-kosten	Vorbereiten		10
	Schweißen		40
	Nachbehandeln		5
	Prüfen		5

- Schweißkostenstruktur*

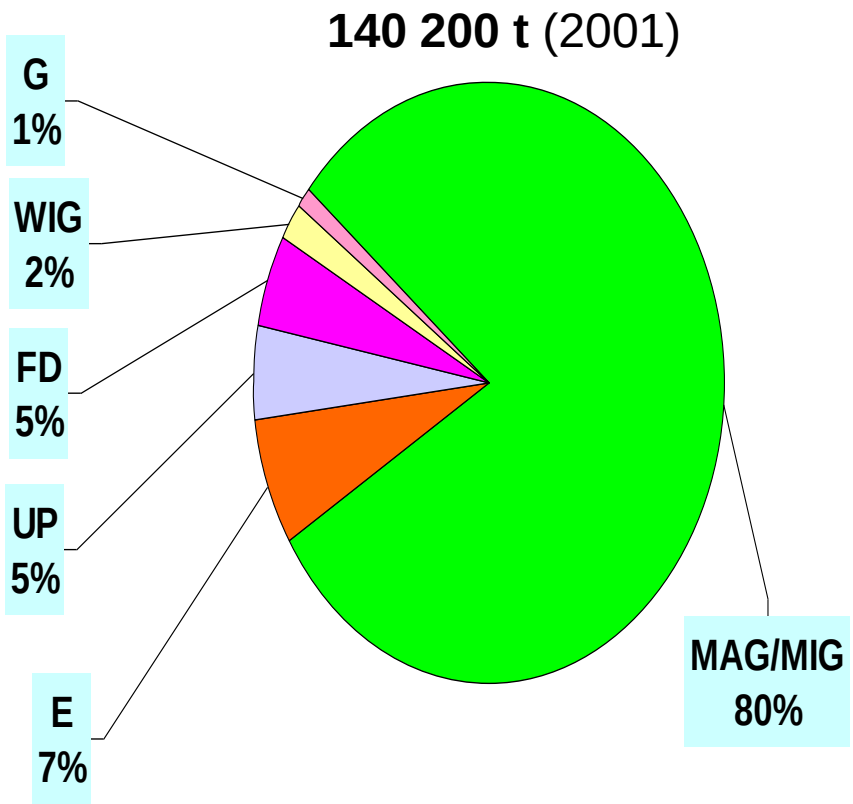
	€/E	%
Schweißfertigungskosten		90
Schweißzusatzkosten		10

* Fiktive Prozentangaben

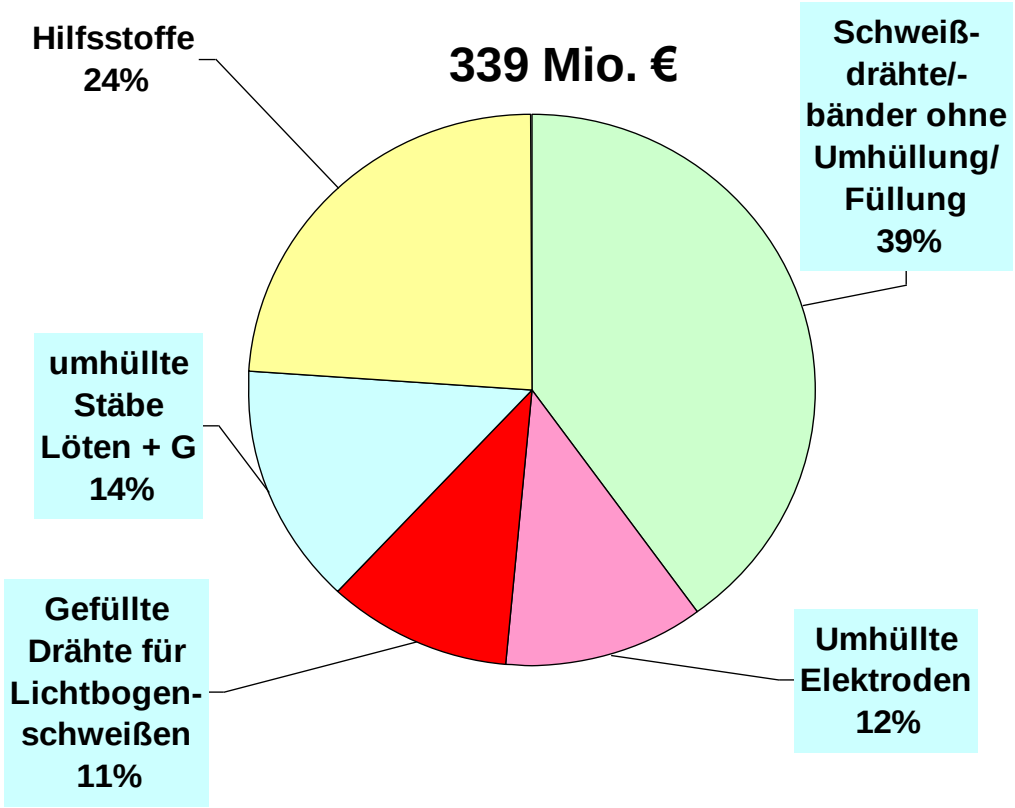
1) Schweißzusatzkostenverrechnung, z.B. auch üblich als Hilfsstoffkosten bei den Fertigungsgemeinkosten

Schweißzusatzmarkt in Deutschland

Aufteilung niedergeschmolzene Schweißgutmasse(gewicht)[1] 2000



Aufteilung Produktionswert Schweißzusätze + Hilfsstoffe* 2004



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

* Hilfsstoffe zum Schweißen und Löten von Metallen; Zubereitungen als Überzugs- oder Füllmasse für Schweißelektroden oder -stäbe

Quellen: Schweißelektroden-Vereinigung aus der praktiker 11/2001; R. Killing, der Praktiker 11/2003,
R. Janßen-Timmen, W. Moos, Schweißen und Schneiden 9/2005

Übersicht Schweißzusatzkosteneinsparung

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' x P_Z (1+ z_M / 100)	m_S x B x P_Z (1+ z_M / 100)
G/WIG/MAG/MIG/UP	*E*

Beispiel:

Einsparmaßnahmen beim Einsatz niedriglegierter <u>E-Stabelektroden</u>

- 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

Schweißzusatzkosteneinsparung (1)

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

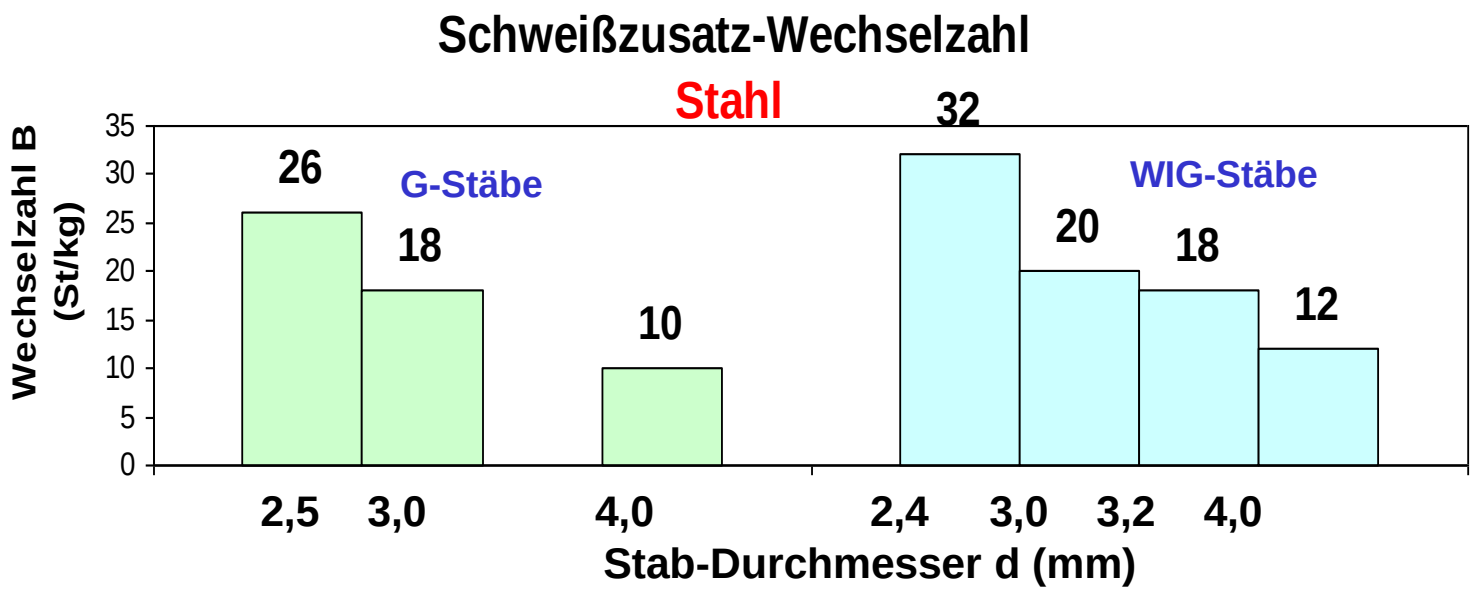
B = 1 / n‘ x m_Z (St/kg Schweißgut)

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
Schweißzusatz-	Al	B (St/kg Schweißgut)	77	53	30	93	60 / 52	34	St > Stahl; Cu > Kupfer
Wechselzahl	St		26	18	10	32	20 / 18	12	Berechnungsbeispiel für G-Schweißstab Stahl 3 mm
nach Werkstoff	Cu		23	16	9	28	18 /16	10	1 St / (0,98 x 0,03 dm^2 x 3,14/4 x 10 dm x 7,85 dm^3/kg) = 18 Stück/kg Schweißgut

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



Merke:

Schweißzusatz-Wechselzahl wird benötigt zur

- Bestimmung der Schweißleistung

Schweißzusatzkosteneinsparung (2)

Schweißzusatz-Wechselzahl B für E-Stabelektroden

B = 1 / (n‘ x m_Z) = 1 / (R x fa x m_Z) (St/kg Schweißgut)

Benennung	FZ / Einheit	L = 350 mm			L = 450 mm		
Stabdurchmesser	d (mm)	2,5	3,2	4,0	3,2	4,0	5,0
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 x fa (-); 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

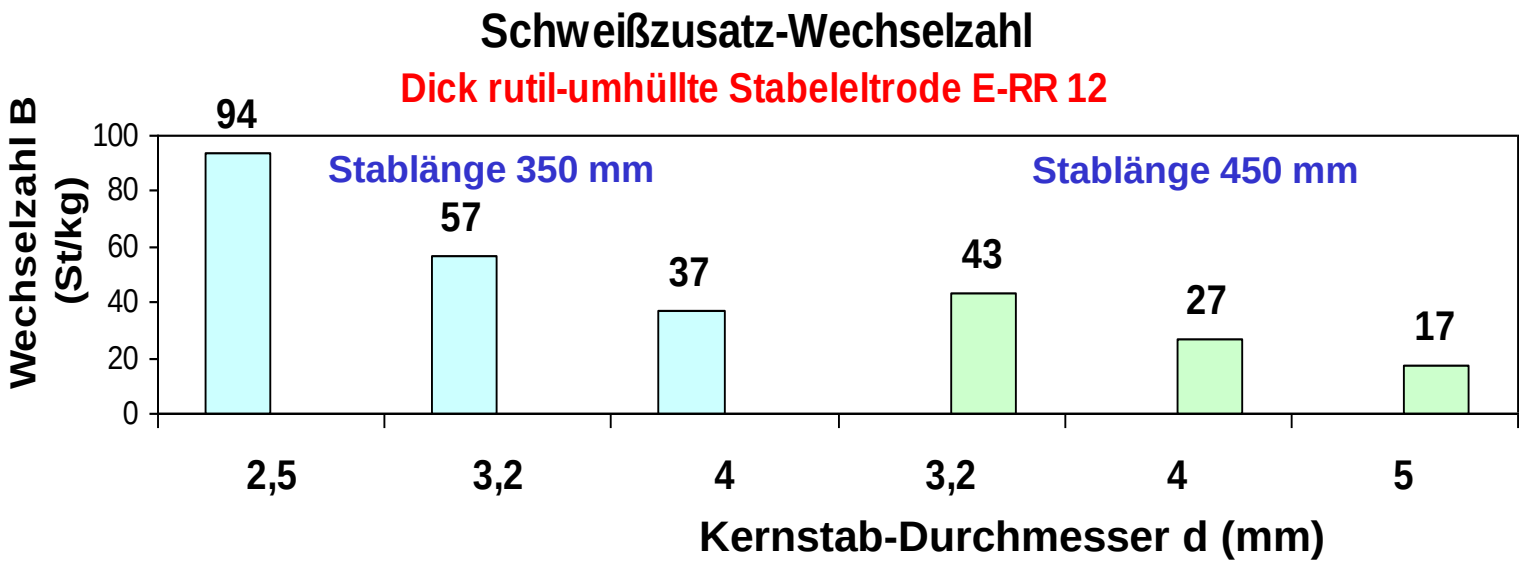
Ausnutzung fa (-), z.B. Stablänge 350 bzw. 450 mm / Reststummellänge 60 mm = 0,83 bzw. 0,87

Hinweis

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



Merke:

Schweißzusatz-Wechselzahl (B) wird benötigt zur Bestimmung der

- Schweißleistung
- Elektrodenstückzahl bei Montagearbeiten

Schweißzusatzkosteneinsparung (3)

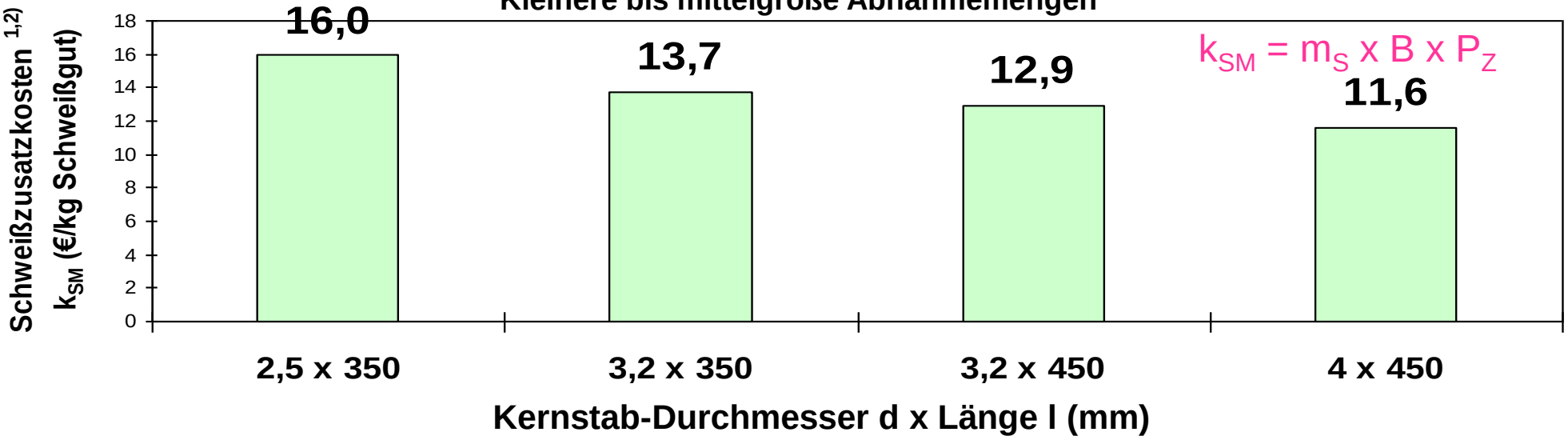
Umhüllte Stabelektroden für unlegierte- und niedriglegierte Stähle							
Dick rutil-umhüllte Stabelektroden [1,2] EN 499 E 42 0 RR 12 (früher E 5122 RR 6 DIN 1913)							
Benennung	**FZeichen**	**Schweißzusatz**				**Einheit**	**Schweißbare Werkstoffe, z.B.**
Stab-Durchmesser x Länge	**d x l**	**2,5 x 350**	**3,2 x 350**	**3,2 x 450**	**4 x 450**	mm	**unlegierte Baustähle S 235 JRG2 bis S 355 J2G3, Druckbehälterstähle P 235 GH, P 265 GH (H I, H II), 17 Mn 4, Feinkornbaustähle P 275 NL bis P 355 NL**
Wechselzahl	**B**	**94**	**57**	**43**	**27**	St/kg Schweißgut	
Werkslisten/Bezugspreis [2]	**Pz‘/ P_Z**	**0,28/0,17**	**0,39/0,24**	**0,51/0,30**	**0,72/0,43**	€/St	
SZ-Kosten [1,2]	**k_{SM}**	**15,98**	**13,68**	**12,90**	**11,61**	€/kg Schweißgut	

1) Schweißzusatzkosten k_{SM} ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz
2) Werkslisten und Nettobezugsrichtpreise sowie SZ-Kosten mit Rohmaterialzuschlag, aber ohne 16% Mehrwertsteuer für kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen, z.B. gewählte Abnahmemenge 5 Kartons a 5 Pakete = 40% Rabatt auf Werkslistenpreise

Preisstand: 2/2005 Region Stuttgart

Dick rutil-umhüllte Stabelektroden

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



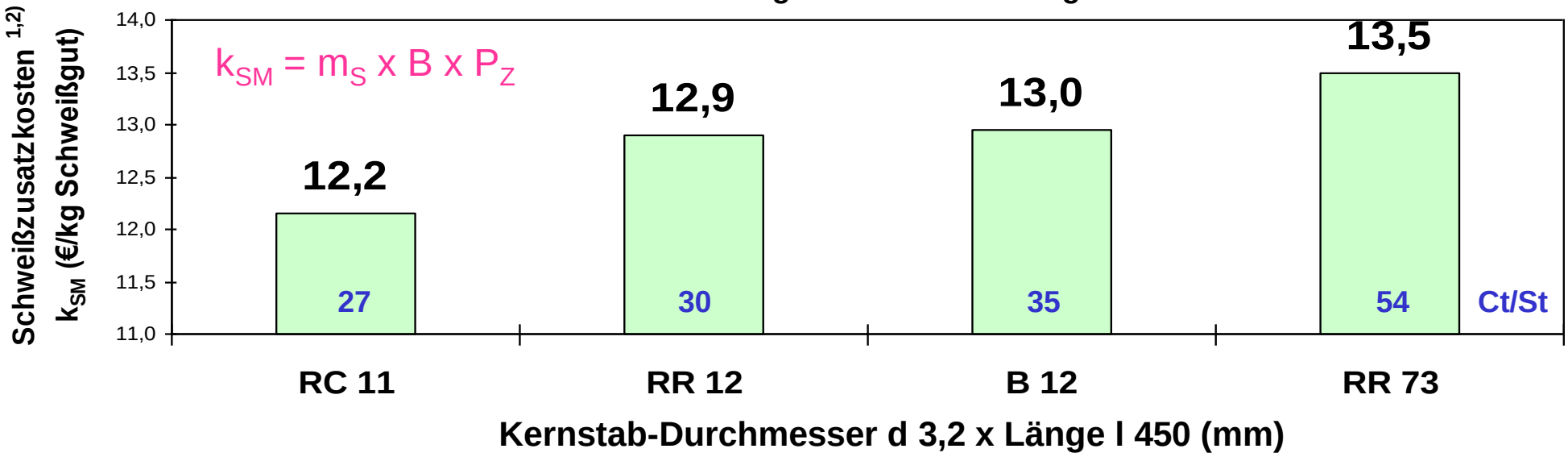
Schweißzusatzkosteneinsparung (4)

Umhüllte Stabelektroden für unlegierte- und niedriglegierte Stähle							
Benennung	**FZ**	**Schweißzusatz**				**Einheit**	**Schweißbare Werkstoffe, z.B.**
Elektrodentyp	**-**	**RC 11**	**RR 12**	**B 12**	**RR 73**	-	**unlegierte Baustähle S 235 JRG2 bis S 355 J2G3, Druckbehälterstähle P 235 GH, P 265 GH (H I, H II), 17 Mn 4, Feinkornbaustähle P 275 NL bis P 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	
Werkslisten/Bezugspreis 2)	**Pz'/ P_Z**	**0,45/ 0,27**	**0,51/0,30**	**0,58/0,35**	**0,90/ 0,54**	€/St	
SZ-Kosten 1,2)	**k_{SM}**	**12,15**	**12,90**	**12,95**	**13,5**	€/kg Schweißgut	

1) Schweißzusatzkosten ksm ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz
2) Werkslisten und Nettobezugsrichtpreise sowie SZ-Kosten mit Rohmaterialzuschlag, aber ohne 16% Mehrwertsteuer
für kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen, z.B. gewählte Abnahmemenge 5 Kartons a 5 Pakete = 40 % Rabatte auf Werkslistenpreise
Preisstand: 2/2005 Region Stuttgart

Stabelektroden-Schweißzusatzkostenvergleich

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



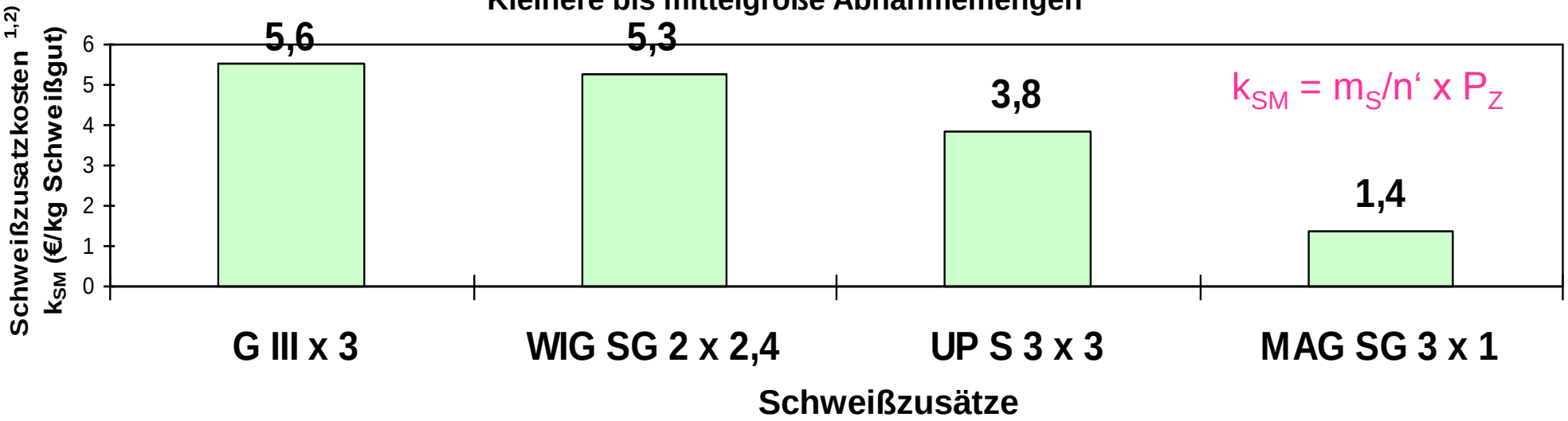
Schweißzusatzkosteneinsparung (5)

Schweißzusätze für unlegierte- und niedriglegierte Stähle							
G / WIG Schweißstäbe und MAG / UP-Drahtelektroden							
Benennung	**FZeichen**	**Schweißzusatz [1,2,3,4)]**				**Einheit**	**Schweißbare Werkstoffe**
Stab/Draht-Typ x D-Messer	**d**	**G III x 3**	**WIG SG2x2,4**	**UP S 3 x3**	**MAG SG3x1**	mm	**z.B. unlegierte Baustähle S 235 JRG2 bis S 355J2G3, Druckbehälterstähle P 235-265 GH, 17 Mn 4, Feinkornbaustähle S 275 NL bis S 355 NL**
Wechselzahl / Nutzzahl	**B / n‘**	**18 / 0,98**	**32 / 0,88**	**- / 1,10**	**- / 0,95**	St/kg Schw. / -	
Werkslisten /Bezugspreis[2)]	**Pz‘/ P_Z**	**10,87/5,44**	**9,29 / 4,65**	**8,09 / 4,21**	**2,13 / 1,32**	€/kg	
SZ-Kosten [1,2)]	**k_{SM}**	**5,55**	**5,28**	**3,82**	**1,39**	€/kg Schw.	

1) Schweißzusatzkosten ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz
2) Werkslisten- und Nettobezugsrichtpreise sowie SZ-Kosten ohne 16% Mehrwertsteuer für kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen
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 = rund 50% Rabatt
3) 1 t Schweißpulver Aluminat-Typ, Werkslisten-/Netto-Bezugspreis 3,54 / 1,77 €/kg, spez. Pulververbrauch je nach Pulversorte und Schweißbedingungen 0,6-1,4 kg/kg Schweißgut; 4) Schlackenlose MAG-Metall-Fülldrahtelektroden, Werkslisten-/Netto-Bezugspreis 1,2 = 7,96 /4,13 €/kg
Preisstand: 2/2005 Region Stuttgart

G-WIG-UP-MAG-Schweißzusatzkostenvergleich

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



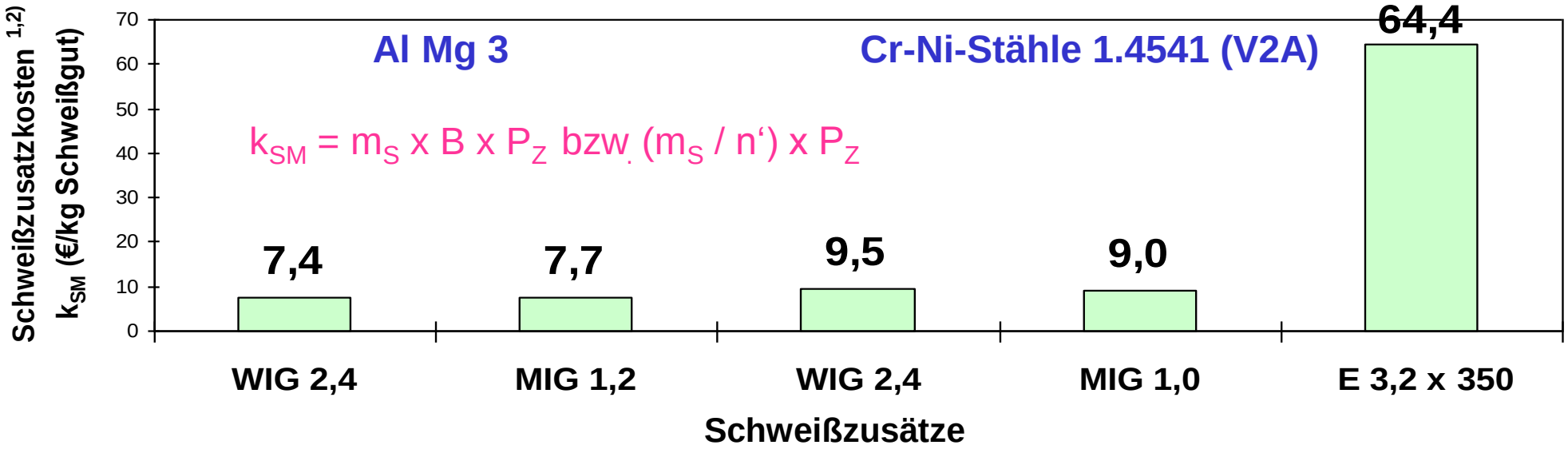
Schweißzusatzkosteneinsparung (6)

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/ -**	**- / -**
Werkslisten / Bezugspreis 2)	**Pz‘/ P_Z**	**20,32/6,50**	**21,06/7,37**	**46,36/8,33**	**49,71/8,80**	**2,18 / 1,13**	**€ / St bzw. €/kg**
SZ-Kosten 1,2)	**k_{SM}**	**7,39**	**7,68**	**9,47**	**8,98**	**64,41**	**€/kg Schweißgut**

1) Schweißzusatzkosten ksm ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz (nur erforderlich bei Materialeinzelkostenverrechnung)
2) Werkslisten- und Nettobezugsrichtpreise sowie SZ-Kosten mit Materialzuschlägen, aber ohne 16% Mehrwertsteuer für kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen, z.B. E - 5 Kartons a 5 Pakete = 48 % Rabatt, MIG-Cr-Ni Stahl mit 3 Spulen a 15 kg und WIG-Cr Ni Stahl 25-49 kg = 84% Rabatt WIG-Alu 20-49 kg = 68% Rabatt und MIG-Alu mit 35-69 kg = 65% Rabatt **Preisstand: 2/2005 Region Stuttgart**

Schweißzusatzkostenvergleich

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



Übersicht Schweißfertigungskosteneinsparung

Ziel:

Schweißfertigungskosten senken!

Einflussgrößen:

Schweißzeit	**< t_S (h/E)**	**Schweiß(Betriebs)stundensatz [2,3]**	**< $St_{S(B)}$**
- Rüstzeit	**< tr (h/E)**	**- Teilstundensätze**	**< $St_{M,E,H,P,So}$**
- Zeit/Einheit	**< te (h/E)**	**Maschine / Energie / Hilfsstoffe / Personal sowie Sonstige**	
- Schweißnahtmasse(gewicht)	< m_S (kg/E)	*(mengen – und / oder zeitabhängige Teilstundensätze;*	
- Schweißleistung	> $L_{S'}$ (kg/h)	*abhängig z.B. von Kapitaleinsatz und Beschäftigungsgrad)*	
Einbringleistung L_E (kg/h), Einschaltdauer ED (%)			

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 niedriglegierter <u>MAG-Drahtelektroden</u>

- 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**

1) ohne Schweißzusatzkosten
2) mit / ohne Restgemeinkosten
3) $St_{S(B)} = L_B \times (1 + z_F / 100)$
4) $L_S / L_{S'}$ mit / ohne Rüstzeitanteil

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 kg/h (1 5 1 0)
G	**Gasschweißen**	**3**	**0,4**
		4	0,7
E	**Lichtbogenhandschweißen**	2,5	0,7
	Stabelektrode EN 499	**3,2**	**1,4**
	- E-RC11-B42	4	1,9
	- E-RR73-B93 (Ausbringung160)*	**4***	**2,6***
MAG	**Schutzgasschweißen**	**1,0**	**3,3**
	- Massivdraht mit Mischgas	1,2	4,1
	- Fülldraht mit Mischgas*	**1,2***	**4,5***
UP	**Unterpulverschweißen**	3	6,0
		4	**8,0**

Formeln: [1,2,3,4,5]

1) Einbringleistung L_E (kg/h)
- $= m_S / th$
- $= L_A \times R$ bei E
- $= L_A \times n'$ bei MAG

2) Abschmelzleistung L_A (kg/h)
- $= m_Z / th$
- $= m_S / th \times R$ bei E
- $= m_S / th \times n'$ bei MAG

3) Ausbringen R(-)
- $= m_S / m_Z$ bei

4) Nutzzahl n' (-)
- $= m_S / m_Z$ bei G, WIG, MIG

m_S = Schweißgutmasse(gewicht)
m_Z = Schweißzusatzgewicht (kg)

Richtwerte für die Einschaltdauer:

Schweißarbeit	Mittlere Einschaltdauer ED (%) % (10 50 100)
Heft/Montageschweißung	10/20
Schweißkonstruktion Einzel/Serienfertigung	30/50
Automatenschweißung	90

5) ED = th / t x 100 (%)
= th / (th+tn+tw+ter+tv+tr) x 100

t = Gesamtzeit, tr = Rüstzeit
th = Hauptzeit (reine Schweißzeit)
tn = Nebenzeit, tw = Wartezeit
ter = Erholungszeit, tv = Verteilzeit

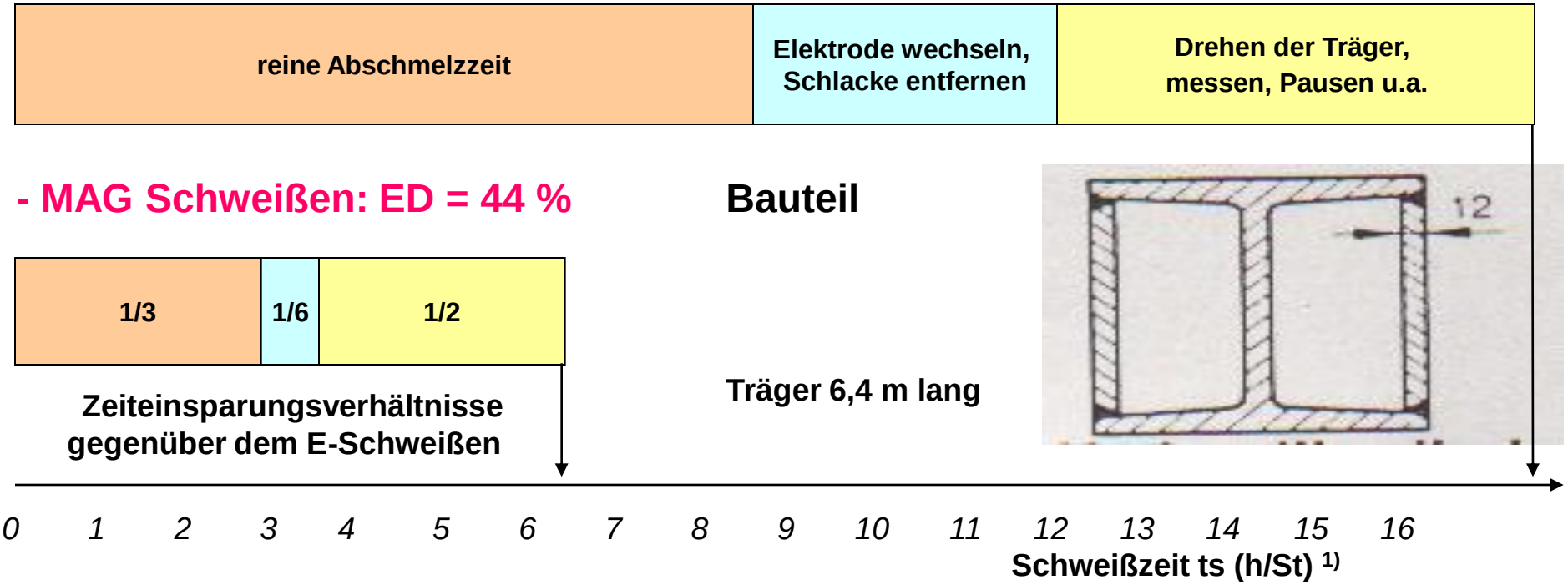
Schweißzeiteinsparung (2)

Einschaltdauer ED bei Verfahrensumstellungen:

o Beispiel Stahlbau-Träger

- E Lichtbogenhandschweißen: ED = 50 % **ED = th x 100/ ts (%)**

Hauptzeit th | Nebenzeit tn1 (verfahrensbedingt) | Nebenzeit tn2 + Verteilzeit tv [1)] (bauteilbedingt)



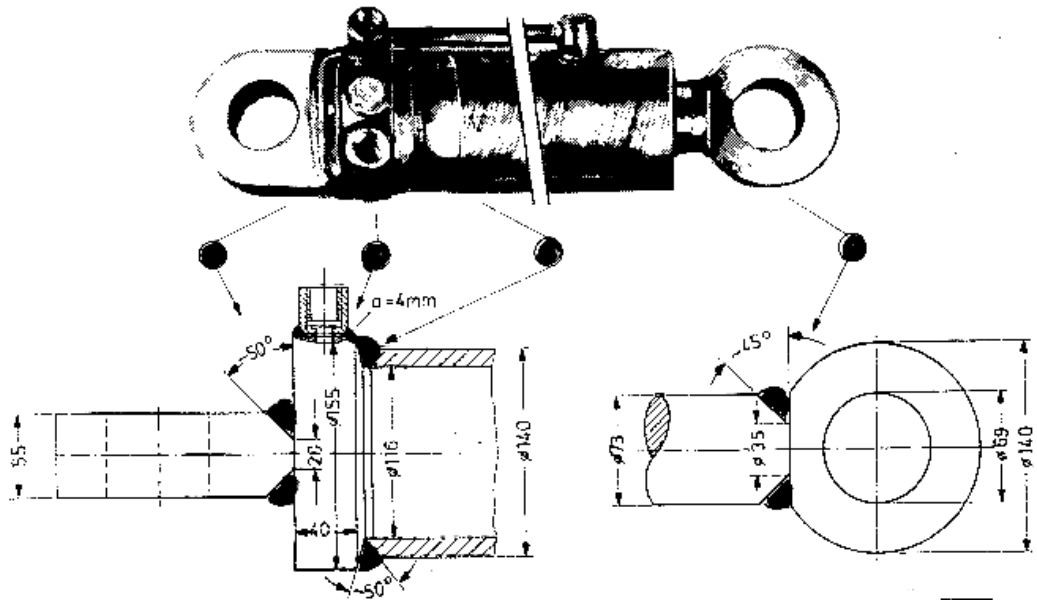
1) Schweißzeit ts ohne Rüstzeit tr und Erholungszeit ter

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

Schweißzeiteinsparung (3)

Einschaltdauer ED
bei Verfahrensumstellungen:

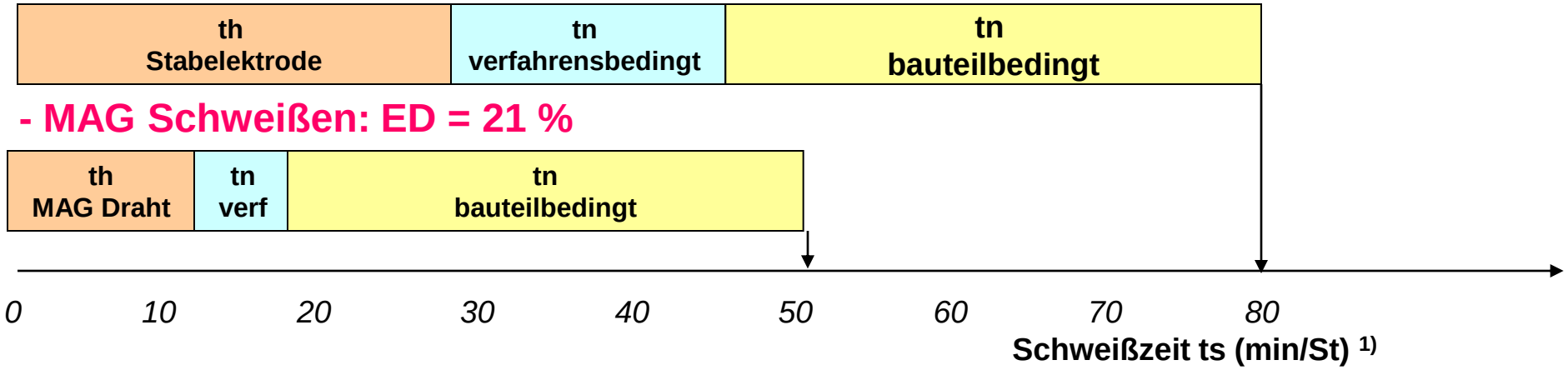
o Beispiel
Hydraulikzylinder



- E Lichtbogenhandschweißen: ED = 34 %

ED = th x 100/ ts (%)

- MAG Schweißen: ED = 21 %



1) Schweißzeit ts ohne Rüstzeit tr und Erholungszeit ter

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

Schweißzeiteinsparung (4)

o Überschlägige Ermittlung der Schweißleistung L_S (kg/h) [3)]

G/WIG/E-Schweißverfahren	MAG/UP-Schweißverfahren
Formel $L_S = \frac{\textit{Schweißzusatzstückzahl}}{\textit{S-Zusatzwechselzahl x Schweißzeit}}$ (kg/h) $= m_Z / (B \times t_S)$	**Formel** $L_s = \frac{\textit{S-Zusatzgewicht x Nutzzahl}}{\textit{Schweißzeit}}$ (kg/h) $= (m_Z \times n') / t_S$
Beispiel für E [2,3)] - Elektrodenstückzahl m_Z = 320 St - Schweißzeit t_S = 8 h - Schweißleistung $L_S = \frac{320}{57 \times 8}$ **= 0,7 kg/h**	**Beispiel für MAG** [1,3)] - Gewicht Drahtrolle m_Z = 15 kg - Schweißzeit t_S = 10 h - Schweißleistung $L_S = \frac{15 \times 0{,}95}{10}$ **= 1,5 kg/h**
Erfahrungsrichtwerte **L_S = 0,1 - 0,2 kg/h bei G bzw. WIG** **= 0,5 - 1,0 kg/h bei E**	**Erfahrungsrichtwerte** **L_S = 1 - 2 kg/h bei MAG** **= 2 - 4 kg/h bei UP**

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

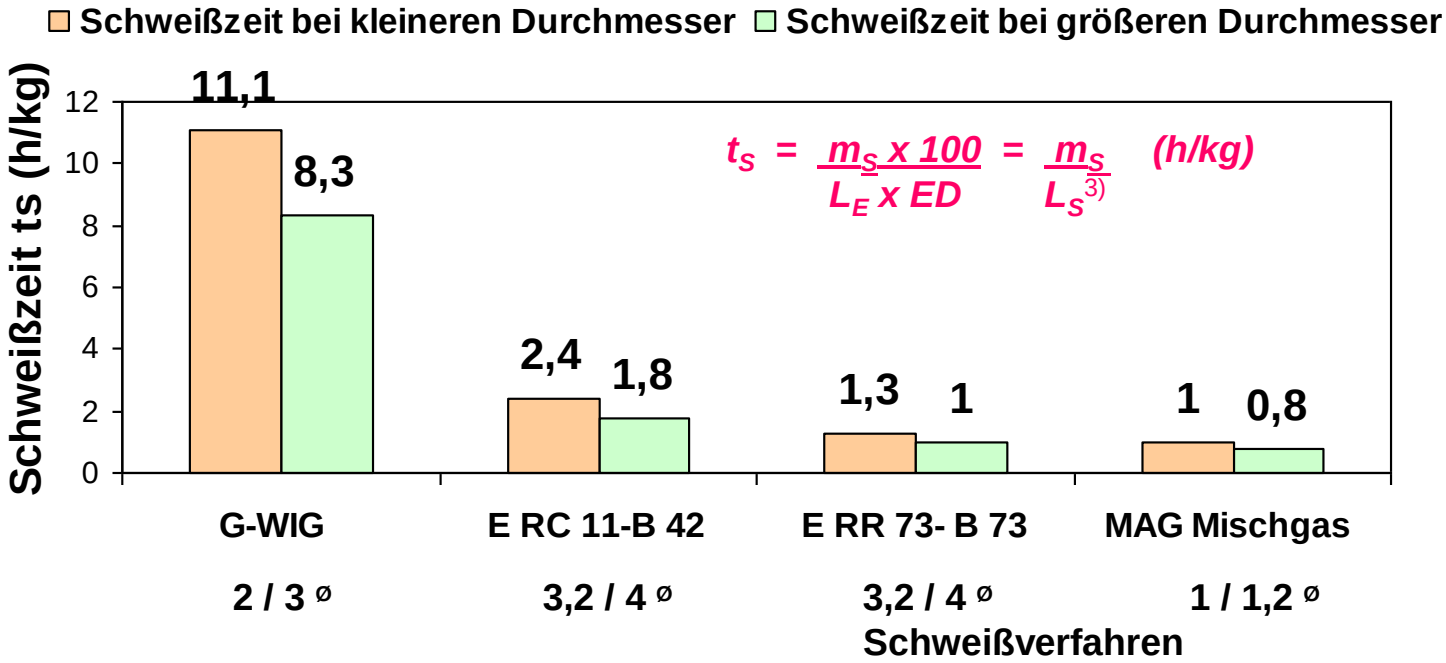
2) Wechselzahl B = 57 St/kg Schweißgut bei EN 499 E-RR 12 3,2 Ø x 350 mm,
19 / 21 St/kg Schweißgut bei G / WIG 3Ø

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

Schweißzeiteinsparung (5)

o Schweiß-Zeitvergleich ausgewählter Schweißverfahren für Baustahl mit einer Wanddicke s = > 5 mm

Benennung	Schweißverfahren				F-Zeichen / Einheit
	G-WIG	E RC 11-B 42	E RR 73-B 73 160	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	ts (h/kg)



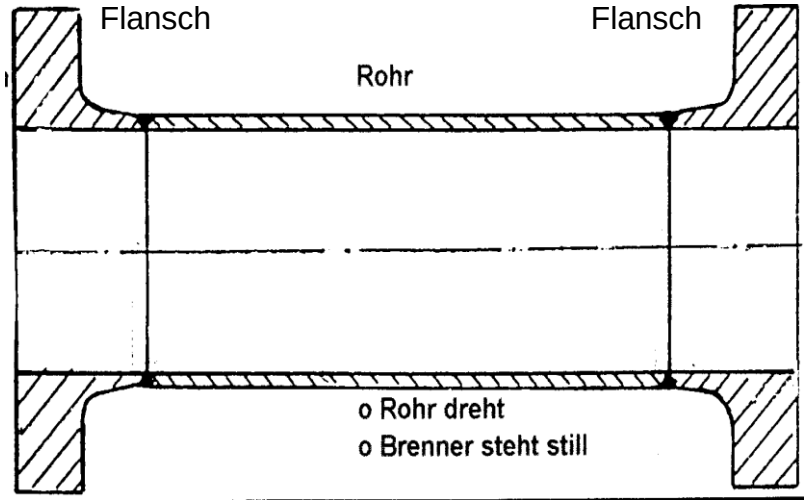
Schweißzeiteinsparung (6)

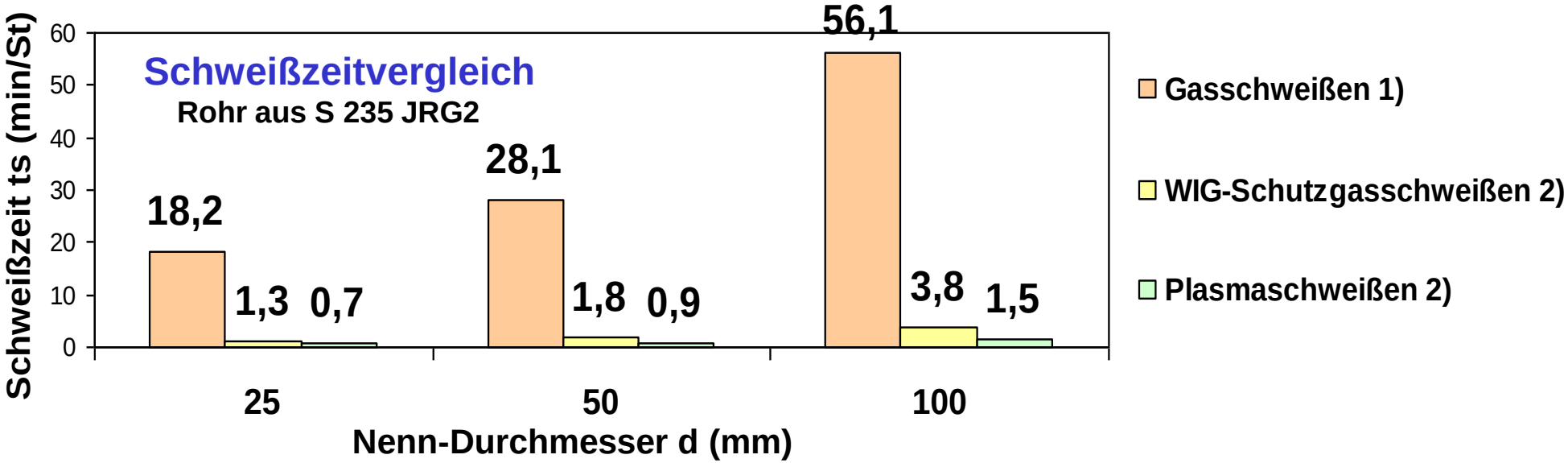
o Beispiel Schweißzeitvergleich bei Rohrverbindungen - Chemische Industrie

Schweißverfahren	Schweißzeit ts (min/St)		
	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 ausgewählter Ermittlungsmethoden 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, z.B. 1 Schichtbetrieb 37 h x 40 Wo = 1.480 (h/a)

L_B = Bruttostundenlohn, z.B. Industriearbeiter 2004 = Ø 15,45 €/h (€/h)

z_P = Personalstundenprozentsatz, z.B. Industriearbeiter 2004 = Ø 78,6% (%)

St_P = Personalstundensatz > Arbeitskosten (€/h)

L_B x (1 + z_P / 100), z.B. Industriearbeiter 2004 = 15,45 €/h x (1+ 78,6% / 100%) = 27,60 €/h

1) Vereinfachtes Rechenverfahren bei Ermittlung des Betriebsstundensatzes

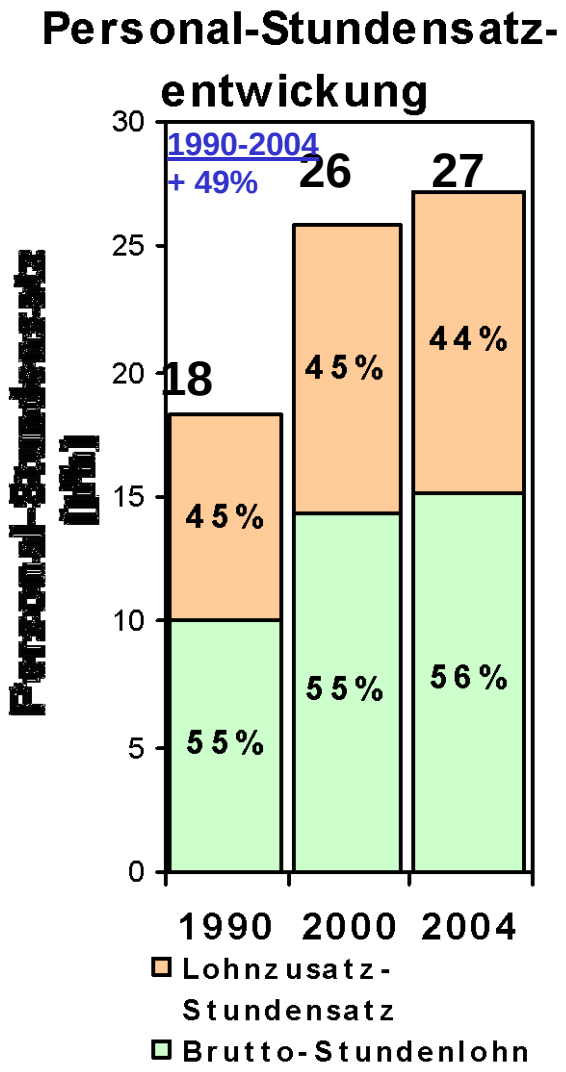
2) Schweißstundensätze ohne Schweißmaterial

Entwicklung der Personal-Stundensätze für Industriearbeiter im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland-West 1990-2004

Personal-Stundensatzentwicklung				
Benennung	**F-Zeichen /Einheit**	**Personal-Stundensatz**		
		1990	**2000**	**2004**
Brutto-Stundenlohn	**L_B (€/h)**	**10,09**	**14,29**	**15,45**
Lohnzusatzstundensatz	L_N (€/h)	8,16	11,63	12,15
Personal-Stundensatz	**St_P (€/h)**	**18,25**	**25,92**	**27,60**
P-Stundensatz-Veränderung	1990 = 100	100	142	151
Lohnzusatzprozentsatz	**z_{LN} (%)**	**80,9**	**81,4**	**78,6**

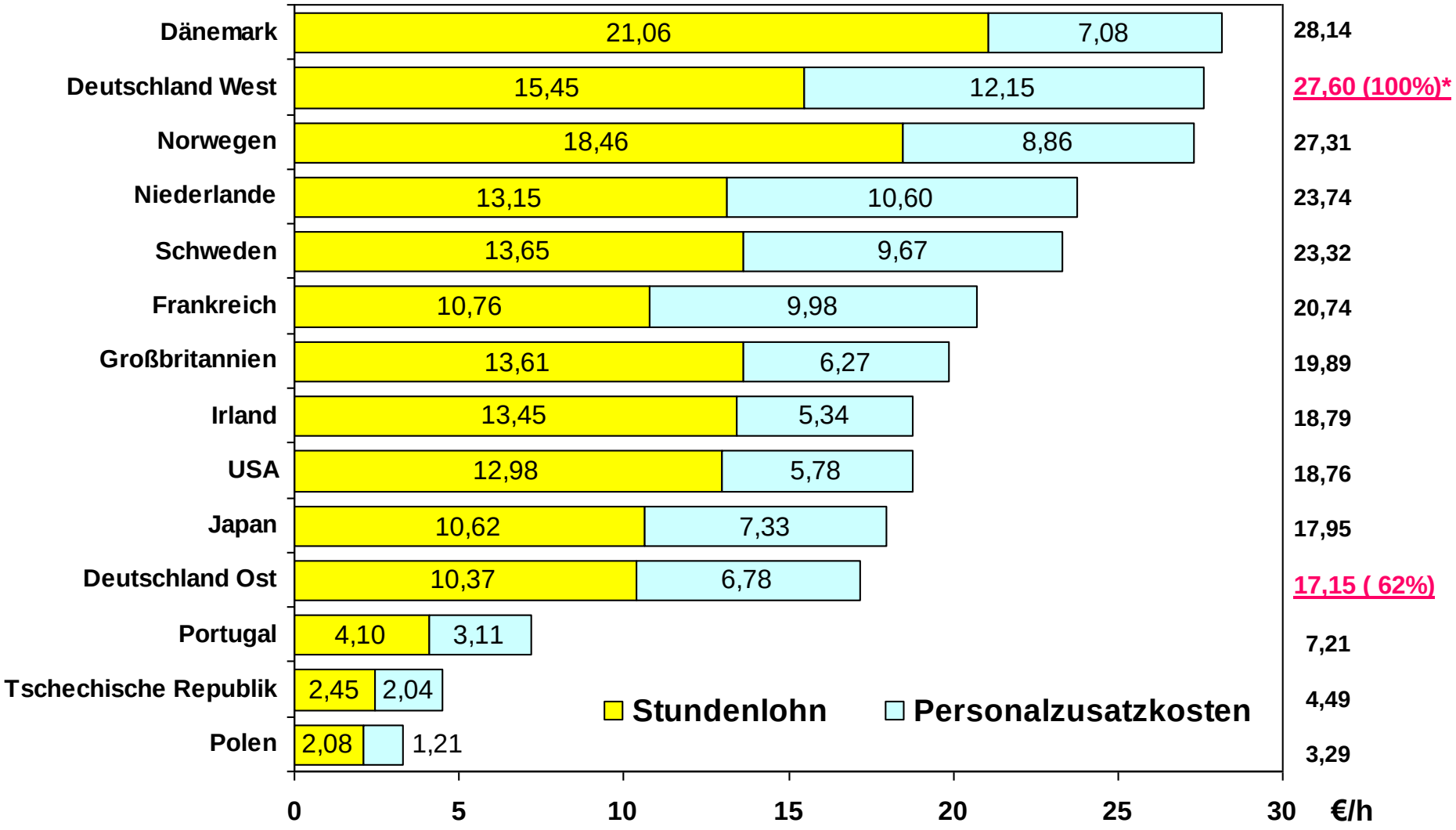
Aufteilung Lohnzusatzprozentsatz z_{LN} (%) im Jahr 2004			
Leistungsbestandteile		**Prozentanteil (%)**	
Tarifliche und betriebliche Leistungen	- Urlaub,Urlaubsgeld Weihnachtsgeld, Gratifikationen u.a	28,1	41,8
	- Betriebliche Altersversorgung	7,5	
	- Sonstige, z.B. Vermögensbild	6,2	
Gesetzliche Leistungen	- Sozialversicherungsbeiträge Arbeitgeber	26,9	36,8
	- Entgeldfortzahlung im Krankheitsfall	3,9	
	- Bezahlte Feiertage u.a.	5,5	
	- Sonstige, z. B. Mutterschutz	0,5	
Insgesamt			**78,6**

1) Personalstundensatz oder Arbeitskosten $St_P = L_B + L_N = L_B \times (1+ Z_{LN}/100)$ (€/h)
2) Personalstundensatz Deutschland Ost 2004 = 17,15 €/h (10,37+ 6,78); Z_{LN}= 65,4 %,
Quellen: BMWi: Wirtschaft in Zahlen 2004, Bonn; Institut der deutschen Wirtschaft, Köln 2006



* Steigerung der Löhne 1990-2004 = Ø + 2,27%/a

Ausgewählte Personal-Stundensätze (Arbeitskosten) der Industriearbeiter im Verarbeitenden Gewerbe im globalen Ländervergleich 2004



*** P-Zusatzkostensatz Zz = P-Zusatzkosten L_Z 12,15 €/h / Stundenlohn L_B 15,45 €/h x 100 = 78,6% von L_B**

Quelle: IW Institut der deutschen Wirtschaft, Köln aus www.bdi.de 2006

Maschinen-Stundensätze

o Kostenarten: Kalkulatorische Abschreibung, Zinsen, Instandhaltung und Raumkosten

o Einflussgrößen und Ermittlung:

Maschinenstundensatz St_M (€/h)

Jahresmaschinenkosten / Nutzungszeit

$$St_M = \frac{K_P \times Z_M}{T_N \times 100} + Kr / Tn = \frac{K_P}{T_N \times 100} (100/n + Z_S/2 + Z_I \times f_A) + K_R/T_N \text{ (€/h)}$$

- Kapital-Bedarf/Einsatz Kp (€
- Nutzungszeit 5) Tn (h/a)
- Auslastungsfaktor 3,4) fa (-)
- Raumkosten [2] Kr (€/a)
- Maschinenprozentsatz zm (%)
- Abschreibungssatz
- Zinssatz
- Instandhaltungssatz

Beispiel Maschinenstundensatzvergleich mit einer Nutzungsdauer n = 5 Jahre

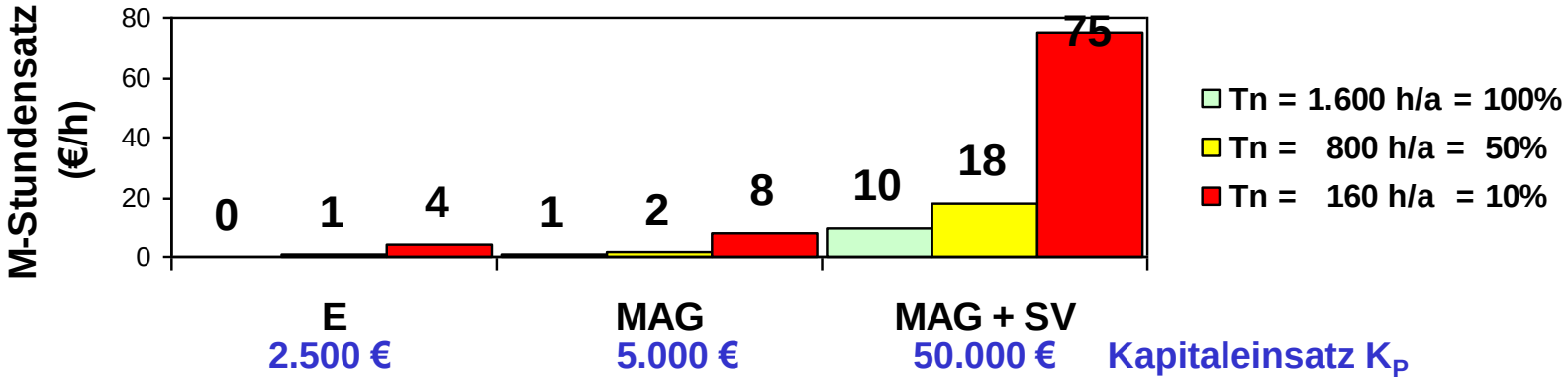
Benennung	Schweißverfahren								
	E			MAG/MIG/WIG			MAG + Schweißvorrichtung		
Nutzungszeit T_N (h/a)	1.600	800	160	1.600	800	160	1.600	800	160
Kapitaleinsatz K_P (€)	2.500			5.000			50.000		
M-Prozentsatz zz_M (%)	28	25,5	23,5	33	28	24	33	28	24
M-Stundensatz St_M (€/h)	0	1	1	1	2	8	10	18	75

1) Abschreibungssatz za=100/5=20%, Zinssatz zz=6%, Instandhaltungssatz zi=5/10/10% für E/MAG/MAG+SV2

2) ohne Raumkosten

3) Auslastungsfaktor fa = Tn/Tb (-) 4) Bereitschaftszeit tb (h/a) - gewählt 1Schichtbetrieb 36 h/ Wo x 42 h/Jahr = 1.512 + 88 Überstunden h/a

5) Nutzungszeit tn oder Betriebsnutzungszeit oder Maschinenlaufzeit



Energie-Stundensätze

Energie-Stundensatz St_E (€/h)

Geltungsbereich:
- Drahtelektroden/Schweißstäbe
- Verbindungsschweißen von Stählen
- Füll- und Decklagen

Berechnung: St_E = Verbrauch V x Preis P

Strom

$$St_E = \frac{Is \times Us}{1.000 \times n \times 100} + P_O \left(\frac{100 - ED}{100}\right) \times P_{St}$$

Schweißgleichrichter
- Wirkungsgrad n = 0,7
- Leerlaufleistung P_O = 0,75

Gase

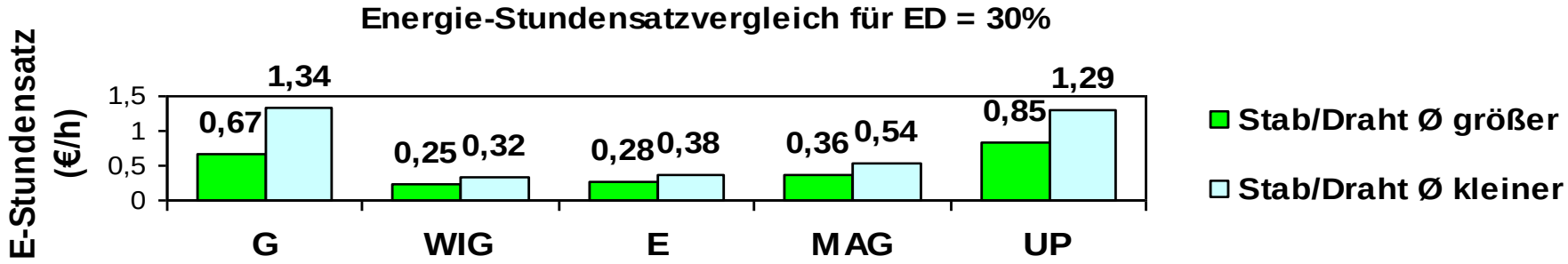
$$St_E = (v' \times s) \times ED/100 \times f\,(P_{O2} + P_{C2H2})$$

Gasbrenner (spez. Verbrauch O_2 / C_2H_2 je mm Wanddicke v = 100/90 l/h = 0,95 l/h, Pausenfaktor f = 1,5)

Beispiel Energiestundensatzvergleich mit einer Einschaltdauer ED = 30%

Ver-fahren	Draht/Stab d (mm)	Wanddicke s (mm)	Mittl. Strom I (A)	S-Spannung U (V)	Mittl. Verbrauch V 4)		Bezugspreis P 1,2,3)		E-Stundensatz St_E (€/h)
					Gase m3/h	Strom kWh	Gase €/m³	Strom €/kWh	
G		2 - 4			0,1 / 0,09		1,50 / 6,60		**0,67 - 1,34**
WIG	2 –2,4		150-180	18-20		1,69-2,18		0,15	**0,25 - 0,32**
E	3,2-4,0		130-180	25-27		1,92-2,62			**0,28 - 0,38**
MAG	1,0-1,2		180-260	25-28		2,47-3,76			**0,36 - 0,54**
UP	3-4		500-700	25-28		5,91-8,96			**0,85 - 1,29**

1) Umrechnungsfaktor für Azetylenbezug: EUR/kg x 1,1 = EUR/m³ 2) Mittlere Strompreise für Handwerksbetriebe einschl. 2 Cent/kWh Ökosteuer
3) Bezugspreis für kleinere und mittlere Abnahmemengen von Sauerstoff -/ Azetylen-Flaschenbündel 4) Gase: Sauerstoff O_2 / Azetylen C_2H_2
Kosten und Preisstand ohne 16 % MwSt: 2002/7 Quellen: Kraiss & Friz, Stuttgart 2002, NWS Stuttgart 2002/7



Schutzgas-Stundensätze

Schutzgas-Stundensatz St_{Sch} (€/h)

Geltungsbereich:
- Schutzgase nach EN 439
- Drahtelektroden/Schweißstäbe
- Verbindungsschweißen von Stählen
- Füll- und Decklagen

Berechnung:

$$St_{Sch} = \text{Verbrauch } V \times \text{Preis } P$$

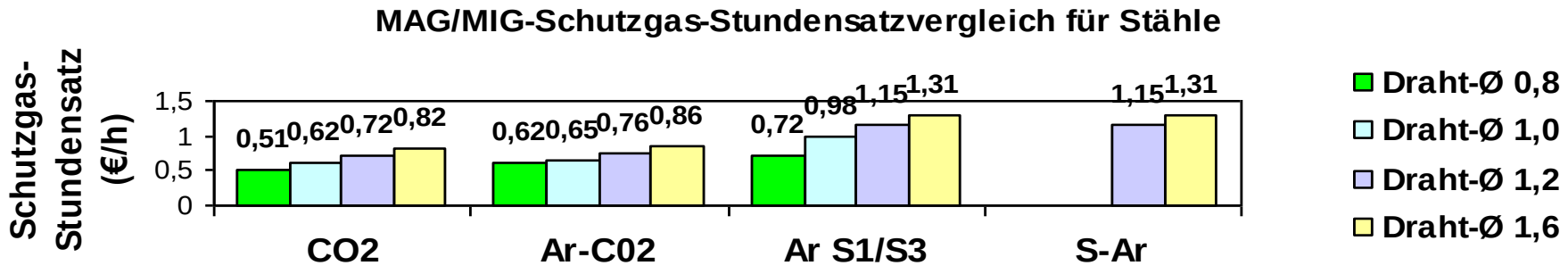
$$St_{Sch} = \frac{V \times 60 \times ED}{1.000 \times 100} \times P_{Sch}$$

1) Schutzgasbezeichnung nach DIN EN 439, z. B. Argon-Kohlendioxidgemisch M 21 (82/18 Vol. % Ar/CO2)
2) Umrechnung für CO2 Bezug: EUR/kg x 1,85 = EUR/m3
3) Beispiel für mittleren Verbrauch V bei Stahl 1,0 mm Draht-Ø = 12 x 60 x 30/1000 x 1000 = 0,22 m3/h

Ver-fahren	Draht/Stab d (mm)	Mittl. Verbrauch v l/min		Bezugspreis P_{Sch} (€/m³)				Schutzgas-Stundensatz St_{Sch} (€/h)				
		St	Al	C	M21	M13	I 1	CO2	Mischgas M21	Mischgas	S-Argon St	S-Argon Al
MAG/ MIG	0,8-1,0 1,2-1,6	10-12 14-16		2,85	3,00	4,55	4,55	0,51-0,62 0,72-0,82	0,54-0,65 0,76-0,86	0,82-0,98 1,15-1,31	1,15-1,31	
	2,0-2,4		18-20									1,47-1,64
WIG	1,6-2,0 2,4-3,0	3-4 5-6	4-6 8-10				4,55				0,25-0,33 0,41-0,49	0,33-0,49 0,66-0,82

4) Bezugspreis für kleinere und mittlere Abnahmemengen von Schutzgasflaschenbündel **Kosten und Preisstand: ohne 16% MwSt: 7/2002**

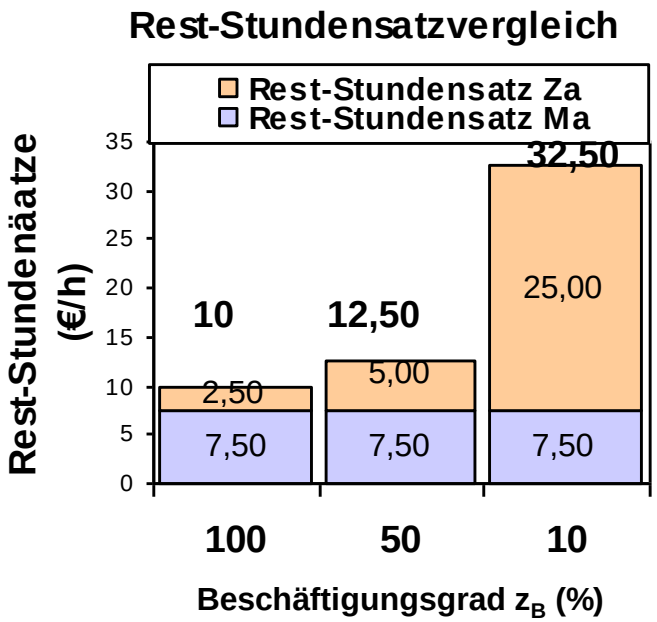
Quellen: Kraiss & Friz, Stuttgart 2002/7; DVS Jahrbuch Schweißtechnik S. 73 - 85, Düsseldorf 1994



Sonstige Stundensätze

Mengenabhängige (produktionsgebundene) Rest-Stundensätze St_{RGM} (€/h)		
Arten	Arbeitsvorbereitung, Werkzeuge, Transport, Ausschuss u.a.	**Ermittlung:** Mengenabhängige Jahres-Restgemeinkosten K_{RGM} / Nutzungszeit t_N
Einflüsse	Mengenabhängige Jahres-Restgemeinkosten K_{RG} , Nutzungszeit t_N	
Vergleich	Werte aus Betriebsabrechnungsbogen (BAB) 2002	
Zeitabhängige (nicht produktionsgebundene) Rest-Stundensätze St_{RGZ} (€/h)		
Arten	Betriebsleitung, Werkzeugausgabe, Zwischenlager, Gebäude u.a	**Ermittlung:** Zeitabhängige Jahres-Restgemeinkosten K_{RGZ} / Nutzungszeit t_N
Einflüsse	Zeitabhängige Jahres-Restgemeinkosten K_{RZ} , Nutzungszeit t_N	
Vergleich	Werte aus Betriebsabrechnungsbogen (BAB) 2002	

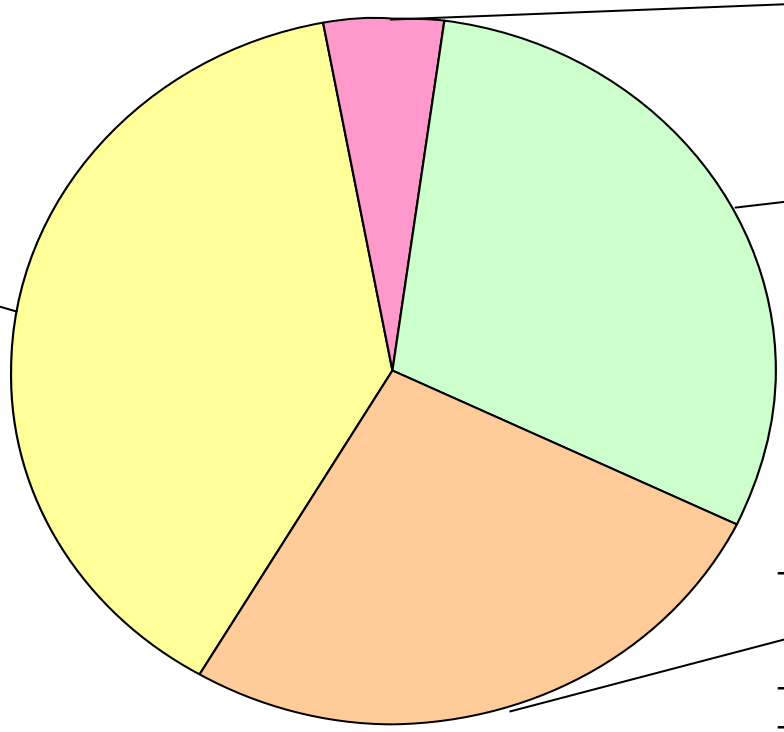
Beispiel Rest-Stundensätze aus dem Jahr 2002				
Benennung	**F-Zeichen/ Einheit**	**Beschäftigungsgrad z_B (%)**		
		100	**50**	**10**
Nutzungszeit	T_N (h/a)	1.600	800	160
J-Restgemeinkosten- Ma	K_{RG} , (€/a)	12 000	6 000	1 200
J-Restgemeinkosten-Za	$K_{RG\,M}$ (€/a)	4 000		
Rest-Stundensatz- Ma	St_{RGM} (€/h)	7,50		
Rest-Stundensatz- Za	St_{RGZ} (€/h)	2,5	5	25
Rest-Stundensatz	**St_{RG} (€/h)**	**10**	**12,5**	**32,50**



Was kostet eine Handwerkerstunde in Deutschland-West

Stundenverrechnungssatz Metallbauer 2004

beispielsweise 46 € ohne MwSt, davon Brutto-Stundenlohn 14 €



- Miete und sonstige Raumkosten
- Fahrzeugkosten
- Steuern, Versicherungen, Beiträge
- Rechts- und Beratungskosten
- Kalkulationskosten
- Reparaturen, Wartung
- Verwaltungskosten
- Abschreibungen und Zinsen

- Arbeitgeberbeiträge zur Sozialversicherung (Arbeitslosen-, Renten-, Unfall-, Kranken- und Pflegeversicherung)
- Weihnachtsgeld
- Vermögenswirksame Leistungen
- bezahlte Urlaub-, Kranken- und Feiertage

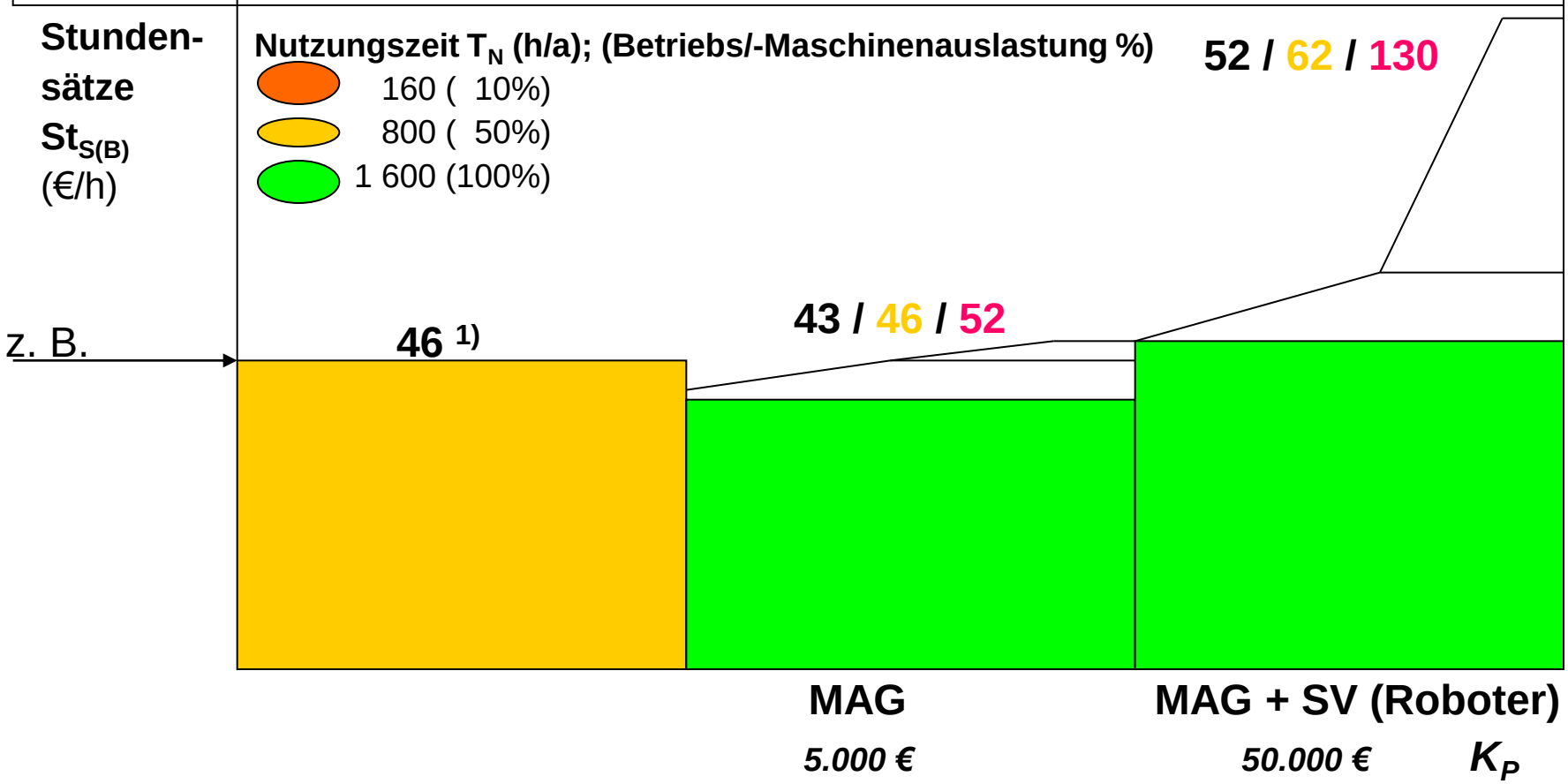
Quellen: Handwerkskammer Region Stuttgart 2006, www.hwk-stuttgart.de
Stat. Landesamt Baden-Württemberg 2006, www.statistik-baden-wuerttemberg.de

Beispiel Stundensatz-Methodenvergleich im Schweißbetrieb

Betriebs- / Schweißstundensätze 2004 [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. 46 €/h bei einem Ø Jahresbetriebsbeschäftigungsgrad von ca. 80 %

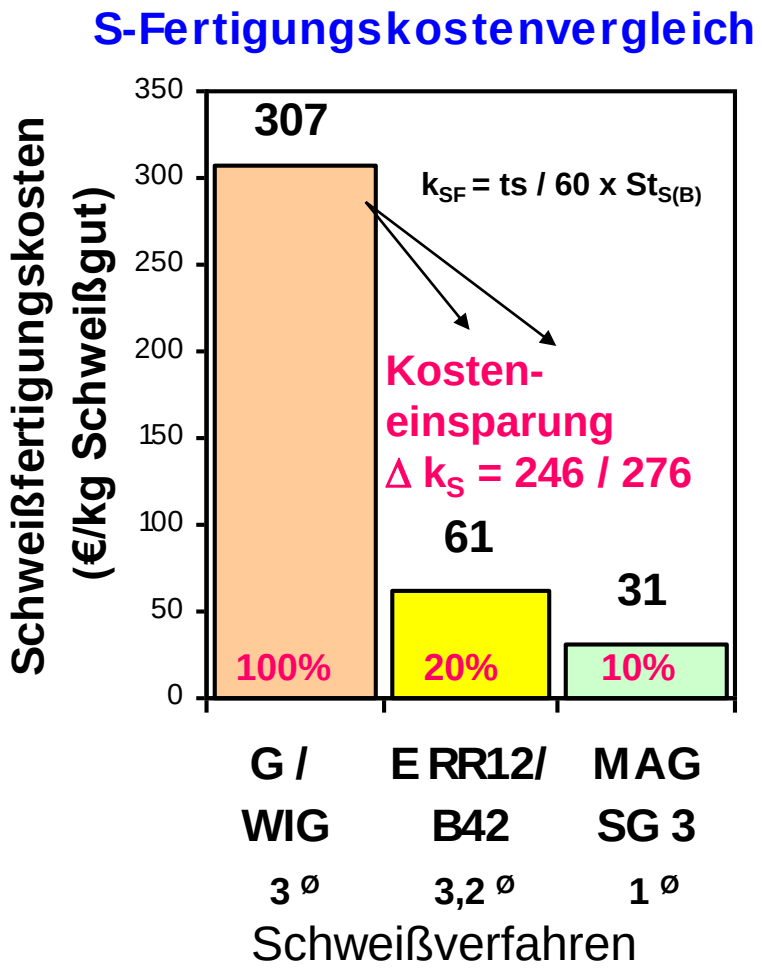
2) Schweißstundensätze ohne Schweißmaterial

Beispiel Fertigungskosteneinsparung bei Verfahrensumstellung

Werkstoff S 235 JRG2, Wanddicke s > 3mm				
Benennung	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	46			$St_{S(B)}$ (€/h)
S-Fertigungskosten*	307	61	31	k_{SF} (€/kg)

* Schweißfertigungskosten k_{SF} = Zeit x Stundensatz
ts / 60 x $St_{S(B)}$

Kosten- und Preisstand: 10/2004



Merke:

Fertigungskosteneinsparungen durch Umstellung auf leistungsfähige Schweißverfahren

Schweißkosteneinsparung (1)

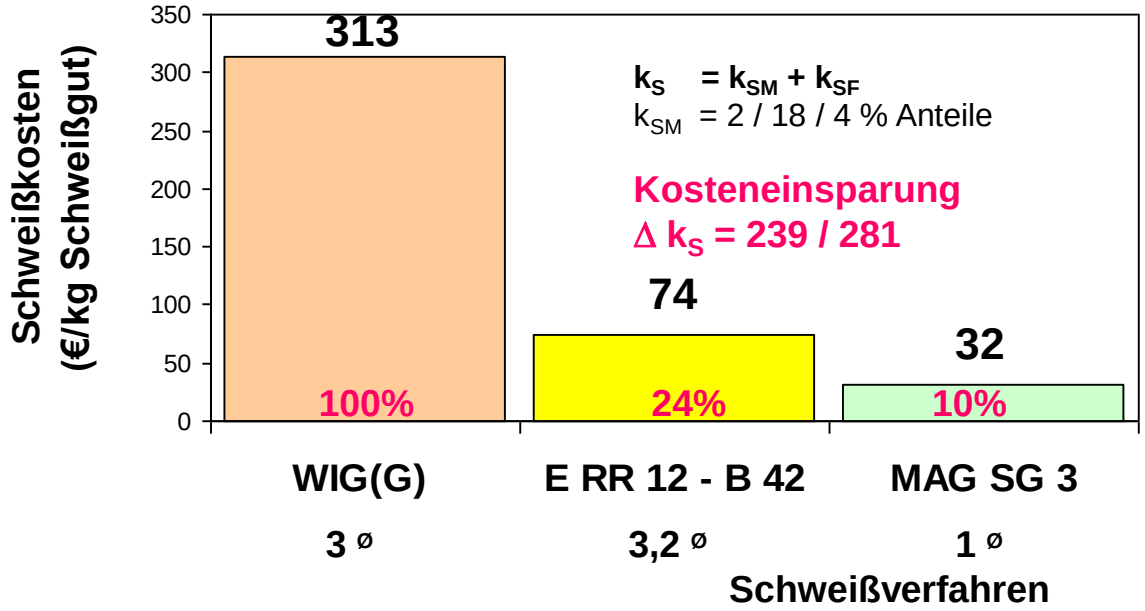
Schweißkosten-Verfahrensvergleich für unlegierte Baustähle

Werkstoff S 235 JRG2, Wanddicke s > 3mm					
Benennung	**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	**46**			St_S	(€/h)
Schweißstundensatz mit S-Zusatz*	**47**	**56**	**48**	St_S'	(€/h)
Schweißkosten Material / Fertigung	**6 / 307**	**13/ 61**	**1 / 31**	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 $St_S' = St_S + k_{SM} / t_S = k_S / t_S = k_S / (m_S / L_S)$

Preis- und Kostenstand: 2004



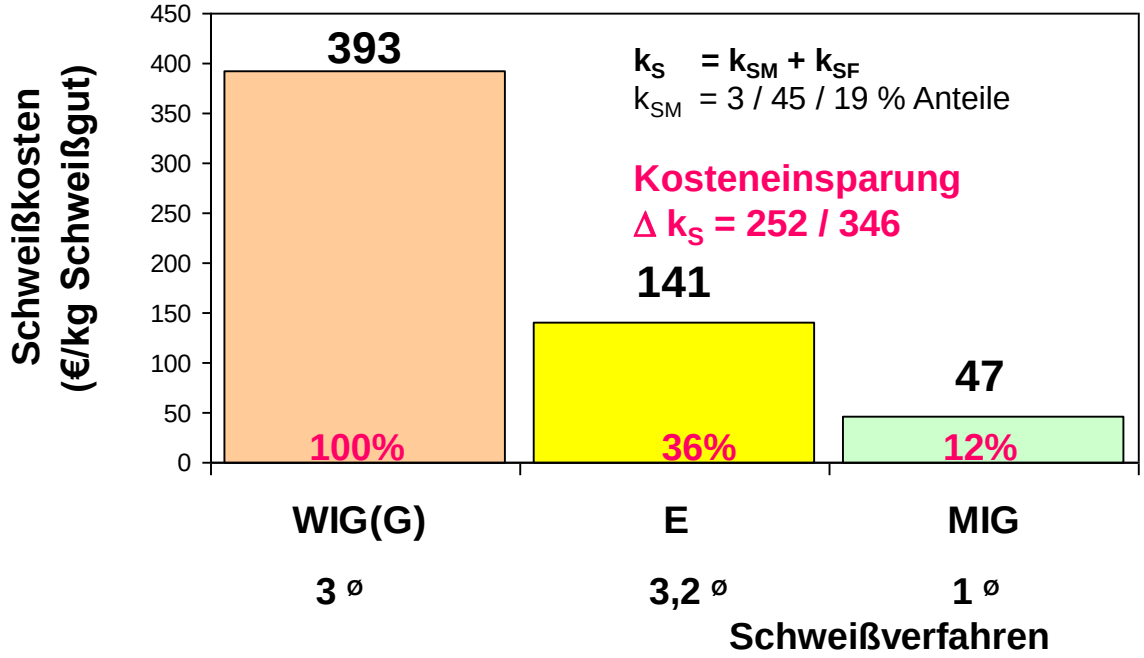
Schweißkosteneinsparung (2)

Schweißkosten-Verfahrensvergleich für nichtrostende Cr-Ni Stähle

Werkstoff 1.4541 (V2A) , Wanddicke s > 3mm				
Benennung	**Schweißverfahren**			**F-Zeichen / Einheit**
	G(WIG)	**E**	**MiG**	
Schweißleistung 1)	**0,12**	**0,6**	**1,2**	L_S (kg/h)
Schweißstundensatz	**46**			St_S (€/h)
Schweißstundensatz mit S-Zusatz*	**47**	**84**	**57**	St_S' 2) (€/h)
Schweißkosten Material / Fertigung	**10 / 383**	**64 / 77**	**9 / 38**	k_{SM} / k_{SF} (€/kg)

1) Schweißleistung – 20% gegenüber Baustahl
*** Schweißstundensatz mit Schweißzusatz $St_S' = St_S + k_{SM} / t_S = k_S / t_S = k_S / (m_S / L_S)$**

Preis- und Kostenstand: 2004



Übersicht ausgewählte Maßnahmen zur Kosteneinsparung im Schweißbetrieb

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

Maßnahmen in der Schweißkonstruktion

Bauteile – Schweißnähte

- Produkt – Innovation / Veränderung
- Werkstoffumstellung
- Profilumstellung
- Schweißnaht-Form/Güteänderung

Maßnahmen in der Schweißproduktion

Verfahren - Auslastung

- Verfahrens - Innovation / Umstellung
- Schweißprozessoptimierung
- Mechanisierung und Automatisierung
- Fertigungsflexibilität und Maschinenauslastung

Sonstige Maßnahmen

Betrieb - Standort

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

Trends zur Kosteneinsparung im Mobilkranleichtbau

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 Schweißkonstruktion aus dem wasservergüteten Feinkornbaustahl **S 960 QL** (Werkstoffnummer 1.8933) gefertigt.

Beispiel Teleskopmobilkran LTM 1500:

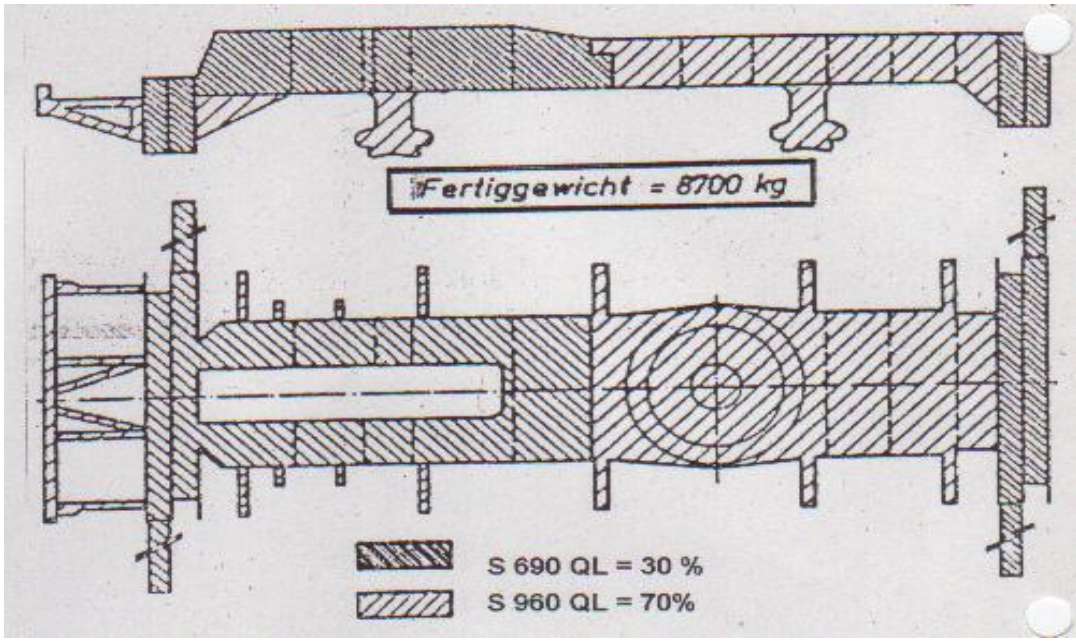
Tragkraft 500 t, Eigengewicht 96 t, max. Hubhöhe 142, Ausladung bis 108 m.
Berechnung der hochbeanspruchten Teile nach der Finite-Element-Methode.

- **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

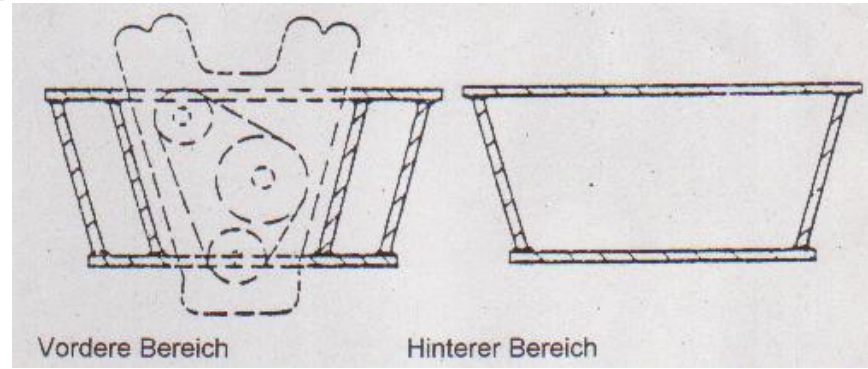
Kosteneinsparung im Mobilkranleichtbau beim MAG-Schweißen von Fahrzeugrahmen durch Werkstoff- und Nahtformänderung (1)

Fahrzeugrahmen
Werkstoffstruktur mit Masse(Gewichts)anteile



Mobilkran LTM 1060
Liebherr-Werk Ehingen GmbH

Fahrzeugrahmen
Schnitt durch vorderen und hinteren Bereich



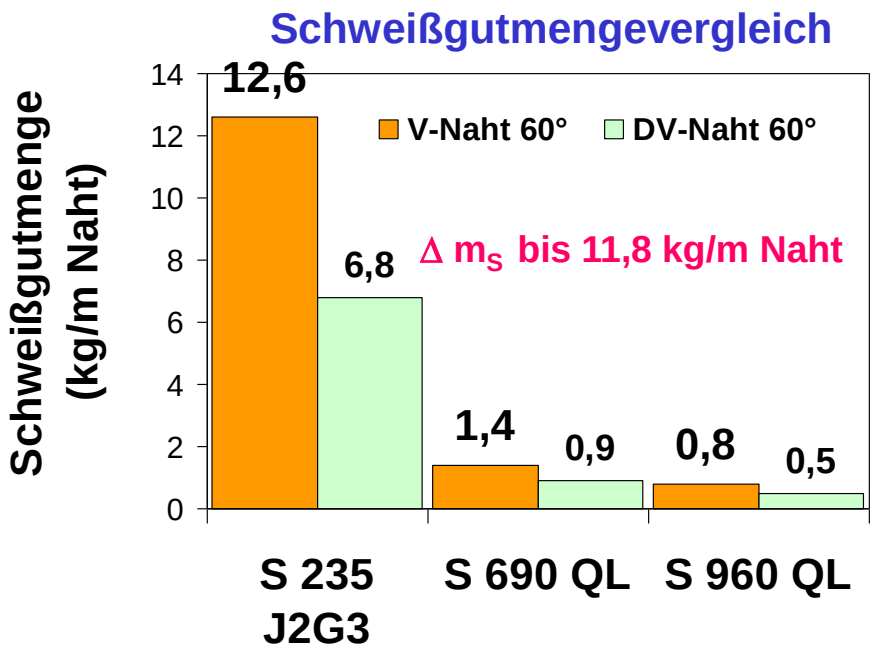
Quellen:
Gerster, P - Anwendung hochfester Feinkornbaustähle beim Bau von Autokranen für tiefe Temperaturen, Stahl und Eisen 104 (1984), Nr. 2, S. 91-94 und
Liebherr - Werk Ehingen GmbH, 2001

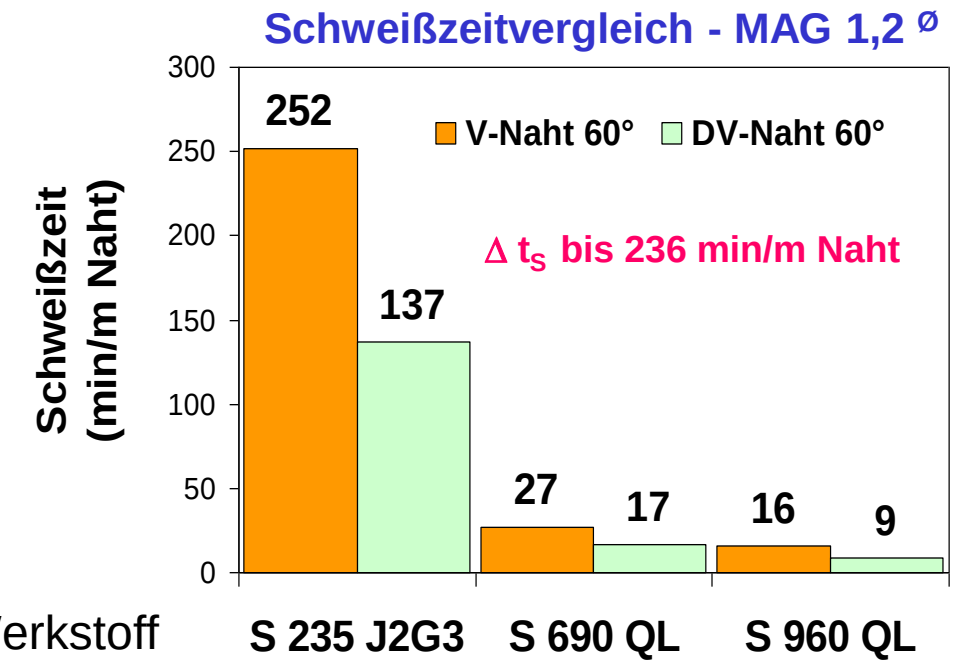
Kosteneinsparung im Mobilkranleichtbau beim MAG-Schweißen von Fahrzeugrahmen durch Werkstoff- und Nahtformänderung (2)

Benennung		Stahlsorte			F-Zeichen/ Einheit
		S 235 J2G3	S 690 QL	S 960 QL	
Streckgrenze		215	690	960	R (N/mm²)
Materialdicke		50	15	10	s (mm)
Schweißgutmenge	V-Naht	12,6	1,4	0,8	m_S (kg/ m Naht)
	DV-Naht	6,8	0,9	0,5	
Schweißzeit [1,2)]	V-Naht	252	27	16	ts (min/m Naht)
	DV-Naht	137	17	9	

1) Schweißleistung L_S = 3 kg/h bei 1,2 mm Drahtdurchmesser
2) Schweißzeit ts = m_S / (L_S x 60) (min/m Naht)
3) Einsatz hochfester Feinkornbaustähle, vorwiegend S 960 QL
Preis- und Kostenstand ohne MwSt 2002

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



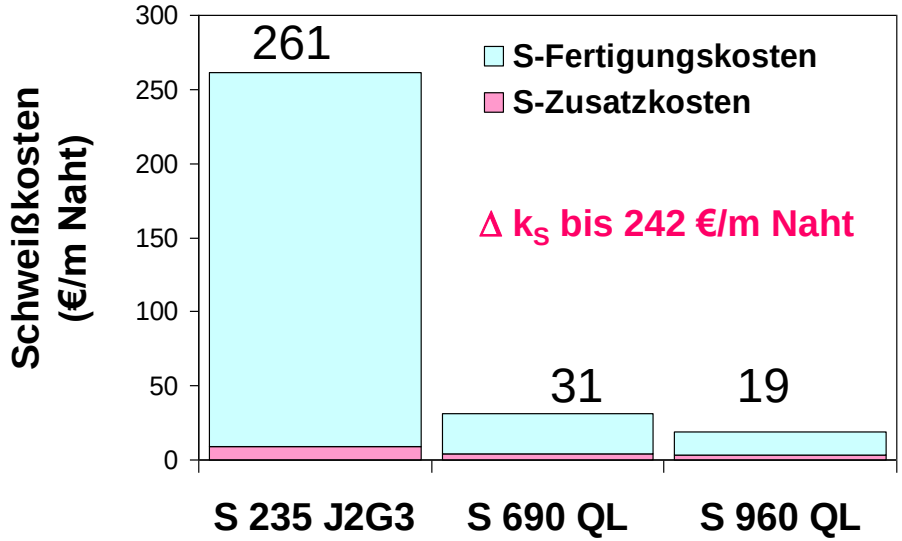


Kosteneinsparung im Mobilkranleichtbau beim MAG-Schweißen von Fahrzeugrahmen durch Werkstoff- und Nahtformänderung (3)

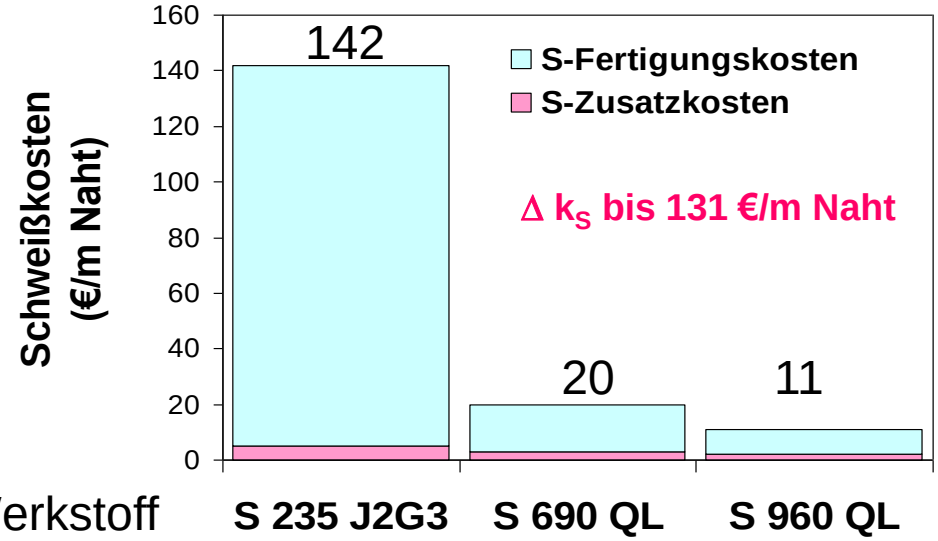
Benennung	V-Naht 60° / DV-Naht 60°			F-Zeichen/ Einheit
	S 235 J2G3	S 690 QL	S 960 QL	
Schweißgutmenge	12,6 / 6,8	1,4 / 0,9	0,8 / 0,5	m_S (kg/m Naht)
S-Zusatzpreis	0,70	2,90	3,60	P_Z (€/kg)
S-Stundensatz ohne/mit S-Zus.	60/62	60/69	60/71	$St_{(S/B)}$ (€/h) 3)
Schweißzeit 1,2)	252 / 137	27 / 17	16 / 9	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) Schweißleistung L_S = 3 kg/h bei 1,0 und 1,2 mm Drahtdurchmesser
2) Schweißzeit ts = m_S / (L_S x 60) (min/m
3) S-Stundensatz mit S-Zusatz $St_{S'}$ (€/h)
k_S / ts = k_S x Ls / m_S = St_S + k_{SM} / ts
4) S-Zusatzkosten k_{SZ} (€/m Naht)
m_S / n' x P_Z x fm > fm = /
5) S-Fertigungskosten k_{SF} (DM/m Naht)
ts x $St_{S(B)}$ = m_S / L_S x 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°

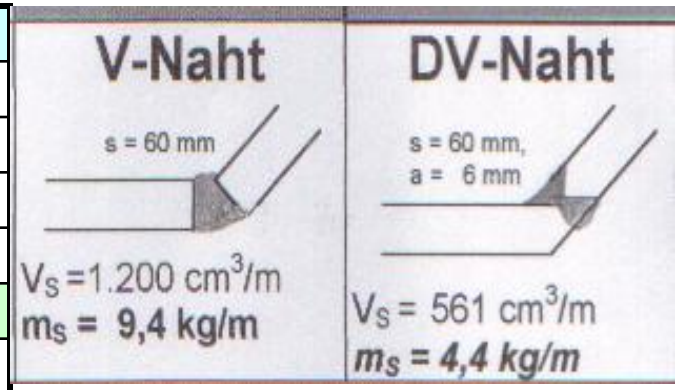


Schweißkosteneinsparung durch Einsatz hochfester Feinkornbaustähle

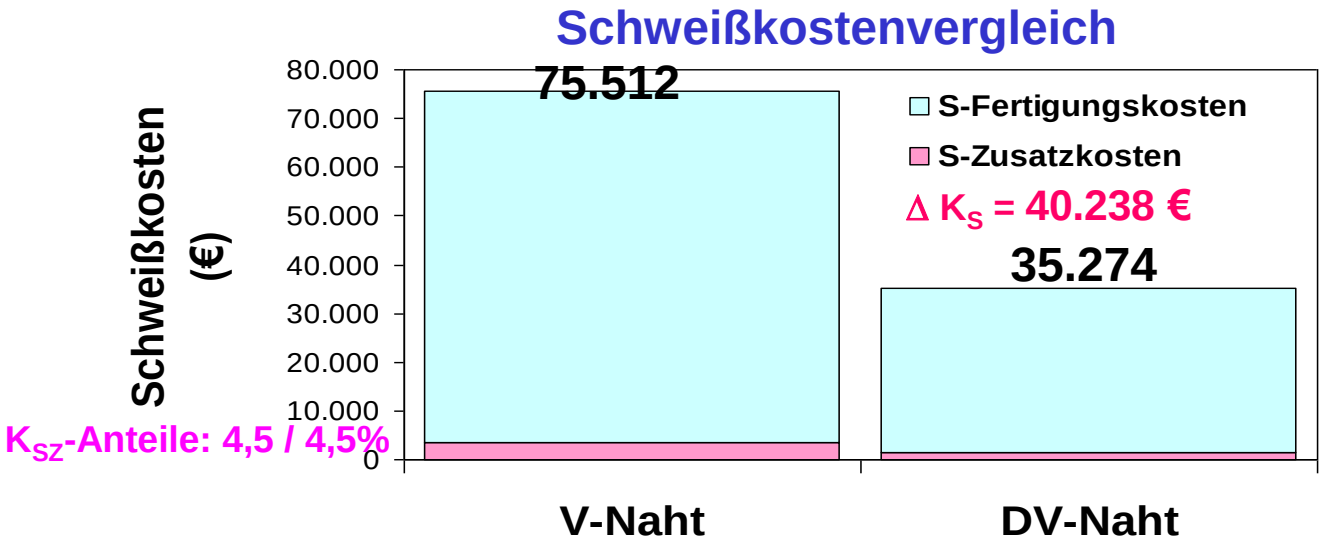
Kosteneinsparung im Maschinenbau beim MAG-Untergurtschweißen von 100 Stück Pressenkörper durch Schweißnahtformänderung

Benennung	F-Zeichen/ Einheit	V-Naht	DV-Naht
Schweißgutmenge	M_S (kg)	2.449	1.144
Schweißzusatzkosten	K_{SZ} (€)	3.403	1.590
Schweißfertigungskosten	K_{SF} (€)	72.109	33.684
Schweißkosten	K_S (€)	75.512	35.274
Schweißkosteneinsparung	K_S (€)	-	40.238

Nutzzahl n‘ = 0,95, S-Zusatzpreis P_Z = 1,32 €/kg, Materialgemeinkostensatz z_M = /
Schweißleistung Ls = 1,8 kg/h, Stundensatz ohne/mit Schweißzusatz St_S = 53/55,5 €/h
S-Kosten $k_S = K_{SZ} + K_{SF} = m_S / n' \times P_Z (1+z_M / 100) + m_S / Ls \times St_S$ (€)
Preis- und Kostenstand ohne MwSt: 2004
Quelle: Korten, H -Schuler Pressen, Göppingen



Unlegierter Baustahl
S 235 JR G2
Nahtlänge
ls = 2,6 m
MAG-Schweißverfahren
Schweißzusatz SG 3 – 1,2 Ø
Schweißzeit ts = m_s/L_s
V-Naht / DV-Naht = 1.361 h/ 636 h
spez. Schweißkosten ks:
V-Naht
31 €/kg Schweißgut ; 290 €/m Naht
DV-Naht
31 €/kg Schweißgut ; 136 €/m Naht

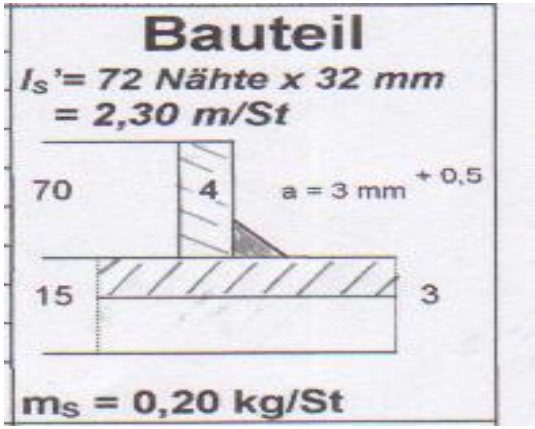


Weitere Einsparmöglichkeiten:
- Maschinenauslastung erhöhen
- Einsatz von Schweißrobotern

Kosteneinsparung im Stahlbau beim Schweißen von 5.000 Stück Stabroste durch Verfahrensumstellung E / MAG

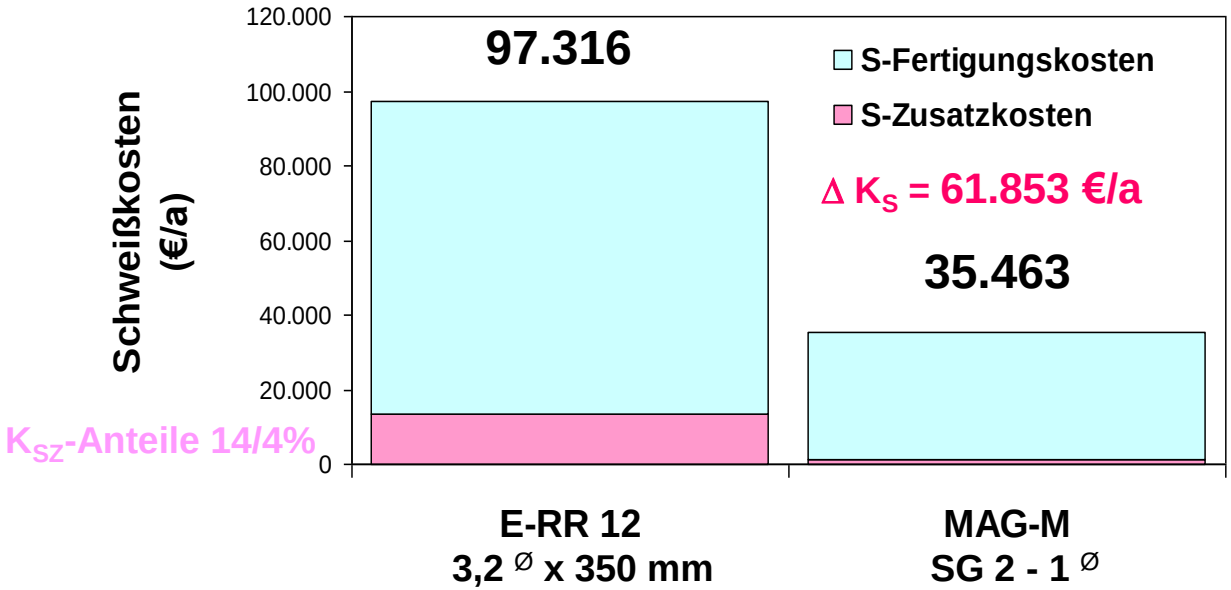
Benennung	F-Z/ Einheit	EN 499-E-RR 12	MAG-M-SG 2
Schweißgutmenge	M_S (kg/a)	1.000	
Schweißzusatzkosten 1)	K_{SZ} (€)	13.680	1.389
Schweißfertigungskosten 1)	K_{SF} (€)	83.636	34.074
Schweißkosten 2)	K_S (€)	97.316	35.463
Schweißkosteneinsparung	ΔK_S (€)	-	61.853

1) Nutzzahl n' = 0,95, B = 57 St/kg; S-Zusatzpreis P_Z = 0,24 €/st bzw. 1,32 €/kg, M-Gemeinkostensatz z_M = /;
Schweißleistung Ls = 0,55 / 1,35 kg/h, Stundensatz o / m Schweißzusatz St_S = 46 /54 bzw.46/48 €/h
2) S-Kosten $k_S = K_{SZ} + K_{SF} = m_S \times B$ bzw. $m_S / n' \times P_Z (1+z_M / 100) + m_S / Ls \times St_S$ (€)
Preis- und Kostenstand ohne MwSt: 2004 Quelle: Aichele, G -Freiburg



Unlegierter Baustahl
S 235 JRG2

Schweißkostenvergleich



Schweißzeit $t_s = m_s/L_s$
E / MAG = 1.818 / 741 h/a

spez. Schweißkosten k_s:

E-Verfahren
97 €/kg Schweißgut ; 8,5 €/m Naht

MAG-Verfahren
35 €/kg Schweißgut ; 3,0 €/m Naht

Wirtschaftlichkeit:

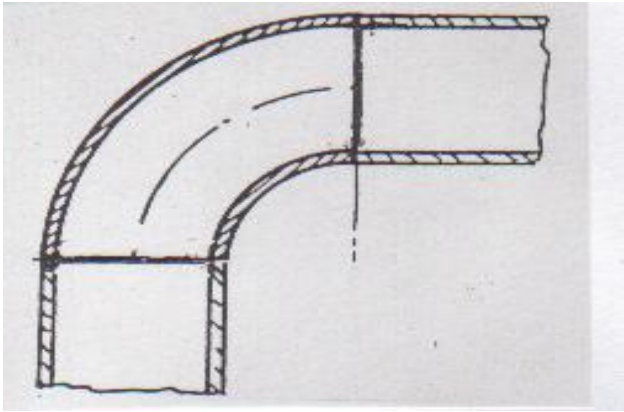
Amortisationszeit n_A
Kapitaleinsatz /Verfahrensgewinn
8.000 € / 61.853 €/a = **0,1 a**

Weitere Einsparmöglichkeiten:
- Maschinenauslastung erhöhen
- Einsatz von Schweißrobotern

Kosteneinsparung in der Chemischen Industrie beim Schweißen von Rohrleitungen durch Verfahrensumstellung von E- auf Plasma-Schweißen

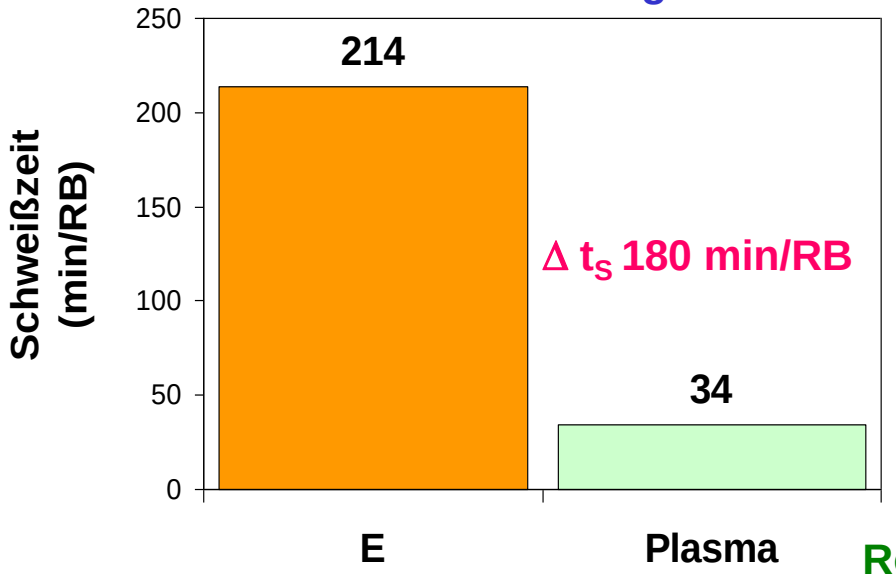
Benennung	F-Zeichen/ Einheit	Rohrstahl S 235 - 150 / 200 / 300 Nenn- Ø	
		E	Plasma [1,2]
Schweißzeit	ts (min/RB)	144 / 214 / 346	28 / 34 / 48
Schweißkosten [3]	k_S (€/RB)	130 / 193 / 311	37 / 45 / 63

1) Plasmaschweißen vollmechanisch mit umlaufenden Brenner
2) Maschinelle Fertigung erfordert enger tolerierte Rohre
3) Schweißstundensatz mit Schweißzusatz E / Plasma Sts‘ = 54 / 79 €/h
Kosten- und Preisstand o. MwSt.: 2004
Quelle: Bohlen, Bayer AG, Dormagen 1986/2004

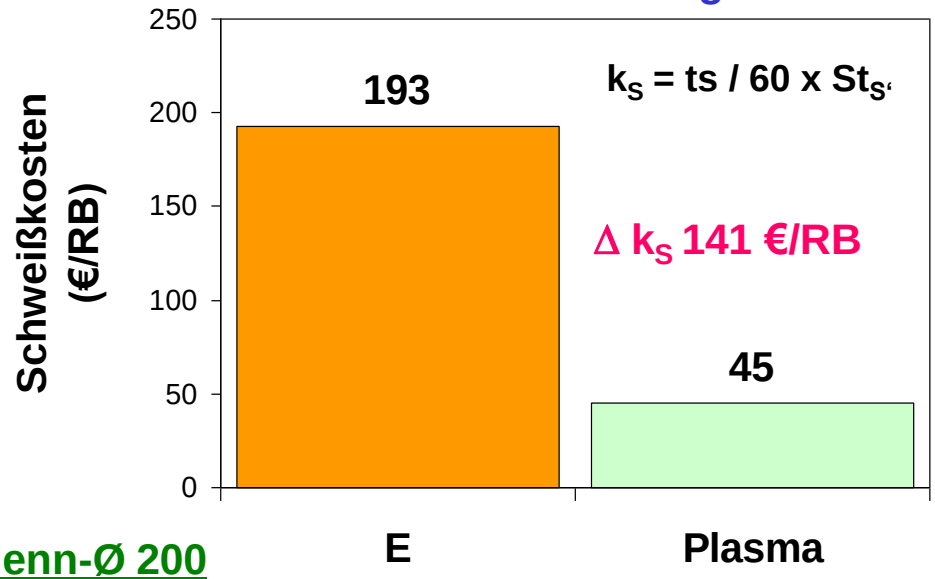


Einschweißen eines 90° Rohrbogens (RB) mit 2 Stumpfnähten

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	ts (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' x Pz (1+ zm/100) x Mp	K_{SM}	**12.126**	**1,26**	**5,05**	**2**	**12.126**	**3,79**	**5,05**	**4**	6,0/0,95 x 0,80 (1+./.100) x 2.400
	S-Fertigungslohnkosten ts/60 x L_B x Mp	K_{SFL}	**144.000**	**15,00**	**60,00**	**30**	**48.000**	**15,00**	**20,00**	**15**	240 bzw. 80/60 x 15 x 2.400
	S-Fertigungsgemeinkosten K_{SFL} x 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 Ksfl x zln/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**	**26.400**	**8,25**	**11,00**	**8,5**	Summe
	- Kalk. Abschreibung Kp/n = Kp x za/100	K_{SA}	12.000	1,25	5,00	2	18.000	5,63	7,50	6	- 60.000 bzw 90.000 x 20/100
	- Kalk. Zinsen Kp/2 x zz/100	K_{SZ}	1.800	0,19	0,75	0,5	2.700	0,84	1,13	0,5	- 60.000 bzw 90.000/2 x 6/100
	- Instandhaltung Kp x zi/10	K_{SI}	1.800	0,19	0,75	0,5	4.500	1,41	1,88	1,5	- 60.000 bzw 90.000 x 3 bzw 5/100
	- Raumkosten A x P_R	K_{KR}	2.160	0,23	0,90	1	1.200	0,38	0,50	0,5	- 6 x 6 bzw 20 m2 x 60 € /m2a
	o Energiekosten E x Pe x 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 x 60/1000 x ED/100 x Ps x T_A	K_{SS}	**6.221**	**0,65**	**2,59**	**1**	**4.147**	**1,30**	**1,73**	**1,5**	12x60/1000 x 30 bzw 60/100x T_A x 3 €/m3
	o Restgemeinkosten [1)] K_{SFL} x z_{FRG}/100	K_{SFR}	**129.600**	**13,50**	**54,00**	**27**	**129.600**	**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)

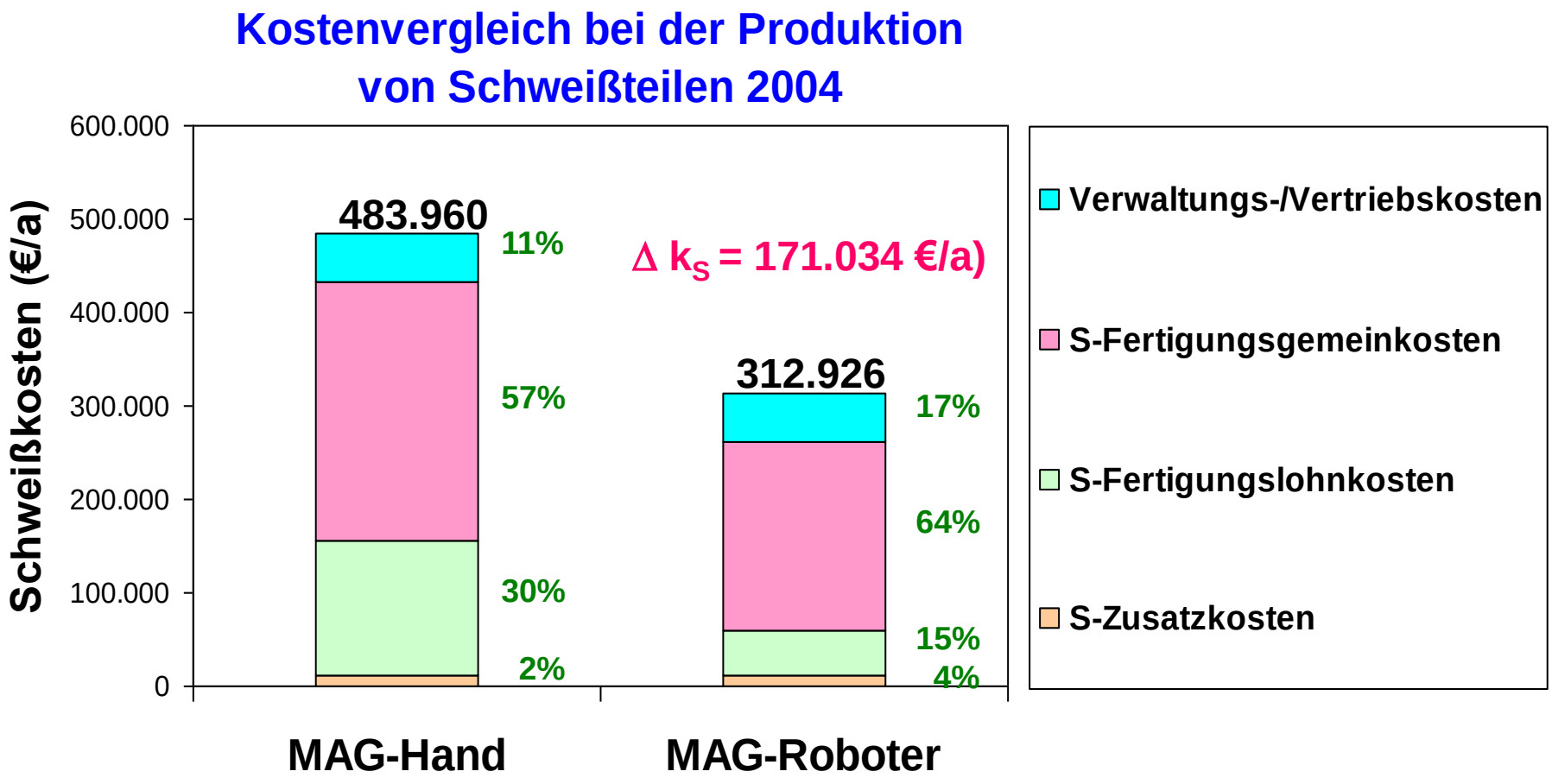
Pos.	Benennung	F-Z	MAG-Schutzgasschweißen								Hinweise
			Hand (H)				Roboter (R)				
30	**Kostenanalyse**		€/a	€/h	€/St	%	€/a	€/h	€/St	%	
	Verwaltg./Vertriebskosten[1)] $(K_{SM} + K_{SFL} + K_{SFG}) \times z_V/100$	**Ksv**	***51.853***	**5,40**	**21,61**	**11**	***51.853***	**16,18**	**21,58**	**17**	(12.126 + 144.000 + 275.981) x12 /100 **(H)**
	Schweißkosten $K_{SM} + K_{SFL} + K_{SFG} + Ksv$	**Ks**	**483.960**	**50,41**	**201,65**	**100**	**312.926**	**97,77**	**130,36**	**100**	12.126 + 144.000 + 275.981+ 51.853 **(H)**
	Schweißkosteneinsparung Ks Hand - Ks Roboter	**Δ Ks**					**171.034**	**-**	**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**	**312.926** **171.034**	**97,77** **-**	**130,36** **71,29**	**100** **35**	siehe Pos. 30
	Umsatzerlöse **- Schweißumsatzanteil** **- Umsatzdifferenz**	**U** **Us** **Δ Us**	**gleich** **gleich** **0**								
	Verfahrensgewinn	**G_V**					**171.034**	**-**	**71,29**	**35**	**= Kosteneinsparung**
50	**Wirtschaftlichkeit**										
	Amortisation	**n_A**	**Δ Kp / (G_V + Δ K_A)**				**<u>0,2</u>**				30.000 /171.103 +6.000
	Empfehlung	**-**	**Dringlichkeitsstufe 1**				**<u>Kaufen!</u>**				n_A = < 2 Jahre

1) Bei Annahme konstanter Jahreskosten K_{SRFG} und K_{SV} ergeben sich folgende SF-Restgemeinkostensätze **z_{FG} = 90 / 270%** und Verwaltungs-/Vertriebsgemeinkostensätze **z_V= 12,0 / 19,9%** für MAG-Hand- bzw. Roboter.

Preis- und Kostenstand ohne MwSt: 2004

Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Kostenanalyse Schweißen mit Hand / Roboter

Schweißteile für Autowaschanlagen, Firma Otto Christ, Memmingen (4)



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

Beispiele aus der Schweißpraxis

Kalkulation mit Werkstoffvergleich aus dem Fahrzeugbau (1)

1. Aufgabe:

Bei einem Fahrzeugbauhersteller werden Fahrzeugrahmen für Mobilkräne hergestellt. Je nach Werkstoffwahl

- unlegierte Baustähle S 355 J2G3 oder
- wasservergütete Feinkornbaustähle S 960 Q

kann die Wanddicke s = 30 bzw.10 mm betragen.
Die DV-Nähte sollen MAG geschweißt Werden.

Es sind Schweißnaht(gewicht)masse, Schweißzeit, Schweißkosten und Schweißkosteneinsparung je m Naht nach der Stundensatz-Kalkulation zu ermitteln und die Ergebnisse zu beurteilen.

2. Randbedingungen:

Unternehmen in Baden-Württemberg 2004

Pos.	Benennung	F-Zeichen/ Einheit	Stahlwerkstoff	
			S 355 J2G3	S 960 QL
1	Wanddicke	s (mm)	30	10
2	Nahtform	-	DV 60°	
3	Nahtdicke	a (mm)	30 $^{+1}$	10 $^{+1}$
4	Nahtlänge	l (m)	1	
5	Schweißverfahren	-	MAG-M	
6	Nutzzahl	n‘ (-)	0,95	
7	Schweißdraht	-	SG 3-1,2 Ø	X 90 L- 1,2 Ø
8	Schweißzusatzpreis	P_Z (€/kg)	1,04	4,92
9	M-Gemeinkostenfaktor	f_M (-)	- 1)	
10	Schweißleistung	L_S (kg/h)	3,0	
11	Schweißstundensatz	St_S (€/h)	62 (Hand)	

1) ohne Materialgemeinkostenzuschlagsfaktor(satz) bei Verrechnung als Fertigungshilfsstoffe

Preis- und Kostenstand ohne MwSt.: 2004

Beispiele aus der Schweißpraxis

Kalkulation mit Werkstoffvergleich aus dem Fahrzeugbau (2)

3. Lösungen:

o Schweißgutmenge

m_S = Schweißgut(gewicht)masse
= Ermittlung aus den Schweißnahttabellen
= 2,96 / 0,47 kg/m Naht

o Schweißzeit

t_S = Schweißzeit / Schweißleistung
= m_S / L_S x 60
= 2,96/3 x 60 bzw. 0,47/3 x 60
= 59 / 9 min/m Naht

o Schweißzusatzkosten

k_{SM} = Schweißzusatzmenge x Preis
= m_S / n' x P_Z
= 2,96/0,95 x 1,04 bzw. 0,47/0,95 x 4,92
= 3,24 / 2,43 €/m Naht

o Schweißfertigungskosten

k_{SF} = Schweißzeit x Stundensatz
= t_S x St_S = m_S /L_S x St_S
= 2,96/3 x 62 bzw. 0,47/3 x 62
= 61,17 / 9,71 €/m Naht

o Schweißkosten

k_S = k_{SM} + k_{SF}
= 3,24 + 61,17 bzw. 2,43 + 9,71
= 64,41 / 12,14 €/m Naht

o Schweißkosteneinsparung

$\Delta k_S = k_{S1} - k_{S2}$
= 64,41 – 12,14
52,27 €/m Naht

o Schweißstundensätze mit Schweißzusatz

$St_{S'} = k_S / t_S$
= 64,41/59 x 60 bzw. 12,14/9 x 60
= 66 / 81 €/h > 62 €/h

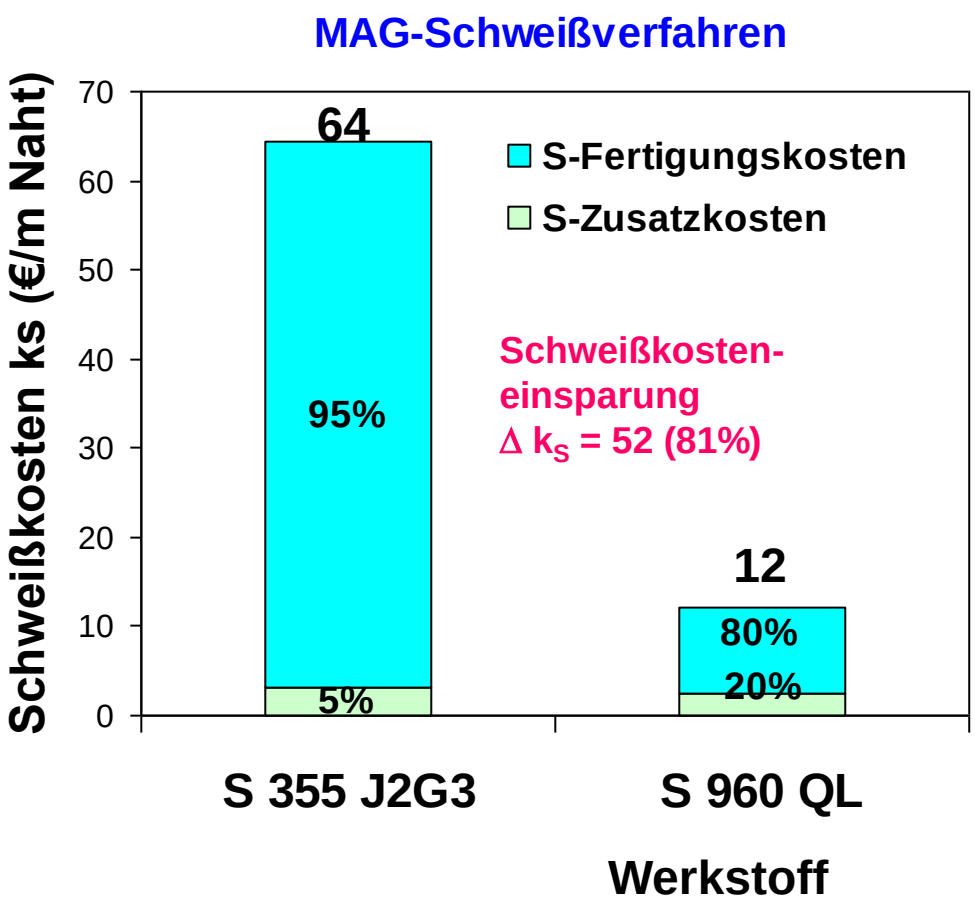
o Schweißzusatzstundensätze

St_Z = $St_{S'}$ - St_S
= 66 - 62 bzw. 81 - 62
= 4 / 19 €/h

Beispiele aus der Schweißpraxis

Kalkulation mit Werkstoffvergleich aus dem Fahrzeugbau (3)

4. Werkstoff Schweißkostenvergleich:



5. Beurteilung und Umsetzung:

Die **spezifischen MAG-Schweißkosten** beim Einsatz des unlegierten Baustahles S 355 J2G3 im Vergleich zum wasservergüteten Feinkornbaustahl S 960 QL betragen **64 bzw. 12 €/m Naht.**

Die **spez. Schweißkosteneinsparung** beträgt somit **52 €/m Naht** bei einer Werkstoffänderung von S 355 J2G3 zum S 960 QL.

Der Einsatz der Werkstoffsorte S 960 QL konnte empfohlen und umgesetzt werden, weil die Mehr-/Minderkosten für Schweißnahtvorbereitung, Vor- und Nachbehandlung sowie Prüfung geringer waren als die Schweißkosteneinsparung.

Beispiele aus der Schweißpraxis

Wirtschaftlichkeitsrechnung-Verfahrensvergleich aus dem Stahlbau (1)

1. Aufgabe:

In einem Stahlbaubetrieb werden Schweißteile aus unlegierten Baustahl S 235 JRG2 (R St 37-2) hergestellt. Es sollen jährlich 4.000 m Flachkehlnähte mit der Nahtdicke a = 5 $^{+1}$ E oder MAG geschweißt werden.

Es sind Schweißgutjahresmenge, Schweißgutjahresnutzungszeiten, Schweißkosten, Zeit- und Kosteneinsparungen sowie die Amortisationszeit nach der Kostenvergleichs- und Amortisationsrechnung zu ermitteln und die Ergebnisse zu beurteilen.

2. Randbedingungen:

Unternehmen in Baden-Württemberg 2004				
Pos.	**Benennung**	**F-Zeichen/ Einheit**	**Verfahren**	
			E-RR 12, 3,2 Ø	**MAG SG3, 1 Ø**
1	Kapitaleinsatz	K_P (€)	3.000	8.000
2	Nutzungsdauer	n (a)	5	
3	Abschreibungskosten	K_A (€/a)	600	1.600
4	Schweißnahtlänge	$L_{S'}$ (m/a)	4.000	
5	Schweißnahtdicke	a (mm)	5 $^{+1}$	
6	Schweißgutmasse	m_S (kg/m)	0,25 (Tabelle)	
7	SZ-Wechselzahl	B (St/kg)	57	-
8	Nutzzahl	n (-)	-	0,95
9	Schweißzusatzpreis	P_Z (€/ME)	0,24 [2)]	1,32 [2)]
10	M-Gemeinkostenfaktor	f_M (-)	- [1)]	
11	Schweißleistung	L_S (kg/h)	0,6	1,2
12	Schweißstundensatz	St_S (€/h)	46 [3)]	

1) ohne Materialgemeinkostenzuschlagsfaktor(satz) bei Verrechnung als F-Hilfsstoffe.
2) P_Z = 0,24 €/St bei 350 mm (E) bzw. 1,32 €/kg bei 15 kg Rolle (MAG-Mischgas)
3) Vereinfachter Verfahrensvergleich! Genauigkeitsverbesserung durch Ermittlung getrennter Verfahrens-Stundensätze in Abhängigkeit vom Beschäftigungsgrad.
Preis- und Kostenstand ohne MwSt.: 2004

Beispiele aus der Schweißpraxis

Wirtschaftlichkeitsrechnung-Verfahrensvergleich aus dem Stahlbau (2)

3. Lösungen:

o Schweißgutjahresmenge

M_S = spez. Schweißgut(gewicht)masse x Menge
= m_S x $L_{S'}$ = 0,25 x 4.000
= 1.000 kg/a

o Schweißjahresnutzungszeit

T_S = Schweißzeit x Menge
= t_S x $L_{S'}$ = m_S / L_S x $L_{S'}$ = Ms / Ls
= 1.000/0,6 bzw. 1.000/1,2
= 1.667 / 833 h/a >/< 1.480 h/a

ΔT_S = 834 h/a

o Schweißzusatzkosten

k_{SM} = Schweißzusatzmenge x Preis
= M_S x B x P_Z x f_M Ms / n' x P_Z x f_M
= 1.000 x 57 x 0,18 bzw. 1.000/0,95 x 1,32
= 13.680 / 1.389 €/a

o Schweißfertigungskosten 3)

k_{SF} = Schweißjahresnutzungszeit x Stundensatz
= T_S x St_S = M_S / L_S x St_S
= 1.000/0,6 x 46 bzw. 1.000/1,2 x 46
= 76.667 / 38.333 €/a

* a = Jahr

o Schweißkosten

k_S = k_{SM} + k_{SF}
= 13.680 + 76.667 bzw. 1.389 + 38.333
= 90.347 / 39.722 €/a
= 90 / 40 €/kg Schweißgut
= 23 / 10 €/m Naht

o Schweißkosteneinsparung

Δk_S = k_{S1} – k_{S2}
= 90.347 – 39.722
= 50.625 €/a

o Amortisationszeit 4)

n_A = Kapital(Mehr)einsatz / Kapitalrückfluss
= ΔK_P / G_V 4) = ΔK_P / (ΔK_S + Δ K_A bei G_V =ΔK ; ΔU = 0 !
= (8.000 - 3.000) / (50.625 + 1.000)
= 0,1 a

o Kaufdringlichkeitsstufe

= 1 weil < 2 a

o Schweißstundensätze mit Schweißzusatz

Sts' = K_S / T_S = 90.347 / 1.667 bzw. 39.722 / 833
= 54 / 48 €/h

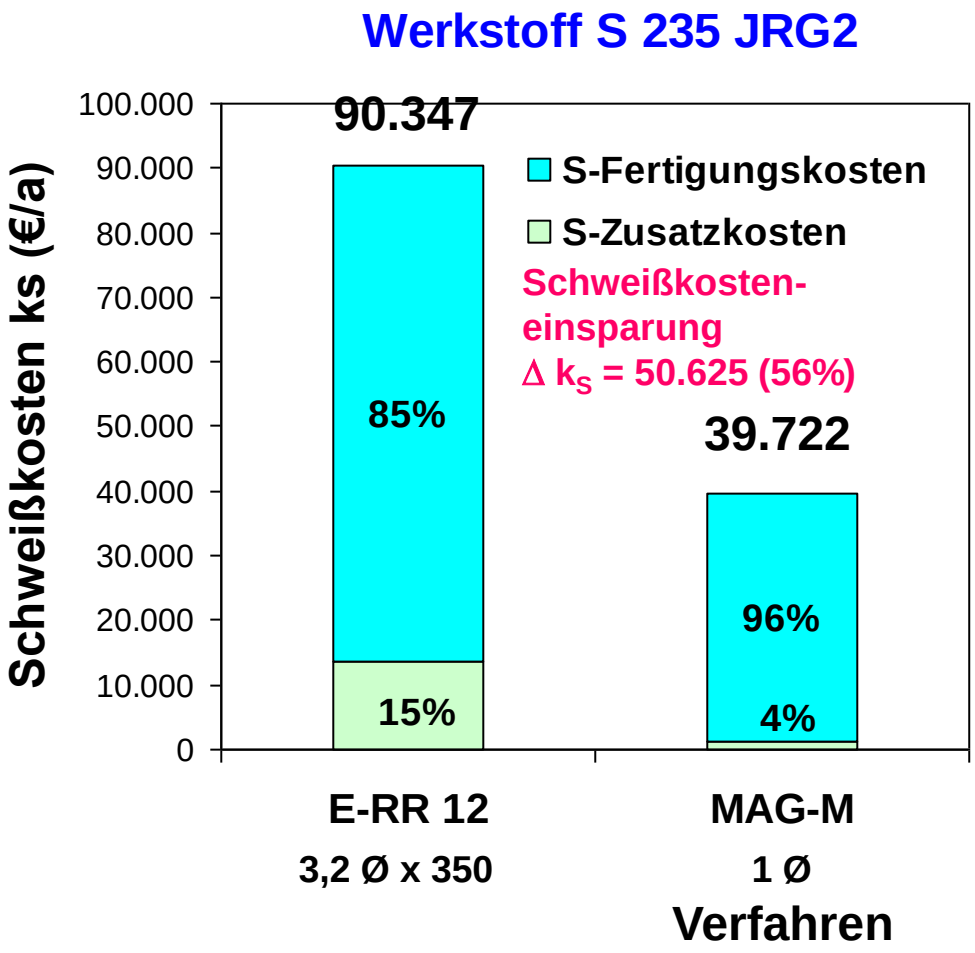
o Schweißzusatzstundensatz

St_Z = $St_{S'}$ – St_S
= 54 - 46 / 48 – 46 = 8 / 2 €/h

Beispiele aus der Schweißpraxis

Wirtschaftlichkeitsrechnung-Verfahrensvergleich aus dem Stahlbau (3)

4. Verfahrensvergleich:



5. Beurteilung und Umsetzung:

Der Verfahrensgewinn würde jährlich rund 50 T€, bei einem konstanten Verkaufspreis für die Schweißteile betragen.
Der Kapitalmehreinsatz von 5 T€ für die MAG-Anlage würde sich nach gut 1 Monat amortisieren.

Es wurde der Kauf der MAG-Anlage infolge der Dringlichkeitsstufe 1 empfohlen und im Betrieb umgesetzt.

4) Annahme:
Verfahrensgewinn = Schweißkosteneinsparung bei einem konstanten Verkaufspreis für die Schweißteile.

Laserschweißen in der Blechbearbeitung am Beispiel des Druckergehäuses für Thermotransferdrucker

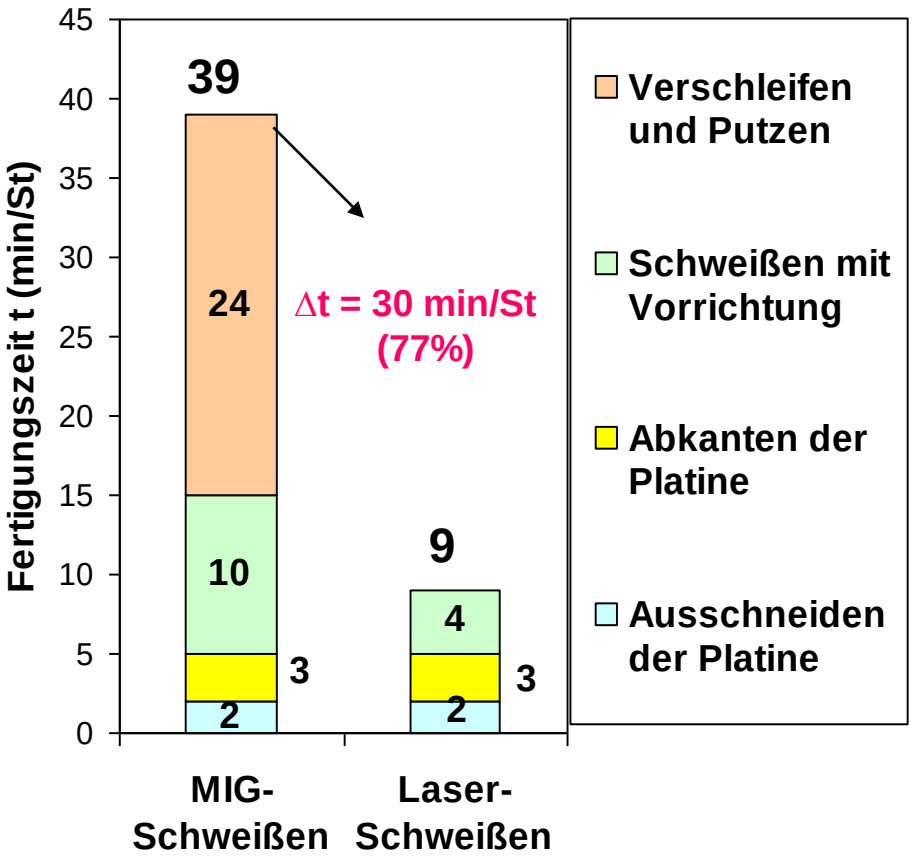
Beurteilung der Arbeitsschritte:

- Vorbereiten und Ausschneiden sowie Abkanten 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
- **Qualität**
  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



Quelle: www.trumpf.com 12/2003

Roboter-Laserschweißen in der Karosseriefertigung im Automobilbau

Schweißen am Dach eines PkWs

***Tailored Blank** engl., bedeutet: *maßgeschneiderte Blechplatine*, welche aus verschiedenen Werkstoffgüten und/oder Blechdicken zusammengesetzt ist.

Quelle:
www.trumpf-laser.com vom 7.10.2006

Hohe Produktivität und Qualität

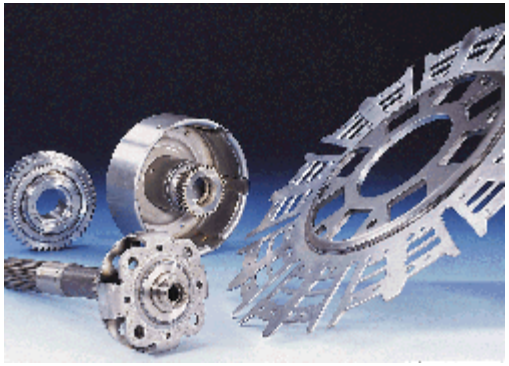
Bereits seit 15 Jahren setzen Automobilhersteller den Laser in der Karosseriefertigung ein. Ob zum Verbinden der Bodengruppe, der Seitenteile, der Dach-, Front- oder Heckpartie: der Laser hat überall Einzug gehalten.

Vorteile des Laserfügens sind:

- hohe Schweißgeschwindigkeit von > 5 m/min und damit hohe Produktivität
- hohe Reproduzierbarkeit der Verbindungen
- geringe Wärmeinbringung und damit geringer Verzug und geringe Nacharbeit
- hohe Verbindungssteifigkeit der durchgehenden Naht und damit auch die positive Auswirkung auf das Crashverhalten
- gute Zugänglichkeit zu den Schweißstellen durch die berührungslose Bearbeitung
- Gewichtseinsparung durch den Einsatz von Tailored Blanks*
- gute Automatisierbarkeit der Lasers und einfache Einbindung in Anlagenkonzepte

Um die **installierte Laserleistung optimal zu nutzen**, können heute mit dem TRUMPF LASERNETWORK die Bearbeitungsstationen und Laserstrahlquellen intelligent miteinander vernetzt werden.
Für die Fügeaufgaben im Karosseriebau kommen hauptsächlich Festkörperlaser ab 2 Kilowatt Laserleistung am Werkstück oder CO_2-Laser mit einer Laserleistung ab 5 Kilowatt zum Einsatz.

Weitere Beispiele Laserschweißen im Automobilbau



Fazit und Ausblick

Fazit:

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

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

Ausgewähltes Infomaterial

Kostenrechnen und Kostensenken in der Schweißtechnik Handbuch zum Kalkulieren, wirtschaflichen Konstruieren und Fertigen Autor: Günther Aichele, Werner Spreitz Ausgabe: August 2001 **Herausgeber:** DVS-Verlag GmbH Aachener Sr. 112, 40223 Düsseldorf Tel.: 0211 /1591-161; Fax 0211 /1591-250 E-Mail: verlag@dvs-hg.de, Internet: www.dvs-verlag.de Preis: 65,50 €	**Schweißkostensenkung in kleinen und mittleren Betrieben** Vortrags- und Manuskriptfassung auf CD-ROM Autor: Dieter Bouse Ausgabe: Mai 2007* **Herausgeber:** Dieter Bouse Beethovenstr. 19/1, 71665 Vaihingen/Enz Tel.: 07042 / 22455; E-Mai: dieter.bouse@gmx.de Schutzgebühr: 2 € * Die Vortragsfassung 2004 steht im Internet unter www.erl-gmbh.de/fachtagung_2004.html
WinWeld – Modul WeldCalc: Kalkulation von Schweißzusatzverbrauch, Schweißzeiten und Kosten (Demo-Version-5,1 MB) Internet: www.starweld.de/winweld.htm Ausgabe: **Herausgeber:** Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH Köthener Str. 33a, 06118 Halle/S. Bereich Softwareberatung und -entwicklung Tel.: 03 45/52 46-3 17, Fax: 03 45/52 46-4 12 Mail: software@slv-halle.de Preis:	**SchweißAssistent Version 3.2** WPS-Software mit Schweißanweisungen, Schweißkosten-Kalkulation und Schweißerqualifikationsverwaltung Ausgabe: **Herausgeber:** DVS-Verlag GmbH Aachener Sr. 112, 40223 Düsseldorf Tel.: 0211 /1591-161; Fax 0211 /1591-250 E-Mail: verlag@dvs-hg.de, Internet: www.dvs-verlag.de Preis: 549 € + MwSt.