

Schweißfachingenieur-Lehrgang - Teil 3 in Ulm 2005
Veranstalter: SLV Fellbach in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Ulm

Wirtschaftlichkeitsfragen

Dipl.- Ing. Dieter Bouse

Schweißfachingenieur
European Welding Engineer



Baden-Württemberg

WIRTSCHAFTSMINISTERIUM

Impressum

Veranstalter: SLV Fellbach in Zusammenarbeit mit der FH Ulm

Thema: **Wirtschaftlichkeitsfragen**

Referent: Dieter Bouse
Diplom-Ingenieur

Anschriften: privat:
Dieter Bouse

Beethovenstr. 19/1
71665 Vaihingen/Enz
Telefon: 07042 / 22455
E-Mail: dieter.bouse@gmx.de

dienstlich:
Wirtschaftsministerium
Baden-Württemberg
Theodor-Heuss-Str. 4
70174 Stuttgart
Telefon: 0711/123-2522
Telefax: 0711/123-2100
E-Mail: dieter.bouse@wm.bwl.de
Internet: www.wm.baden-wuerttemberg.de

Einführung

In meiner Vorlesung zum Thema

„Wirtschaftlichkeitsfragen beim Schweißen und Schneiden in Betrieben“

werde ich zunächst die Ausgangslage in Deutschland beschreiben, die wichtigsten grundsätzlichen betriebswirtschaftlichen Zusammenhänge, Kostenrechnungen und Methoden der Kalkulation und Wirtschaftlichkeitsrechnung aufzeigen.

Schwerpunkte meiner Vorlesung werden das Aufzeigen von Potenzialen und Berechnungsmethoden zur Kostensenkungen im Betrieb durch wirtschaftliche Konstruktion und Produktion von Schweißerzeugnissen sein.

Beispiele und Übungsaufgaben aus der Praxis beim Einsatz von Schmelzschweißverfahren im Stahl-, Maschinen- und Anlagen- und Rohrleitungsbau sollen die vielfältigen wirtschaftlichen Möglichkeiten zur Kostensenkung aufzeigen und vertiefen zur Sicherung der Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen.

Inhalt

Kurzfassung

0. Ausgangslage

1. Betriebswirtschaftliche Grundlagen

2. Wirtschaftliche Konstruktion

3. Wirtschaftliche Produktion

4. Beispiele aus der Schweißpraxis

5. Fazit und Ausblick

Anhang

Inhalt

0. Ausgangslage

1. Betriebswirtschaftliche Grundlagen

2. Wirtschaftliche Konstruktion

3. Wirtschaftliche Produktion

- Kostenstelle Schweißplatz /Schweißkostenanalyse
- Schweißzusatzkosten
- Schweißfertigungskosten
- Schweißkostensenkung

4. Beispiele aus der Schweißpraxis

5. Fazit und Ausblick

Kurzfassung (1)

0. Ausgangslage

Die metallverarbeitenden Unternehmen werden bei der Herstellung von Schweißergebnissen 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 Schweißkonstruktion 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 Abnahmegesellschaften.
- Verbesserung der Effektivität in allen Unternehmensbereichen durch übergreifende Kommunikation und Organisation.

1. Betriebswirtschaftliche 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 Kosteneinsparungen von Erzeugnissen eingesetzt.

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.

Kurzfassung (2)

3. Wirtschaftliche Produktion

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

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

- Schweißzusatzkosten
Kosteneinsparungen können z. B. durch Änderung der Güteklasse/Typ, Erhöhung des Stab/Draht, Einkaufsrabatte bei größeren Abnahmemengen erreicht werden.
- Schweißfertigungskosten
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..

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.

Kurzfassung (3)

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 Deckungsbeitragsrechnung werden weniger angewandt.

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

- Wirtschaftliche Schweißkonstruktionen durch optimale Auswahl von Werkstoffen, Halbzeugen und Schweißnähten
- 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 Schweißprodukten besonders durch Produkt- und Prozessinnovationen, Qualitätssicherung und Kostensenkung erfüllen, haben auch in der Zukunft gute Wettbewerbschancen.

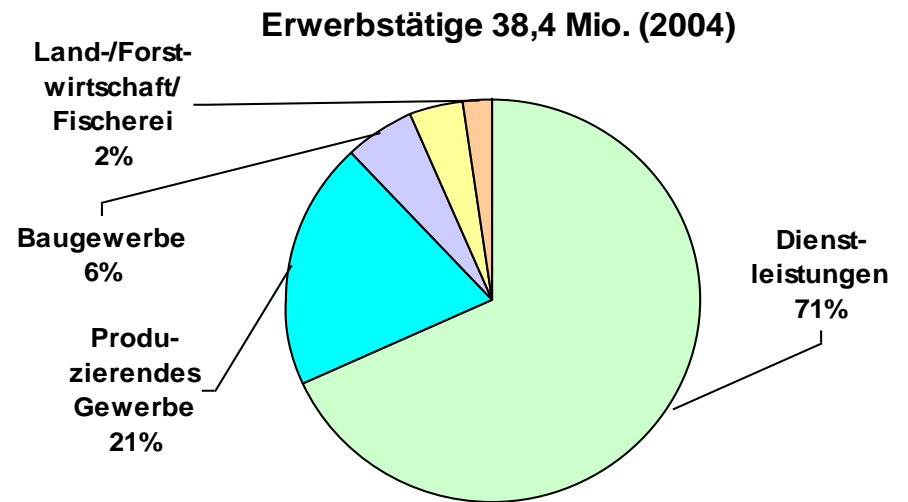
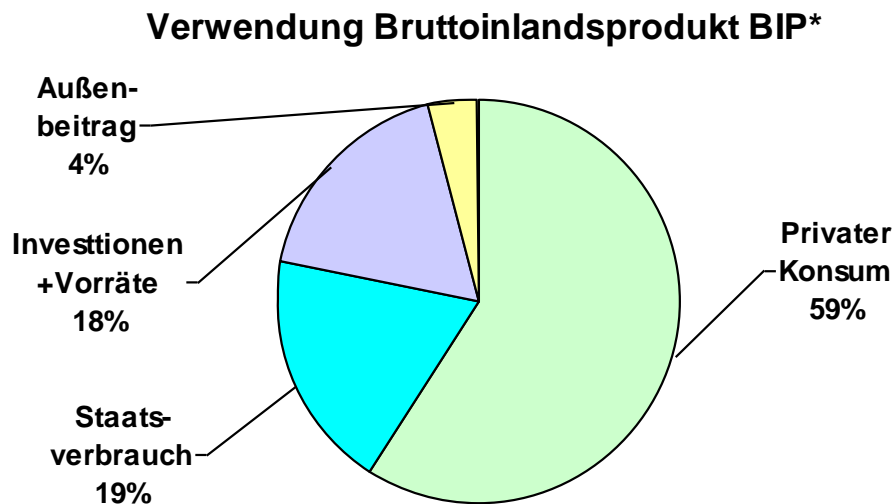
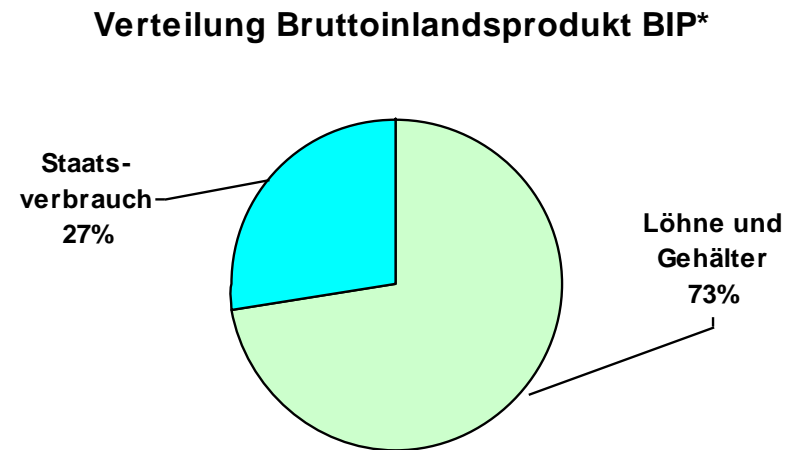
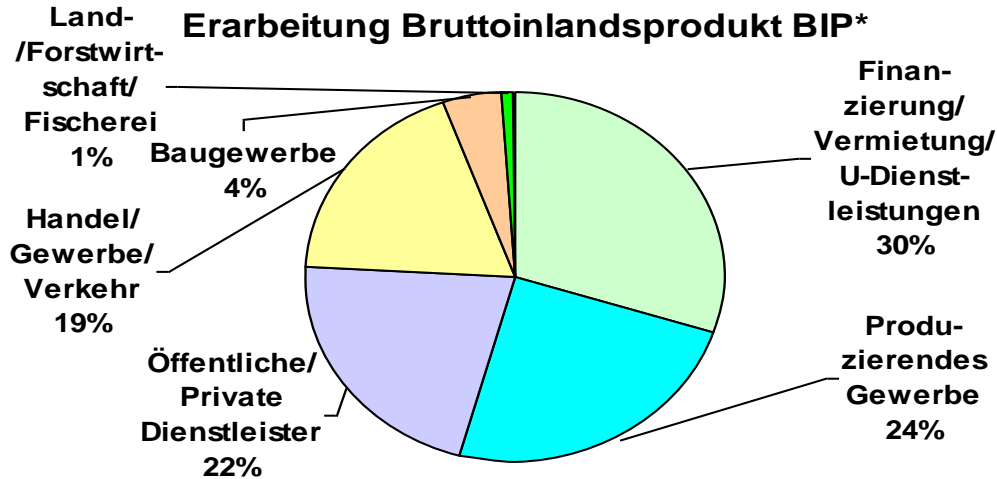
Schrifttumauswahl

- (1) Grube: Schweiß- und Schneidtechnik im Jahre 1990-Bundesrepublik Deutschland, Fachzeitschrift Schweißen und Schneiden, 1991/9, DVS-Verlag, Düsseldorf
- (2) VDI: VDI-Richtlinie 3258, Kostenrechnung mit Maschinenstundensätzen, Blatt 1 und 2, VDI-Verlag, Düsseldorf 1962/64
- (3) Warnecke u.a.: Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure, Carl Hanser Verlag, München 1990
- (4) Aichele: Kalkulation und Wirtschaftlichkeit in der Schweißtechnik, DVS-Verlag, Düsseldorf 1985
- (5) Pomaska: Das Metallschutzgasschweißen im Einsatz, Linde Sonderdruck, Höllriegelskreuth 1981
- (6) Fiehn: Halbmaschinelles und maschinelles Schweißen, DVS-Verlag, Düsseldorf 1965
- (7) Aichele: Schutzgasschweißen, Messer Griesheim, Frankfurt 1978
- (8) HMF BW : Betriebsvergleich 2002, Handwerksverband Metallbau und Feinwerktechnik Baden-Württemberg, Stuttgart 5/2004
- (9) VDI: VDI-Richtlinie 3321, Wirtschaftlichkeitsrechnung in der industriellen Fertigung, Blatt 1-4, VDI-Verlag, Düsseldorf 1970/74/81
- (10) Sonnenberg: Betriebslehre und Arbeitsvorbereitung, Band 1- Betriebswirtschaftliche Grundlagen, Band 2 – Kostenrechnung, Arbeitsstudium, Vieweg-Verlag, Braunschweig/Wiesbaden 1987/1991
- (11) Olfert: Kompendium der praktischen Betriebswirtschaft, Band 1- Kostenrechnung, Band 2 - Investition, Friedrich Kiehl Verlag, Ludwigshafen 1991/92

0. Ausgangslage

- Wirtschaftsleistung, Erwerbstätige und Bedeutung der Schweißtechnik in Deutschland**
- Ausgewählte Rahmen- und Strukturdaten zur Schweißtechnik in Deutschland**
- Entwicklung der Produktivität im Handwerk und in der Industrie in Deutschland**
- Wirtschaftliche Daten im Handwerk und in der Industrie in Baden-Württemberg**

Wirtschaftsleistung (BIP) und Erwerbstätige in Deutschland 2002 / 2004

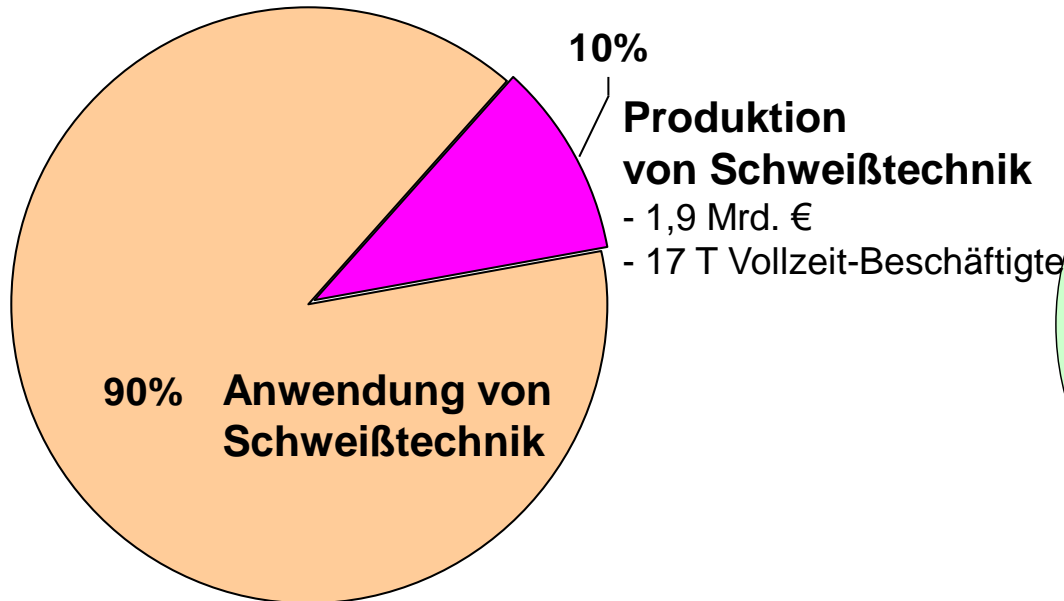


* BIP in jeweiligen Marktpreisen 2110 Mrd. € im Jahr 2002

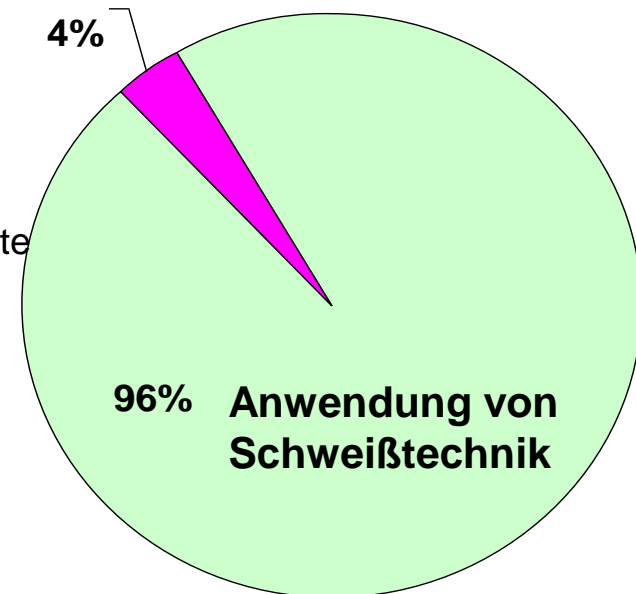
Quellen: Globus aus Zfk 2/2003 und BMWA 2005

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

**Gesamtwirtschaftliche
Wertschöpfung 19 Mrd. €***



Beschäftigte 455.000



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

** Wertschöpfung = Produktionswert minus Vorleistungen*

Die Schweißtechnik ist mit 3,5 % an der Wertschöpfung des produzierenden Gewerbes beteiligt

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

Ausgewählte volkswirtschaftliche Rahmendaten zur Schweißtechnik in Deutschland 1991-2002

Pos.	Benennung	Einheit	Rahmendaten		Veränderung (%)
			1991	2002	
1	Bevölkerung	Mio.	80	82	+ 3
2	Erwerbstätige	Mio.	36	38	+ 6
3	Wirtschaftsleistung				
	- Bruttoinlandsprodukt (BIP nom.)	Mrd. €	1 502	2 110	+ 40
	- Bruttoinlandsprodukt (<i>BIP real,95</i>)	Mrd. €	1 711	1 990	+ 16
4	Schweiß- und Schneidtechnik ¹⁾	Mrd. €	1,5	1,8	+ 20
5	Rohstahl/Walzstahlerzeugnisse	Mio. t	42/35	45/38	+ 7 / + 9
6	Ø-Erlöse Stahlindustrie	€/t		560*	
7	Arbeitskosten (D-West) ²⁾	€/h	20	27	+ 35
8	Arbeitsproduktivität (Pos. 3 BIP nom./ 2)	T€/Erw.	42	56	+ 33
9	Brutto-Umsatzrendite Industrie ³⁾	%	2,5	3,0	+ 20

1) Produktion

* Eigene Schätzung

2) Arbeitskosten = Personalstundensatz für Facharbeiter, z. B. in der Industrie

D-West 2003: Lohn 15,13 €/h + Lohnzusatz 11,86 €/h (78,2 % vom Lohn) = 27,09 €/h

D-Ost 2003: Lohn 10,17 €/h + Lohnzusatz 6,68 €/h (66,8 % vom Lohn) = 16,86 €/h

3) Brutto-Umsatzrendite = Gewinn vor Steuern bezogen auf den Umsatz beim verarbeitenden Gewerbe

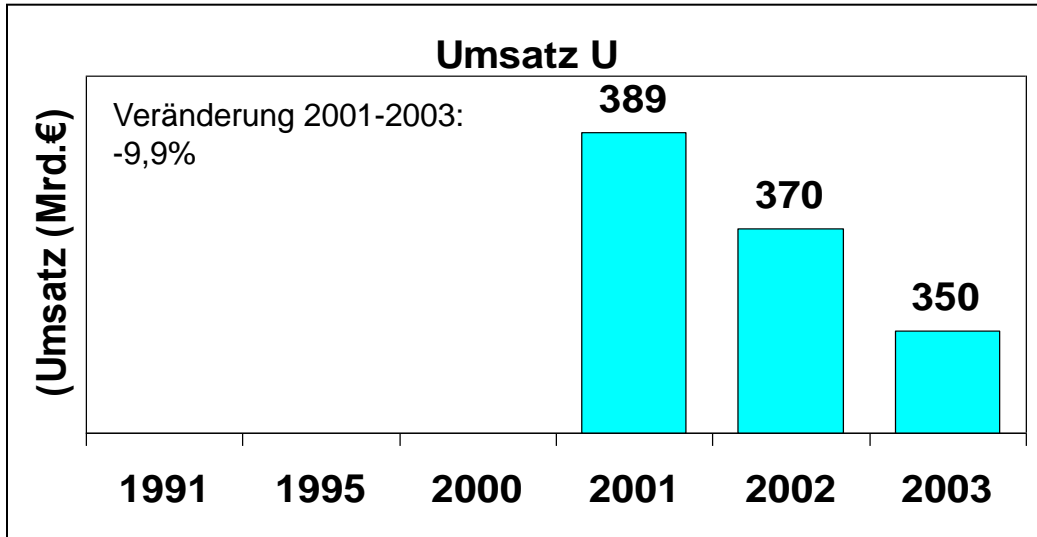
Quellen: Internet: www.vgrdl.de sowie BMWA, DVS, St. LA-BW, VDI, Globus u.a.

Ausgewählte Strukturdaten zur Schweißtechnik in Deutschland 2002

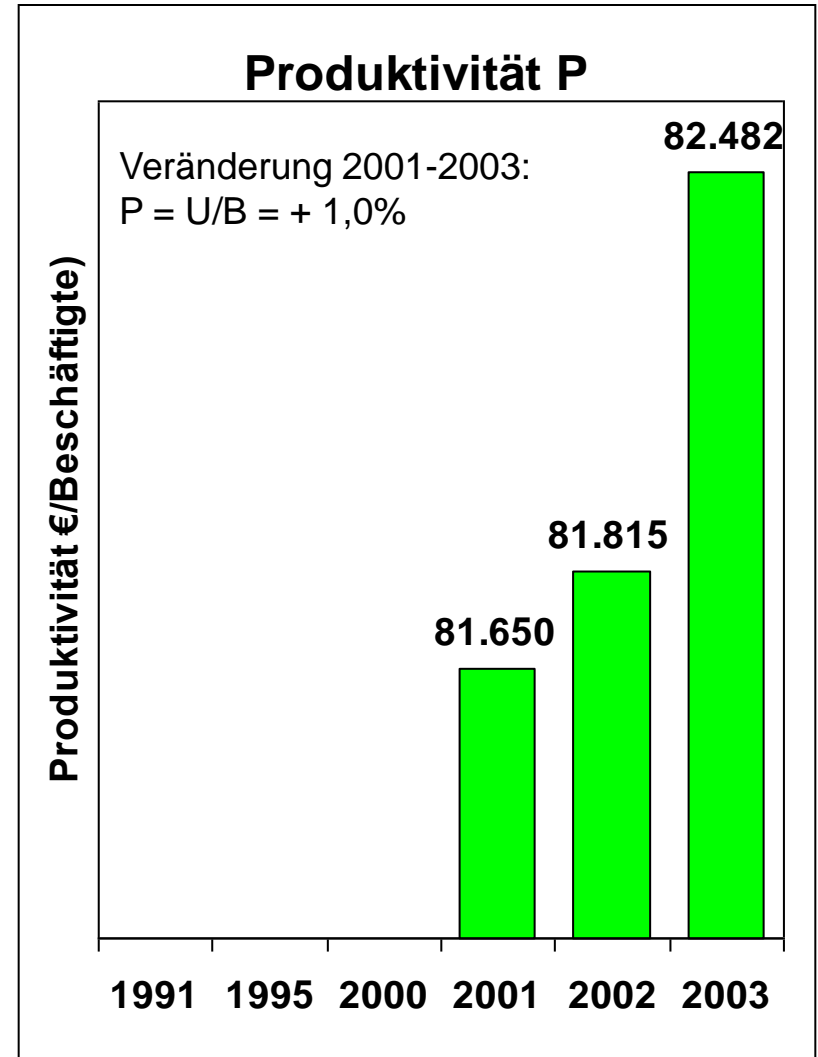
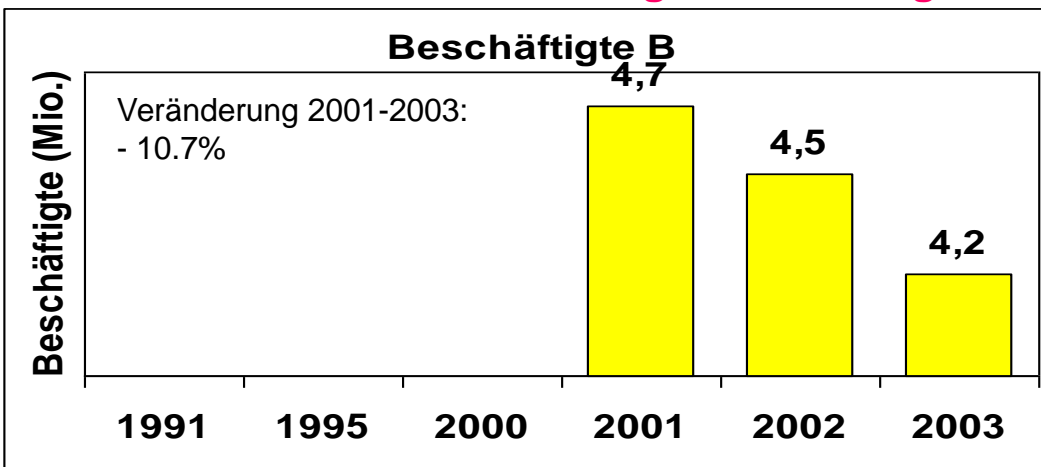
Pos.	Benennung	Jahr	Menge	Wert	Quellen
1	Bevölkerung	2002	82,5 Mio.	-	www.bmwa.de
2	Wirtschaftskraft - Bruttoinlandsprodukt BIP in Marktpreisen - BIP/Kopf	2002	- -	2 110 Mrd. € 25.454 €	www.bmwa.de www.vgrdl.de
2	Stahlproduktion - Produktion Rohstahl-/ Walzstahl - Pro-Kopf-Verbrauch	2002	44 / 38 Mio. t 530/ 460 kg		www.wvstahl.de www.stahl-online.de
3	Alu-Produktion - Halbzeug - Pro-Kopf-Verbrauch	2002	2,0 Mio. t 24 kg		www.aluinfo.de
4	Schweißproduktion - Produktion - Geräte -/ Schweißzusatz-Anteil	2002	- -	1 795 Mio. € 84/16%	
5	Roboter - Gesamteinsatz - Anteile Punkt- und Bahnschweißen - Produktion	2002	105 000 25% 10.500		www.vdma.org www.ifr.org www.euron.org www.service-robots.org

Weltweit 2000: Rohstahl-/ Walzstahlproduktion 847 / 769 Mio. t; Alu-Produktion 33 Mio. t; 395.000 Roboter

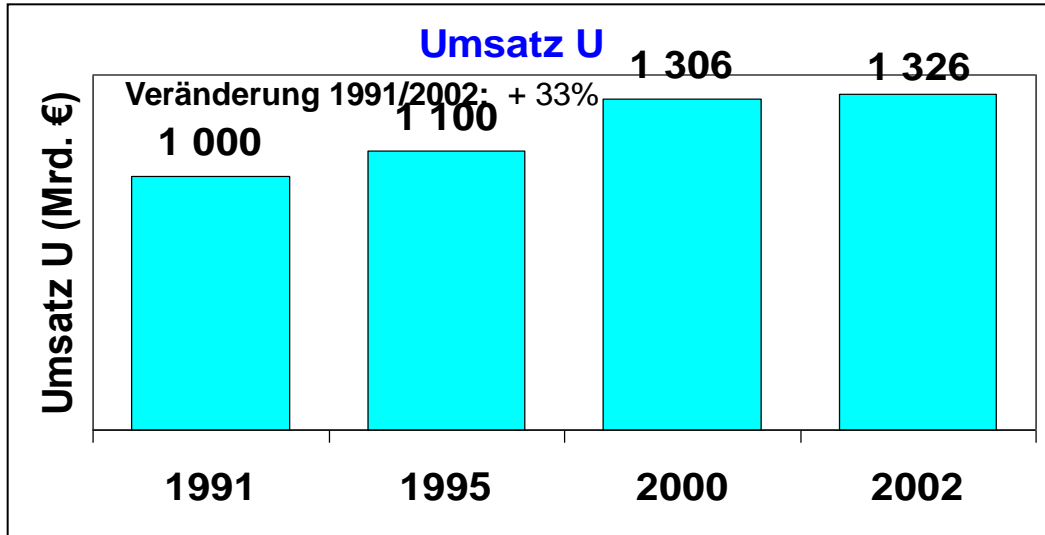
Entwicklung der Produktivität im Handwerk in Deutschland 1991-2003



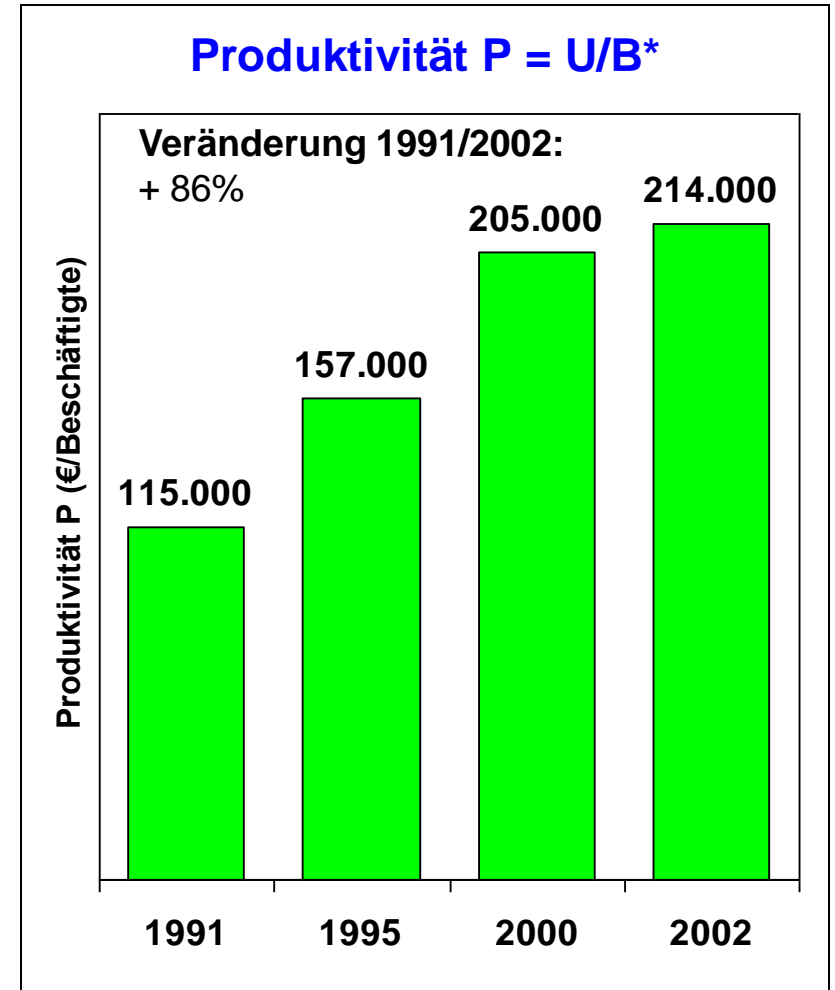
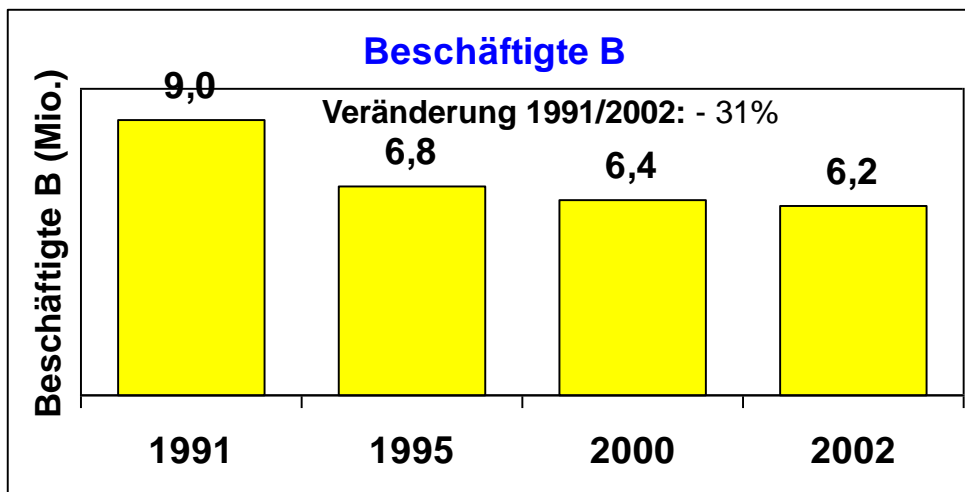
Umsatzeinbußen und weniger Beschäftigte



Entwicklung der Produktivität in der Industrie in Deutschland 1991-2002



Mehr Umsatz mit weniger Beschäftigte



*** Produktivität P im Handwerk 2002
81 815 €/Beschäftigte**

Wichtige wirtschaftliche Daten des Handwerks in Baden-Württemberg 2002

Pos.	Benennung	Einheit	Ergebnisse
A Grunddaten			
A1	Betriebe*	Anzahl	87 831
A2	Beschäftigte ³⁾	Anzahl	700 000
A3	Nettoumsatz	Mrd. €	63,7
A4	Löhne und Gehälter	Mrd. €	
B Kenngrößen			
B1	Ø Betriebsgröße (A2/A1)	Beschäftigte / Betrieb	8,0
B2	Ø Nettoumsatz (A3/A1)	Mio. € / Betrieb	725 256
B3	Ø Produktivität (A3/A2)	€ / Beschäftigte	91 000
B4	Ø Löhne und Gehälter	€ / Beschäftigte	
B5	Ø Nettoumsatzrendite ¹⁾	%	ca. 2

1) Nettoumsatzrendite = Umsatz/Gewinn nach Steuern geschätzt rund 2%

* Betrieb = Unternehmen

2) Durchschnittliche Arbeitsstunden je Beschäftigte 1 480 h/Jahr

Quellen: Wirtschaftsdaten Baden-Württemberg, WM BW und Stat. La BW, Internet: www.statistik-bw.de

Wichtige wirtschaftliche Daten der Industrie

Verarbeitendes Gewerbe in Baden-Württemberg 2003

Pos.	Benennung	Einheit	Ergebnisse
A Grunddaten			
A1	Betriebe	Anzahl	8 749
A2	Beschäftigte ³⁾	Mio.	1,23
A3	Nettoumsatz	Mrd. €	242
A4	Löhne und Gehälter ²⁾	Mrd. €	48,5
A5	Exportquote	%	43,4
B Kenngrößen			
B1	Ø Betriebsgröße (A2/A1)	Beschäftigte / Betrieb	141
B2	Ø Nettoumsatz (A3/A1)	Mio. € / Betrieb	27,6
B3	Ø Produktivität (A3/A2)	T€ / Beschäftigte	196
B4	Ø Löhne und Gehälter	€ / Beschäftigte	26,35
B5	Ø Nettoumsatzrendite ¹⁾	%	ca. 3

1) Nettoumsatzrendite = Umsatz/Gewinn nach Steuern geschätzt rund 3%

* Betriebe = Unternehmen

2) Durchschnittliche Lohnquote bzw. Lohn- und Gehaltsquote 20 / 25 % vom Netto-Umsatz

3) Durchschnittliche Arbeitsstunden je Beschäftigte 1 495 h/Jahr

Quelle: Stat. La BW 11/2004

1. Betriebswirtschaftliche Grundlagen

Wirtschaftliche Tätigkeit

Geldprozess im Unternehmen

- Geldkreislauf
- Erfolgsstrategien zur Wirtschaftlichkeit im Unternehmen/Betrieb

Kostengrundlagen

- Kosten
- Kostenrechnung
- Kalkulation
- Wirtschaftlichkeitsrechnung

Beispielhafter Betriebsvergleich im Metallbau-Handwerk mit Aufwand (Kosten)-Struktur

**Ziele, Probleme und Lösungen bei der Herstellung von Schweißprodukten
mit hoher Schweißqualität und niedrigen Schweißkosten**

Unternehmen und Betrieb

Aufgaben:

- Das eingebrachte Kapital vermehren
- Den Bedarf an Gütern und/oder Dienstleistungen der Märkte decken
(Anteil innovative Produkte im globalen Markt verstärken)

Leistungs- und Geldkreislauf von Unternehmen (nach Sonnenberg):

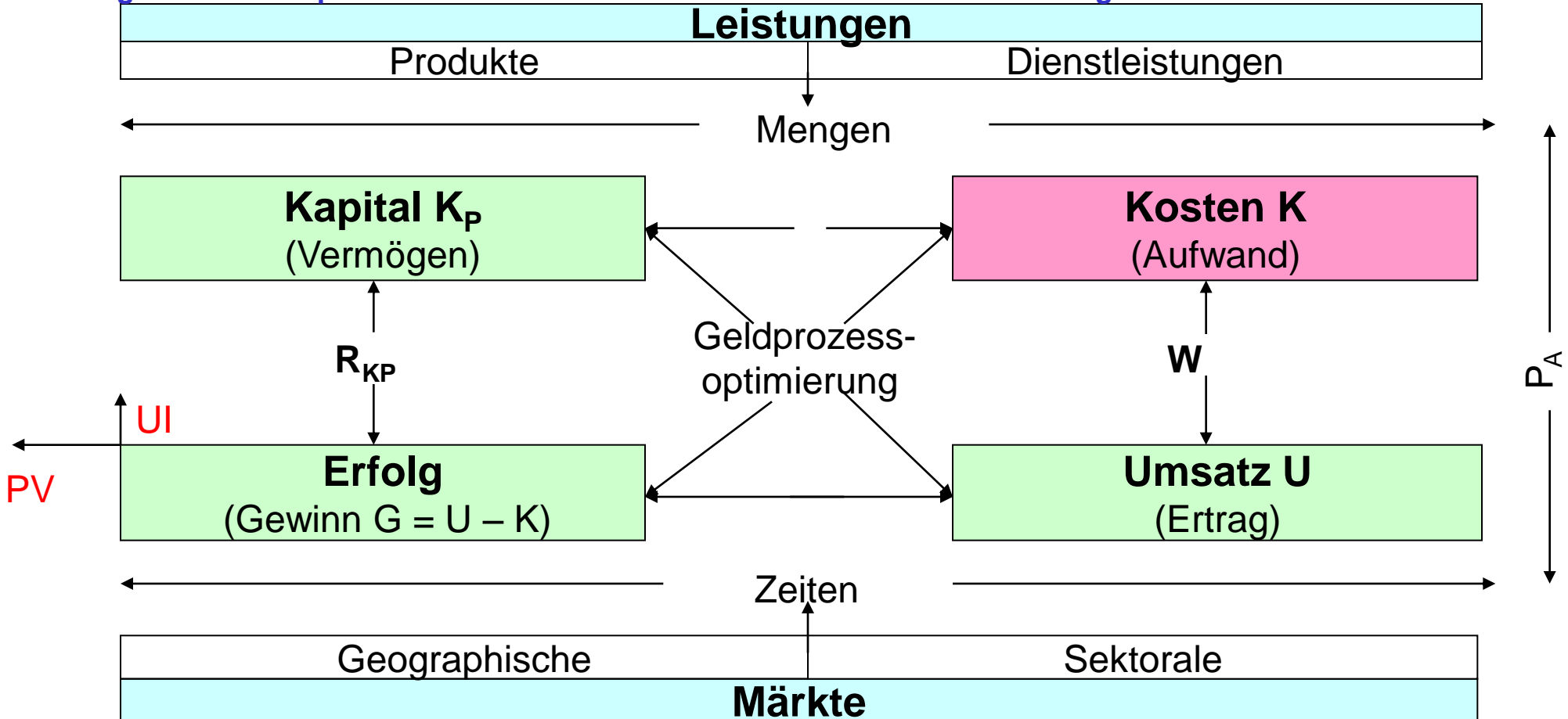


Geldprozess im Unternehmen (1)¹⁻⁵⁾

Wichtige Unternehmensziele

- Eingebrahtes Kapital vermehren

- Bedarf an Produkten/Dienstleistungen der Märkte decken



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

Geldprozess im Unternehmen (2)

Grundbegriffe und Erläuterungen

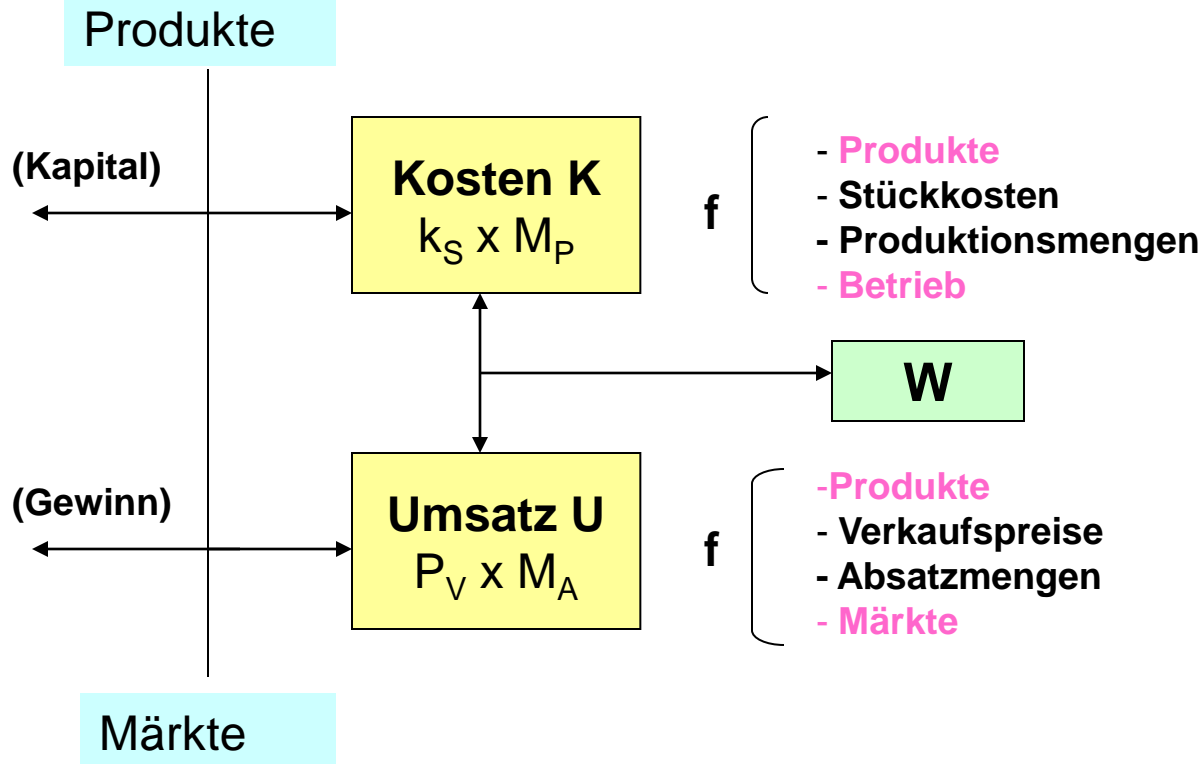
Pos.	Grundbegriffe	Erläuterungen
1	Zielgrößen (Auswahl)	<ul style="list-style-type: none"> o Leistungen <ul style="list-style-type: none"> - Produkte, z. B. Systeme, Komponenten, Bauteile, Anlagen - Dienstleistungen, z.B. Beratung-Steuer/Recht,Transport, Handel o Märkte <ul style="list-style-type: none"> - Geographische Märkte, z.B. lokale, regionale, globale - Sektorale Märkte, z.B. Branchen, Anwendungsfelder
2	Wertgrößen (Auswahl)	<ul style="list-style-type: none"> o Kapital <-----> Vermögen ¹⁾ o Kosten <-----> Aufwand ¹⁾ o Umsatz <-----> Erlös/Ertrag ¹⁾ o Gewinn ²⁾ -----> positiver Erfolg
3	Kenngößen (Auswahl)	<ul style="list-style-type: none"> o Produktivität P ^{3,4,5,7)} $P = \text{Leistung} / \text{Einsatz (ME/E)}$; $P_A = \text{Menge} / \text{Zeit (ME/ZE)}$; $P_{U'} = \text{Umsatz} / \text{Beschäftigte (€/B)}$ o Wirtschaftlichkeit ³⁾ $W = \text{Ertrag} / \text{Aufwand}$ bzw. $W = \text{Umsatz} / \text{Kosten} > 1 (-)$ o Rentabilität R ^{3,6,7)} $R_{EK} = \text{Gewinn} \times 100 / \text{Eigenkapital}$ bzw. $R_{U'} = \text{Gewinn} \times 100 / \text{Umsatz} (\%)$ $R_{GK} = \text{Gewinn} + \text{Fremdkostenzinsen} / \text{G-Kapital} \times 100 (\%)$
4	Bezugsgrößen (Auswahl)	<ul style="list-style-type: none"> o Mengeneinheiten, z.B. Auftrag, Losgröße, Stück, Tonne u.a. o Zeiteinheiten, z.B. Stunde, Woche, Monat, Jahr u.a.

- 1) Zeitversetzte Wertgrößen, z. B. Vermögen, Aufwand, Ertrag/ Erlös; 2) Gewinnabfluß, z.B. U-Investitionen UI, Privatvermögen PV; 3) Wertbetrachtung, 4) Mengenbetrachtung; 5) Produktionsfaktoren, z.B. Arbeit, Betriebsmittel, Material
6) Cash flow = (Gewinn + Abschreibung + Rücklagenänderung) x 100 / Gesamtkapital
7) Index: U' = Unternehmen, EK / GK = Eigen-/ Gesamt-Kapital, U = Umsatz, A = Arbeit

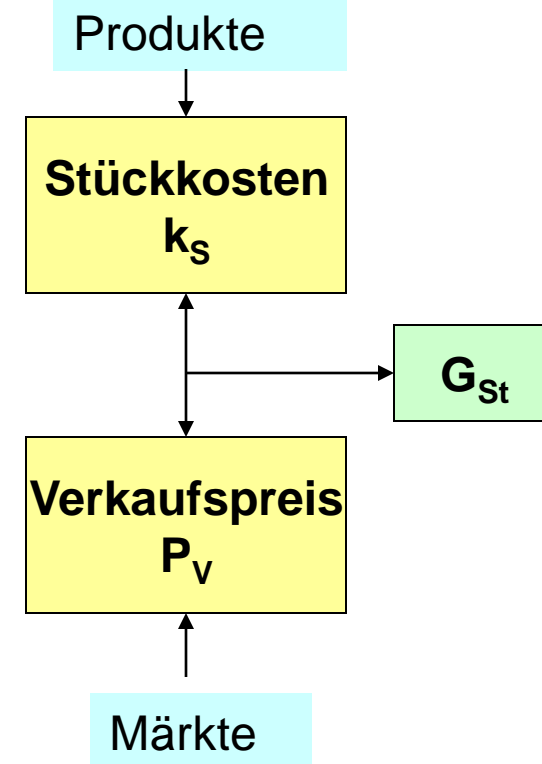
Erfolgsstrategien zur Wirtschaftlichkeit im Schweißbetrieb (1)

Geldprozess

- Ausschnitt Wirtschaftlichkeit



- Ausschnitt Stückgewinn



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

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

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

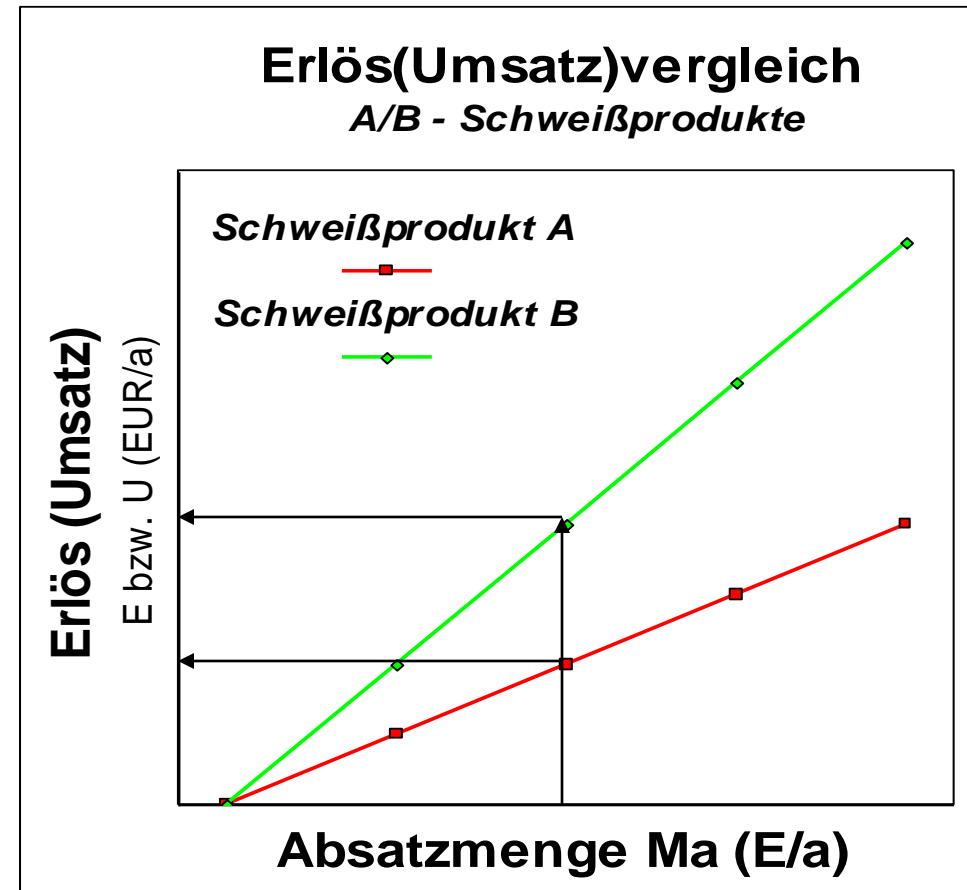
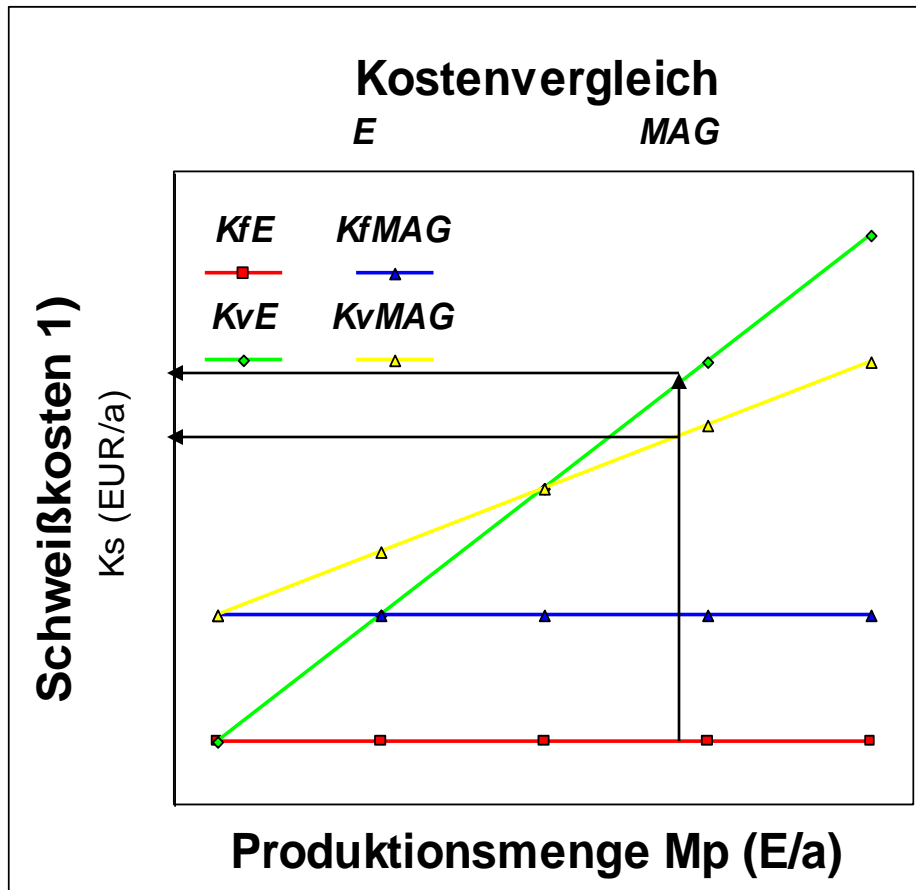
Erfolgsstrategien zur Wirtschaftlichkeit im Schweißbetrieb (2)

Kostenvergleich

E/MAG-Schweißverfahren

Erlös(Umsatz)vergleich

A/B-Schweißprodukte



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

Kostenrechnung (1)

Begriff Kosten^{1,2)}

Kosten sind der **leistungsbezogene Werteverzehr / Verbrauch** der Produktionsfaktoren Material, Personal, Kapital u.a. zur Erstellung und Verwertung betrieblicher Leistungen.

Einteilung der Kosten

Im wesentlichen können die Kosten eingeteilt werden nach

o Verrechnungsbezogene Kosten

Einzelkosten

sind Material-, Lohn- und Fertigungs-/Vertriebs-Sondereinzelkosten, welche den Kostenträgern direkt zugerechnet werden.

Gemeinkosten

sind Abschreibungen, Zinsen, Gehälter und sonstige Kosten, welche den Kostenträgern nicht direkt zugerechnet werden.

o Beschäftigungsbezogene Kosten

Fixe / zeitabhängige Kosten

sind Abschreibungen, Zinsen, Gehälter und sonstige Kosten, welche unabhängig vom Beschäftigungsgrad jährlich konstant anfallen.

Variable / mengenabhängige Kosten

sind Material, Lohn und Fertigungs-/Vertriebs-Sondereinzelkosten, welche je nach Beschäftigungsgrad jährlich unterschiedlich anfallen.

Einflussgrößen der Kosten

- Menge x Preis ---> **Materialkosten**
- Zeit x Stundensatz ---> **Fertigungskosten**

Verhalten der Kosten

Kostenverhalten der Gesamt- und Durchschnittskosten in Abhängigkeit von der Beschäftigung/Kapazitätsauslastung mit Praxisbeispiel

Aufgaben der Kostenrechnung

o Kostenerfassung

Kostenarten, Betriebsbuchhaltung, Jahreskostenplanung

o Kostenverteilung

Kostenstellen, Betriebsorganisation, Wirtschaftlichkeitsrechnung Verfahren

o Kostenzuordnung

Kostenträger, Vor- und Nachkalkulation, Ergebnisrechnung, Auftrag / Losgröße

o Kostendeckungsgrad Gewinn / Verlust

Betriebserfolg, Betriebsbilanz

Soll-Ist-Vergleiche, Branchenvergleiche

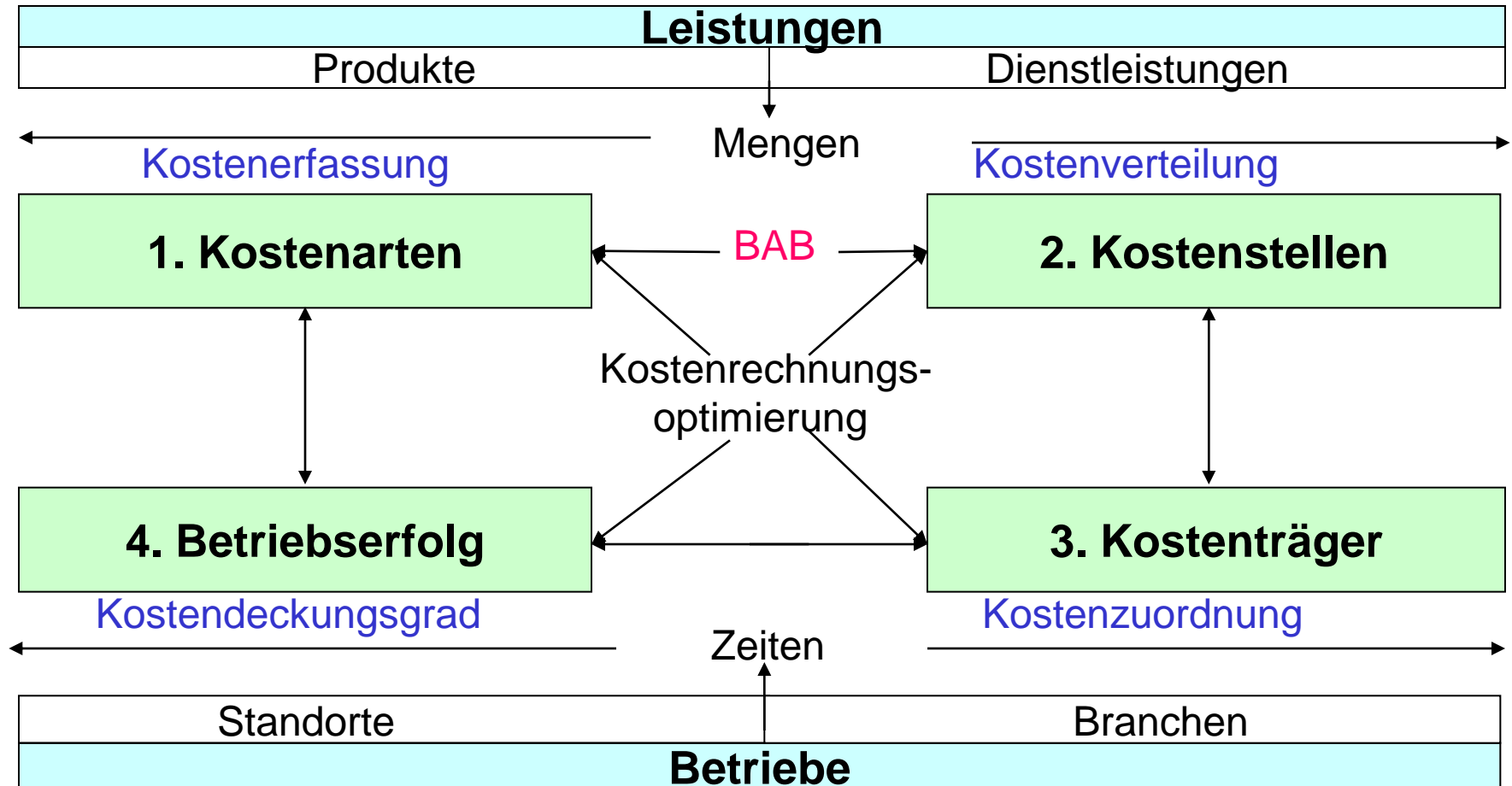
1) Weitere wesentliche Begriffe:

- **Aufwendungen** sind der in einer Abrechnungsperiode anfallende Werteverzehr/Verbrauch von Gütern und Dienstleistungen.
- **Ausgaben** sind Geldabgänge (Zahlungsmittelabgänge) aus dem Unternehmen

2) Bei der Ermittlung des Betriebsergebnisses eines Unternehmens- (Kostenrechnung) sind nicht Aufwendungen sondern Kosten zu verrechnen.

Kostenrechnung (2)

Kostenrechnungsprozess im Betrieb



Aufgaben der Kostenrechnung

- 1. Kostenerfassung** Kostenarten, Betriebsbuchhaltung, Jahreskostenplanung
- 2. Kostenverteilung** Kostenstellen, Betriebsorganisation, Wirtschaftlichkeitsrechnung Verfahren
- 3. Kostenzuordnung** Kostenträger, Vor- und Nachkalkulation, Ergebnisrechnung, Auftrag / Losgröße
- 4. Kostendeckungsgrad Gewinn / Verlust** Betriebserfolg, Betriebsbilanz, Soll-Ist-Vergleiche, Branchenvergleiche

BAB = Betriebsabrechnungsbogen

Kostenrechnung (3)

Bild 1: Gesamtkosten in Abhängigkeit von der Leistungsmenge

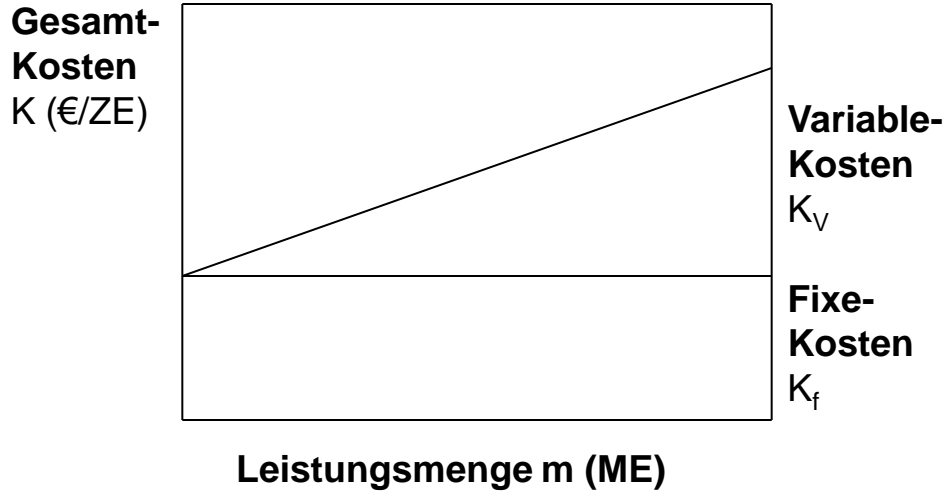


Bild 2: Durchschnittskosten in Abhängigkeit von der Leistungsmenge

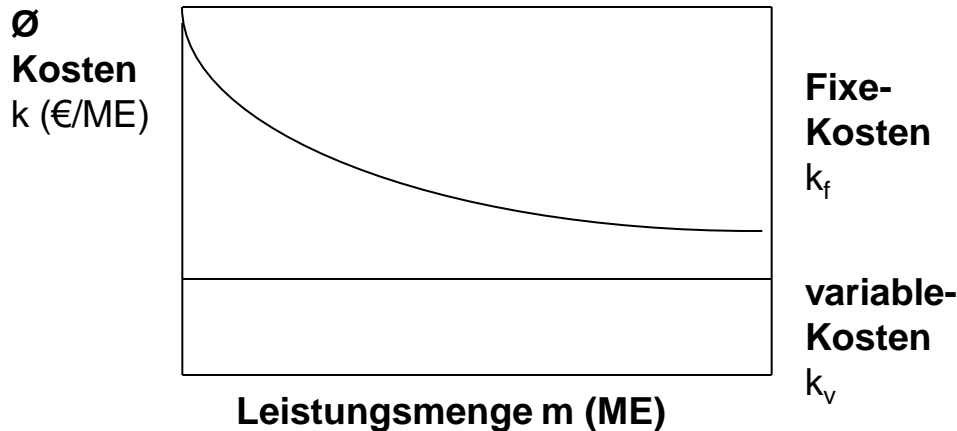


Tabelle 1: Schweißkostenvergleich eines Bauteils mit veränderlicher Jahres-Beschäftigung / Auslastung A / B

Schweißmengenleistung $m_{A/B} = 10 / 100 \text{ kg / Monat}$						
Pos.	Benennung	Kosten				
		€/Monat		€/kg		
		A	B	A	B	
1	Schweißzusatz- kosten	K_{Mv}	200	2 000	20	
		K_{Mf}	100		10	1
2	Schweißfertig. kosten	K_{Fv}	300	3 000	30	
		K_{Ff}	1 000		100	10
3	Schweißherstell- Kosten	K_H	1 600	6 100	160	61
4	Schweißkosten- einsparung	ΔK_H		4 500	-	99

* Formelzeichen für Gesamt - Kosten K (€/ZE > Monat)
 Formelzeichen für Ø - Kosten k (€/ME > kg)

Kostenrechnung (4)

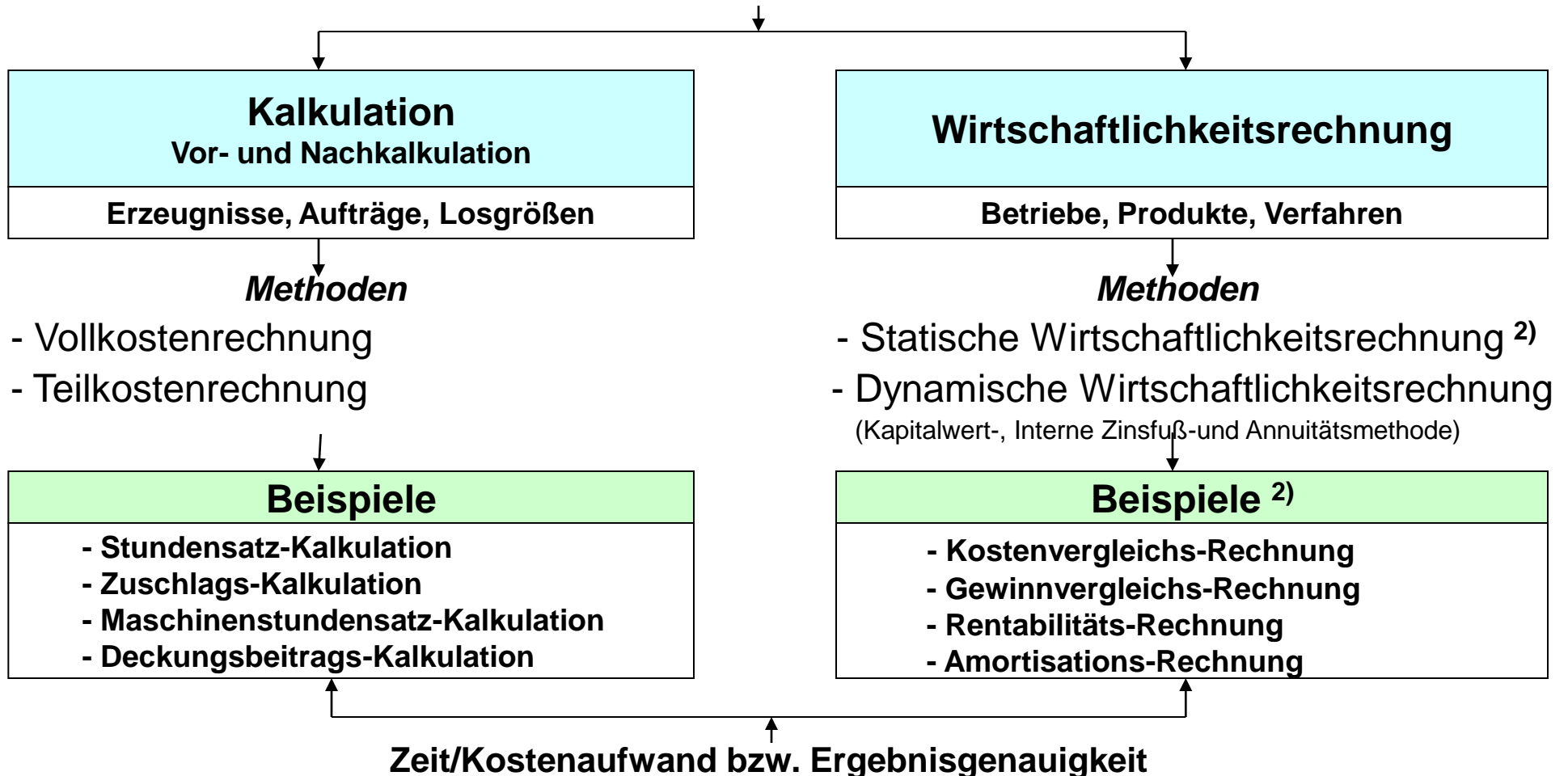
Kostenbegriff:

Kosten sind der bewertete Verbrauch(Verzehr) von **Produktionsfaktoren**¹⁾ zur unmittelbaren

Kostenrechnungseinteilung:

Leistungserstellung.

Wesentliche Einteilung



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

2) Beispiele von statischen Methoden

Kalkulation

Aufgaben

Ermittlung der Selbstkosten und Festlegung des Angebots- bzw. Verkaufspreises von Leistungen

- Produkte und Dienstleistungen -.

Methoden

f (Zeitbedarf und Ergebnisgenauigkeit)

- **Stunden(verrechnungs)satz-Kalkulation** ¹⁾

Material- und Auftragskosten,
Stundensätze zur Auftragskostenermittlung

- **Zuschlags-Kalkulation**

Einzel- und Gemeinkosten,
Zuschläge zur Gemeinkostenermittlung

- **Maschinenstundensatz-Kalkulation**

Einzel- und Gemeinkosten sowie Maschinenkosten.
Maschinenstundensätze zur Fertigungskostenermittlung

- **Weitere Kalkulationsmethoden**

Einstufige Deckungsbeitrags-Kalkulation

Fixe (zeit-) und variable (mengenabhängige) Kosten

Deckungsbeitrag DB

Verkaufspreis- variable (mengenabhängige) Kosten.

Produkte mit größeren DB fördern!

Mehrstufige Deckungsbeitrags-Kalkulation

Zusätzlich mit Fixkostendeckungsermittlung

Prozesskosten-Kalkulation

Direkte Verrechnung aller Kosten, die bei einem Arbeitsprozess anfallen, z.B. Lohn- und Maschinenkosten, Kosten der Arbeitsvorbereitung, des Einkaufs, des Lagers, der Verwaltungs-/Vertriebsstellen.

Kombinations-Kalkulationsmethoden

Ermittlung der Kosten, z.B. durch Stundensätze, Zuschläge, Deckungsbeiträge.

Vergleiche

(siehe Bild Kalkulationsmethodenvergleich)

Lösungen

Tabelle: Kalkulationsbeispiel im Maschinenbau nach der einstufigen Deckungsbeitragsrechnung

Produkt A = Absatzmenge 20 000 St x Verkaufspreis 30 €/St Produkt B = Absatzmenge 10 000 St x Verkaufspreis 40 €/St				
Benennung	Einheit	Produkt		Gesamt
		A	B	
Verkaufserlös	€/a	600 000	400 000	1 000 000
- Variable Kosten		400 000	150 000	550 000
Deckungsbeitrag	€/a	200 000	250 000	450 000
DB	%	33,3	62,5	45,0
- Fixe Kosten	€/a	150 000	200 000	350 000
Gewinn	€/a	50 000	50 000	100 000
(Erfolg)	%	8,3	12,5	10

Produkt B wegen höheren DB fördern!

Kalkulationsmethodenvergleich im Schweißbetrieb

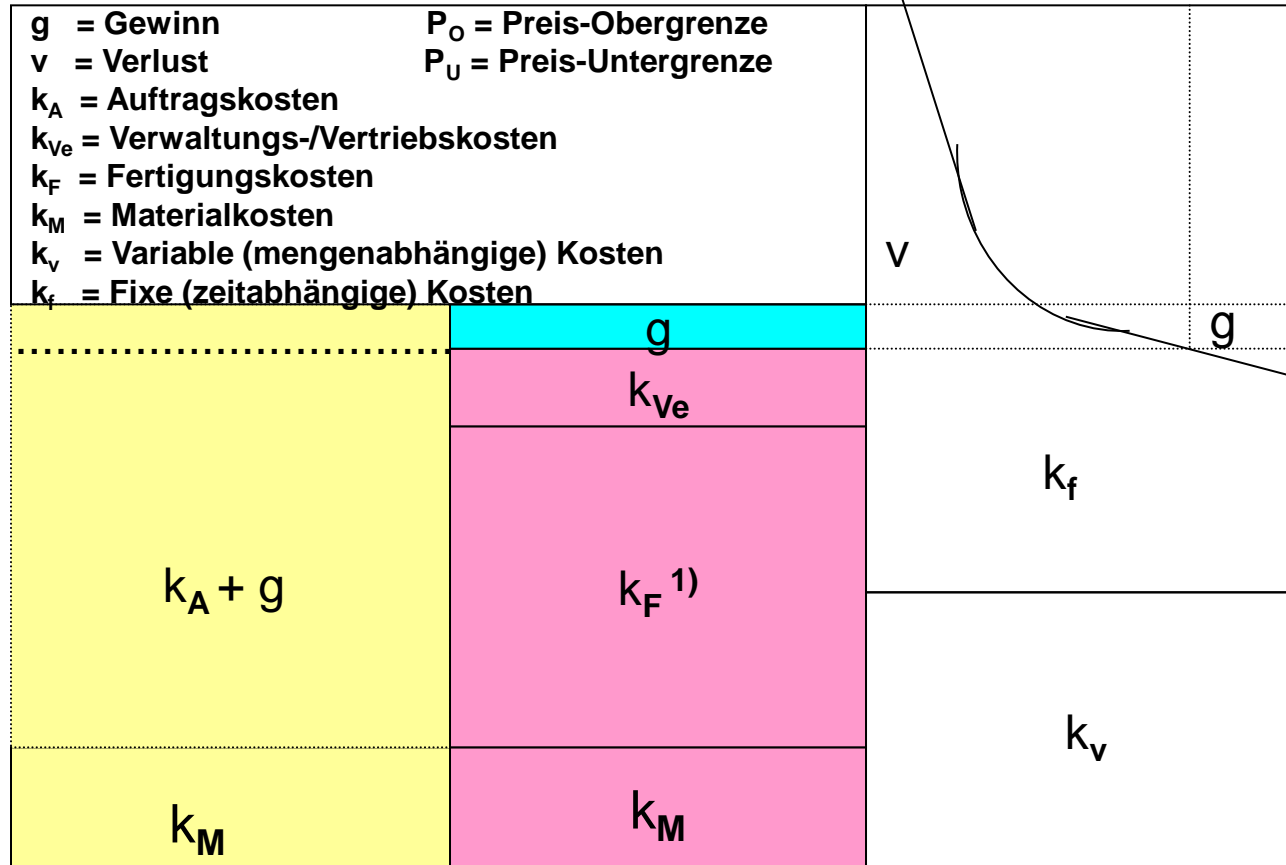
Beschäftigungs- oder Auslastungsgrad $Z_{B(A)}$ (%)

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

Verkaufspreis
P (€/ME)

P_O ----->

P_U ----->



spez. Kosten
k (€/ME)

Stundensatz-
kalkulation

Zuschlags-
kalkulation

Deckungsbeitrags-
kalkulation

Kalkulationsmethoden

1) Maschinenstundensatzkalkulation (Verfeinerte Zuschlagskalkulation)

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

Richtwerte für Gemeinkostenzuschlagssätze bei der Zuschlagskalkulation in Metallhandwerksbetrieben in Baden-Württemberg mit Beispiel im Stahlbau 2002 (1)

Pos.	Benennung	Formel	Zuschlagssätze z (%)*				Beispiel Werkstoff S 235 JRG2 €/t ⁵⁾
			Beschäftigte				
			1 - 5	5 - 10	<u>10 - 20</u>	> 20	
1	Materialeinzelkosten	3, 5)					400
2	Materialgemeinkosten	$P1 \times Z_{MG}/100$	25	30	<u>25</u>	15	100
3	Materialkosten	$P1 + P2$	$Z_{MG} = \emptyset 25\%$				500
4	Fertigungslohnkosten	5)					224
5 A	Fertigungsgemeinkosten	$P4 \times Z_{FG} /100$	170	175	<u>185</u>	195	415
5 B	F- 20 Handarbeit Gemein- 21 Maschinenarbeit kosten ⁴⁾ 22 Schweißarbeit 23 Montage	$P4 \times Z_{FG}/100$	140 180 230 140	150 190 245 150	160 200 255 160	180 230 275 180	-
6	Fertigungskosten	$P4 + P5$	$Z_{FG} = \emptyset 180\%$				639
7	Sondereinzelkost. Fertigung						-
8	Herstellkosten	$P3 + P6+ P7$					1 139
9	Verwaltungsgemeinkosten	$P8 \times Z_v/100$	15	15	<u>14</u>	12	160
10	Sondereinzelkosten Vertrieb						-
11	Selbstkosten	$P8 + P9 + P10$					1 299

Richtwerte für Gemeinkostenzuschlagssätze bei der Zuschlagskalkulation in Metallhandwerksbetrieben in Baden-Württemberg mit Beispiel im Stahlbau 2002 (2)

Pos.	Benennung	Formel	Zuschlagssätze z (%) ^{* 1)}				Beispiel Werkstoff S 235JRG2 €/t ⁵⁾
			Beschäftigte				
			1 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20	
12	Gewinn ²⁾	$P_{11} \times Z_G / 100$	13	9	<u>10</u>	7	130
13	Kalkulatorischer Preis ohne MwSt	$P_{11} + P_{12}$					1 429
14	Mehrwertsteuer MwSt	$P_{13} \times Z_M / 100$	16				229
15	Angebots- oder Verkaufspreis	$P_{13} + P_{14}$	mit 16% MwSt				1 658
Kennwerte für Überschlagskalkulation							
16	Spez. Angebots-/ Verkaufspreis	$P_{15} / 1.000 \text{ kg}$					1,66 €/kg
17	Netto-Umsatzanteil der Materialkosten	$P_3 / P_{13} \times 100\%$					35%

* Geschätzte Richtwerte für das Jahr 2002 (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 2002

- Materialeinzelkosten $k_{ME} = \text{Menge} \times \text{Preis} = 1.000 \text{ kg/t} \times \underline{0,40 \text{ €/kg}} = 400 \text{ €/t}$

- Fertigungslohnkosten $k_{FL} = \text{Zeit} \times \text{Lohn} = 16 \text{ h/t} \times \underline{14 \text{ €/h}} = 224 \text{ €/t}$

- F-Stundensatz $St_F = \text{Lohn} (1 + z_{FG} / 100) = 14 \text{ €} \times (1 + 185/100) = 40 \text{ €/h}$

Quellen: MHW-BW - Betriebsvergleich 1989 und 2002 im Metallhandwerk Baden-Württemberg, Stuttgart 5-1991/ 5-2004

LGH-NRW - Betriebsvergleich 2002 im Metallbauhandwerk NRW, Düsseldorf 2004

Kalkulation mit Stundenverrechnungssätzen oder mit Arbeitswerten im Handwerk 2004

Aufgabe

Ermittlung des Angebotspreises für ein Angebot oder den Rechnungsbetrag für einen erledigten Auftrag.

Methode

- Materialerfassung nach Materialkarte
- Zeiterfassung nach Zeitkarte

Schema

1. Material:

(Menge x Materialverrechnungspreis)

2. Arbeit:

(Zeit x Stundenverrechnungssatz¹⁾)

3. Netto-Angebots(Verkaufs)preis oder Rechnungsbetrag

(Pos 1+2) + Mehrwertsteuer MwSt 16%

4. Brutto-Angebots(Verkaufs)preis oder Rechnungsbetrag

1) Im durchschnittlichen Stundenverrechnungssatz ist der Hilfsstoff Schweißmaterialien und 3 % Unternehmergewinn vom Umsatz hier enthalten..

Beispiel

In einem Betrieb sollen Schweißteile aus Werkstoff Baustahl S 235 JRG2 (R St 37-2) und aus hochlegierten Stahl V2A hergestellt werden.

Es ist der Angebotspreis zu ermitteln.

1. Fertigungsmaterial	700 €
- Schweißteile Baustahl	300 €
- Schweißteile V2A	400 €
2. Schweißarbeit	1 584 €
- Baustahl	720 €
- V2A	864 €
3. Netto-Angebotspreis (Pos. 1 + 2)	2 284 €
- Mehrwertsteuer MwSt 16 %	366 €
4. Brutto-Angebotspreis	2 650 €

Bei Dienstleistungsbetrieben (z.B. Kraftfahrzeugwerkstätten) wird die Arbeit meistens mit Arbeitswerten (AW) anstelle des Stundenverrechnungssatzes ausgewiesen zur Ermittlung der Arbeitskosten.

Beispiel mit 12 AW = 1 h (1 AW = 5 min)

12 AW/h x 6 €/AW = 72 €/h Stundenverrechnungssatz¹⁾

12 AW/h x 10 h = 120 AW x 6 €/AW = 720 € (Baustahl)

12 AW/h x 12 h = 144 AW x 6 €/AW = 864 € (V2A)

Wirtschaftlichkeitsrechnung

Aufgaben

Ermittlung der Wirtschaftlichkeit beim analytischen Vergleich verschiedener Investitionsobjekte, Werkstoffe, Verfahren und Bauteile/Produkte während der Nutzungsdauer.

Methoden

f (Zeitbedarf und Ergebnisgenauigkeit)

- Statische Verfahren

(ohne Berücksichtigung von Preissteigerungen)

- (1) Kostenvergleichsrechnung
- (2) Gewinnvergleichsrechnung
- (3) Rentabilitätsrechnung
- (4) Amortisationsrechnung

(Kapitalrückfluss für die bei der Investition anfallenden Geldausgaben)

- Dynamische Verfahren

(mit Berücksichtigung von Preissteigerungen)

- (1) Kapitalwert-Methode
- (2) Annuitäts-Methode
- (3) Interne Zinsfuß-Methode
- (4) Dynamische Amortisationsrechnung

- Simultane Planungsverfahren

Verfahrensvergleiche

- **Verfahrenskostenvergleich ohne Umsatz(Erlös)veränderung**

Beispiel Kostenvergleichs- und Amortisationsrechnung ohne Umsatz(Erlös)-veränderung

(Absatzmenge und Verkaufspreis ohne Veränderung, siehe Bild)

- **Verfahrenskostenvergleich mit Umsatz(Erlös)veränderung**

Beispiel Kostenvergleichs- und Amortisationsrechnung mit Umsatz(Erlös)-veränderung

(Absatzmenge und Verkaufspreis mit Veränderung)

Gesamtgewinn = Verfahrensgewinn-Umsatzerlösveränderung

Lösungen

- **Wirtschaftlichkeitsrechnung ohne Umsatz(Erlös)veränderung**

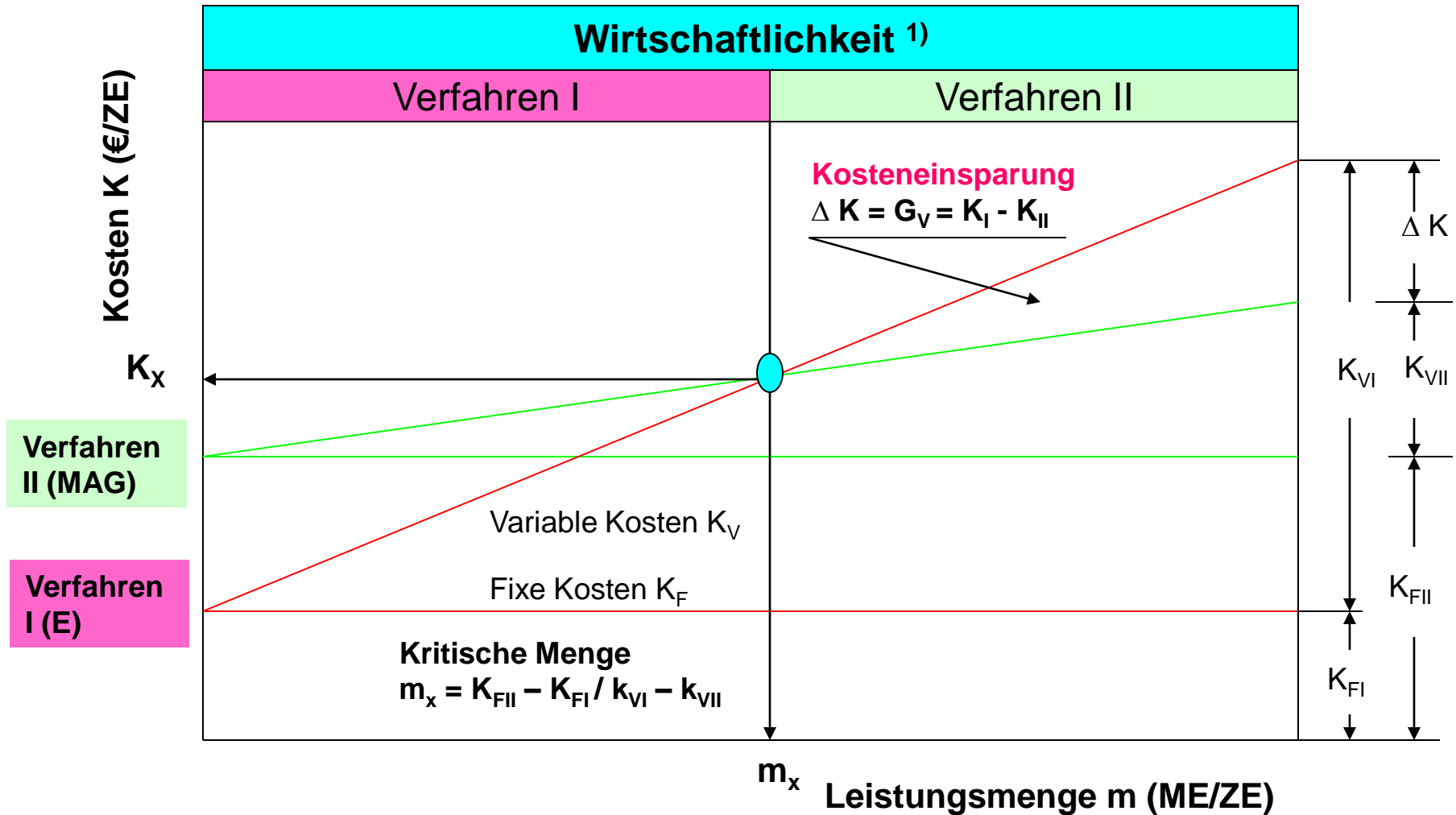
Beispiel Wirtschaftlichkeitsrechnung nach der Kostenvergleichs- und Amortisationsmethode ohne Umsatz(Erlös)veränderung (siehe Tabelle)

- **Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Umsatz(Erlös)veränderung**

Beispiel Wirtschaftlichkeitsschema nach der Kostenvergleichs- und Amortisationsrechnung mit Umsatz(Erlös)veränderung

Wirtschaftlichkeit beim Verfahrens-Kostenvergleich im Schweißbetrieb

Verfahrens-Kostenvergleich ohne Umsatz(Erlös)veränderung (Absatzmenge und Verkaufspreis unverändert)



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

Wirtschaftlichkeitsrechnung nach der Kostenvergleichs- und Amortisationsmethode ¹⁾

Investitionsart					Pos.	Benennung	FZ	Einheit	Verfahren										
<input type="radio"/> Gründung <input type="radio"/> Erweiterung <input type="radio"/> Ersatz <input checked="" type="radio"/> Rationalisierung									I (E)	II (MAG)									
Pos.	Benennung	FZ	Einheit	Verfahren															
				I (E) II (MAG)															
1	Schweißaufgabe				3.3	Umsatzerlös Teilumsatz/Erlös/Ertrag	U	€/a	gleich										
	Stabroste schweißen, Kehlnähte a = 5 mm								3.4	Verfahrensgewinn = Kosteneinsparung	G _V	€/a	-	56 804					
2	Randbedingungen				3.5	Amortisationszeit Kapital(mehr)bedarf/ Kosteneinsparung	n _A	a					-	0,1					
	- Gesamtproduktion	M _G	St/n	25 000					4	Beurteilung	- Kaufdringlichkeitsstufe 1 / 2 / 3 Stufe = < 2 / 2-3,5 / 3,5-5 a		-	1					
	- Jahresproduktion	Ma	St/a	5 000									5	Weitere Ergebnisse	- Ø Schweißzeit		t _s	min/St	22 9
	- Schweißgutleistung	M _S	St/a	1 000													K _S	min/kg	109 44
	- Nutzungsdauer	n	kg/a	5							- Ø Schweißkosten		€/St	18 7					
	- Verfahrens-Kapazität	T _K	a	1.600									€/kg	90 33					
	- Schweißnutzungszeit	T _N	h/a	1 818 ²⁾ 741							1) Einzelrechnungsergebnisse siehe Beispiel Stabrost 2) Schweißnutzungszeit einschließlich 20% Jahresüberstunden beim E-Verfahren (Basisjahresstunden 1 600 h/a) 3) Vereinfachte Berechnung Stand: 2002								
	- Nutzungszeiteinsparung	T _{N'}	h/a	- 1 077															
3 A Kostenvergleichs- und Amortisationsrechnung ohne Umsatz(Erlös)-veränderung ³⁾ (Absatzmenge und Verkaufspreis unverändert)																			
3.1	Kapital(mehr)bedarf (Wiederbeschaffung)	K _P	€	- 8 000															
3.2	Reduzierte Herstellkosten		€/a																
	- Schweißkosten ¹⁾	K _S		90 260 33 456															
	- S-Kosteneinsparung	K _S		- 56 804															

Beispielhafter Betriebsvergleich im Handwerksverband Metallbau und Feinwerktechnik Baden-Württemberg 2002

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

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

Ø 580 877 €		100%	Ø 97 227 €		16,7%
Gewinn ⁴⁾		8,9%	Aufwandsanteile wie		9,3%
Aufwand	Fremdleistungen	3,0%	- Finanzierungskosten		
	Abschreibungen	4,6%	- Kfz		
	Sonstiger Aufwand	16,7%	- Büroaufwand		
	Personalaufwand (ohne Betriebsinhaber Gehalt)	39,0%	- Gewerbesteuer		
	Materialaufwand	27,8%	- Versicherungen, Gebühren		
			- Rechts-/Steuer-Beratungen		
			- Werbung		
			- Sondereinzelkosten Vertrieb u.a		
			Raumaufwand	4,1%	
			Instandhaltung M.G.B.	0,8%	
			Werkzeuge, Geräte < 400 €	0,6%	
			Energieaufwand	0,6%	
			Hilfs-/Betriebsstoffe	1,3%	

Jahres-Umsatz und Aufwand

Sonstiger Aufwand

o Wesentliche betriebswirtschaftliche Kennzahlen:

Ø Unternehmens-Produktivität	76 T€/Beschäftigte
Ø Gesamtkapital-Rentabilität ⁵⁾	15 %
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 Gehalt
- 5) Gesamtkapitalrentabilität = (Gewinn + Fremdkapitalzinsen) / Gesamtkapital x 100
- 6) Lohnumsatz je Stunde = Gesamtbetriebsleistung – Fremdleistungen + FL-Zuschlag – Material + M-Zuschlag / produktive Beschäftigte

Quelle:

HMF - Betriebsvergleich 2002, Handwerksverband Metallbau und Feinwerktechnik Baden-Württemberg, Stuttgart 5/2004

Ziele, Probleme und Lösungen bei der Herstellung von Schweißprodukten mit hoher Schweißqualität und niedrigen Schweißkosten

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

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

Die Problemlösungen zur Erfüllung beider Zielsetzungen können nicht immer gleichzeitig erreicht werden, man wird ständig bemüht sein tragfähige Kompromisse zu finden. Die nächste **Folie** zeigt diese Zusammenhänge auf.

Ziele, Probleme und Lösungen bei der Herstellung von Schweißprodukten

Schweißprodukte

Konstruktion - Produktion

o Probleme durch gegensätzliche Zielsetzungen wie

Schweißkosten senken



Schweißqualität erhöhen



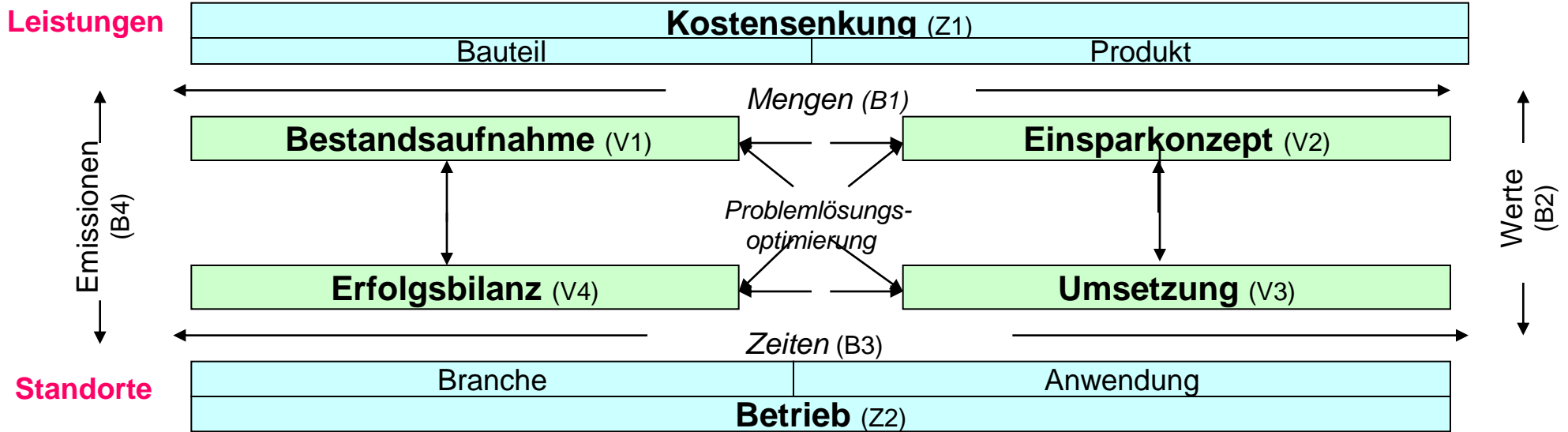
o Problemlösungen durch Kompromisse wie

- *Optimale Schweißkosten* > *Wirtschaftlichkeit*

- *Optimale Schweißqualität* > *Qualitätssicherung*

Kostensenkungsprogramm im Schweißbetrieb

Modell Problemlösung ¹⁾



Stufenplan Vorgehensweise

1. Bestandsaufnahme - Situation und Ist-Analyse
2. Einsparkonzept - Strategien und Bewertungen (Diagnose)

Schweißkonstruktion	
Bauteil	Schweißnaht

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

(m_s)

- < Wanddicke / Nahtdicke

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

3. Umsetzung

- **Durchführungsplan (Therapie)**

(Maßnahmen A', B', C'..)

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

Schweißproduktion	
Fertigung	Verfahren

- **Schweißzusatzkosten**

(< Masse m_s x < Verrechnungspreis)

- **Schweißfertigungskosten**

(< Zeit t_s^2) x < Stundensatz St

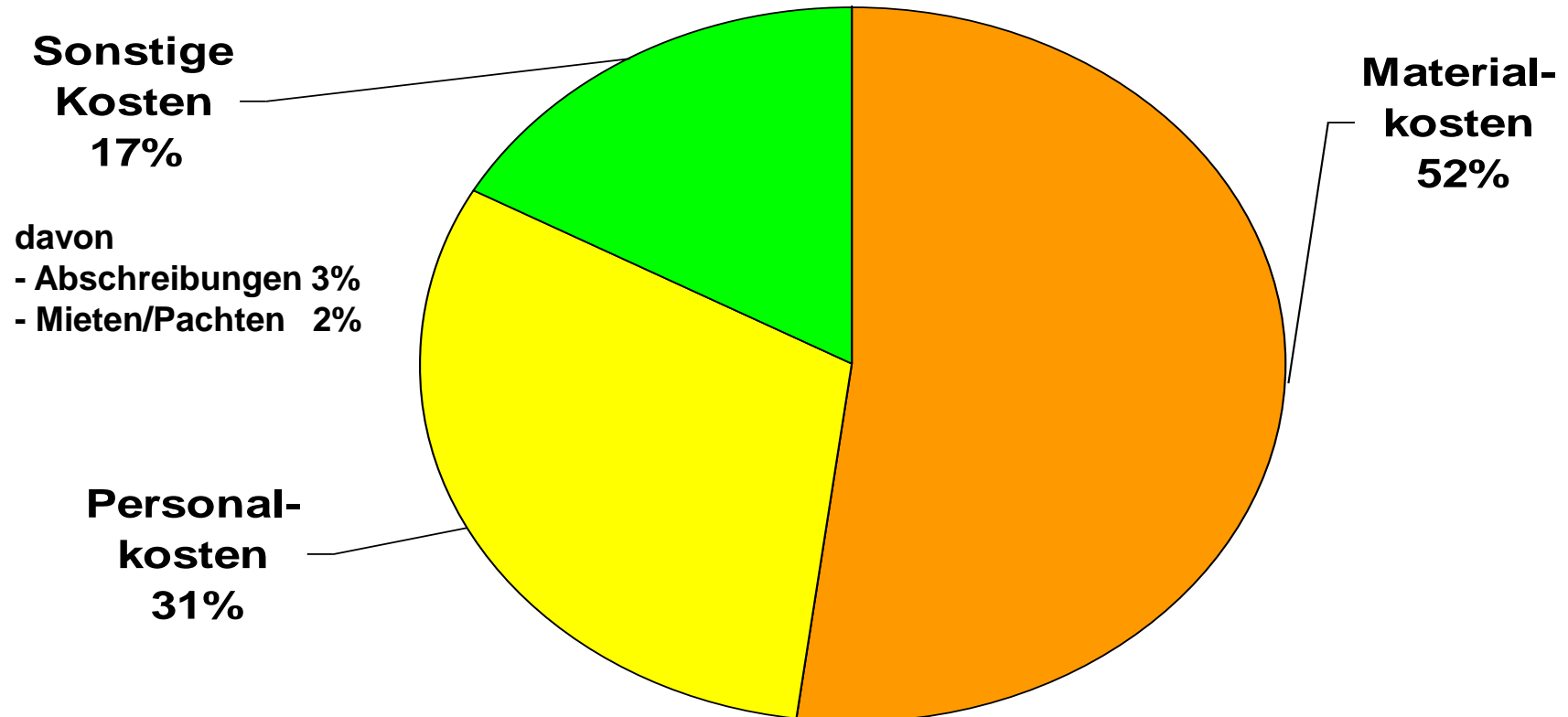
< m_s / L_s x < Stundensatz St)

4. Erfolgsbilanz (Evaluierung)

- **Soll- / Istvergleich**

- **Branchenvergleich**

Beispielhafte Kostenstruktur im Maschinenbau in Deutschland



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

2. Wirtschaftliche Schweißkonstruktion

Ausgangslage

Konstruktionsgrundlagen

Kosteneinsparung durch optimale Bauteilwahl

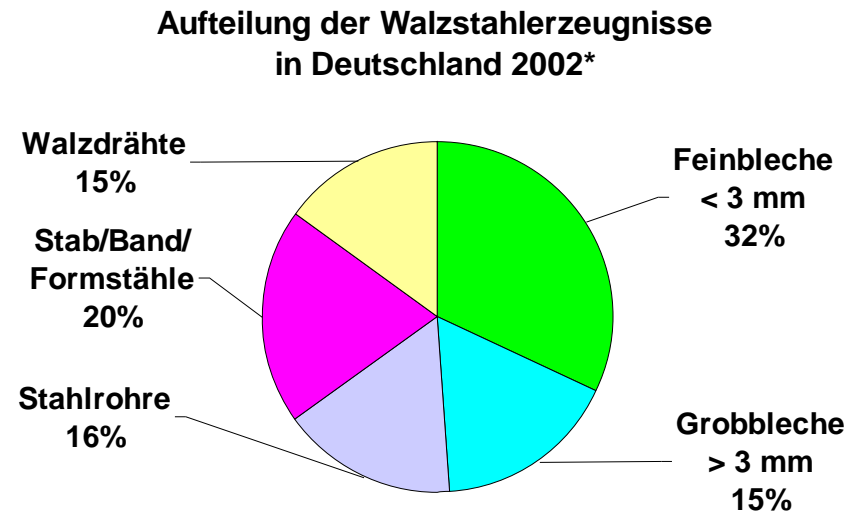
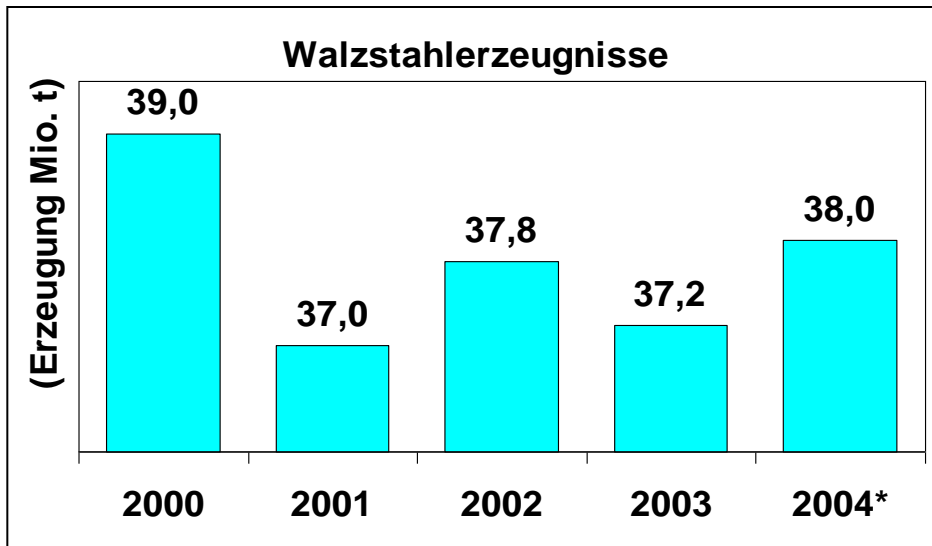
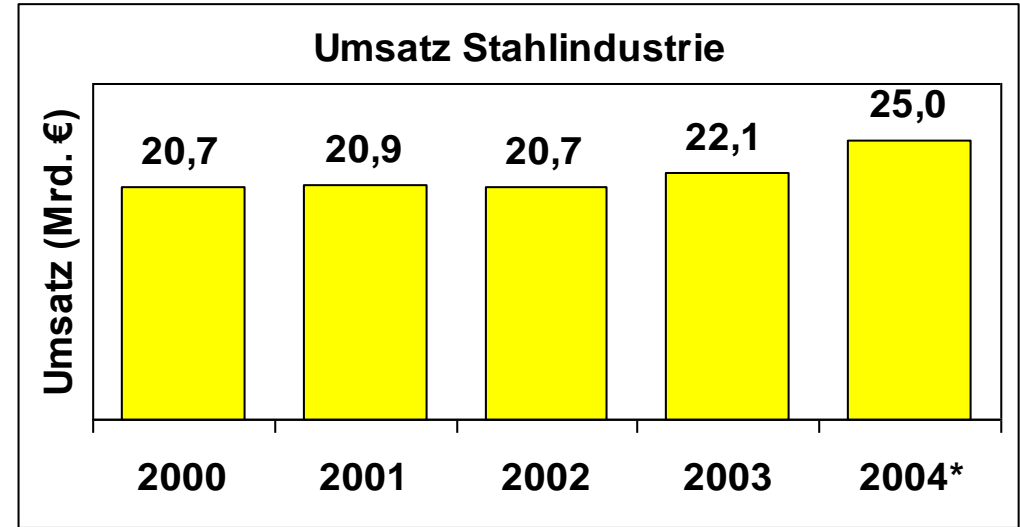
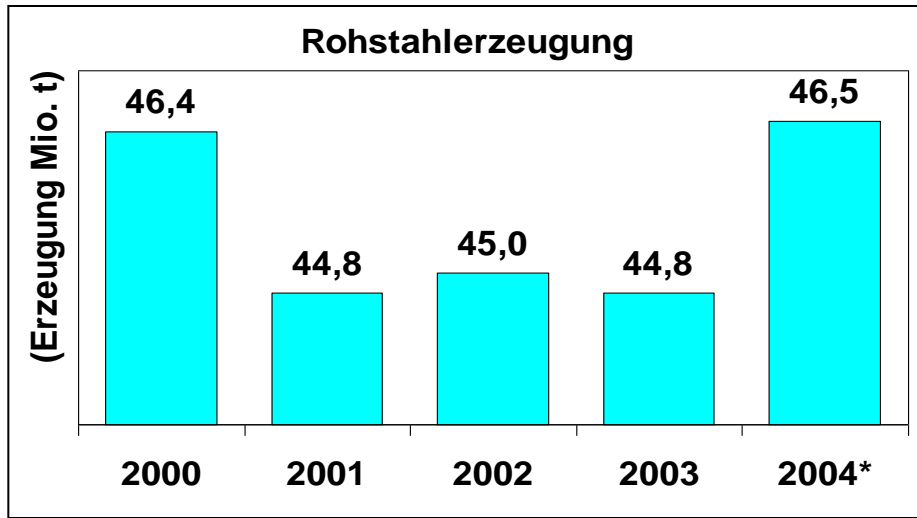
- Werkstoffe
- Profile

Kosteneinsparung durch optimale Schweißnahtwahl

- Kehl- und Stumpfnähte
- Nahtgestaltung

Beispiele aus der Praxis

Entwicklung des Stahlmarktes in Deutschland 2000-2004



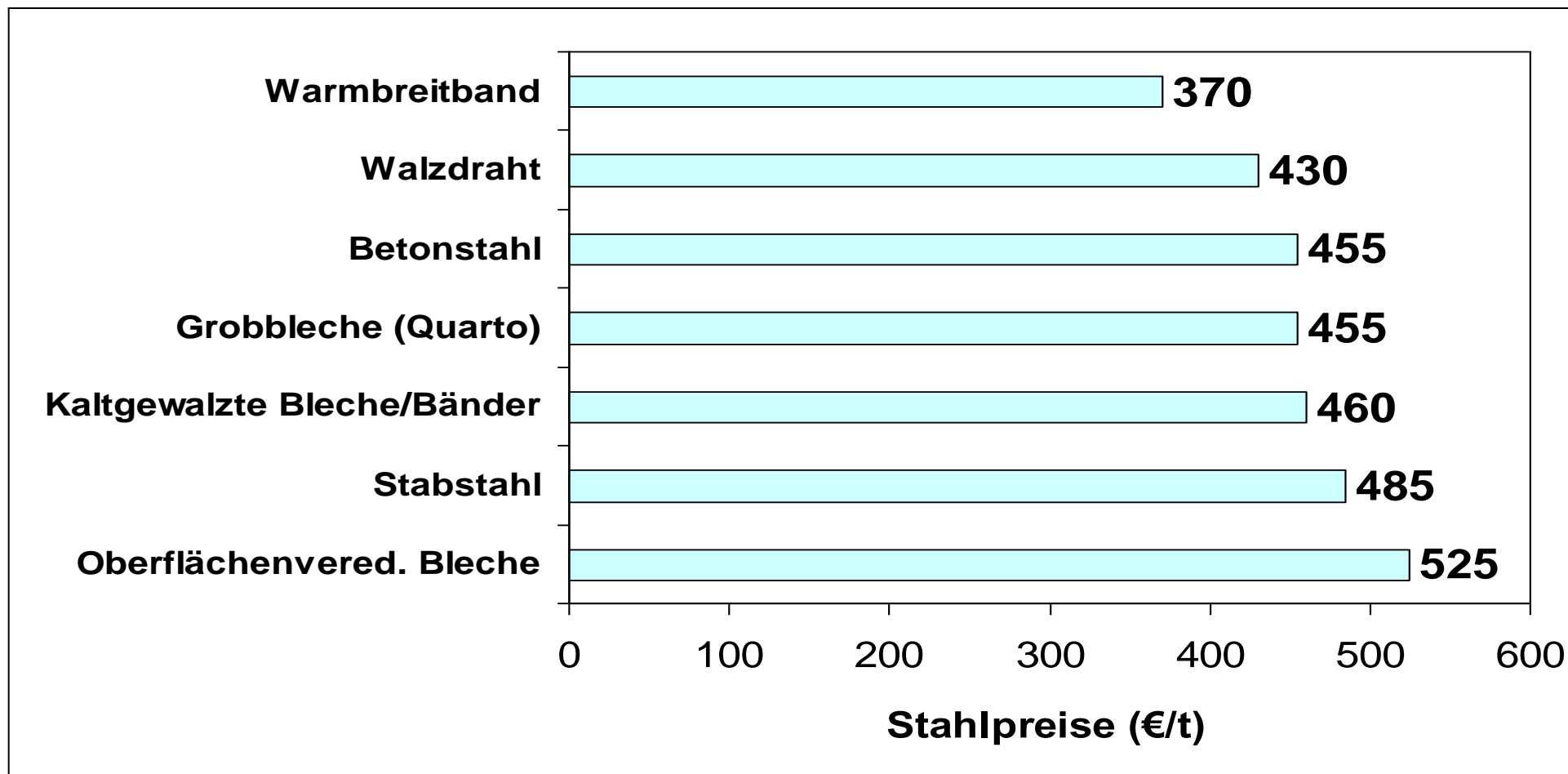
Welt- 2002: Rohstahl-/Walzstahlerzeugung 904/ 815 Mio. t

Quelle: Wirtschaftsvereinigung Stahl, Düsseldorf aus Internet: www.stahl-online.de vom 29.12.2004

Aluminiumverbrauch 2002 = 2,8 Mio. t

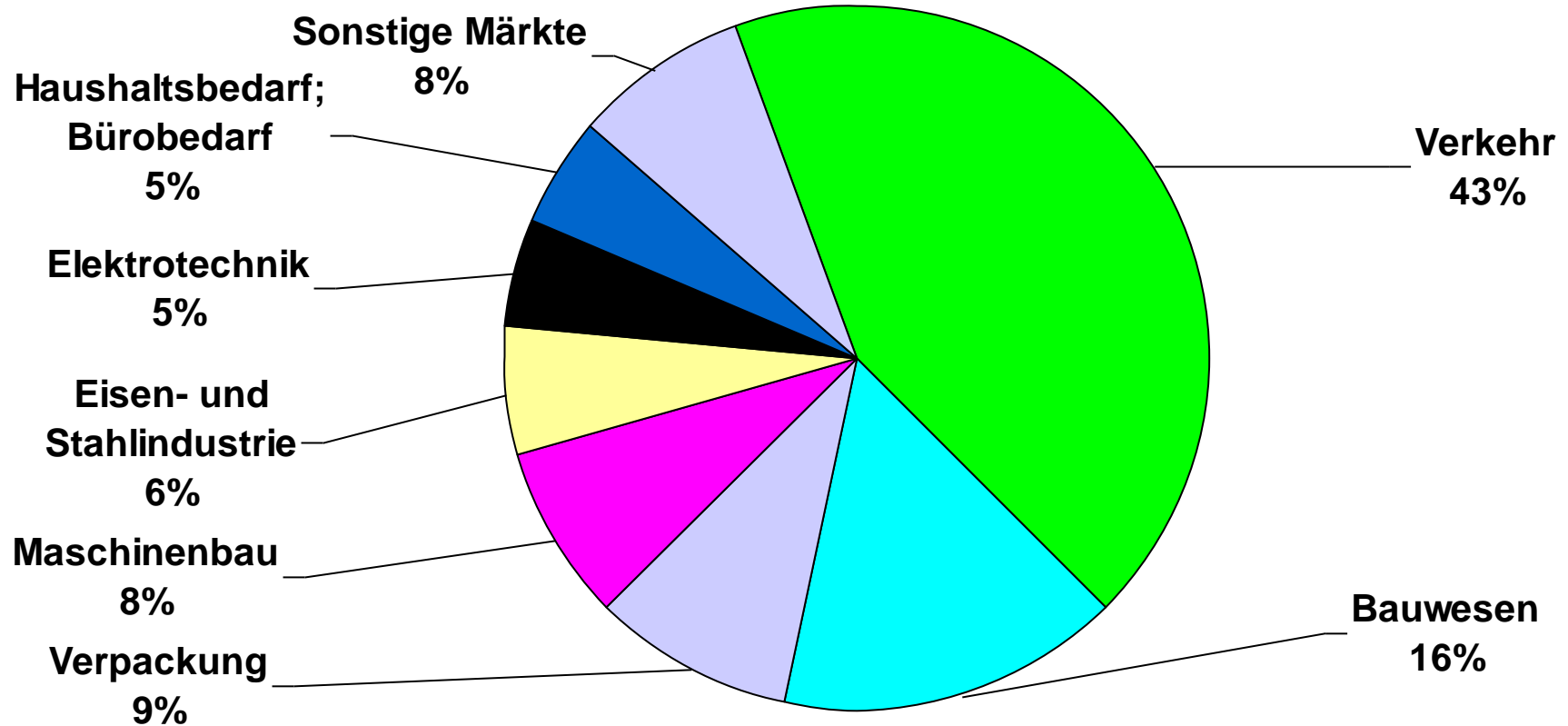
* Schätzung

Stahlpreise in der EU im 2. Quartal 2004



Aluminiummärkte in Deutschland 2003

Aluminiumindustrie: Umsatz 12,7 Mrd. €, Beschäftigte 73 000, Produktivität 174 T€/Beschäftigte
Aluminiumbedarf: 2,8 Mio. t; Umsatz pro Aluverbrauch 4,53 €/kg



Konstruktionsgrundlagen (1)

o Aufgabe

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

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

o Kostenbetrachtung

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

oder besser

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

Konstruktionsgrundlagen (2)

o Kostenverantwortung

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

o Kostensenkungs-Strategiefelder

z. B. Produktionskosten-Einsparpotentiale

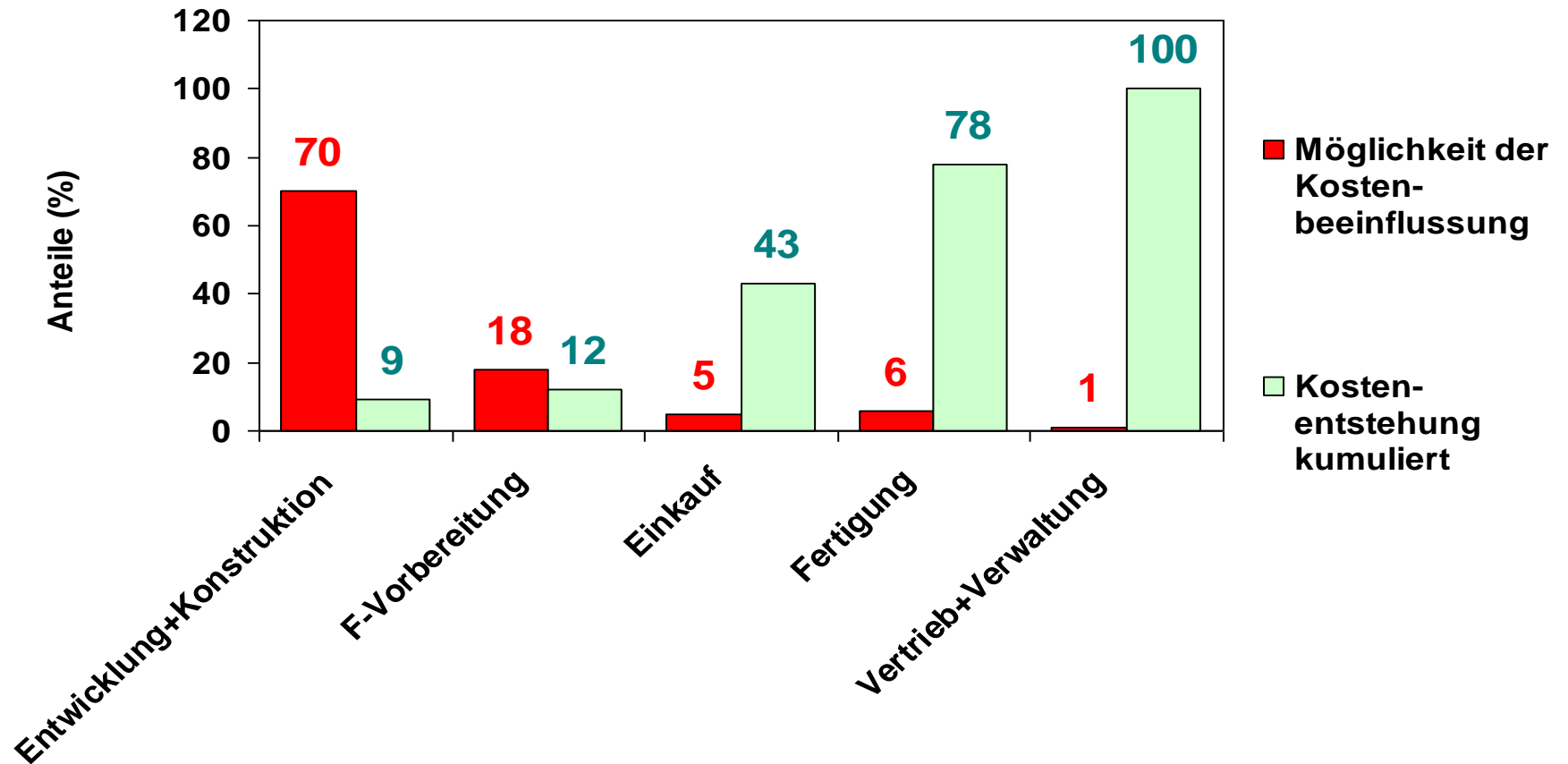
- Bauteile/Produkte

- < Masse(Gewicht)
- < Materialpreis

- Schweißnähte

- < Schweißnaht-Masse(Gewicht)
- < Schweißzusatzpreis

Konstruktiver Anteil auf die Produktkosten bedeutend



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

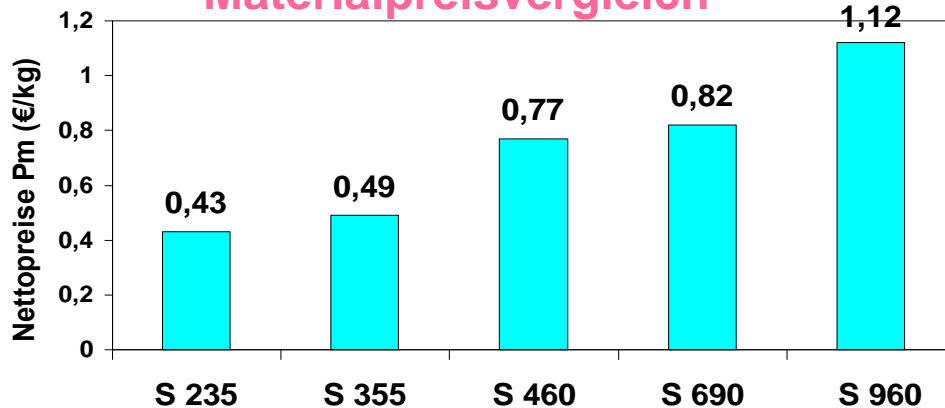
Materialkostenvergleich in Abhängigkeit von der Streckgrenze

Un- und niedriglegierte Stahlbleche mit der Wanddicke $s = 3$ bis 40 mm ^{1,2)}

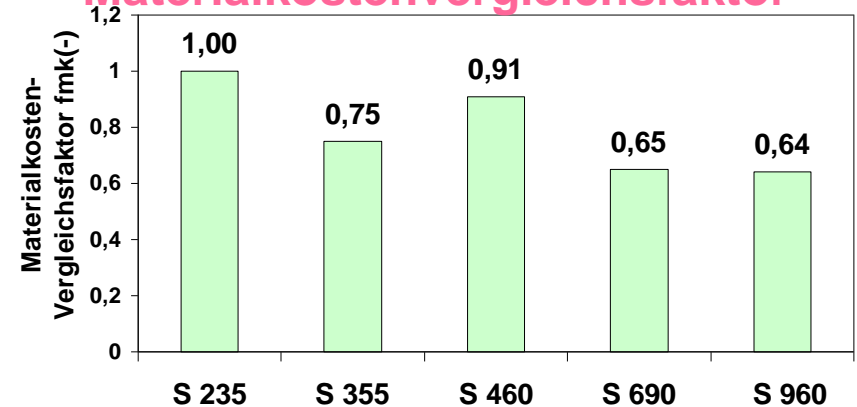
Benennung	F-Zeichen / Einheit	Stahlsortenvergleich				
		S 235	S 355	S 460	S 690	S 960
Materialnettopreis	P_M (€/kg)	0,43	0,49	0,77	0,82	1,12
Materialpreisverhältnis	$f_{MP} > S 235 = 100$	100	114	179	191	260
Streckgrenze	Rm' (N/mm ²)	235	355	460	690	960
Streckgrenzenverhältnis	$f_{Rm''} > S 235 = 100$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

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

Materialpreisvergleich



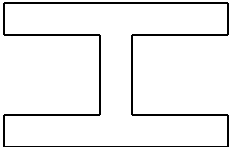
Materialkostenvergleichsfaktor*



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

Wirtschaftlicher Stahlbau mit Walzträgern aus Feinkornbaustahl (1)

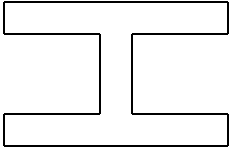
**Wirtschaftlichkeitsvergleich bei fünf 16 m langen Profilen
für Parkhausdeckenträger bei gleicher Belastbarkeit im Jahr 2000**

Benennung	Einheit	Stahlgüte		
		S 235 JRG2	S 355 J2G3	S 460 M
Profil		SP 750 x 260 x 16 x 12	IPE 600	IPE 500
- Profilgewicht	kg/m	137	122	106
- Einkaufspreis	€/m	102	57	53
	€/kg	0,74	0,47	0,50
- Gesamtgewicht	kg / 80 m	10 960	9 760	8 460
- Materialeinzelkosten	€ / 80 m	8 154	4 600	4 192
- Gewichtseinsparung	%	-	10	23
- Materialkosteneinsparung	%	-	44	49

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

Wirtschaftlicher Stahlbau mit Walzträgern aus Feinkornbaustahl (2)

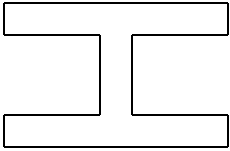
Wirtschaftlichkeitsvergleich bei vier 18 m langen Profilen für Verbundbrückenträger bei gleicher Belastbarkeit im Jahr 2000

Benennung	Einheit	Stahlgüte		
		S 235 JRG2	S 355 J2G3	S 460 M
Profil		SP 1100 x 400 x 25 x 12	HE 1000 B	HE 900 A
Bauhöhe		1298 mm	1180 mm	1070 mm
- Profilgewicht	kg/m	499	371	252
- Einkaufspreis	€/m	408	202	141
	€/kg	0,82	0,54	0,56
- Gewicht	kg / 72 m	35 928	26 712	18 144
- Materialeinzelkosten	€ / 72 m	29 366	14 538	10 133
- Gewichtseinsparung	%	-	26	50
- Materialkosteneinsparung	%	-	51	66

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

Wirtschaftlicher Stahlbau mit Walzträgern aus Feinkornbaustahl (3)

Wirtschaftlichkeitsvergleich bei schweren Druckstützen im Jahr 2000

Benennung	Einheit	Stahlgüte		
		S 235 JRG2	S 355 J2G3	S 460 M
Profil		HD 400 x 1086	HD 400x 677	HD 400x463
Traglast kN		21 909	22 345	22 870
Gurtdicke	mm	125	82	57
Vergleichsrechnung				
- Gewicht	%	160	100	68
- Materialeinzelkosten	%	156	100	69

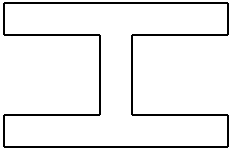
Ausgeführte Beispiele:

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

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

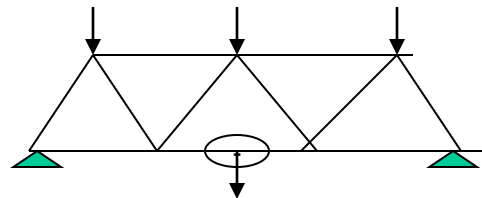
Wirtschaftlicher Stahlbau mit Walzträgern aus Feinkornbaustahl (4)

**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 x1086	HD 400 x634	HD 400 x463
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

Wirtschaftlicher Stahlbau mit Walzträgern aus Feinkornbaustahl (5)

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

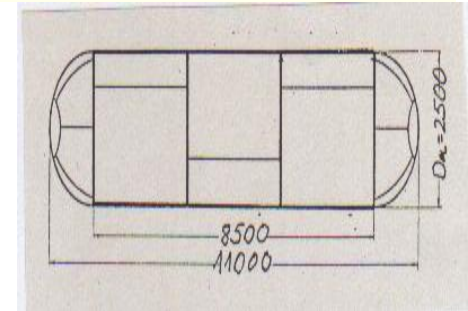
Benennung	Fachwerk aus Rohren St 52.0				Fachwerk aus Walzträgern S 460 M*				Gewichtseinsparung %
	Rohr mm	Länge m	Gewicht kg/m	Gesamtgewicht t	Profil mm	Länge m	Gewicht kg/m	Gesamtgewicht kg	
Obergurt 1	Ø 610 x 40	96	562	54,0	HD 400 x187	96	187	18,0	67
Obergurt 2	Ø 610 x 40	64	562	36,0	HD 400 x237	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 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 Masse(gewichts)einsparung durch Werkstoffveränderung beim Flüssiggas-Transportbehälter *

Wanddickenberechnung					
$s = \frac{D_a \times p}{20 \times K/S \times v} + c \text{ (mm)}$		<p><i>p</i> zul. Betriebsdruck <i>D_a</i> Außendurchmesser <i>t</i> Berechnungstemperatur <i>S</i> Sicherheitsbeiwert <i>K</i> Festigkeitskennwert <i>v</i> Verschwächungsbeiwert <i>c</i> Korrosionszuschlag</p>	<p>16 bar ¹⁾ 2.500 mm - 20 /+ 50 ° 1,5 0,85/ (1,0) ²⁾ 1 mm</p>		
Stahlsorte ³⁾	Festigkeitskennwert K (N/mm ²)	Mindest-Wanddicke s (mm)	Stahl-masse M _o (t)	Material-Bezugspreis P _m (€ /t)	Material-Einzelkosten K _{me} (€/t)
P 265 GH (H II)	265	14	10,7	450	4 815
P 355 NL2	355	11	7,9	600	4 740
P 460 NL2	460	9	6,2	750	4 650
P 690 QL	690	7	5,0	790	3 950
Einsparung		absolut	5,7		865
P 265 GH gegenüber P690QL		%	53		18
<p>1) Druck p = 1 bar = 0,1 N/mm² 2) Verschwächungsbeiwert v = 0,85 gewählt 3) Druckbehälterstähle nach DIN EN 10028, z.B normalgeglühte Feinkornbaustähle Kosten- und Preisstand ohne 16% MwSt: 7/2002 Region Stuttgart Quellen: Degenkolbe, Duisburg 1985, Uwer Duisburg 1995, Kalla, Düsseldorf 1996, Helbing, TÜV Filderstadt 1997, Fritz, Salzgitter Stahlhandel, Plochingen 2002</p>					



3 Rohrschüsse,
2 Halbkugelböden

* Butan t_s = + 0,5°C

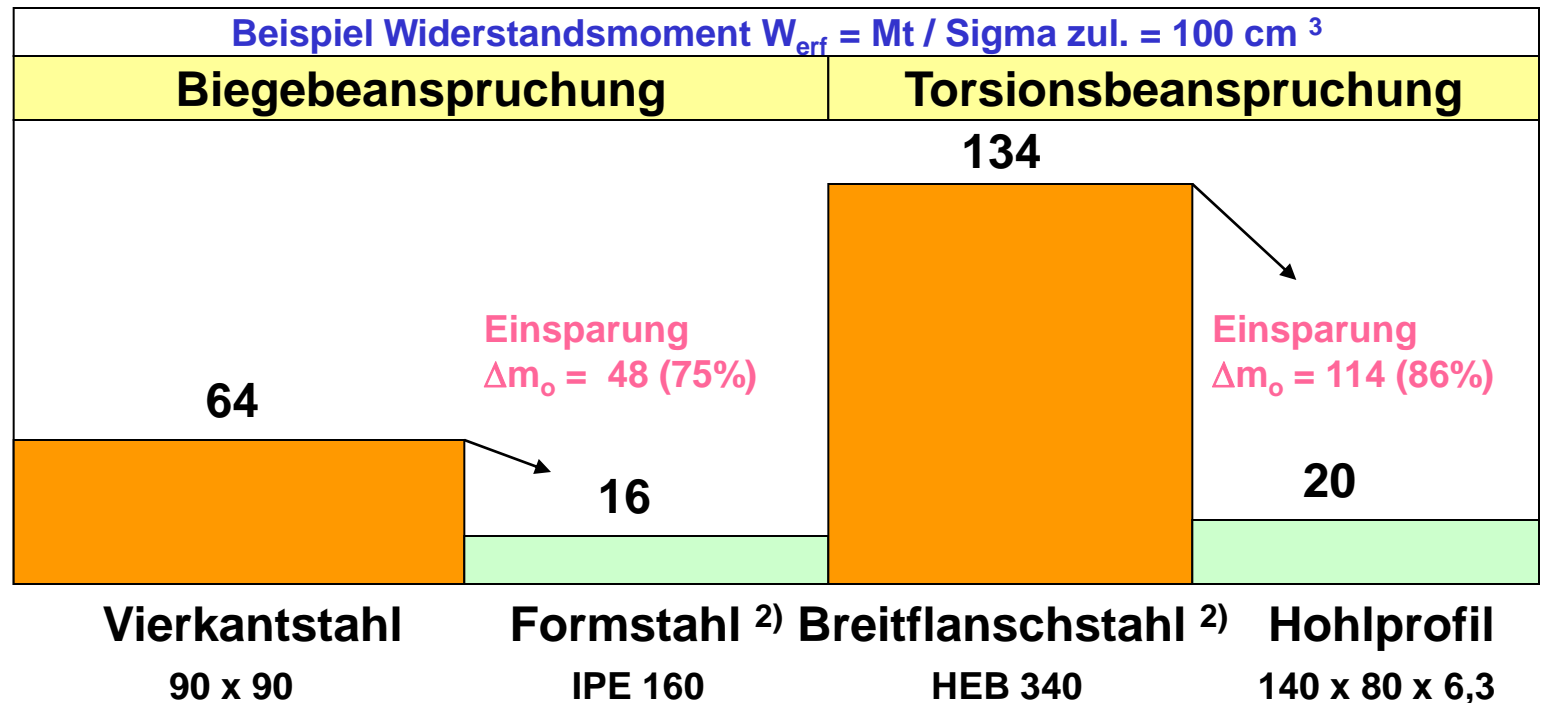
Auswirkungen der Masse(gewichts)-Einsparung:

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

Baustahlprofil-Masse(Gewichts)vergleich

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

Bauteil-
Masse
(Gewicht)
 m_o (kg / m)



Wanddicke s (mm)	90	8/5	22/12	6,3
Preis P_M (€ / kg) ¹⁾	0,82	0,56	0,62	0,38
M-Kosten K_M (€ / 1000 m) ¹⁾	52 480	8 960	83 080	7 600
Empfehlung	offenen Querschnitte		geschlossene Querschnitte	

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

2) IPE-Träger / HEB Breitflanschträger

Preisstand: 9/2005, Region Stuttgart, z.B. Firma Bucher + Mayer, 70736 Fellbach

Schweißnähte (1)

Aufgabe:

Schweißmengen senken, z.B.
Schweißgutmasse(gewicht)

Einflüsse:

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

Lösungen:

- **Vorkalkulation**
(Berechnen, Tabellen, Grafiken, Schätzen)
- **Nachkalkulation**
(Wiegen, Zählen)

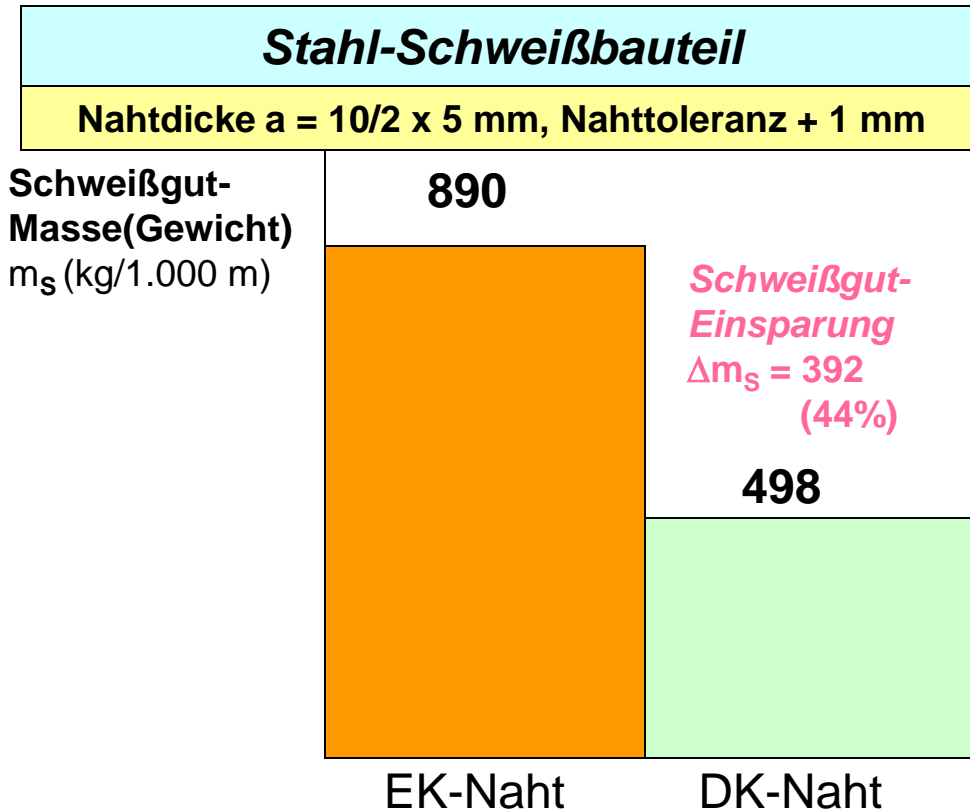
Formel für das Schätzen		
$m_s = m_o \times z_s / 100$ (kg/E)		
F-Zeichen	Benennung	Einheit
m_s	Schweißgutmasse(gewicht)	(kg/E)
m_o	Schweißbauteilmasse(gewicht)	(kg/E)
z_s	Schweißgutmasse(gewichts)prozentsatz 2 % Branchendurchschnitt, 1,5 - 5 % Stahl- / Maschinenbau	(%)
Formeln für Wiegen und Zählen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

Schweißnähte (2)

Vergleiche:

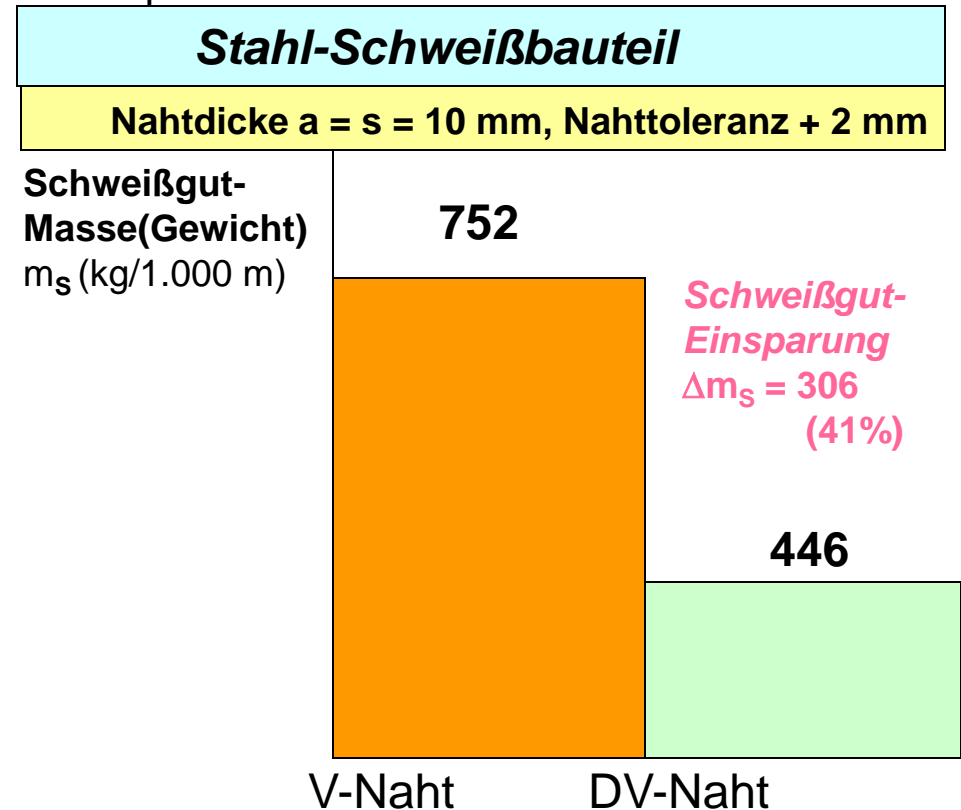
- Kehlnaht-Schweißgutmasse(gewicht)

Einsparung von Schweißgutmasse(gewicht) bei Kehlnähten ¹⁾



- Stumpfnahht-Schweißgutmasse(gewicht)

Einsparung von Schweißgutmasse(gewicht) bei Stumpfnähten ¹⁾



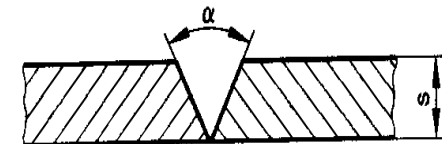
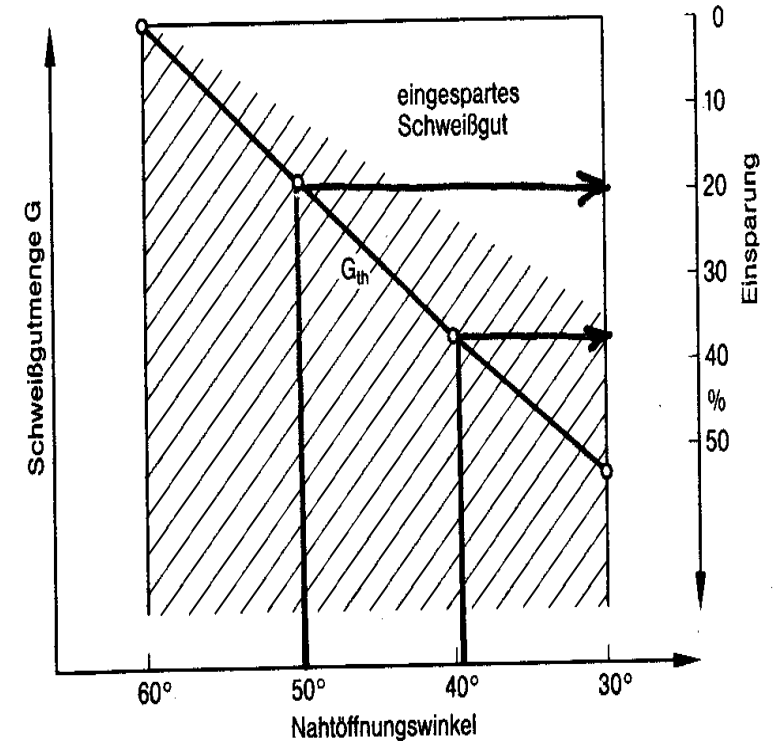
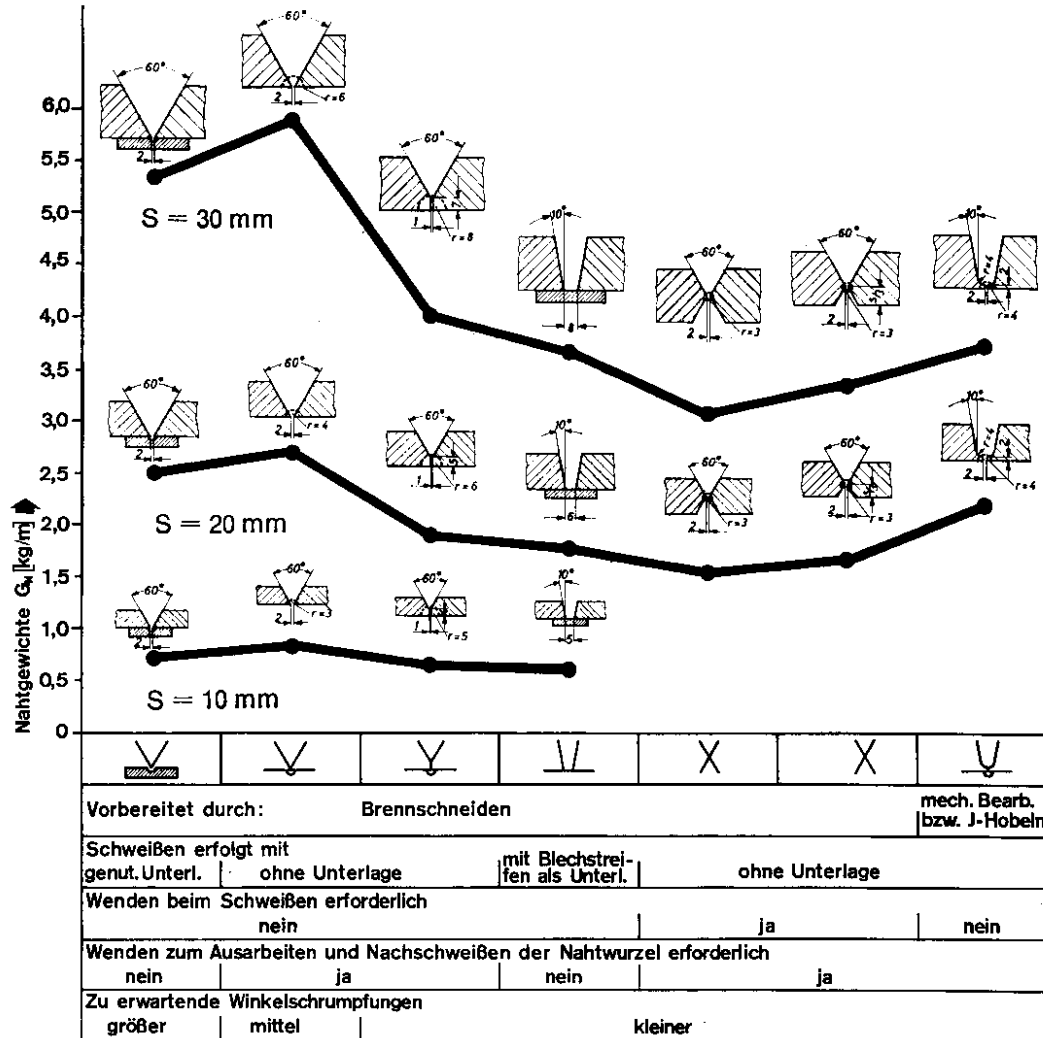
Merke: Stumpfnähte gegenüber Kehlnähten bevorzugen!

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

Wirtschaftliche Gestaltung von Stumpfnähten

Schweißguteinsparung bei Stumpfnähten

Schweißguteinsparung bei V-Nähten



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

(ohne Spalt, ohne Steg, ohne Überhöhung)

Tabelle Schweißnahtmasse(gewicht) für Kehlnähte (1)

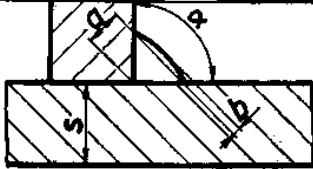
Kehlnähte						Schweißnahtgewicht pro Meter													
Schweißnahtquerschnitt: $F_o = a^2 \cdot \tan^2 \frac{\alpha}{2}$																			
Schweißnahtgewicht: $G = F \cdot l \cdot \gamma$ ($l = 1000$ mm)																			
Öffnungswinkel α	60°					90°					120°					Prozentualer Zuschlag für Überhöhung um:			
	Nahtdicke a (mm)	Querschnitt F_o (mm ²)	Gewicht pro Meter (g)				Querschnitt F_o (mm ²)	Gewicht pro Meter (g)				Querschnitt F_o (mm ²)	Gewicht pro Meter (g)				0,5 %	1,0 %	1,5 %
		G_0 $b=0$	$G_{0,5}$ $b=0,5$	$G_{1,0}$ $b=1,0$	$G_{1,5}$ $b=1,5$		G_0 $b=0$	$G_{0,5}$ $b=0,5$	$G_{1,0}$ $b=1,0$	$G_{1,5}$ $b=1,5$		G_0 $b=0$	$G_{0,5}$ $b=0,5$	$G_{1,0}$ $b=1,0$	$G_{1,5}$ $b=1,5$				
2,0	2,31	18,15	24,3	29,8	36,2	4	31,4	41,6	52,6	62,8	6,9	54,2	72,2	90,4	107,5	32,5	67,5	100,0	
2,5	3,61	28,4	36,1	43,2	50,3	6,3	49,5	62,8	75,5	87,7	10,9	88,5	115,2	138	161	27,0	53,0	79,0	
3,0	5,18	40,7	50,2	58,9	68,4	9	70,6	86,3	102	118	15,6	122,5	150	177,5	205	22,3	44,6	66,8	
3,5	7,1	55,8	66	77	87	12,3	96,5	114,6	133	151,5	21,3	167	198	230	261	18,8	37,4	57,0	
4,0	9,2	72,1	84	96,5	108,5	16	125,6	147	167,5	188,5	27,7	217	254	290	327	18,6	33,0	50,0	
4,5	11,7	92	105	119,4	133	20,3	159,4	183	206,5	230	35,2	276	317	358	398	14,7	29,5	44,2	
5,0	14,4	113	128	144	157,5	25	196	222	249	275	43,3	340	386	431	477	13,2	26,8	40,0	
5,5	17,5	137	154	170	188	30,3	238	265	295	324	52,5	411	462	511	560	11,2	24,0	36,2	
6,0	20,8	163	181	200	218	36	282	314	346	377	62,4	490	545	597	654	11,1	22,2	33,3	
6,5	24,4	192	211	231	250	42,3	334	366	400	430	73,4	576	635	695	753	10,25	20,5	30,8	
7,0	28,2	221	243	265	286	49	385	422	458	495	85	666	731	795	860	9,6	19,0	28,6	
7,5	32,5	255	278	301	323	56,3	443	480	520	560	97,5	765	835	900	970	8,85	17,7	26,7	
8,0	36,9	290	314	338	362	64	503	544	587	628	111	870	940	1015	1090	8,3	16,6	25,0	
9,0	46,7	367	405	420	448	81	635	683	730	777	140	1100	1180	1260	1350	7,4	14,7	22,3	
10,0	57,7	453	483	513	544	100	785	836	890	943	173	1360	1450	1540	1635	6,7	13,3	20,0	
11,0	70,0	570	584	615	645	121	950	1005	1060	1120	210	1585	1750	1850	1950	6,05	12,1	18,2	
12,0	83,0	650	688	755	780	144	1130	1193	1258	1320	250	1965	2070	2180	2290	5,6	11,2	16,8	
13,0	97,5	765	805	845	884	169	1329	1395	1465	1530	293	2300	2420	2540	2650	5,1	10,2	15,4	
14,0	113,0	886	930	973	1015	196	1540	1610	1685	1760	340	2670	2800	2930	3050	4,7	9,4	14,2	
15,0	130,0	1020	1065	1110	1156	225	1770	1850	1925	2000	386	3030	3170	3300	3440	4,4	9,0	13,5	
16,0	148,0	1161	1208	1253	1305	256	2010	2100	2180	2260	444	3490	3620	3780	3920	4,2	8,4	12,6	

Tabelle Schweißnahtmasse(gewicht) für Stumpfnähte (2)

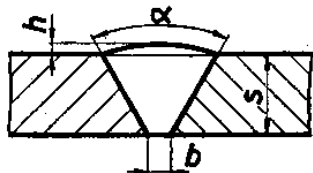
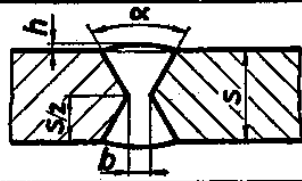
V-Nähte		Schweißnahtgewicht pro Meter																								
Schweißnahtquerschnitt: $F_0 = s \cdot b + s^2 \tan \frac{\alpha}{2}$																										
Schweißnahtgewicht: $G = F \cdot l \cdot \gamma$ ($l = 1000 \text{ mm}$)																										
Öffnungswinkel	Wandstärke s mm	Spaltbreite b mm	50°						60°						70°						Prozentualer Zuschlag für Überhöhung um:					
			Querschnitt F_0 (mm) ²	Gewicht pro Meter (g)					Querschnitt F_0 (mm) ²	Gewicht pro Meter (g)					Querschnitt F_0 (mm) ²	Gewicht pro Meter (g)					h=1,0 (mm)	h=1,5 %	h=2,0 %	h=2,5 %		
			G_0 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	G_0 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	G_0 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	G_0 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				
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	1130	2260	2330	2395	2460	320,0	2510	2670	2750	2830	2900	6,2	9,4	12,5	15,5			

Tabelle Schweißnahtmasse(gewicht) für Stumpfnähte (3)

Doppel V-Nähte										Schweißnahtgewicht pro Meter																					
Schweißnahtquerschnitt: $F_o = s \cdot b + 0,5 s^2 \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$																															
Schweißnahtgewicht: $G = F \cdot l \cdot \gamma$ ($l = 1000 \text{ mm}$)																															
Öffnungswinkel	50°									60°									70°									Prozentualer Zuschlag für Überhöhung um:			
	Wandstärke s (mm)	Spaltbreite b (mm)	Querschnitt F_o (mm ²)						Gewicht pro Meter (g)						Querschnitt F_o (mm ²)						Gewicht pro Meter (g)										
			G_0	$G_{1,0}$	$G_{1,5}$	$G_{2,0}$	$G_{2,5}$	G_0	$G_{1,0}$	$G_{1,5}$	$G_{2,0}$	$G_{2,5}$	G_0	$G_{1,0}$	$G_{1,5}$	$G_{2,0}$	$G_{2,5}$	G_0	$G_{1,0}$	$G_{1,5}$	$G_{2,0}$	$G_{2,5}$	G_0	$G_{1,0}$	$G_{1,5}$	$G_{2,0}$	$G_{2,5}$	$h=1,0$	$h=1,5$	$h=2,0$	$h=2,5$
			$h=0$	$h=1,0$	$h=1,5$	$h=2,0$	$h=2,5$	$h=0$	$h=1,0$	$h=1,5$	$h=2,0$	$h=2,5$	$h=0$	$h=1,0$	$h=1,5$	$h=2,0$	$h=2,5$	$h=0$	$h=1,0$	$h=1,5$	$h=2,0$	$h=2,5$	$h=0$	$h=1,0$	$h=1,5$	$h=2,0$	$h=2,5$	%	%	%	%
15	2	82,5	648	743	790	835	883	95,0	745	856	922	967	1024	109,0	855	987	1051	1120	1181	11,5	12,2	12,9	13,6								
16	2	91,6	720	820	870	920	965	105,8	830	948	1009	1065	1125	121,6	955	1088	1155	1220	1300	11,4	12,1	12,8	13,4								
17	2	101,9	795	894	941	990	1040	117,5	920	1048	1110	1170	1230	135,0	1060	1205	1278	1350	1422	11,3	12,0	12,7	13,3								
18	2	111,5	875	990	1048	1092	1150	129,5	1015	1147	1211	1275	1340	149,3	1170	1325	1400	1470	1552	11,25	11,9	12,6	13,2								
19	2	122,2	956	1070	1130	1190	1240	142,2	1115	1250	1318	1385	1451	164,0	1290	1450	1525	1605	1690	11,2	11,8	12,4	13,0								
20	2	133,2	1045	1175	1240	1300	1343	155,5	1220	1282	1355	1425	1575	180,0	1410	1590	1675	1768	1835	11,15	11,75	12,3	12,9								
21	2	145	1140	1265	1325	1388	1450	169	1325	1472	1550	1620	1695	196,5	1540	1720	1800	1890	1975	11,1	11,7	12,2	12,8								
22	2	156,8	1230	1360	1430	1495	1550	183,7	1440	1595	1671	1750	1830	213,5	1675	1855	1940	2040	2132	11,1	11,6	12,15	12,7								
23	2	169	1325	1460	1530	1600	1660	198,5	1560	1720	1800	1880	1965	231,0	1810	2000	2100	2190	2285	11,0	11,55	12,1	12,6								
24	2	182	1430	1570	1640	1715	1775	209,0	1640	1810	1890	1970	2055	249,5	1955	2160	2250	2350	2450	11,0	11,5	12,0	12,5								
25	2	196	1540	1685	1755	1830	1900	230,5	1810	1980	2065	2150	2240	268,5	2100	2310	2415	2520	2620	10,95	11,4	11,9	12,4								
26	3	235,4	1845	2010	2090	2170	2240	273,0	2140	2330	2425	2520	2620	314,5	2450	2690	2790	2900	3020	10,9	11,35	11,8	12,3								
27	3	251	1970	2130	2220	2300	2380	291	2280	2480	2580	2680	2770	336,0	2640	2860	2975	3085	3200	10,85	11,3	11,75	12,2								
28	3	266,6	2090	2265	2350	2440	2505	310,0	2430	2630	2740	2840	2905	358,0	2810	3035	3165	3280	3400	10,8	11,25	11,7	12,1								
29	3	283	2220	2400	2480	2570	2660	329,5	2580	2790	2900	3000	3100	381,5	2990	3240	3360	3480	3600	10,75	11,2	11,6	12,0								
30	3	299,5	2350	2550	2620	2720	2800	349,5	2740	2960	3070	3165	3270	405,0	3180	3430	3550	3680	3810	10,7	11,15	11,5	11,9								
32	3	334,5	2630	2820	2910	3020	3100	391,2	3065	3290	3400	3520	3630	454,5	3560	3840	3955	4100	4230	10,7	11,1	11,4	11,8								
34	3	371,0	2910	3120	3220	3310	3410	435,0	3410	3660	3770	3890	4010	506,0	3970	4250	4390	4530	4680	10,7	11,05	11,35	11,7								
36	3	410,0	3220	3430	3540	3640	3740	482,0	3880	4030	4150	4280	4410	561,0	4400	4700	4840	4980	5150	10,65	11,00	11,30	11,65								
38	3	450,0	3530	3750	3860	3980	4070	530,5	4160	4420	4560	4690	4810	620,0	4860	5160	5325	5480	5630	10,65	10,95	11,25	11,60								
40	3	493,0	3860	4100	4210	4330	4440	581,0	4560	4840	4975	5100	5240	680,0	5340	5660	5810	5980	6150	10,65	10,9	11,20	11,55								

3. Wirtschaftliche Schweißproduktion

Ausgangslage

Produktionsgrundlagen

Schweißkosten

- o Kostenstelle Schweißplatz /Schweißkostenanalyse
- o Schweißzusatzkosten
- o Schweißfertigungskosten
- o Schweißkostensenkung

Beispiele aus der Schweißpraxis

Europäischer Markt für Schweißzusätze im Wandel von 1998 bis 2008

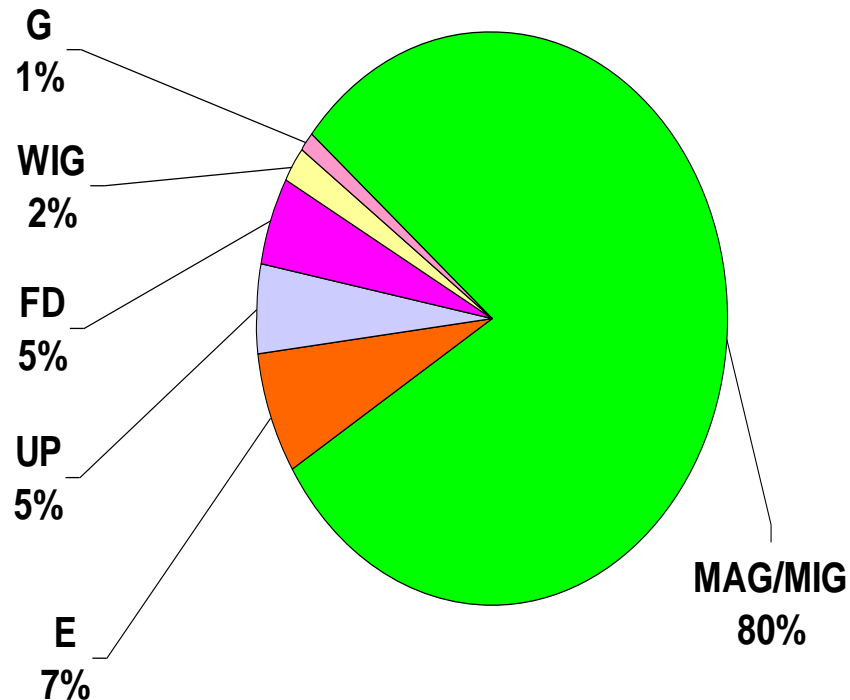
Der europäische Markt für Schweißzusätze ist derzeit nahezu gesättigt. Umsatzsteigerungen sind jedoch auch in Zukunft erzielbar, wenn sich die Hersteller flexibel zeigen und neue Wege beschreiten.

Wie eine Analyse der internationalen Unternehmensberatung Frost & Sullivan ergab, wuchs der Schweißzusätze-Markt in Europa von 942 Mio. US-Dollar im Jahr 1998 auf 1,02 Mrd. im Jahr 2001. Bis 2008 ist eine weitere Steigerung mit jährlichen Umsatzwachstumsraten von rund 2,8% auf 1,24 Mrd. zu erwarten.

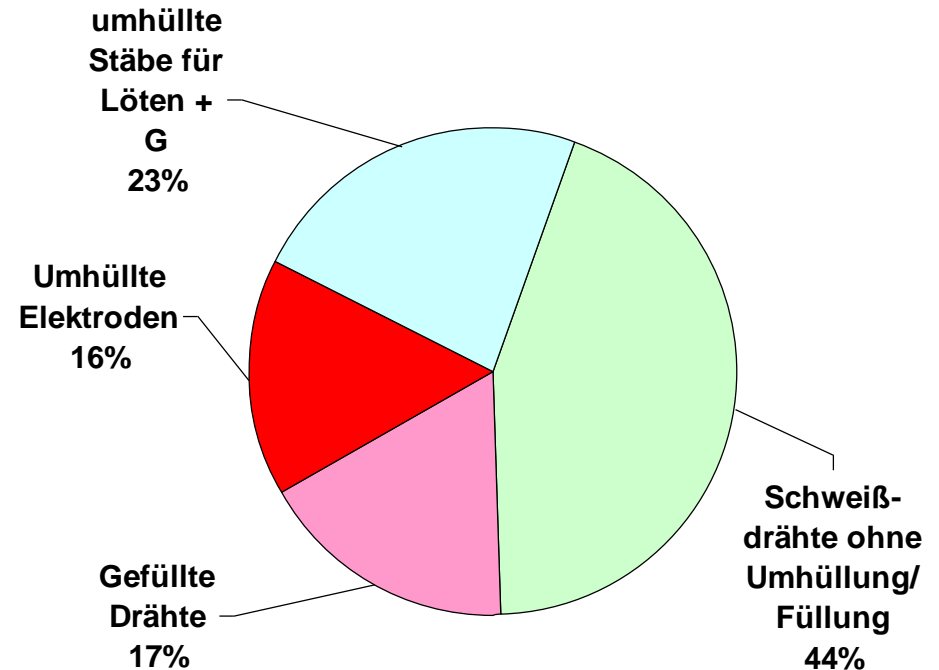
Zukünftig werden Faktoren wie das Streben nach mehr Produktivität, einem höheren Leistungsniveau und verbesserte Produktqualität den Markt dynamischer machen. Damit verbunden ist in der Schweißtechnik eine verstärkte Automatisierungstendenz, aus der sich eine erhöhte Nachfrage nach Schweißzusätzen – vor allem nach Massivdrähten und Fülldrahtelektroden ergeben wird. Weitere Impulse erhält die Branche durch die Einführung von Verarbeitungswerkstoffen wie Aluminium und nicht rostendem Stahl, die einen Bedarf an neuen Schweißzusätzen aus Metalllegierungen schaffen.

Struktur der Schweißzusätze in Deutschland 2000-2002

Aufteilung niedergeschmolzene Schweißgutmasse(gewicht) ¹⁾ 2000



Aufteilung Produktionswert von Schweißzusätzen 2002 von 212 Mio. €



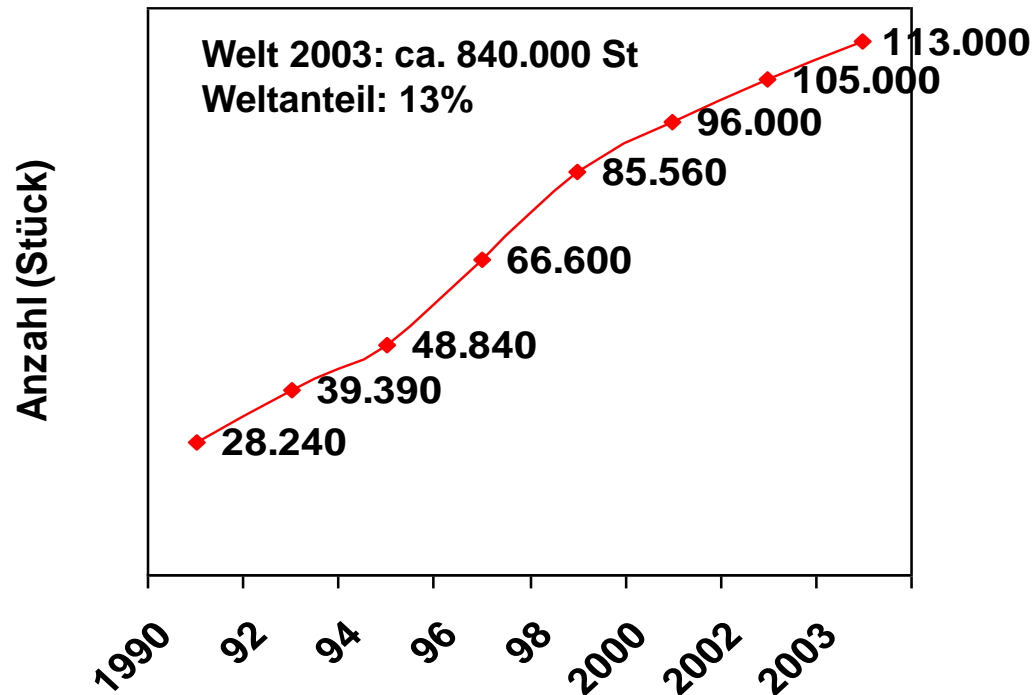
**1) Annahmen: 1 kg Stabelektroden = 0,7 kg Schweißgut;
Ausbringen: FD / MAG-MIG-WIG / Sonstige = 86 / 93 / 100%**

Quellen: Schweißelektroden-Vereinigung aus praktiker 11/2001

R. Janßen-Timmen, W. Moos, Schweißen und Schneiden 2003, Schweißen und Schneiden 2004/9

Industrie-Robotereinsatz in Deutschland 1990-2003

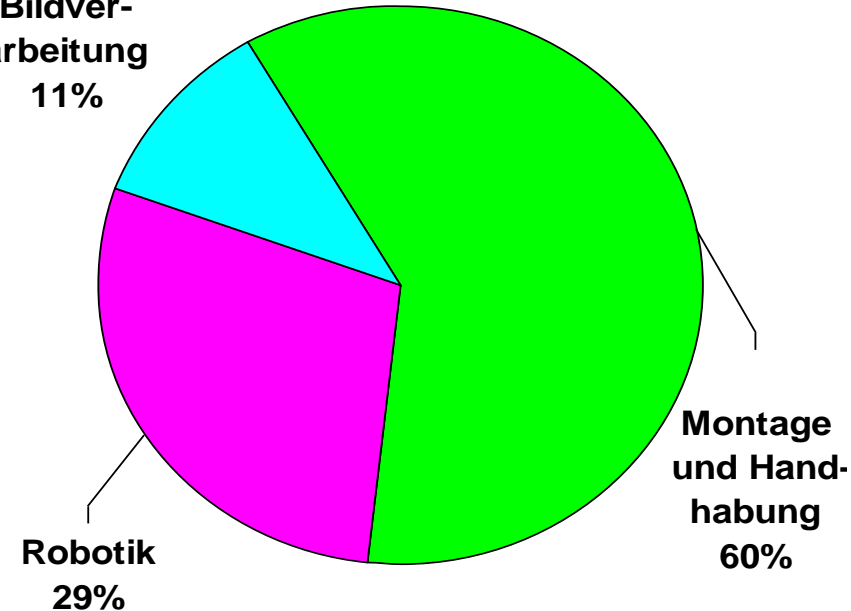
Eingesetzte Industrieroboter 1990-2003



Umsatz für 2002

6,2 Mrd. €

Industrielle
Bildverarbeitung
11%



Jahr 2002: Bestand: Roboter 105 000 Stück, davon 32 928 Stück Schweißroboter (31%)
Neuinstallation: Roboter 11 918 Stück, davon 2 979 Stück für Punkt- und Bahnschweißen (25%)
Roboter Umsatz 1,7 Mrd. €, Durchschnittspreis 143.000 €/St
Roboter & Automation: Umsatz 6,2 Mrd. €

Quellen: Globus G 7268 nach Fachverband Robotik + Automation, Internet: www.vdma.org vom 24.1.2004
 VDI nachrichten 12.3.2004, Schweißen und Schneiden 9/2004

Produktionsgrundlagen

Ziel:

Herstellkosten von Schweiß-Bauteilen-/Produkten senken!

Einflüsse:

Die Herstellkosten von Schweißarbeiten werden durch folgende Fertigungsschrittstufen beeinflusst:

Fertigungsschritte			
Vorbereiten	Schweißen	Nachbehandeln	Prüfen

Beispiel:

Schweiß-Bauteil-/Produkt-Kosten

- Herstellkostenstruktur

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

Ermittlung:

Aufteilung und Berechnungsmethoden zur Schweißkostenermittlung

Schweißkosten k_S (€/Einheit)	
(1) S-Zusatzkosten + S-Fertigungskosten	
k_{SM}	+ k_{SF}
(2) Menge x Preis + Zeit x Stundensatz ²⁾	
$m_z \times P_v$	+ $t_s \times St_{s(B)}$
(3) $m_s/L_s \times (St_s + k_{SM}/t_s)$ oder $m_s/L_s \times St_s$ ³⁾	

- Schweißkostenstruktur

	€/E	%
Schweißfertigungskosten		80
Schweißzusatzkosten		20

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

Schweißzusatzkosten

Ziel:

Schweißzusatzkosten senken!

Einflussgrößen:

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

Ermittlung:

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

Beispiel:

Einsparmaßnahmen beim Einsatz niedriglegierter Stabelektroden

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

1) Bei Verrechnung als Fertigungsmaterial

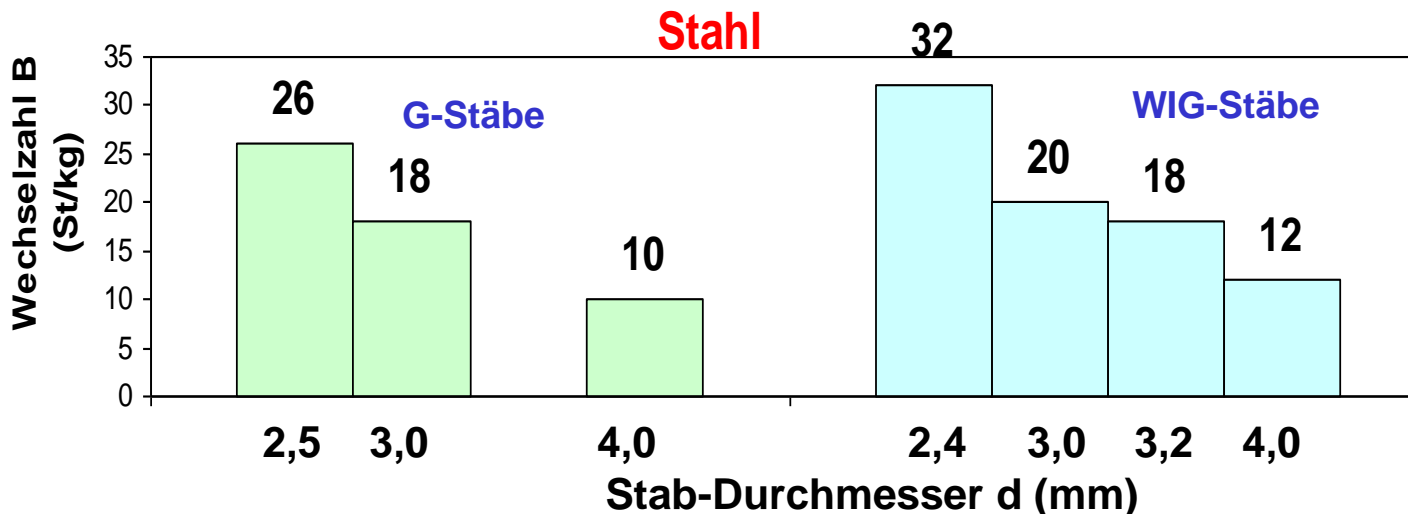
Schweißzusatzkosten

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

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

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

Schweißzusatz-Wechselzahl



Merke:

Schweißzusatz-Wechselzahl wird benötigt zur

- Bestimmung der Schweißleistung

Schweißzusatzkosten

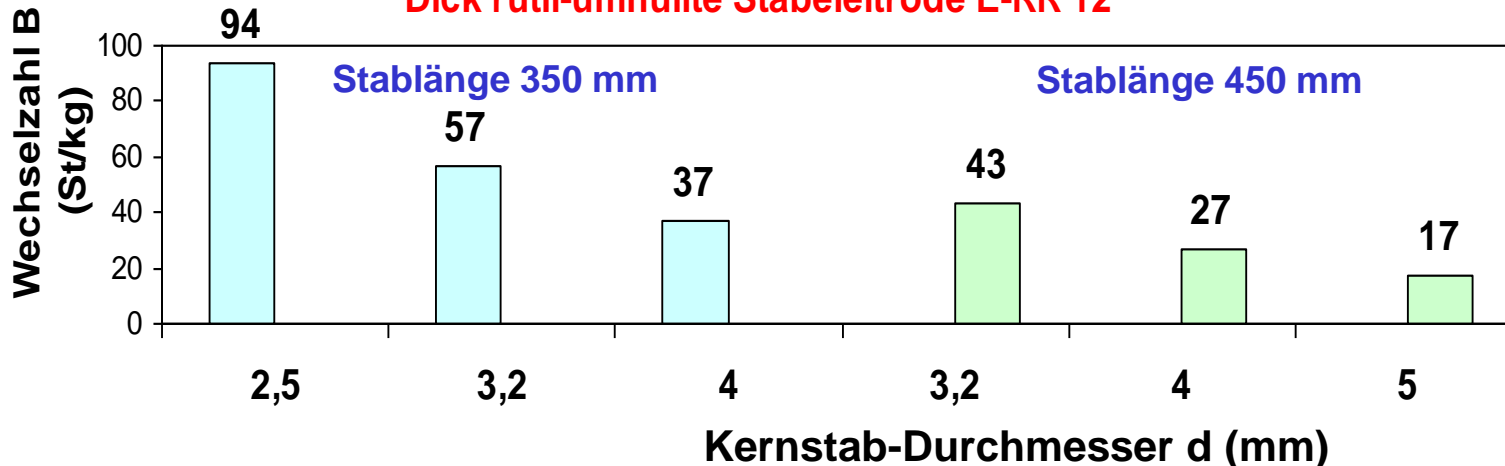
Schweißzusatz-Wechselzahl B für E-Stabelektroden

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

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

Schweißzusatz-Wechselzahl

Dick rutil-umhüllte Stabelektrode E-RR 12



Merke:

Schweißzusatz-Wechselzahl wird benötigt zur Bestimmung der

- Schweißleistung
- Elektrodenstückzahl bei Montagearbeiten

Schweißzusatzkosten

Umhüllte Stabelektroden für unlegierte- und niedriglegierte Stähle

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

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

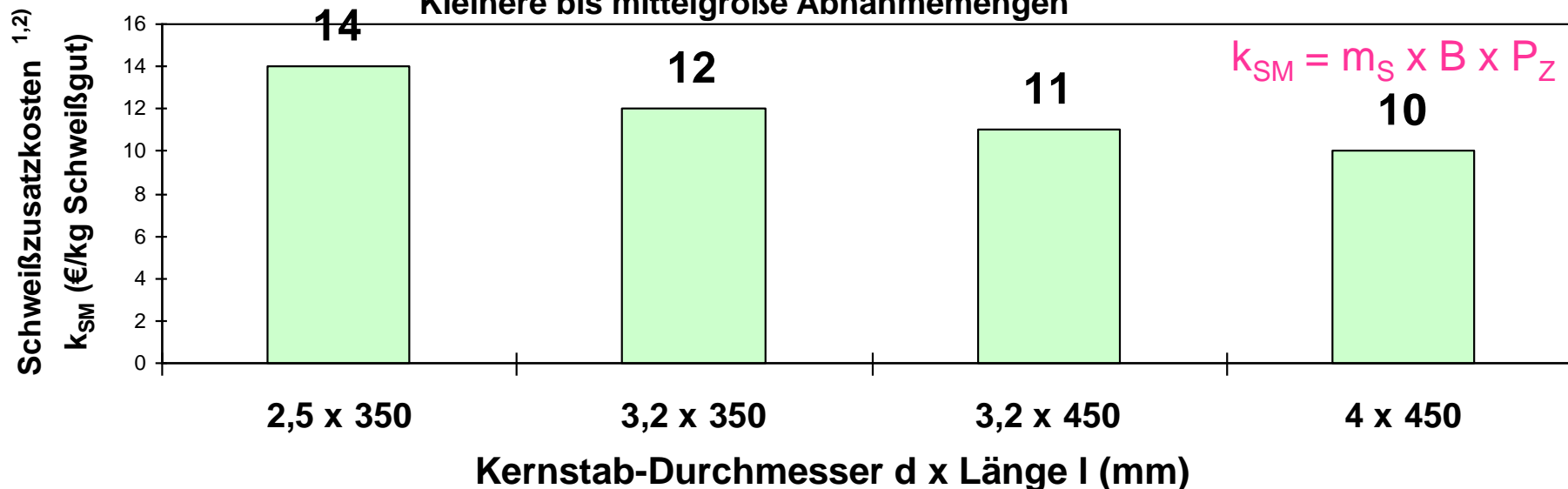
1) Schweißzusatzkosten k_{SM} ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz

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

Stand: 1.1.2004

Dick rutil-umhüllte Stabelektroden

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



Schweißzusatzkosten

Umhüllte Stabelektroden für unlegierte- und niedriglegierte Stähle

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

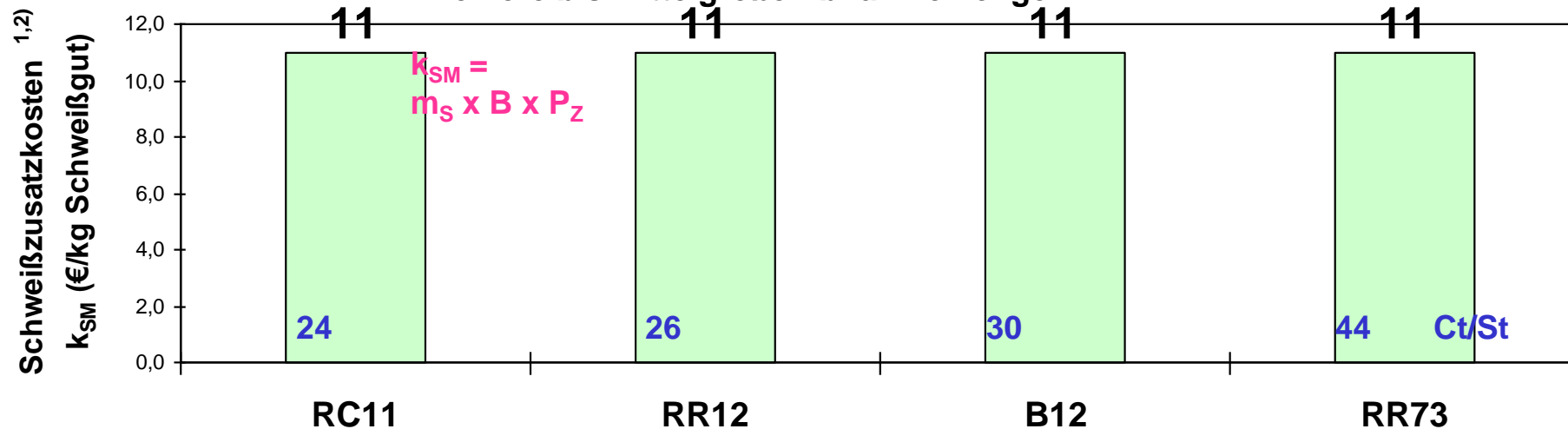
1) Schweißzusatzkosten k_{SM} ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz

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

Stand: 1.1.2004

Stabelektroden-Schweißzusatzkostenvergleich

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



Kernstab-Durchmesser d 3,2 x Länge l 450 (mm)

Schweißzusatzkosten

Schweißzusätze für unlegierte- und niedriglegierte Stähle

G / WIG Schweißstäbe und MAG / UP-Drahtelektroden

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

1) Schweißzusatzkosten ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz

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

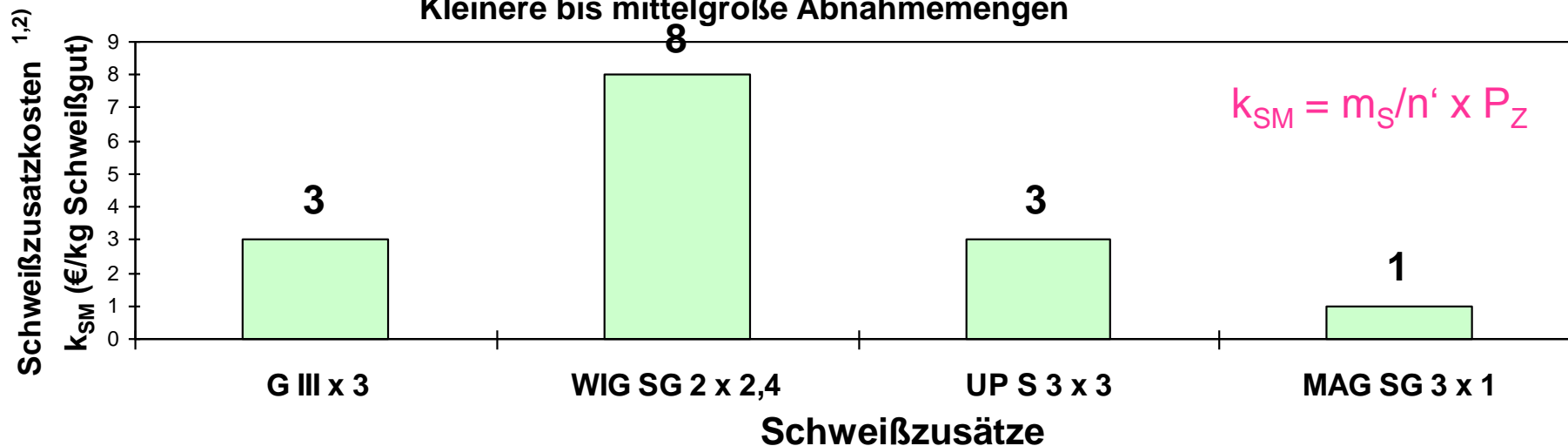
3) 1 t Schweißpulver Aluminat-Typ, Werkslistenpreis 2,95 €/kg bzw. Netto-Bezugspreis ca. 1,50 €/kg, spez. Pulververbrauch je nach Pulversorte und Schweißbedingungen 0,6-1,4 kg/kg Schweißgut

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

Stand: 1.1.2004

G-WIG-UP-MAG-Schweißzusatzkostenvergleich

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



Schweißzusatzkosten

Schweißzusätze für Aluminiumlegierungen und hochlegierte Stähle

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

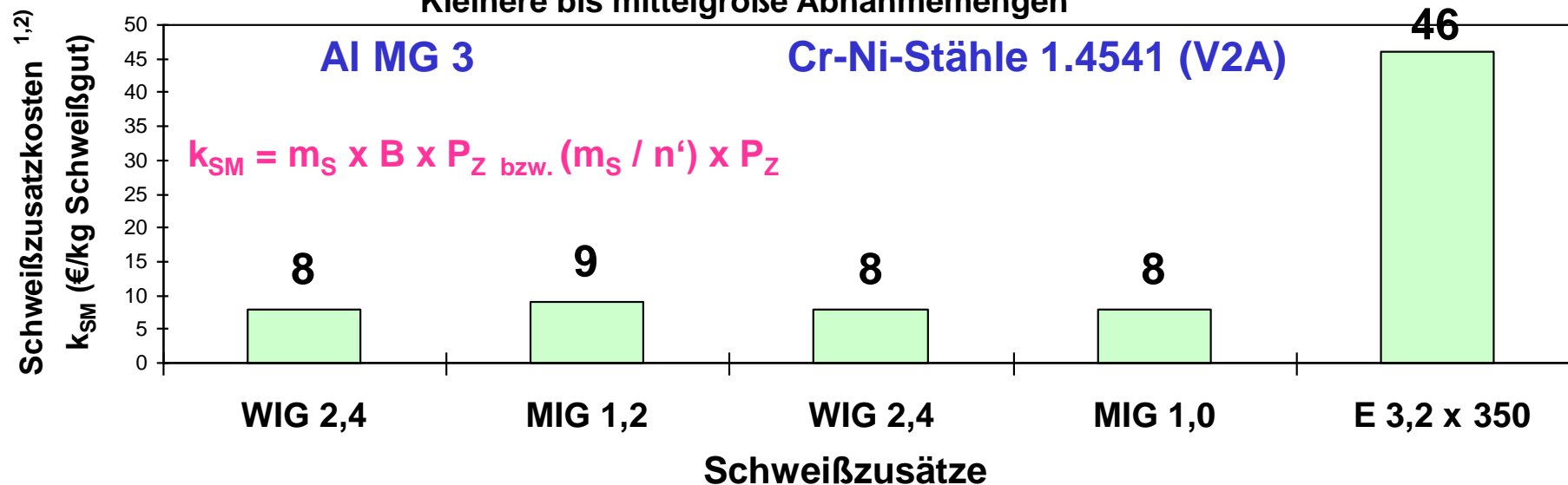
1) Schweißzusatzkosten k_{SM} ohne Materialgemeinkostenzuschlagssatz (nur erforderlich bei Materialeinzelkostenverrechnung)

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

Stand: 1. Januar 2004

Schweißzusatzkostenvergleich

Kleinere bis mittelgroße Abnahmemengen



Schweißfertigungskosten

Ziel:

Schweißfertigungskosten senken!

Einflussgrößen:

1) ohne Schweißzusatzkosten

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

2) mit / ohne Restgemeinkosten

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

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

Ermittlung: 1,4)

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

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

$t_r + m_s \times 100 / L_E \times ED$) x $St_{S(B)}$ oder $(m_s / L_S) \times St_{S(B)}$

Beispiel:

Einsparmaßnahmen beim Einsatz niedriglegierte MAG-Drahtelektroden

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

Schweißzeiteinsparung (1)

Richtwerte für die Einbringleistung:

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

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

Richtwerte für die Einschaltdauer:

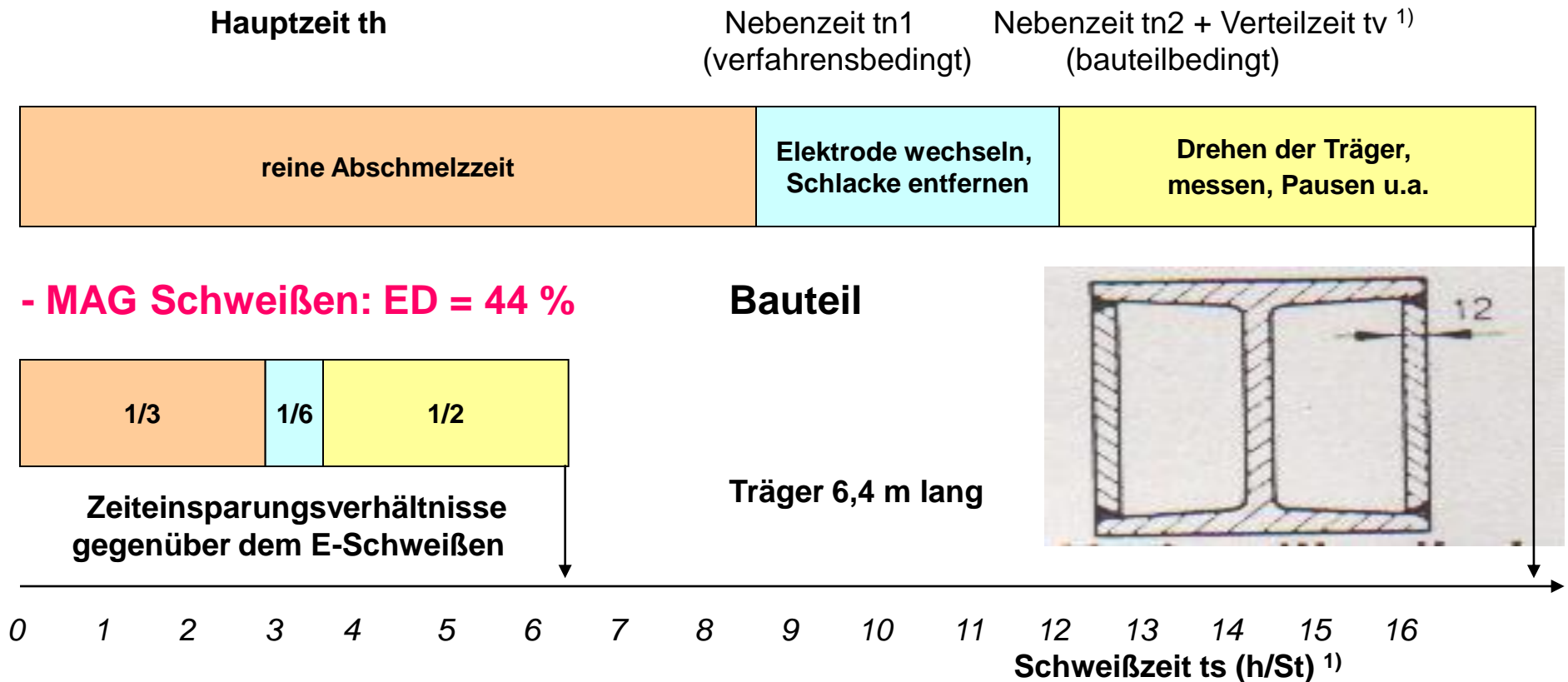
Schweißarbeit	Mittlere Einschaltdauer ED (%)				Formeln: 5) ED = th / t x 100 (%) ED = th / (th+tn+tw+ter+tv+tr) x 100
	%	10	50	100	
Heft/Montageschweißung	10/20				t = Gesamtzeit, tr = Rüstzeit th = Hauptzeit (reine Schweißzeit) tn = Nebenzeit, tw = Wartezeit, ter = Erholungszeit, tv = Verteilzeit
Schweißkonstruktion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

Schweißzeiteinsparung (2)

Veränderung der Einschaltdauer ED durch Verfahrensumstellung

o Beispiel Stahlbau-Träger

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



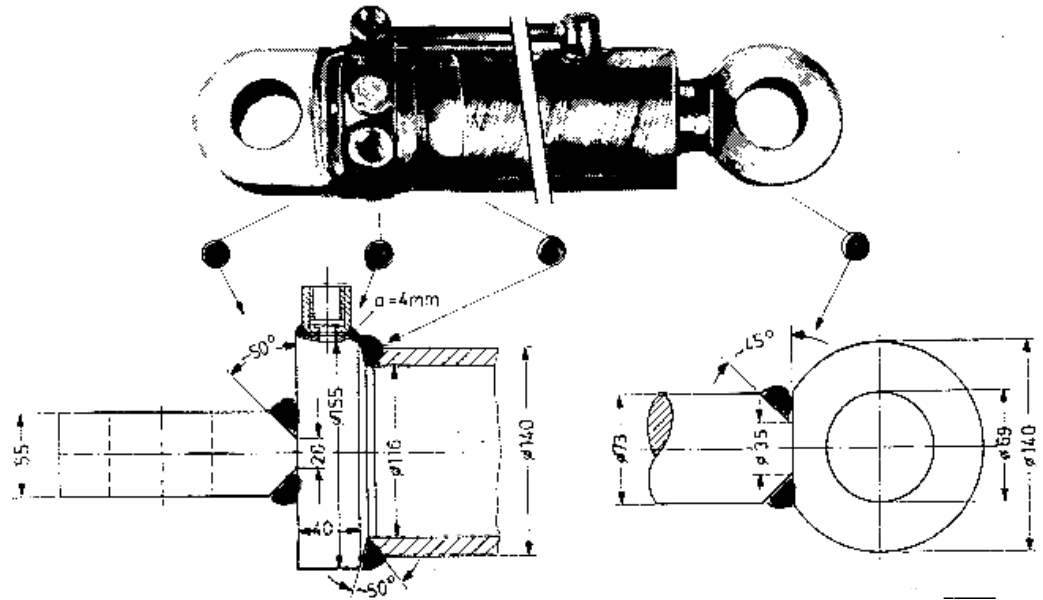
1) Schweißzeit t_s ohne Rüstzeit t_r und Erholungszeit t_{er}

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

Schweißzeiteinsparung (3)

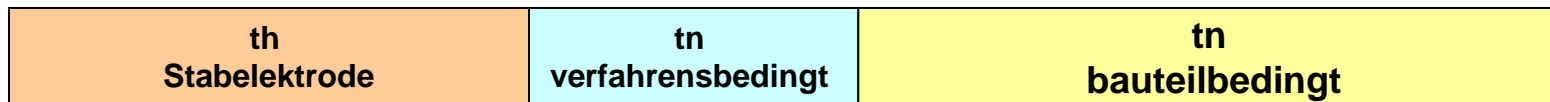
Veränderung der Einschaltdauer ED durch Verfahrensumstellung

o Beispiel Hydraulikzylinder

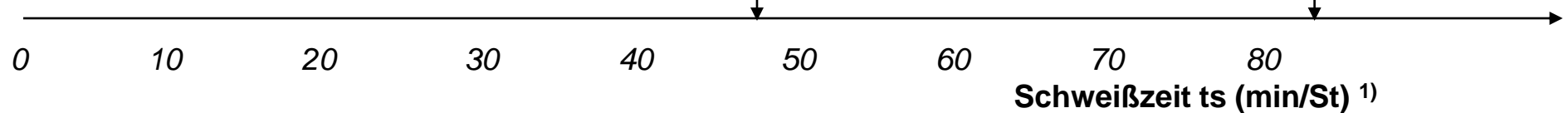
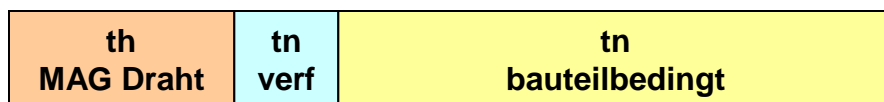


- E Lichtbogenhandschweißen: ED = 34 %

$$ED = th \times 100 / ts (\%)$$



- MAG Schweißen: ED = 21 %



1) Schweißzeit ts ohne Rüstzeit tr und Erholungszeit ter

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

Schweißzeiteinsparung (4)

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

G/WIG/E-Schweißverfahren	MAG/UP-Schweißverfahren
Ermittlung	Ermittlung
$L_S = \frac{\text{Schweißzusatzstückzahl}}{\text{S-Zusatzwechselzahl} \times \text{Schweißzeit}} \quad (\text{kg/h})$ $= m_Z / (B \times t_S)$	$L_S = \frac{\text{S-Zusatzgewicht} \times \text{Nutzzahl}}{\text{Schweißzeit}} \quad (\text{kg/h})$ $= (m_Z \times n') / t_S$
Beispiel für E ^{2,3)}	Beispiel für MAG ^{1,3)}
<ul style="list-style-type: none"> - Elektrodenstückzahl $m_Z = 320$ St - Schweißzeit $t_S = 8$ h - Schweißleistung $L_S = \frac{320}{57 \times 8}$ = 0,7 kg/h 	<ul style="list-style-type: none"> - Gewicht Drahtrolle $m_Z = 15$ kg - Schweißzeit $t_S = 10$ h - Schweißleistung $L_S = \frac{15 \times 0,95}{10}$ = 1,5 kg/h
Erfahrungsrichtwerte	Erfahrungsrichtwerte
$L_S = 0,1 \text{ bis } 0,2 \text{ kg/h}$ bei G/WIG $= 0,5 \text{ bis } 1,0 \text{ kg/h}$ bei E	$L_S = 1 \text{ bis } 2 \text{ kg/h}$ bei MAG $= 2 \text{ bis } 4 \text{ kg/h}$ 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 \varnothing x 350 mm,
 19 / 21 St/kg Schweißgut bei G / WIG 3 \varnothing

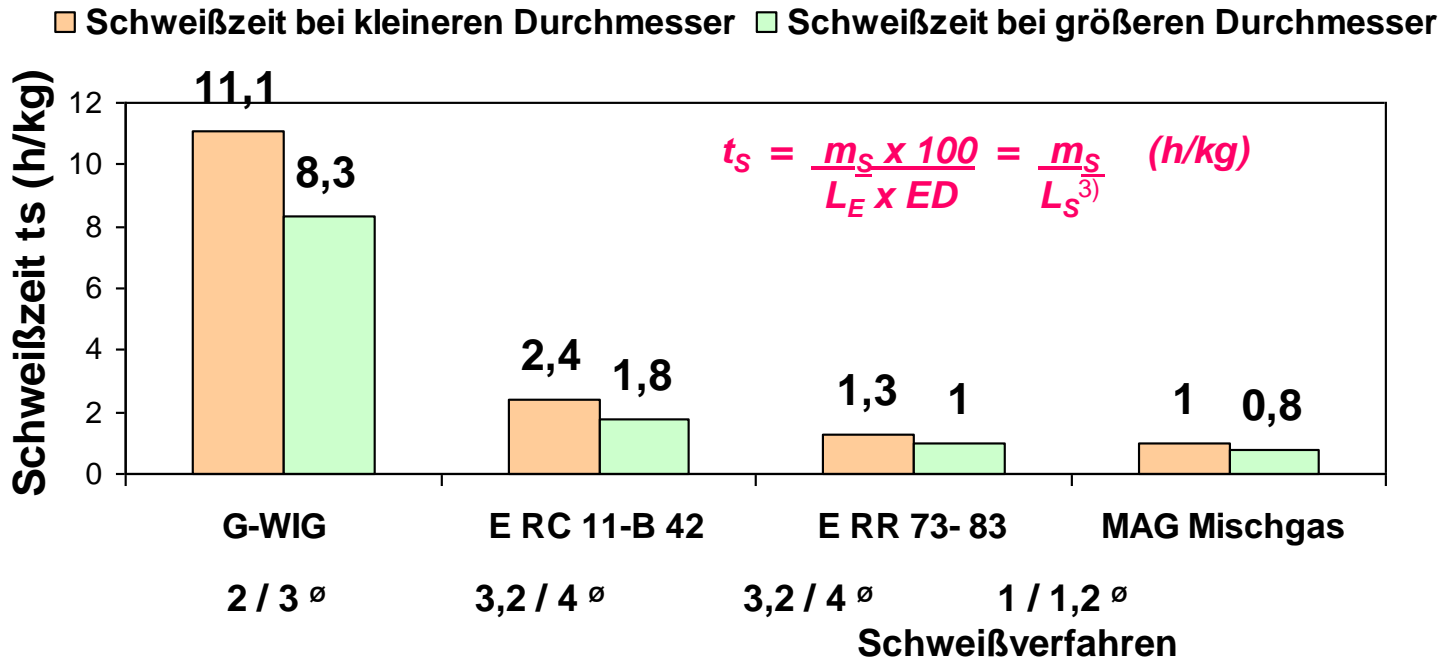
3) Prüfe, ob bei der Schweißleistung L_S die Rüstzeit t_r enthalten ist!

Schweißzeiteinsparung (5)

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

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

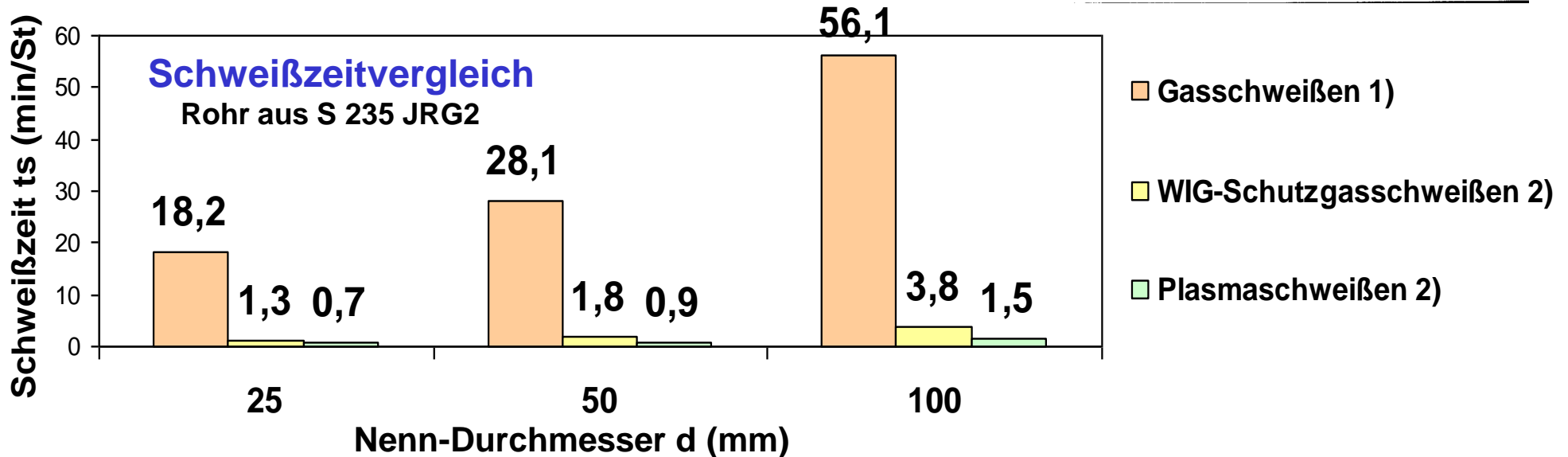
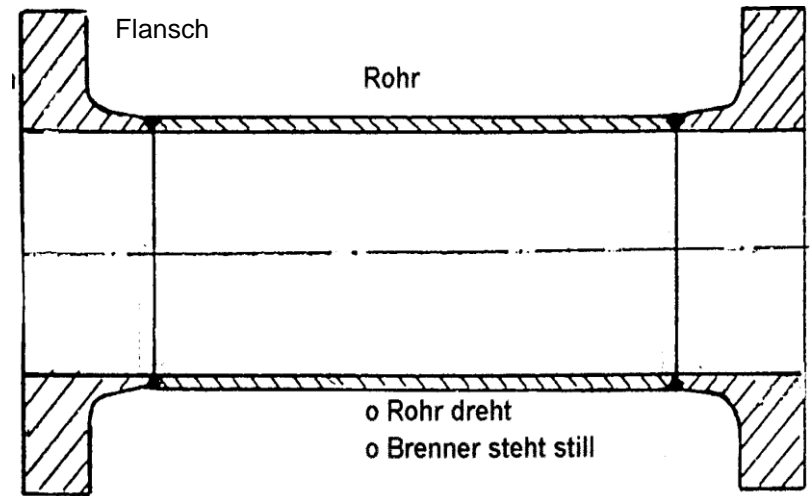
3) Prüfe, ob bei der Schweißleistung L_S die Rüstzeit t_R enthalten ist!



Schweißzeiteinsparung (6)

o Beispiel Schweißzeitvergleich bei Rohrverbindungen - Chemische Industrie

Schweißverfahren	Schweißzeit ts		
	Nenndurchmesser d (mm)		
	25	50	100
Gasschweißen ¹⁾	18,2	28,1	56,1
WIG-Schutzgasschweißen ²⁾	1,3	1,8	3,8
Plasmaschweißen ²⁾	0,7	0,9	1,5
1) Handschweißen		2) Automatisch gleichzeitig	
Quelle: Bohlen, Bayern AG, Leverkusen, 1986			

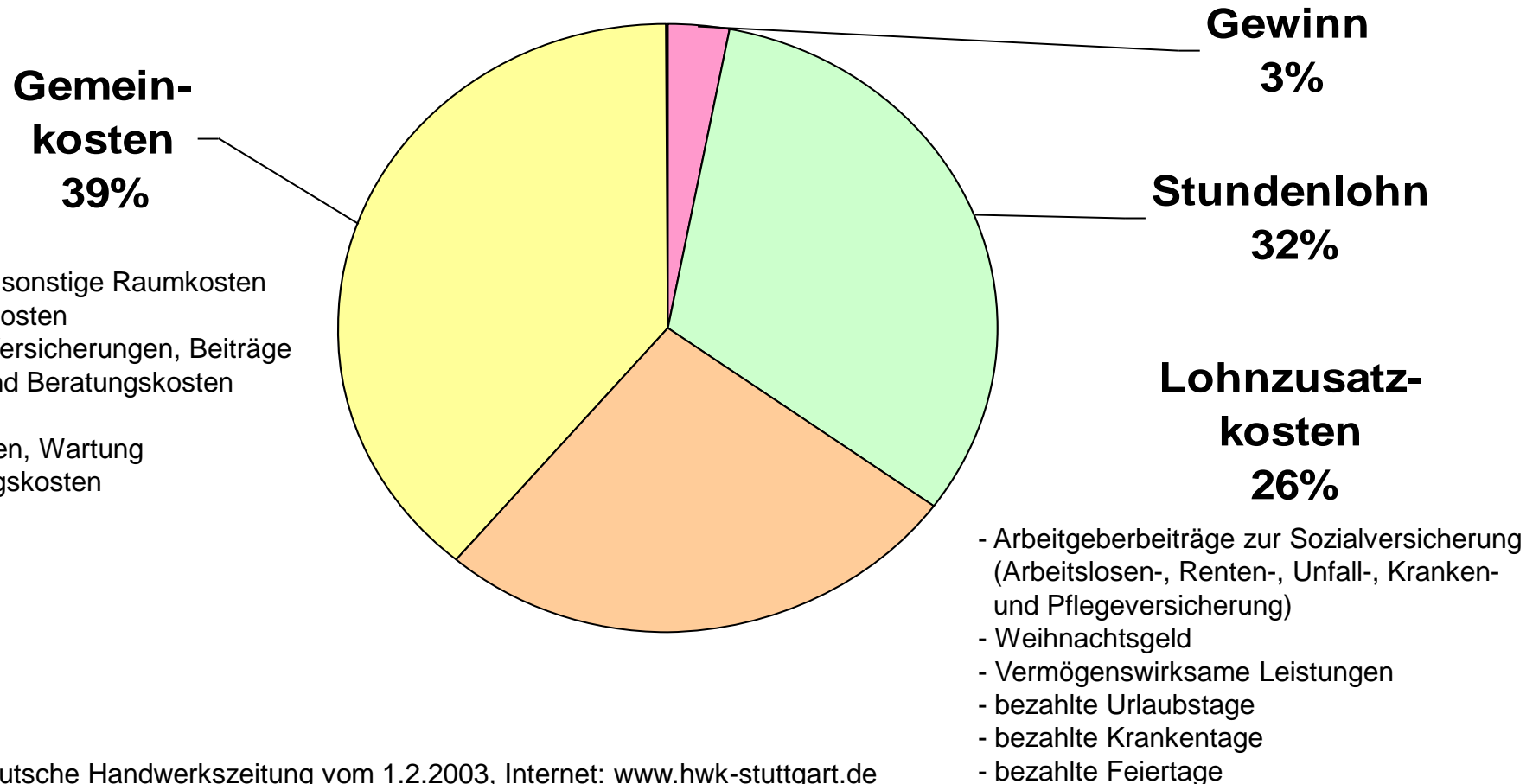


Übersicht zur Ermittlung von Stundensätzen

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

Was kostet eine Handwerkerstunde in Deutschland-West 2002

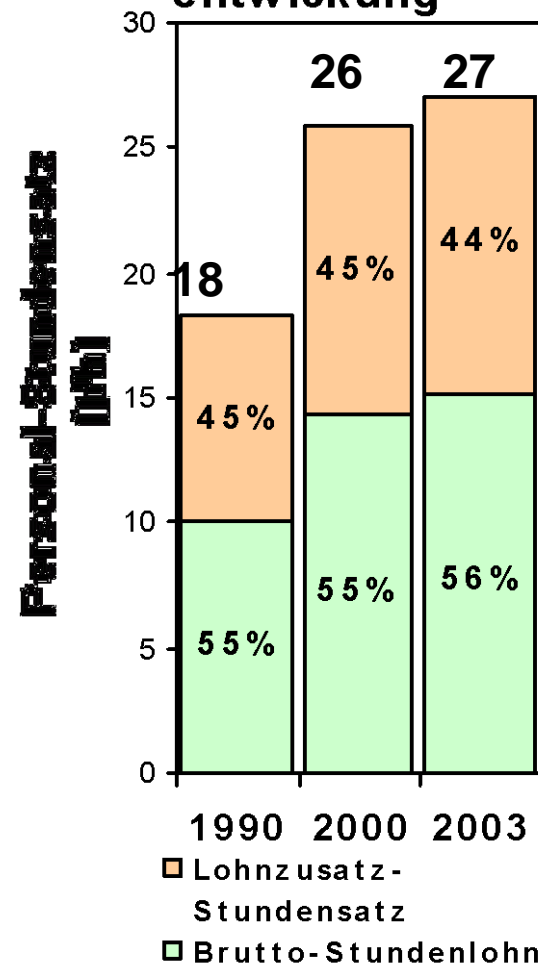
Beispiel Stundenverrechnungssatz 44 € ohne MwSt,
davon Stundenlohn 14 €



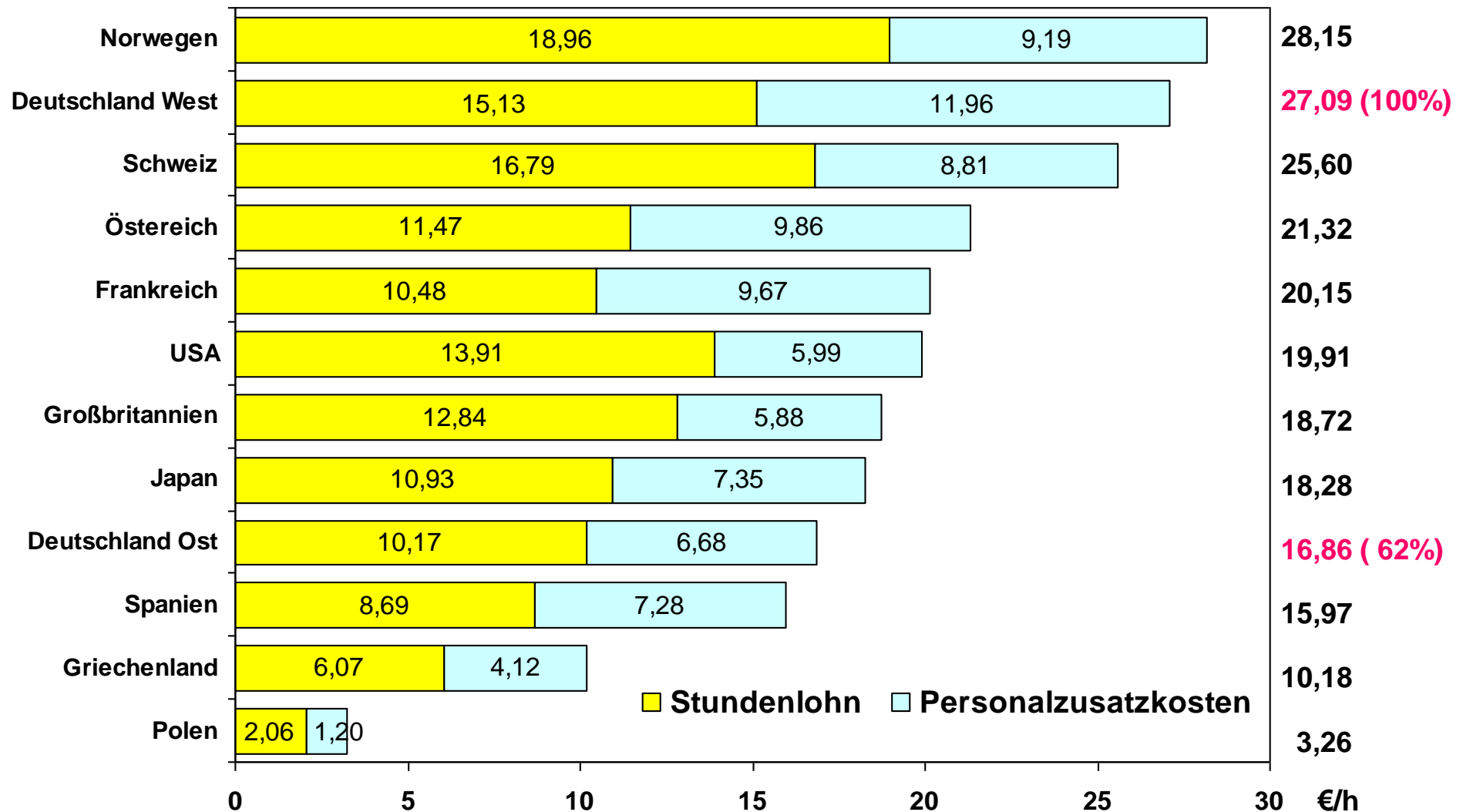
Entwicklung der Personal-Stundensätze für Arbeiter im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland-West 1990-2003

Personal-Stundensatzentwicklung				
Benennung	F-Zeichen /Einheit	Personal-Stundensatz		
		1990	2000	2003
Brutto-Stundenlohn	L_B (€/h)	10,09	14,29	15,13
Lohnzusatzstundensatz	L _N (€/h)	8,16	11,63	11,96
Personal-Stundensatz	St_p (€/h)	18,25	25,92	27,09
P-Stundensatz-Veränderung	1990 = 100	100	142	148
Lohnzusatzprozentsatz	z_{LN} (%)	80,9	81,4	78,2
Aufteilung Lohnzusatzprozentsatz z _{LN} (%) im Jahr 2003				
Leistungsbestandteile		Prozentanteil (%)		
Tarifliche und betriebliche Leistungen	- Urlaub, Urlaubsgeld	28,1	41,8	
	- Weihnachtsgeld, Gratifikationen u.a			
	- Betriebliche Altersversorgung	7,5		
	- Sonstige, z.B. Vermögensbild	6,2		
Gesetzliche Leistungen	- Sozialversicherungsbeiträge Arbeitgeber	26,8	36,4	
	- Entgeltfortzahlung im Krankheitsfall	3,8		
	- Bezahlte Feiertage u.a.	5,4		
	- Sonstige, z. B. Mutterschutz	0,4		
Insgesamt		78,2		
1) Personalstundensatz oder Arbeitskosten $St_p = L_B + L_N = L_B \times (1 + Z_{LN}/100)$ (€/h)				
2) Personalstundensatz Deutschland Ost 2003 = 16,86 €/h (10,17+ 6,68); Z _{LN} = 66,9 %, Quellen: BMWi: Wirtschaft in Zahlen 2001, Bonn; Institut der deutschen Wirtschaft, Köln				

Personal-Stundensatzentwicklung



Ausgewählte Arbeitskosten (Personal-Stundensatz) im globalen Ländervergleich 2003*



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

** P-Zusatzkostensatz $Z_z = \frac{\text{P-Zusatzkosten } L_z}{\text{Stundenlohn } L_B} \times 100 = \frac{11,96 \text{ €/h}}{15,13 \text{ €/h}} \times 100 = 78,2\% \text{ von } L_B$

Quelle: Institut der deutschen Wirtschaft Köln aus Geschäftsbericht 2004 - Wirtschaftsverband industrieller Unternehmen

Baden e.V., Freiburg

Maschinen-Stundensätze

o Kostenarten:

Kalkulatorische Abschreibung, Zinsen sowie Instandhaltung- und Raumkosten

o Einflussgrößen und Berechnung

Maschinenstundensatz St_M (€/h)

Jahresmaschinenkosten / Nutzungszeit

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

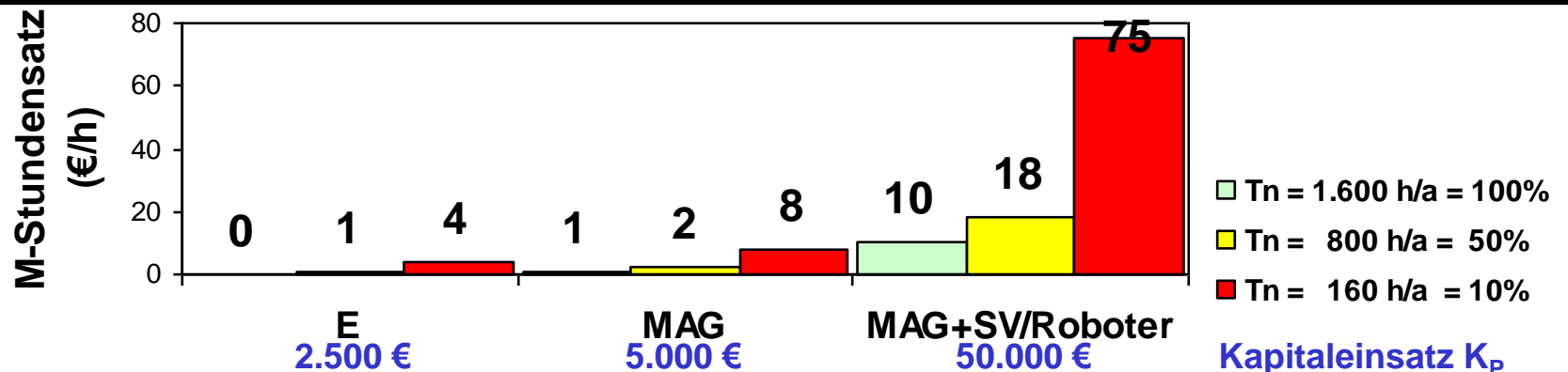
- Kapital-Bedarf/Einsatz K_p (€)
- Maschinenprozentsatz Z_m (%)
- Nutzungszeit 5) T_N (h/a)
- Abschreibungssatz
- Ausnutzungsfaktor 3,4) f_a (-)
- Zinssatz
- Raumkosten 2) K_r (€/a)
- Instandhaltungssatz

Beispiel Maschinenstundensatzvergleich mit einer Nutzungsdauer $n = 5$ Jahre

Benennung		Schweißverfahren									1) Abschreibungssatz $z_a=100/5=20\%$, Zinssatz $z_z=6\%$, Instandhaltungssatz $z_i=5/10/10\%$ für E/MAG/MAG+SV2 2) ohne Raumkosten
		E			MAG			MAG+S-Vorrichtung/Roboter			
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	z_{z_M} (%)	28	25,5	23,5	33	28	24	33	28	24	
M-Stundensatz	St_M (€/h)	0	1	1	1	2	8	10	18	75	

3) Ausnutzungsfaktor $f_a = T_N/T_B$ (-) 4) Bereitschaftszeit T_B (h/a) - gewählt 1Schichtbetrieb 36 h/ Wo x 42 h/Jahr = 1.512 + 88 Überstunden h/a

5) Nutzungszeit T_N oder Betriebsnutzungszeit oder Maschinenlaufzeit



Energie-Stundensätze

Energie-Stundensatz St_E (€/h)

Geltungsbereich:

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

Berechnung: $St_E = \text{Verbrauch } V \times \text{Preis } P$

Strom

$$St_E = \frac{I_s \times U_s}{1.000 \times n \times 100} + P_o \left(\frac{100 - ED}{100} \right) \times P_{St}$$

Gas

$$St_E = (v' \times s) \times ED / 100 \times f (P_{O_2} + P_{C_2H_2})$$

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

Schweißgleichrichter

- Wirkungsgrad $n = 0,7$
- Leerlaufleistung $P_o = 0,75$

Beispiel Energiestundensatzvergleich mit einer Einschaltdauer ED = 30%

Verfahren	Draht/Stabd (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)
					Gas m ³ /h	Strom kWh	Gas €/m ³	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

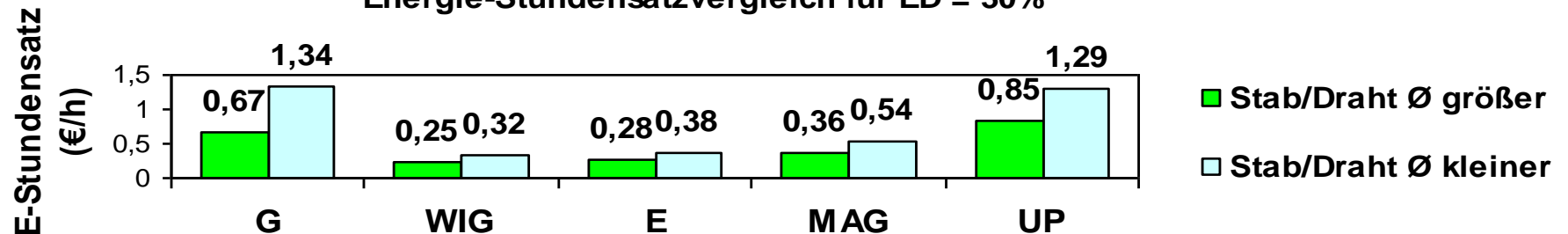
1) Umrechnungsfaktor für Azetylenbezug: EUR/kg x 1,1 = EUR/m³ 2) Mittlere Strompreise für Handwerksbetriebe einschl. 2 Cent/kWh Ökostener

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

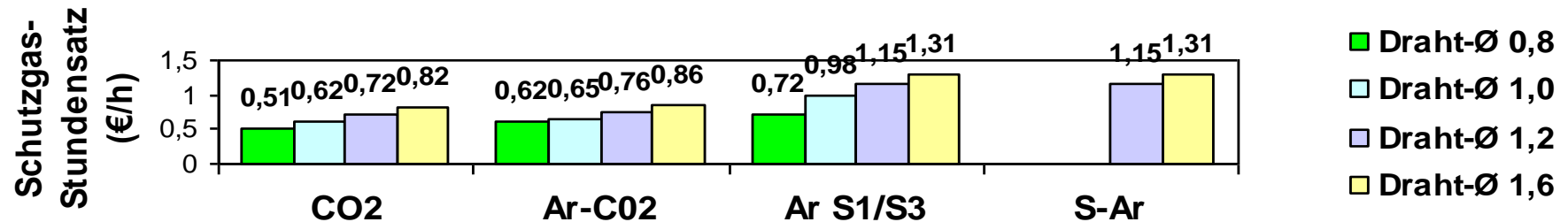
Energie-Stundensatzvergleich für ED = 30%



Schutzgas-Stundensätze

Schutzgas-Stundensatz St_{Sch} (€/h)												
Geltungsbereich:				Berechnung:								
- Schutzgase nach EN 439 - Drahtelektroden/Schweißstäbe - Verbindungsschweißen von Stählen - Füll- und Decklagen				1) Schutzgasbezeichnung nach DIN EN 439, z. B. Argon-Kohlendioxidgemisch M 21 (82/18 Vol. % Ar/CO ₂) 2) Umrechnung für CO ₂ Bezug: EUR/kg x 1,85 = EUR/m ³ 3) Beispiel für mittleren Verbrauch V bei Stahl 1,0 mm Draht-Ø = 12 x 60 x 30/1000 x 1000 = 0,22 m ³ /h								
				$St_{Sch} = \text{Verbrauch V} \times \text{Preis P}$ $v \times 60 \times ED$ $St_{Sch} = \frac{\text{-----}}{1.000 \times 100} \times P_{Sch}$								
Verfahren	Draht/Stabd (mm)	Mittl. Verbrauch v l/min		Bezugspreis P_{Sch} (€/m ³)				Schutzgas-Stundensatz St_{Sch} (€/h)				
		St	Al	C	M21	M13	I 1	CO ₂	Mischgas M21	Mischgas	S-Argon	
MAG/MIG	0,8-1,0	10-12		2,85	3,00	4,55	4,55	0,51-0,62	0,54-0,65	0,82-0,98		
	1,2-1,6	14-16						0,72-0,82	0,76-0,86	1,15-1,31	1,15-1,31	
	2,0-2,4		18-20									1,47-1,64
WIG	1,6-2,0	3-4	4-6				4,55				0,25-0,33	0,33-0,49
	2,4-3,0	5-6	8-10								0,41-0,49	0,66-0,82
4) Bezugspreis für kleinere und mittlere Abnahmemengen von Schutzgasflaschenbündel & Friz, Stuttgart 2002/7; DVS Jahrbuch Schweißtechnik S. 73 - 85, Düsseldorf 1994							Kosten und Preisstand: ohne 16% MwSt: 7/2002 Quellen: Kraiss					

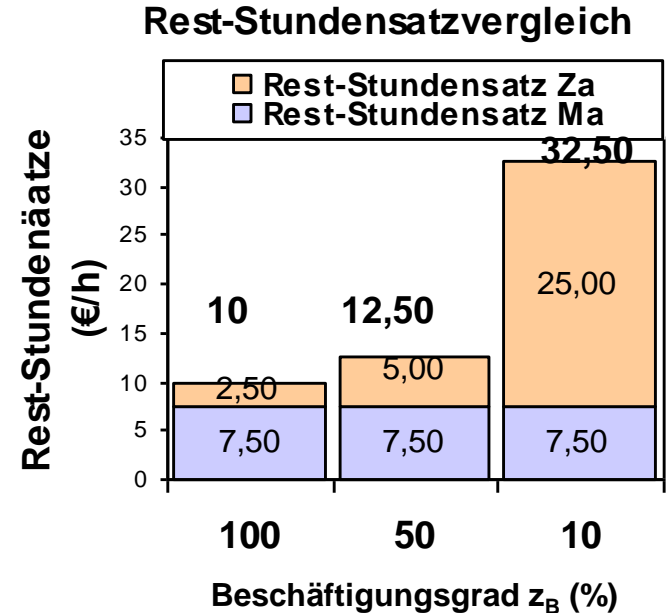
MAG/MIG-Schutzgas-Stundensatzvergleich für Stähle



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_{RGM} (€/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



Stundensatz-Methodenvergleich

Betriebs- / Schweißstundensätze 2002 ²⁾

Kostenstelle Betrieb: $St_B = K_B / T_B$

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

Stunden-
sätze
 $St_{S(B)}$
(€/h)

Nutzungszeit T_N (h/a)

- 160 (10%)
- 800 (50%)
- 1 600 (100%)

50 / 60 / 128

z. B.

44 ¹⁾

41 / 44 / 50

MAG

5 000 €

MAG + SV

50 000 €

K_P

Handwerkbetrieb

Kostenstelle

1) Betriebsstundensatz durch vereinfachtes Rechenverfahren ermittelt, z. B. 44 €/h bei einem

Ø Jahresbetriebsbeschäftigungsgrad von ca. 80 %

2) Schweißstundensätze ohne Schweißmaterial

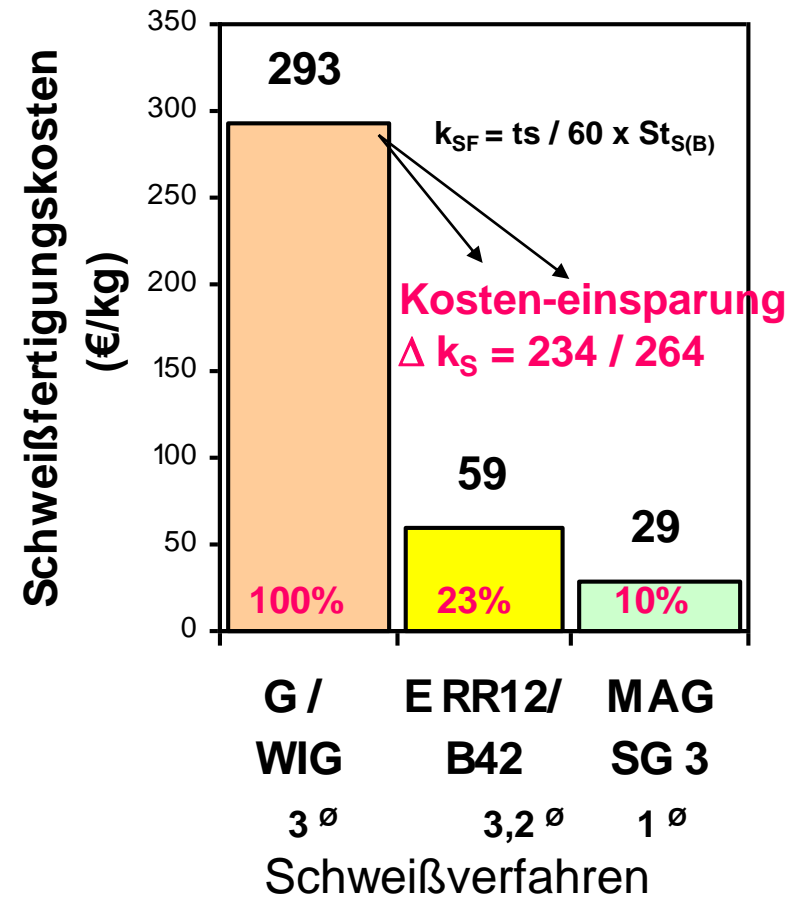
Fertigungskosteneinsparung

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

Merke:

Fertigungskosteneinsparungen durch
Umstellung auf leistungsfähige
Schweißverfahren

S-Fertigungskostenvergleich

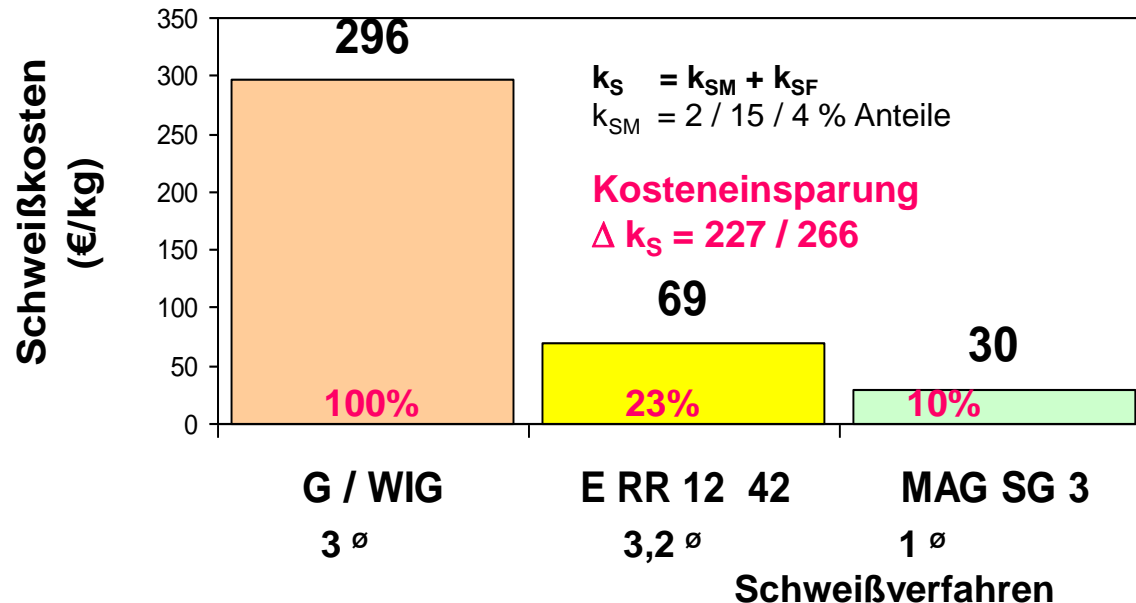


Schweißkosteneinsparung (1)

- Schweißkosten-Verfahrensvergleich für unlegierte Baustähle 2002

Werkstoff S 235 JRG2, Wanddicke s > 3mm					
Bezeichnung	Schweißverfahren			F-Zeichen / Einheit	
	G / WIG	E- RR 12 / B 42 ¹⁾	MAG SG 3		
Schweißleistung	0,15	0,75	1,5	L _S	(kg/h)
Schweißstundensatz	44			St _S	(€/h)
Schweißstundensatz mit S-Zusatz*	45	53	46	St _S '	(€/h)
Schweißkosten Material / Fertigung	3 / 293 ²⁾	10/ 59	1 / 29	k _{SM} / k _{SF}	(€/kg)

1) EN 499 - E- RC 11, RR 12, B 42 (vormals DIN 1913 - E- R(C) 3, RR 6, B 10) 2) Schweißzusatzkosten für das G-Schweißen eingesetzt
 * Schweißstundensatz mit Schweißzusatz $St_S' = St_S + k_{SM} / t_S = k_S / t_S = k_S / (m_S / L_S)$

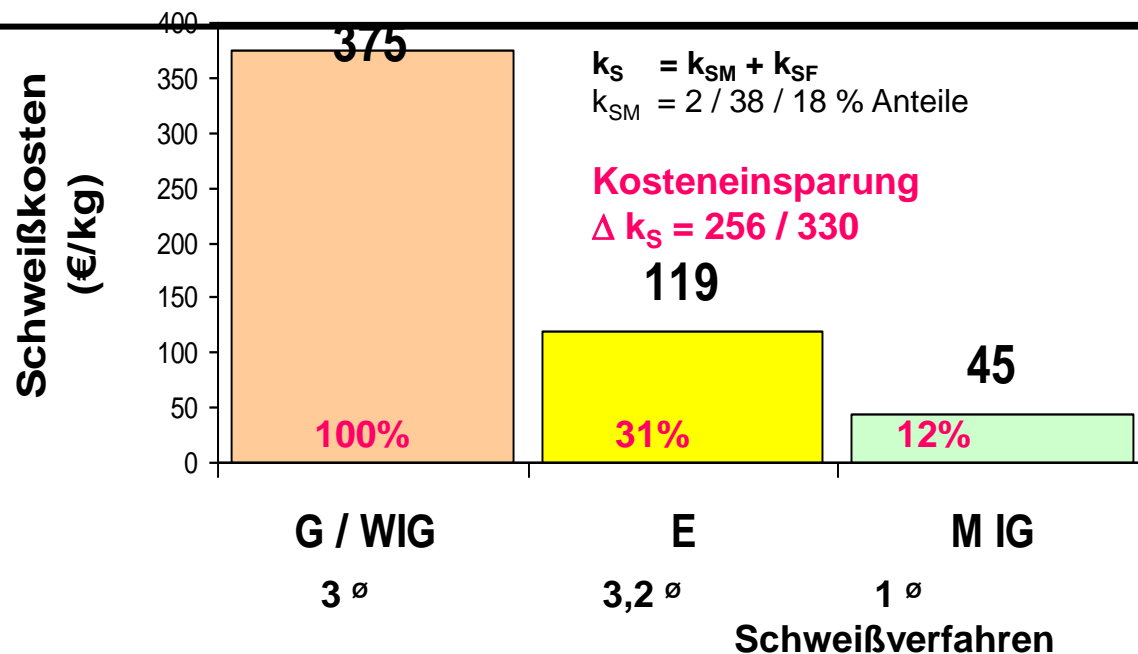


Schweißkosteneinsparung (2)

- Schweißkosten-Verfahrensvergleich für nichtrostende Cr-Ni Stähle 2002

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

1) Schweißzusatzkosten für WIG-Verfahren eingesetzt * Schweißstundensatz mit Schweißzusatz $St_S' = St_S + k_{SM} / t_S = k_S / t_S = k_S / (m_S / L_S)$



Beispiel Kostenvergleichsrechnung für eine Kehlnaht

MAG-Schutzgasschweißverfahren

Praxisdaten:

Stahlbauteil:

- Stahl S 235 JRG2
- Blechdicke $s = 15 \text{ mm}$
- Kehlnaht $a = 5 \text{ mm}$ einseitig
- Schweißposition steigend

Schweißdaten:

- **1,0 mm Ø Massivdraht**
Schweißgeschwindigkeit $v_S = 9,8 \text{ cm/min}$
Schweißzeit $t_S = 10,2 \text{ min/m Naht}$
- **1,2 mm Ø Massivdraht**
Schweißgeschwindigkeit $v_S = 8,3 \text{ cm/min}$
Schweißzeit $t_S = 12,1 \text{ min/m Naht}$
- **1,2 mm Ø Rutil-Fülldraht**
Schweißgeschwindigkeit $v_S = 23,5 \text{ cm/min}$
Schweißzeit $t_S = 4,3 \text{ min/m Naht}$

Schweißkosten:

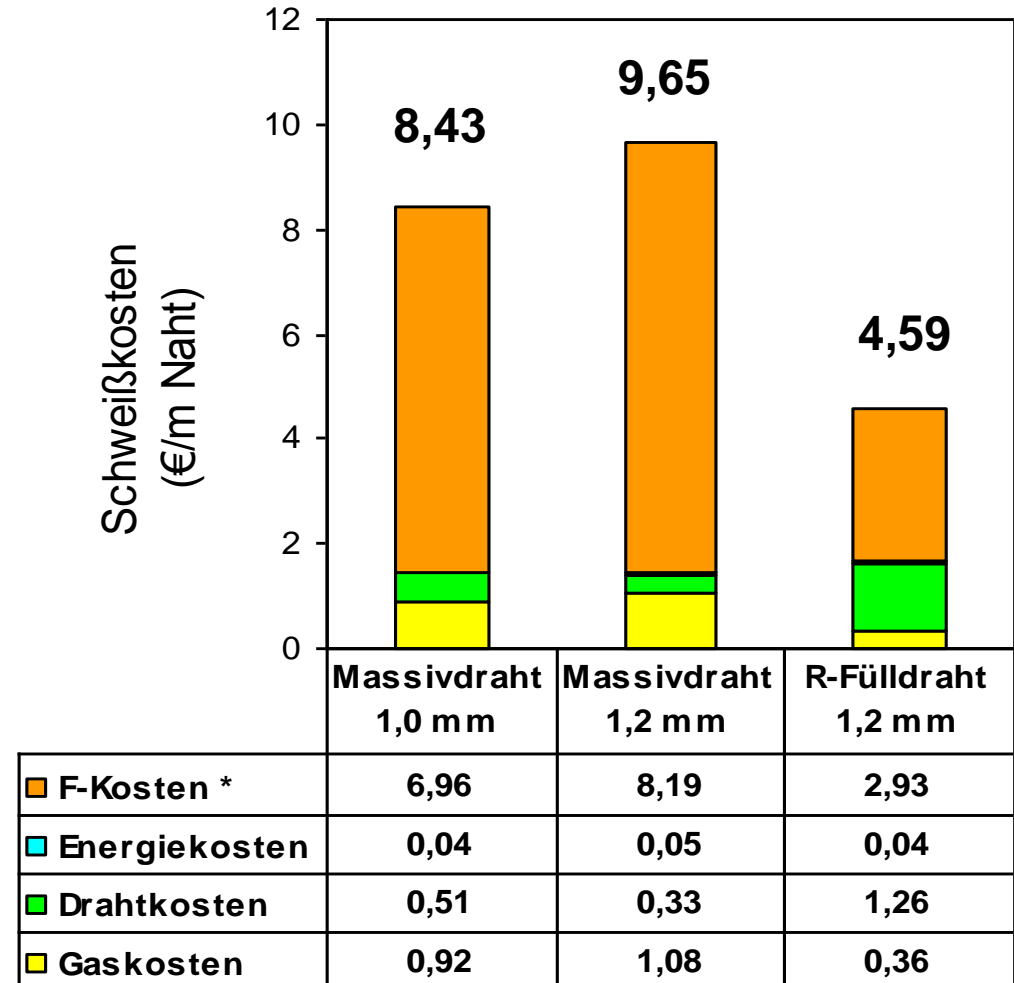
* Fertigungskosten

- F-Stundensatz 41 €/h ohne Draht, Energie und Schutzgas

Preis- und Kostenstand ohne MwSt: 2000

Quelle: Aus Forschung und Praxis, praktiker 12/2000

Schweißkosten



Maschinenstundensatz beim Laserstrahlschneiden im Vergleich zu anderen Schneidverfahren (1)

Nr.	Benennung	CNC*-Brennschneid- anlage 3 Brenner			CNC-Plasmaschneidanlage Plasma 250 A Plasmagas N ₂			CNC-Laserschneidanlage Laserleistung 2 500 W Schneidgas O ₂ ¹⁾			CNC-Wasserschneid- anlage, 75 kW-Pumpe, 3 800 bar, 2 Abrasiveköpfe		
1	Kapital für betriebsbereite Anlage	160.000 €			175.000 €			450.000 €			325.000 €		
2	Kalkulatori. Abschreibung	30.031 €/a			32.869 €/a			84.462 €/a			61.000 €/a		
3	Zinskosten	5.100 €/a			6.125 €/a			15.750 €/a			11.375 €/a		
4	fixe Instandhaltungskosten	8.000 €/a			8.750 €/a			22.500 €/a			16.250 €/a		
5	Raumkosten	5.200 €/a			5.200 €/a			5.200 €/a			5.200 €/a		
6	fixe Maschinenkosten	48.831 €/a			52.944 €/a			127.912 €/a			93826 €/a		
7	Betriebsstunden /Jahr (Verfügbarkeit 80%)	1 1280	2 2560	3 3840	1 1280	2 2560	3 3840	1 1280	2 2560	3 3840	1 1280	2 2560	3 3840
8	Fixer Maschinenstundensatz €/h	38	19	12	42	21	14	100	50	33	74	37	25
9	Betriebs- - Energie Kosten - Hilfs/Betriebsstoffe (€/h) - Instandhaltung - Verschleißteile	1 2,50 3,75 0,5			3,75 2,50 4,10 2			3,75 2,50 10 2,50			5 17,50 7,50 5		
10	Personalstundensatz (€/h)	25			25			25			25		
11	Kostendeckender Maschi- nenstundensatz(€/h)²⁾	71	52	46	79	59	51	144	94	77	134	97	85

1) Laserschmelzschneiden mit Schneidgas N₂ = Werte Schneidgas O₂ + 25 €/h; 2) ohne sonstige Gemeinkosten

*Computergesteuerte CNC-Technik

Quellen: Prof. Dr. K. Dickmann, Dipl.-Ing. J. Sowada – Kostenanalyse am Beispiel des Laserstrahlschneidens, Schweißen & Schneiden 1998/7

aus dem Laserzentrum der Fachhochschule Münster und der Laser Produkt GmbH, Alfeld

Preis- und Kostenstand ohne MwSt:1998

Vergleich der spezifischen Schneidkosten für verschiedene Verfahren und Werkstoffe (2)

Benennung	Brennschneidanlage			Plasmaschneidanlage			Laserschneidanlage			Wasserschneidanlage		
Betriebsstunden (h/a) (Verfügbarkeit 80%)	1 Sch. 1 280	2 Sch. 2 560	3 Sch. 3 840	1 Sch. 1 280	2 Sch. 2 560	3 Sch. 3 840	1 Sch. 1 280	2 Sch. 2 560	3 Sch. 3 840	1 Sch. 1 280	2 Sch. 2 560	3 Sch. 3 840
Kostendeckender €/h Maschinenstundensatz²⁾	71	52	46	79	59	51	144 169 ¹⁾	94 119 ¹⁾	77 103 ¹⁾	134	97	85
Werkstoff: S 235 JRG2 Dicke: 12 mm	3 Brenner			Plasma 250 A Plasmagas N ₂			Laserleistung 2 500W Schneidgas O ₂			75 kW-Pumpe, 3800 bar 2 Abrasivköpfe		
Schneidgeschwindigkeit	600 mm/min x 3 Brenner			2 000 mm/min			900 mm/min			80 mm/min x 2 Schneidköpfe		
Nahtkosten (€/m)	0,65	0,48	0,42	0,65	0,48	0,43	2,66	1,74	1,43	13,91	10,05	8,80
Werkstoff: 1.4301 Dicke: 8 mm	Berechnungsbeispiel für Plasmaschneiden: $k = (1000 / v \times 60) \times St_{MA}$ $k = (1000 / 2500 \times 60) \times 79$ $k = 0,53 \text{ €/m Naht}$			Plasma 250 A Plasmagas N ₂			Laserleistung 2 500W Schneidgas O ₂			75 kW-Pumpe, 3800 bar 2 Abrasivköpfe		
Schneidgeschwindigkeit				2 500 mm/min			500 mm/min			140 mm/min x 2 Schneidköpfe		
Nahtkosten (€/m)				0,53	0,39	0,34	4,79	3,13	2,58	7,95	5,75	5,03
Werkstoff: Al Mg 3 Dicke: 6 mm	Berechnungsbeispiel für Laserschneiden: $k = (1000 / v \times 60) \times St_{MA}$ $k = (1000 / 600 \times 60) \times 144$ $k = 4,00 \text{ €/m Naht}$			Plasma 250 A Plasmagas N ₂			Laserleistung 2 500W Schneidgas O ₂			75 kW-Pumpe, 3800 bar 2 Abrasivköpfe		
Schneidgeschwindigkeit				2 500 mm/min			600 mm/min			500 mm/min x 2 Schneidköpfe		
Nahtkosten (€/m)				0,53	0,39	0,34	4,0	2,61	2,15	2,23	1,61	1,41

Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlung findet immer mehr Anwendung wegen technologischer Vorzüge wie

hohe Bearbeitungsflexibilität und – qualität, z.B. im Automobilbau.

Preis- und Kostenstand ohne MwSt:1998

1) Laserschmelzschnitten mit Schneidgas N₂ = Werte für Schneidgas O₂ + 25 €/h

2) ohne sonstige Gemeinkosten

Quellen: Prof. Dr. K. Dickmann, Dipl.-Ing. J. Sowada – Kostenanalyse am Beispiel des Laserstrahlschneidens, Schweißen & Schneiden 1998/7

aus dem Laserzentrum der Fachhochschule Münster und der Laser Produkt GmbH, Alfeld

Beispiel zur Ermittlung des Maschinenstundensatzes für eine CO₂-Laserstrahlschneidanlage (1)

Maschinenstundensatz-Berechnungsbogen		Maschinenbezeichnung: <i>CO₂-Laser, 2 500 W</i> Maschinen-Nr.:		
Pos. (P)	Benennung	Berechnung	Ergebnisse	Hinweise
1	Maschinenpreis	-	400 000 €	
2	Nebenkosten, z.B. Installation	-	50 000 €	
3	Werkzeugerstattung	-	-/-	
4	Kapital für betriebsbereite Maschine	P 1 + P2 + P3	450 000 €	WBW ¹⁾
5	Abschreibungszeit	6 Jahre		
6	Jährliche Kostensteigerung	2%		
7	Faktor für Kostensteigerung	$(1 + P6/100)^{P5}$	1,126	
8	jährliche kalkulatorische Abschreibung	$P (4 \times 7) / P5$	84 462 €/a	
9	Zinssatz	7%		
10	jährliche kalkul. Zinskosten	$0,5 \times P4 \times P9/100$	15 750 €/a	
11	jährliche fixe Instandhaltungskosten	$5\%/a / 100\% \times P4$	22 500 €/a	
12	Jährliche Raumkosten	$125 \text{ €/m}^2 \times 40 \text{ m}^2$	5.200 €/a	
13	fixe jährliche Maschinenkosten	P 8+10+11+12	127 912 €/a	

Beispiel zur Ermittlung des Maschinenstundensatzes für eine CO₂-Laserstrahlschneidanlage (2)

Maschinenstundensatz-Berechnungsbogen		Maschinenbezeichnung: CO ₂ -Laser, 2 500 W Maschinen-Nr.:		
Pos.	Benennung	Berechnung	Ergebnisse	Hinweise
14	Jahresnutzungszeit (einschichtig)	1 600 h/a x 0,8	1 280 h/a	Verfügbarkeit 0,8
15	fixer Maschinenstundensatz	P13 / P14	100 €/h	
16	Energiekostenstundensatz	3)	3,75 €/h	
17	Werkzeugverbrauchsstundensatz		-/-	
18	Werkzeuginstandhaltungsstundensatz		2,50 €/h	z.B. Linsen
19	Variabler Instandhaltungsstundensatz	10 €/h x 3%/P4	10,00 €/h	
20	Gas-, Kühl- u. Schmiermittelstundensatz	2)	2,50 €/h	
21	variabler Maschinenstundensatz	P16+17+18+19+20	18,75 €/h	
22	Personalstundensatz	L _B x (1 + Z _{PN} /100)	25 €/h	13,75 (1 + x 0,82)
23	Maschinenstundensatz	P15 + 21 + 22	143,75 €/h	

* Ermittlung nach einer Empfehlung des Verbands deutscher Maschinen – und Anlagenbau (VDMA) unter Berücksichtigung der Richtlinie VDI 3258

1) WBW = Wiederbeschaffungswert

2) Laser- und Prozessgase, Kühlwasser, Öle

3) Anschlussleistung 2,5 kW x Strompreis / Wirkungsgrad

Preis- und Kostenstand ohne MwSt: 1998

Quelle:

Prof. Dr. K. Dickmann, Dipl.-Ing. J. Sowada – Kostenanalyse am Beispiel des Laserstrahlschneidens,

Schweissen & Schneiden 1998/7 aus dem Laserzentrum der Fachhochschule Münster und der Laser Produkt GmbH, Alfeld

4. Beispiele aus der Schweißpraxis

Übersicht ausgewählte Maßnahmen zur Kostensenkung im Betrieb

Beispiele in der Konstruktion zur Kostensenkung durch wirtschaftliche Auswahl von Werkstoffen und Schweißnähten

Beispiele in der Produktion zur Kostensenkung durch leistungsfähige Schweißverfahren und Verbesserung der Maschinenauslastung

Beispiele zur Kalkulation und Wirtschaftlichkeitsrechnung aus wichtigen Branchen in der Schweißtechnik

Übersicht wesentliche Maßnahmen zur Kostensenkung im Betrieb

Beispiele aus dem Stahl-, Maschinen-, Fahrzeug-, Rohrleitungs- und Druckbehälterbau

Maßnahmen in der Schweißkonstruktion

Bauteile – Schweißnähte

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

Maßnahmen in der Schweißproduktion

Verfahren - Auslastung

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

Sonstige Maßnahmen

Betrieb - Standort

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

Trends zur Kostensenkung bei der Herstellung von Mobilkranen

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

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

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

Beispiel Teleskopmobilkran LTM 1500:

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

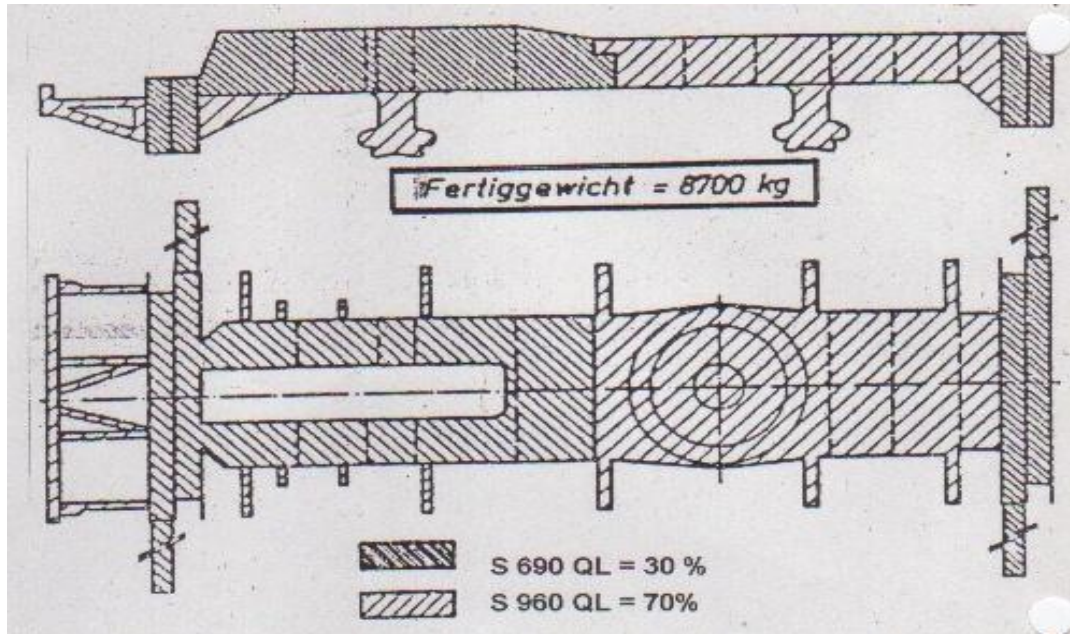
- **Der gesamte Fahrzeugrahmen besteht aus 918 Brennteilen, davon sind 277 Teile mit Schweißkantenvorbereitung versehen.**
- **Die Vorwärmtemperatur beim Schweißen des S 960 QL liegt bei 120-150°C.**
- **Als Schweißverfahren wird das MAG-M-Verfahren angewendet.**
- **Die Ausführung erfolgt mit manueller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



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

Fahrzeugrahmen

Werkstoffstruktur mit Masse(Gewichts)anteile



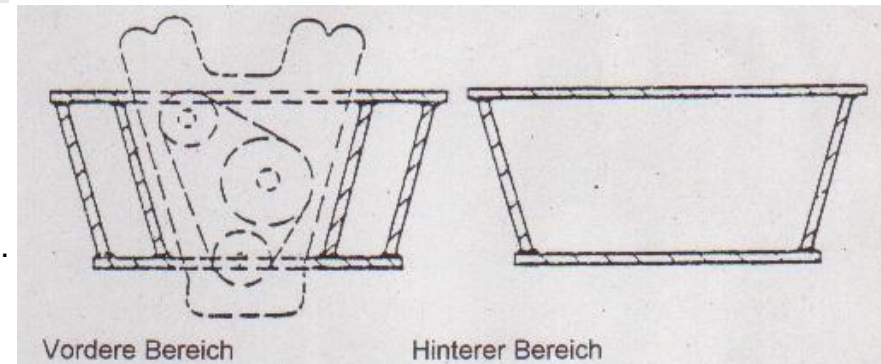
Mobilkran LTM 1060
Liebherr-Werk Ehingen GmbH

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

Internet: www.liebherr.com



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

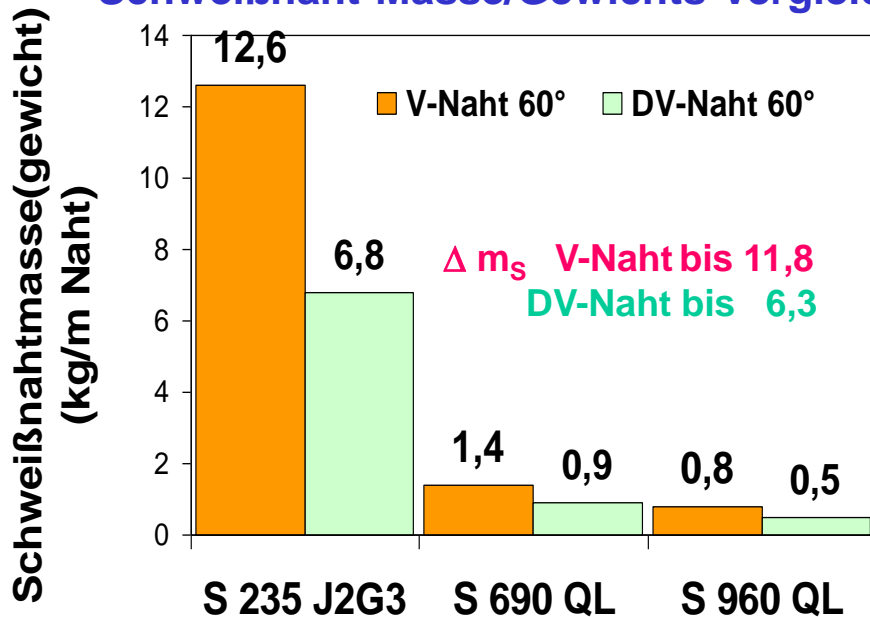
Benennung	Stahlsorte			F-Zeichen/ Einheit
	S 235 J2G3	S 690 QL	S 960 QL	
Streckgrenze	215	690	960	R (N/mm ²)
Materialdicke	50	15	10	s (mm)
S-Nahtmasse(gewicht) V-Naht DV-Naht	12,6 6,8	1,4 0,9	0,8 0,5	m _S (kg/ m Naht)
S-Zeit ^{1,2)} V-Naht DV-Naht	252 137	27 17	16 9	ts (min/ m Naht)

1) Schweißgutleistung 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 heute bei S 960 QL

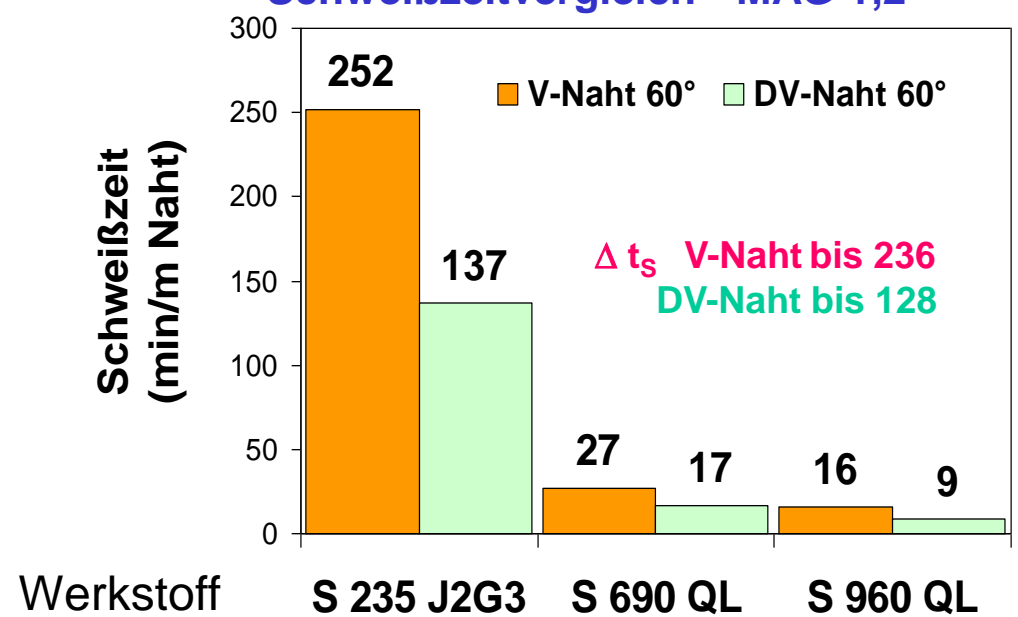
Preis- und Kostenstand ohne MwSt Jahr 2002

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

Schweißnaht-Masse/Gewichts-Vergleich



Schweißzeitvergleich - MAG 1,2 Ø



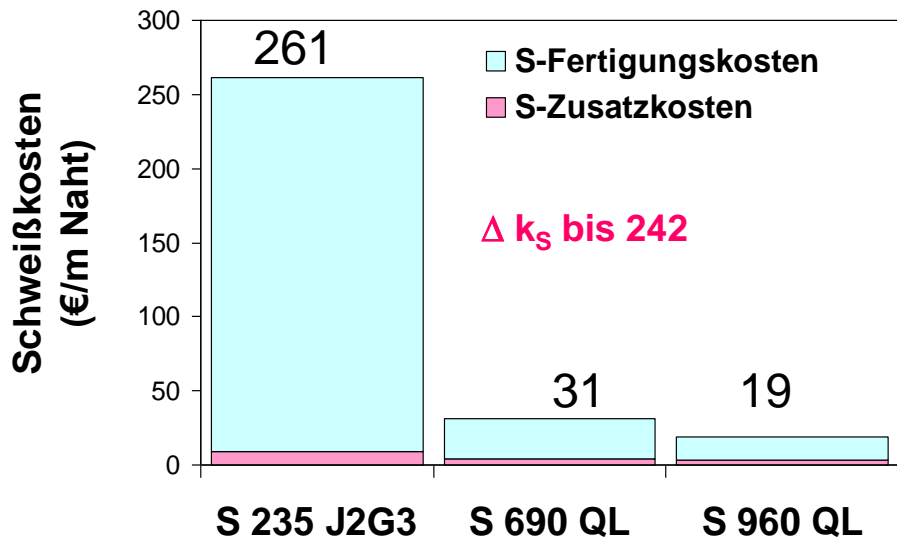
Kostensenkung beim MAG-Schweißen von Fahrzeugrahmen durch Änderung Werkstoff- und Nahtform im Mobilkranleichtbau (3)

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

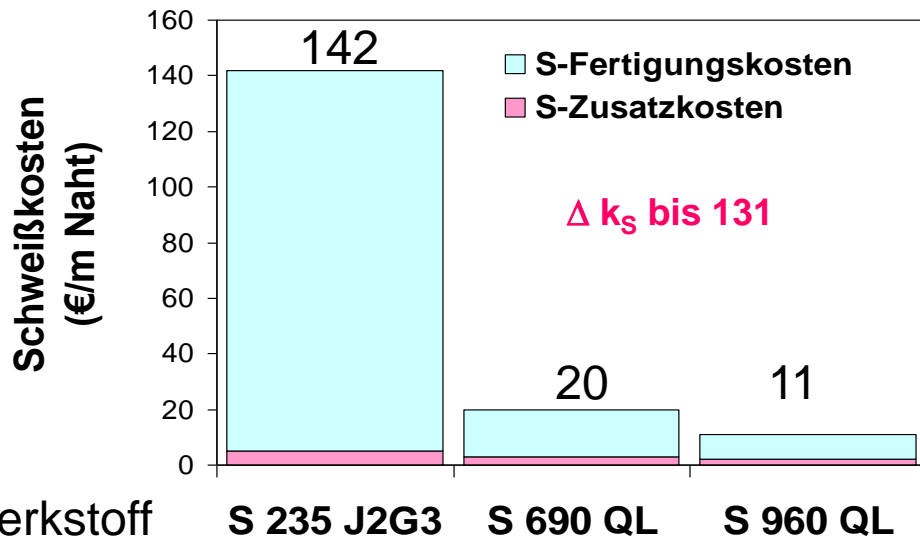
1) Schweißgutleistung $L_S = 3$ kg/h bei 1,0 und 1,2 mm Drahtdurchmesser
 2) Schweißzeit $ts = m_S / (L_S \times 60)$ (min/m)
 3) S-Stundensatz mit S-Zusatz St_S , (€/h)
 $k_S / ts = k_S \times L_S / m_S = St_S + k_{SM} / ts$
 4) S-Zusatzkosten k_{SZ} (€/m Naht)
 $m_S / n' \times P_Z \times fm > fm = /$
 5) S-Fertigungskosten k_{SF} (DM/m Naht)
 $ts \times St_{S(B)} = m_S / L_S \times St_S$

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

Schweißkostenvergleich V-Naht 60°



Schweißkostenvergleich DV-Naht 60°



Trend: Schweißkosteneinsparung durch vermehrten Einsatz hochfester Feinkornbaustähle

Kostensenkung durch Schweißnahtformänderung im Maschinenbau

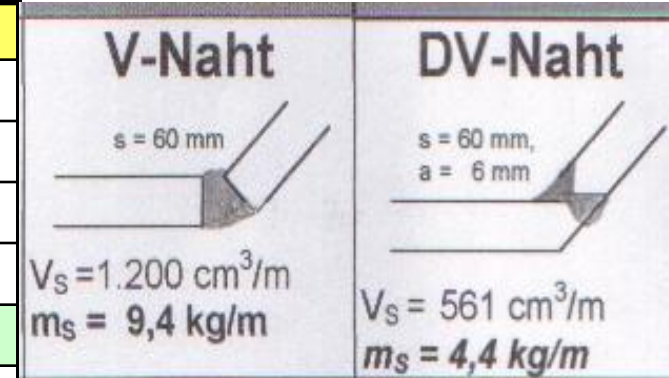
Untergurtschweißung von 100 Stück Pressenkörper

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

Nutzzahl $n' = 0,95$, S-Zusatzpreis $P_Z = 0,82$ €/kg, Materialgemeinkostensatz $z_M = /$
 Schweißleistung $L_s = 1,8$ kg/h, Stundensatz ohne/mit Schweißzusatz $t_s = 51/53$ €/h
 S-Kosten $k_S = K_{SZ} + K_{SF} = m_S / n' \times P_Z (1 + z_M / 100) + m_S / L_s \times St_s$ (€)

Preis- und Kostenstand ohne MwSt: 2002

Quelle: Korten, H -Schuler Pressen, Göppingen



Nahtlänge $l_s = 2,6$ m

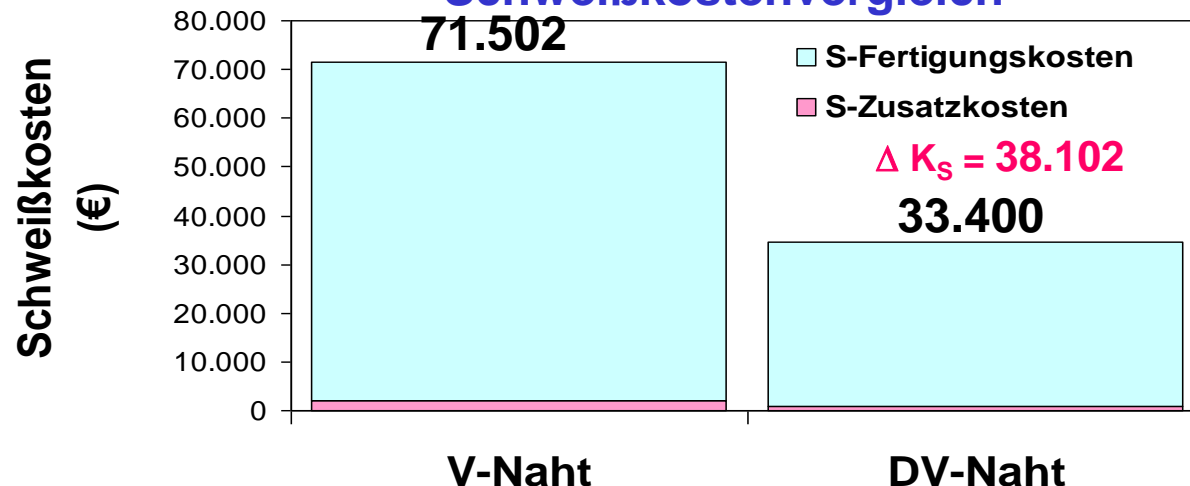
Unlegierter Baustahl

S 235 JR G2

MAG-Schweißverfahren

Schweißzusatz SG 3 – 1,2 Ø

Schweißkostenvergleich



Schweißkosten

V-Naht:

29 €/kg Schweißgut / 275 €/m Naht

DV-Naht:

29 €/kg Schweißgut / 128 €/m Naht

K_{SZ} – Anteile: 3 / 3%

Schweißzeit

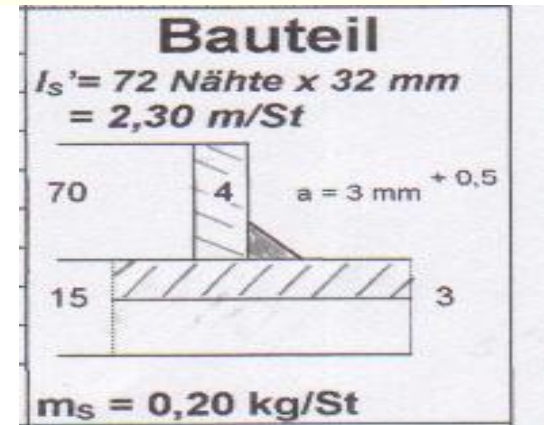
V-Naht / DV-Naht = 1.361 / 636 h

Kostensenkung durch Verfahrensumstellung E / MAG im Stahlbau

Schweißen von 5.000 Stück Stabroste

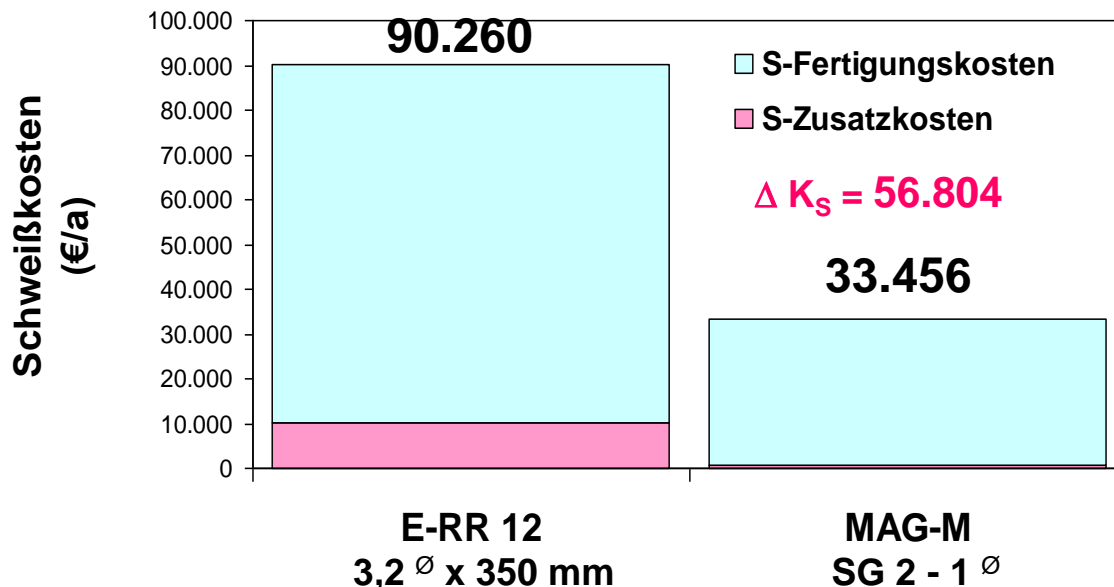
Benennung	F-Z/ Einheit	EN 499-E-RR 12	MAG-M-SG 2
Schweißgutmasse(gewicht)	M_S (kg/a)	1.000	
Schweißzusatzkosten ¹⁾	K_{SZ} (€)	10.260	863
Schweißfertigungskosten ¹⁾	K_{SF} (€)	80.000	32.593
Schweißkosten ²⁾	K_S (€)	90.260	33.456
Schweißkosteneinsparung	K_S (€)	-	56.804

1) Nutzzahl $n' = 0,95$, S-Zusatzpreis $P_Z = 0,18$ €/st / 0,82 €/kg, Materialgemeinkostensatz $z_M = /$
 Schweißleistung $L_s = 0,55 / 1,35$ kg/h, Stundensatz o/m Schweißzusatz $t_s = 44 / 50$ bzw. 45 €/h
 2) S-Kosten $k_S = K_{SZ} + K_{SF} = m_S \times B$ bzw. $m_S / n' \times P_Z (1+z_M / 100) + m_S / L_s \times St_S$ (€)
Preis- und Kostenstand ohne MwSt: 2002 Quelle: Aichele, G -Freiburg



Unlegierter Baustahl
S 235 JRG2

Schweißkostenvergleich



Schweißkosten

E-Verfahren:

90 €/kg Schweißgut / 8 €/m Naht

MAG-Verfahren:

33 €/kg Schweißgut / 3 €/m Naht

K_{SZ} – Anteile 11 / 3%

Schweißzeit

E / MAG = 1.818 / 741 h/a

Weitere Einsparmöglichkeiten:

- Maschinenauslastung verbessern
- Einsatz von Schweißrobotern

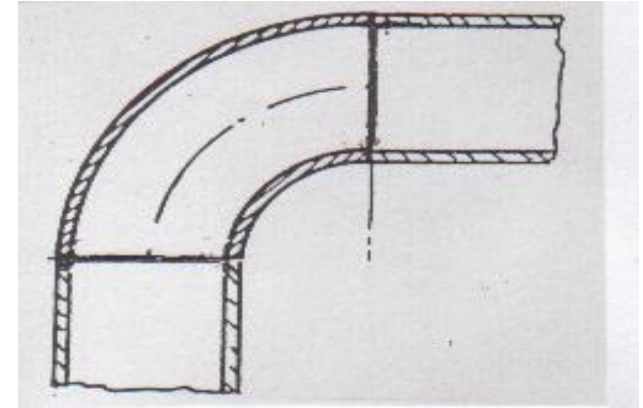
Amortisationszeit n_A

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

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

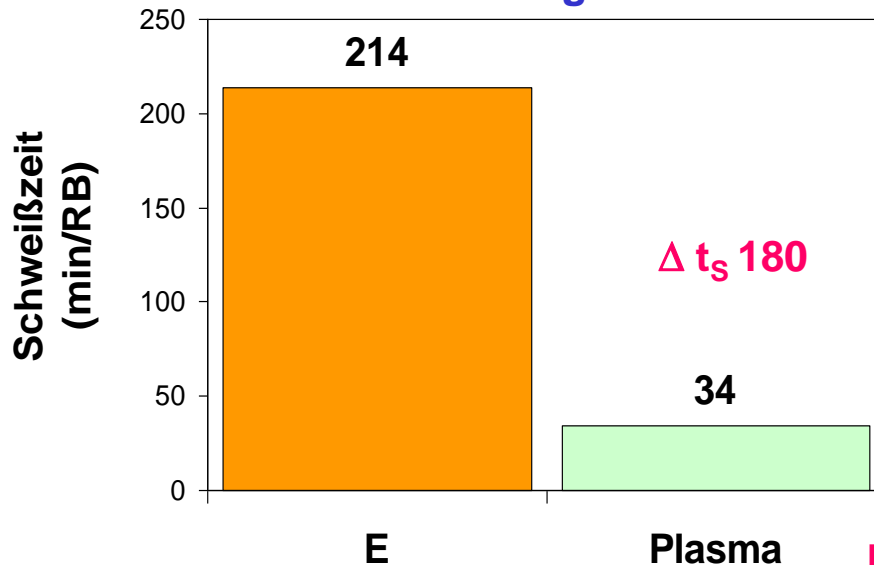
Benennung	F-Zeichen/ Einheit	Rohr Stahl S 235 - 150 / 200 / 300 Nenn- Ø	
		E	Plasma ^{1,2)}
Schweißzeit	ts (min/RB)	144 / 214 / 346	28 / 34 / 48
Schweißkosten ³⁾	k _S (€/RB)	125 / 185 / 300	36 / 44 / 62

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

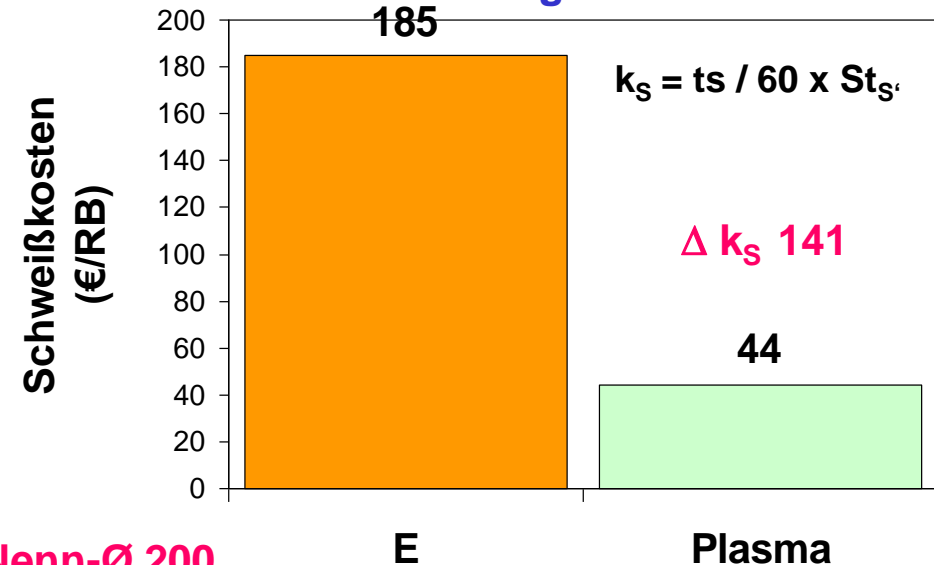


Einschweißen eines 90° Rohrbogens mit 2 Stumpfnähten

Schweißzeitvergleich



Schweißkostenvergleich



Rohr-Nenn-Ø 200

Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Kostenanalyse Schweißen mit Hand / Roboter

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

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



Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Kostenanalyse Schweißen mit Hand / Roboter

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

Pos.	Benennung	F-Z	MAG-Schutzgasschweißen								Hinweise
			Hand (H)				Roboter (R)				
30	Kostenanalyse		€/a	€/h	€/St	%	€/a	€/h	€/St	%	
	Schweißzusatzkosten $ms/n' \times Pz (1+ zm/100) \times Mp$	K_{SM}	12.126	1,26	5,05	3	12.126	3,79	5,05	4	6,0/0,95 x 0,80 (1+./100) x 2.400
	S-Fertigungslohnkosten $ts/60 \times L_B \times Mp$	K_{SFL}	144.000	15,00	60,00	30	48.000	15,00	20,00	15	240 bzw. 80/60 x 15 x 2.400
	S-Fertigungsgemeinkost. $K_{SFL} \times Z_{FG}/100$ oder	K_{SFG}	275.981	28,75	114,99	57	200.947	62,80	83,73	64	Summe nachfolgender Einzelkosten
	o Lohnnebenkosten $K_{SFL} \times zln/1$	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	26400	8,25	11,00	8,5	Summe
	- Kalk. Abschreibung $Kp/n = Kp \times za/100$	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 $Kp/2 \times zz/100$	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 $Kp \times zi/10$	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 $A \times P_R$	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 $E \times Pe \times Ta$	K_{SE}	4.320	0,45	1,80	1	2.400	0,75	1,00	1	3 bzw. 5 kWh x 9.600 bzw 3.200 x 0,15
	o Schutzgaskosten $v \times 60/1000 \times ED/100 \times PsxT_A$	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⁾ $K_{SFL} \times Z_{FRG}/100$	K_{SFR}	<u>129.600</u>	13,50	54,00	27	<u>129.600</u>	40,50	54,00	41	144.000 bzw 48.000 x 90 bzw 270/100

Wirtschaftlichkeitsrechnung mit Kostenanalyse Schweißen mit Hand / Roboter

Schweißteile für Autowaschanlagen, Firma Otto Christ, Memmingen (3)

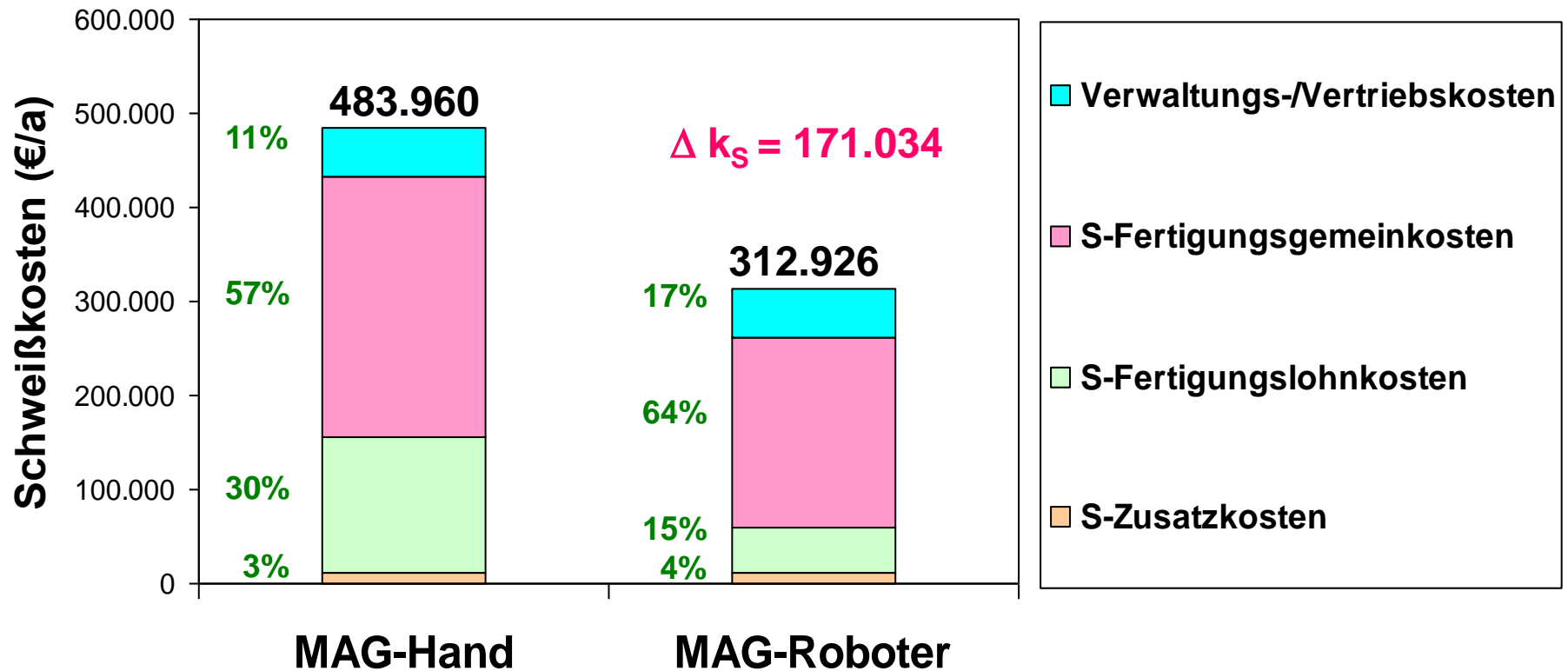
Pos.	Benennung	F-Z	MAG-Schutzgasschweißen								Hinweise
			Hand (H)				Roboter (R)				
30	Kostenanalyse		€/a	€/h	€/St	%	€/a	€/h	€/St	%	
	Verwaltg./Vertriebskosten ¹⁾ $(K_{SM} + K_{SFL} + K_{SFG}) \times z_V / 100$	Ksv	<u>51.853</u>	5,40	21,61	11	<u>51.853</u>	16,18	21,58	17	(12.126 + 144.000 + 275.981) x 12 / 100 (H)
	Schweißkosten $K_{SM} + K_{SFL} + K_{SFG} + K_{SV}$	Ks	483.960	50,41	201,65	100	312.926	97,77	130,36	100	12.126 + 144.000 + 275.981 + 51.853 (H)
	Schweißkosteneinsparung $K_s \text{ Hand} - K_s \text{ Roboter}$	ΔK_s					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	Ks	483.960	50,41	201,65	100	312.926	97,77	130,36	100	siehe Pos. 30
	- S-Kosteneinsparung	ΔK_s					171.034	-	71,29	35	
	Umsatzerlöse	U	gleich								
	- Schweißumsatzanteil	U _s	gleich								
	- Umsatzdifferenz	ΔU_s	0								
	Verfahrensgewinn	G _v					171.034	-	71,29	35	= Kosteneinsparung
50	Beurteilung										
	Amortisation	n _A	$K_p / (G_v + K_A)$				<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_{SFG} 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: 2002

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

Kostenvergleich bei der Produktion von Schweißteilen 2002



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

Beispiele aus der Schweißpraxis

Kalkulation mit Werkstoffvergleich aus dem Fahrzeugbau (1)

1. Aufgabe:

Bei einem Fahrzeugbauerhersteller 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 2002				
Pos.	Benennung	F-Z/ 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)	0,78	3,70
9	M-Gemeinkostenfaktor	f _M (-)	- 1)	
10	Schweißleistung	L _S (kg/h)	3,0	
11	Schweißstundensatz	St _S (€/h)	60 (Hand)	
1) ohne Materialgemeinkostenzuschlagsfaktor(satz) bei Verrechnung als Fertigungshilfsstoffe Preis- und Kostenstand ohne MwSt.: 2002				

Beispiele aus der Schweißpraxis

Kalkulation mit Werkstoffvergleich aus dem Fahrzeugbau (2)

3. Lösungen:

o Schweißgutmenge

$$\begin{aligned} m_S &= \text{Schweißgut(gewicht)masse} \\ &= \text{Ermittlung aus den Schweißnahttabellen} \\ &= \underline{2,96 / 0,47 \text{ kg/m Naht}} \end{aligned}$$

o Schweißzeit

$$\begin{aligned} t_S &= \text{Schweißzeit / Schweißleistung} \\ &= m_S / L_S \times 60 \\ &= 2,96/3 \times 60 \qquad 0,47/3 \times 60 \\ &= \underline{59 / 9 \text{ min/m Naht}} \end{aligned}$$

o Schweißzusatzkosten

$$\begin{aligned} k_{SM} &= \text{Schweißzusatzmenge x Preis} \\ &= m_S / n' \times P_Z \\ &= 2,96/0,95 \times 0,78 \quad 0,47/0,95 \times 3,70 \\ &= \underline{2,43 / 1,83 \text{ €/m Naht}} \end{aligned}$$

o Schweißfertigungskosten

$$\begin{aligned} k_{SF} &= \text{Schweißzeit x Stundensatz} \\ &= t_S \times St_S = m_S / L_S \times St_S \\ &= 2,96/3 \times 60 \qquad 0,47/3 \times 60 \\ &= \underline{59,20 / 9,40 \text{ €/m Naht}} \end{aligned}$$

o Schweißkosten

$$\begin{aligned} k_S &= k_{SM} + k_{SF} \\ &= 2,43 + 59,20 \qquad 1,83 + 9,40 \\ &= \underline{61,63 / 11,23 \text{ €/m Naht}} \end{aligned}$$

o Schweißkosteneinsparung

$$\begin{aligned} \Delta k_S &= k_{S1} - k_{S2} \\ &= 61,63 - 11,23 \\ &= \underline{50,40 \text{ €/m Naht}} \end{aligned}$$

o Schweißstundensätze mit Schweißzusatz

$$\begin{aligned} St_{S'} &= k_S / t_S \\ &= 61,63/59 \times 60 \qquad 11,23/9 \times 60 \\ &= \underline{63 / 75 \text{ €/h}} \quad > 60 \text{ €/h} \end{aligned}$$

o Schweißzusatzstundensätze

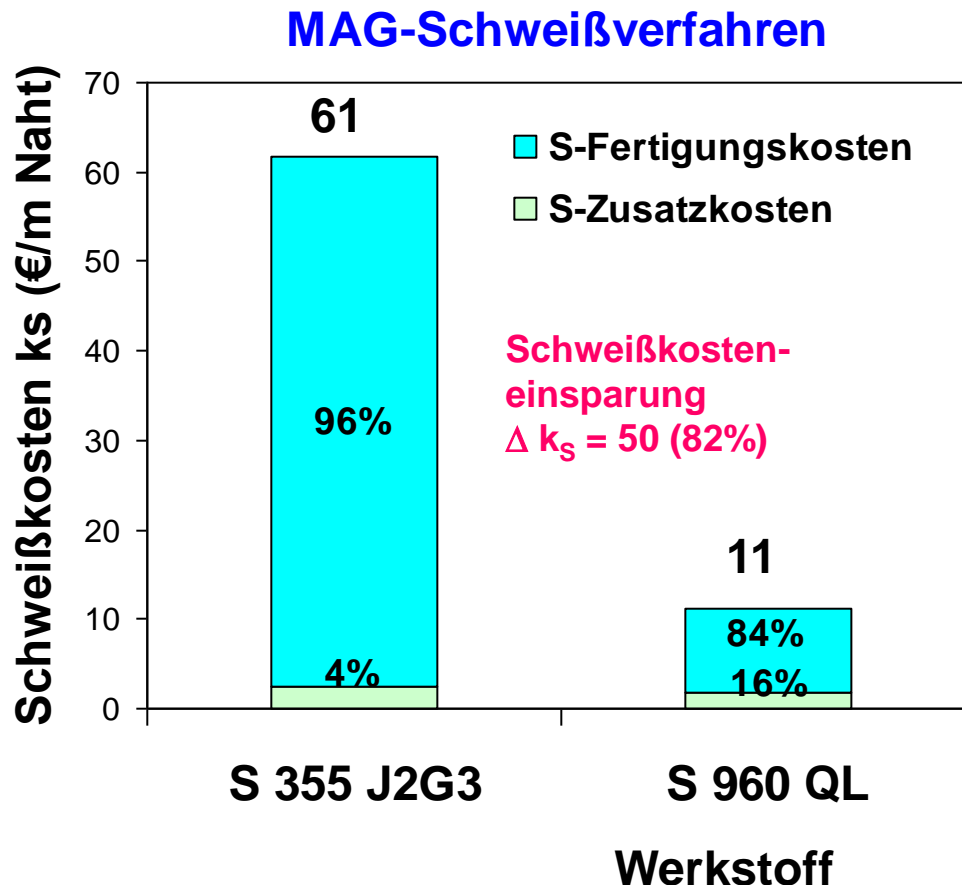
$$\begin{aligned} St_Z &= St_{S'} - St_S \\ &= 63 - 60 \qquad 75 - 60 \\ &= \underline{3 / 15 \text{ €/h}} \end{aligned}$$

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 **61 / 11 €/m Naht**.

Die **spez. Schweißkosteneinsparung** beträgt somit **50 €/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 2002				
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)	0,18 ²⁾	0,82 ²⁾
10	M-Gemeinkostenfaktor	f_M (-)	- ¹⁾	
11	Schweißleistung	L_S (kg/h)	0,6	1,2
12	Schweißstundensatz	St_S (€/h)	44 ³⁾	

1) ohne Materialgemeinkostenzuschlagsfaktor(satz) bei Verrechnung als F-Hilfsstoffe.
 2) $P_Z = 0,18$ €/St bei 350 mm (E) bzw. 0,82 €/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.: 2002

Beispiele aus der Schweißpraxis

Wirtschaftlichkeitsrechnung-Verfahrensvergleich aus dem Stahlbau (2)

3. Lösungen:

o Schweißgutjahresmenge

$$\begin{aligned} M_S &= \text{spez. Schweißgut(gewicht)masse} \times \text{Menge} \\ &= m_S \times L_S' = 0,25 \times 4.000 \\ &= \underline{1.000 \text{ kg/a}} \end{aligned}$$

o Schweißjahresnutzungszeit

$$\begin{aligned} T_S &= \text{Schweißzeit} \times \text{Menge} \\ &= t_S \times L_S' = m_S / L_S \times L_S' = M_S / L_S \\ &= 1.000/0,6 \qquad 1.000/1,2 \\ &= \underline{1.667 / 833 \text{ h/a}} \quad >/< 1.480 \text{ h/a} \end{aligned}$$

$$\Delta T_S = \underline{834 \text{ h/a}}$$

o Schweißzusatzkosten

$$\begin{aligned} k_{SM} &= \text{Schweißzusatzmenge} \times \text{Preis} \\ &= M_S \times B \times P_Z \times f_M \quad M_S / n' \times P_Z \times f_M \\ &= 1.000 \times 57 \times 0,18 \quad 1.000/0,95 \times 0,82 \\ &= \underline{10.260 / 863 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

o Schweißfertigungskosten 3)

$$\begin{aligned} k_{SF} &= \text{Schweißjahresnutzungszeit} \times \text{Stundensatz} \\ &= T_S \times St_S = M_S / L_S \times St_S \\ &= 1.000/0,6 \times 44 \quad 1.000/1,2 \times 44 \\ &= \underline{73.333 / 36.667 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

o Schweißkosten

$$\begin{aligned} k_S &= k_{SM} + k_{SF} \\ &= 10.260 + 73.333 \quad 863 + 36.667 \\ &= \underline{83.593 / 37.530 \text{ €/a}} \\ &= 84 / 38 \text{ €/kg Schweißgut} \\ &= 21 / 9 \text{ €/m Naht} \end{aligned}$$

o Schweißkosteneinsparung

$$\begin{aligned} \Delta k_S &= k_{S1} - k_{S2} \\ &= 83.593 - 37.530 \\ &= \underline{46.063 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

o Amortisationszeit ⁴⁾

$$\begin{aligned} n_A &= \text{Kapital(Mehr)einsatz} / \text{Kapitalrückfluss} \\ &= \Delta K_P / G_V \text{ ⁴⁾} = \Delta K_P / \Delta K_S \text{ bei } G_V = \Delta K; \Delta U = 0! \\ &= (8.000 - 3.000) / 46.063 \\ &= \underline{0,1 \text{ a}} \end{aligned}$$

o Kaufdringlichkeitsstufe

$$= \underline{1} \quad \text{weil } < 2 \text{ a}$$

o Schweißstundensätze mit Schweißzusatz

$$\begin{aligned} St_S' &= K_S / T_S = 83.593 / 1.667 \quad 37.530 / 833 \\ &= 50 / 45 \end{aligned}$$

o Schweißzusatzstundensatz

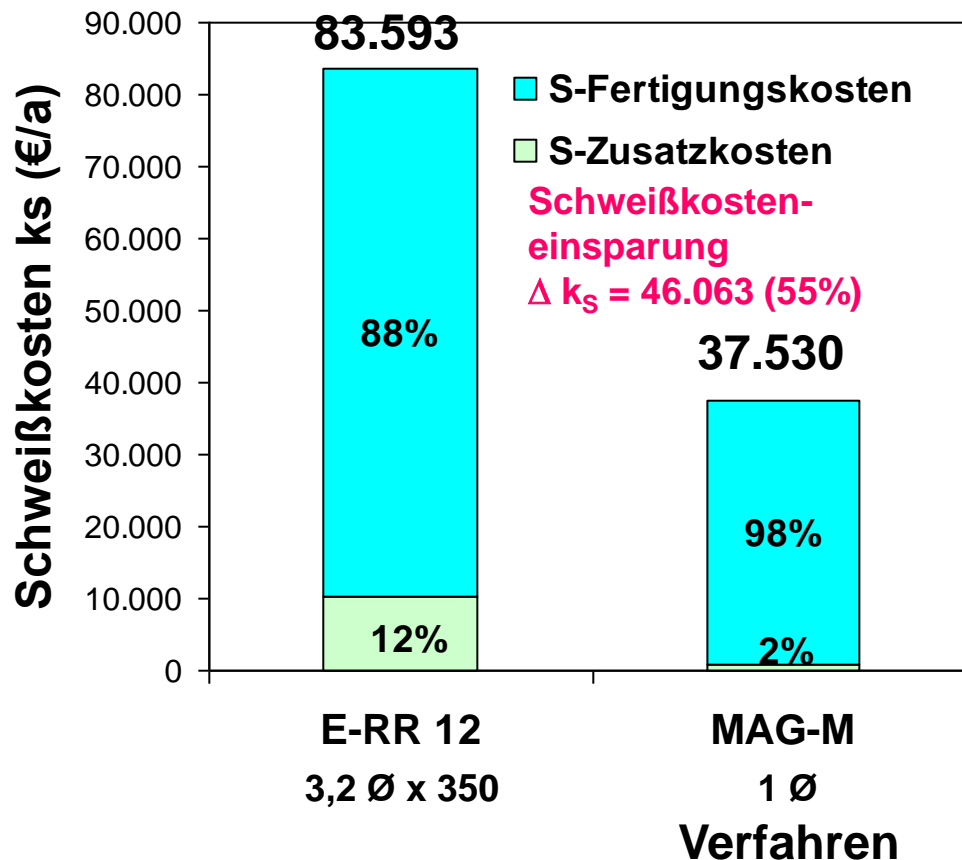
$$\begin{aligned} St_Z &= St_S' - St_S \\ &= 50 - 44 / 45 - 44 = 6 / 1 \end{aligned}$$

Beispiele aus der Schweißpraxis

Wirtschaftlichkeitsrechnung-Verfahrensvergleich aus dem Stahlbau (3)

4. Verfahrensvergleich:

Werkstoff S 235 JRG2



5. Beurteilung und Umsetzung:

Der Verfahrensgewinn würde jährlich rund 46 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.

Kostensenkung durch Laserschweißen in der Blechverarbeitung am Beispiel des Druckergehäuses für Thermotransferdrucker



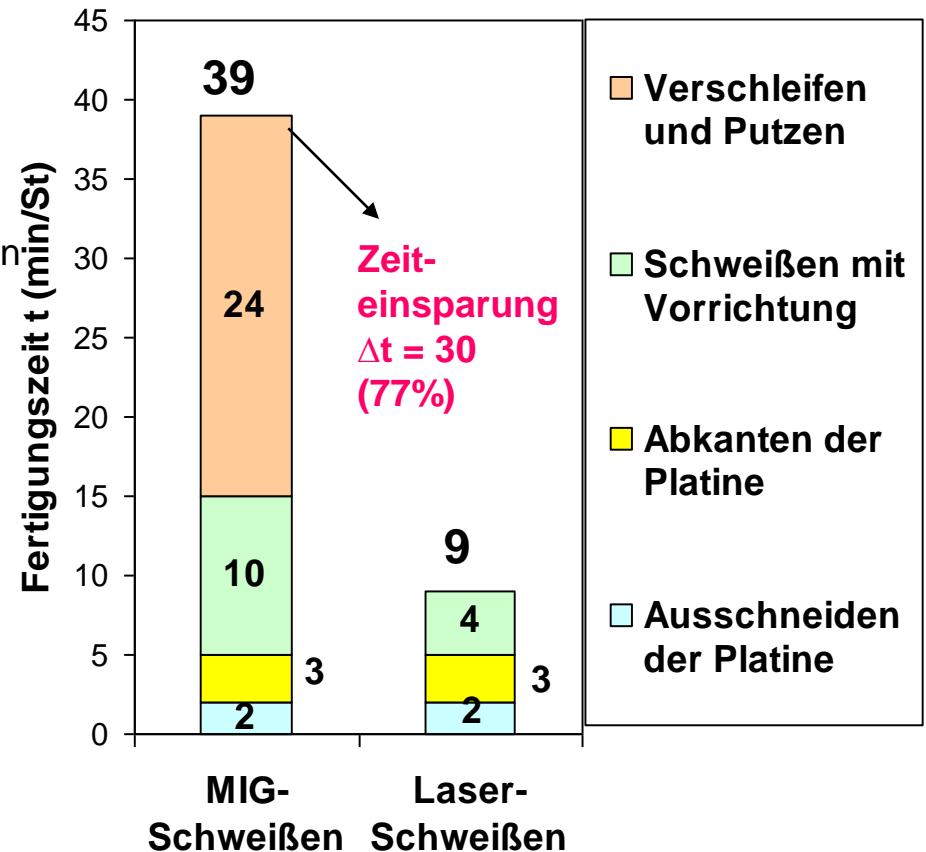
Beurteilung der Arbeitsschritte:

- 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

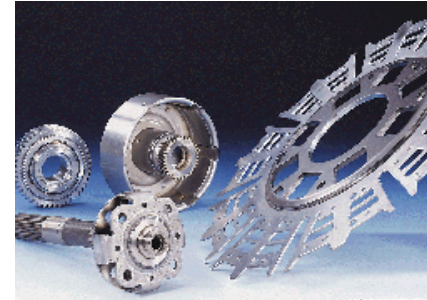
Vorteile Laserschweißen bei höheren Stückzahlen:

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

Zeitvergleich MIG-/Laserschweißen



Kostensenkung durch Laserschweißen im Automobilbau



5. 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 sowie Normung und Typung von Bauteilen führen zu Gewichts- und Kosteneinsparungen und
- o **wirtschaftliche Schweißproduktion**, z.B. Maßnahmen zum optimalen Einsatz von leistungsfähigen Schweiß- und Schneidverfahren sowie Erhöhung der Maschinenauslastung und Verbesserung der Betriebsorganisation führen zu Zeit- und Kosteneinsparungen.

Ausblick:

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

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

Anhang

Ausgewählte Informationsstellen

Ausgewählte Software für Schweißbetriebe

**Formblätter Material- und Zeitkarte zur Ermittlung
der Material- und Fertigungseinzelkosten**

Übungsaufgaben zur Wirtschaftlichkeitsfragen

Ausgewählte Informationsstellen (1)

<p>DVS-Verlag GmbH Verlag für Schweißen und verwandte Verfahren Aachener Str. 172, 40223 Düsseldorf Tel.: 0211 / 1591-158/160; Fax: 0211 /1591-150 E-Mail:verlag@dvs-hg.de,Internet: www.dvs-verlag.de Kontakt: Heinz Gerd Aretz</p> <p>Info Fachbücher, Fachzeitschriften. Lehrmedien, Videos, Software, Richtlinien und Merkblätter</p>	<p>DVS-Vortragsforum Internet: www.die-verbindungs-spezialisten.de/ (Button: «Vortragsforum»)</p> <p>Info DVS-Vortragsforum</p>
<p>Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. VDMA Robotik + Automation Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt Tel.: 069 / 6603-0, Fax: 069 / 6603- 1689 Internet: www.vdma.org, E-Mail: rua@vdma.org Kontakt: GF Thilo Brodtmann</p> <p>Info Statistik Roboter u.a.</p>	<p>Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit Scharnhorststr. 34-37, 10115 Berlin Fax: 01888-615-5208, E-Mail: info@bmwa.bund.de Internet: www.bmwa.bund.de > Wirtschaft / Branchenfocus / Industrie /Stahl+Metall</p> <p>Info Branchenstatistik Stahl +Metall u.a.</p>
<p>Wirtschaftsvereinigung Stahl Düsseldorf Internet: www.stahl-online.de</p> <p>Info Stahlstatistik u.a.</p>	<p>WSM Wirtschaftsverband Stahl- und Metallverarbeitung Kaiserswerther Str. 137, 40474 Düsseldorf Tel.: 0211 / 4564-101, Fax: 0211 / 4564-177 E-Mail: hwolff@wsm-net.de, Internet: wsm-net.de</p> <p>Info: Anschriften der Fachverbände</p>

Ausgewählte Informationsstellen (2)

<p>Handwerksverband Metallbau und Feinwerktechnik Baden-Württemberg Schönestr. 35/1, 70372 Stuttgart Tel.: 0711/ 954729 - 0 / 31, Fax: 0711/954729 - 40 E-Mail: info@metall-verband.de Internet:www.metall-verband.de Kontakt: Dipl. oec.Hans-Peter Eckhardt Info Betriebsvergleiche, Software</p>	<p>Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH Johann-Mauch-Str. 2, 71254 Ditzingen Tel.: 07156 / 303-0, Fax: 07156 / 303- 678 Kontakt: E-Mail: Internet: www.de.trumpf.com Info Laser-und Sytemtechnik</p>
<p>Linde AG, Geschäftsbereich Linde Gase Seitnerstr. 70, 82049 Höllriegelskreuth Tel.: 089 / 74 46-0, Fax: 089 / 74 46-1216 Internet: linde-gas.com Kontakt: Info Technische Gase</p>	<p>Oerlikon Schweißtechnik-Gebr. Barbist GmbH Remsstr. 2, 70806 Kornwestheim Tel.: 07154/1324-0, Fax: 07154/1324-60 E-Mail:info@oerlikon-barbist.de Internet: www.oerlikon-barbist.de Kontakt: Joachim Barbist 1324-11 S-Zusatzwerkstoffe, S-Verfahren, Techn. Gase</p>
<p>Otto Christ AG Autowaschanlagen Postfach 1254, 87682 Memmingen Tel.: 08331 / 857-0, Fax: 08331 / 857-285 E-Mail: Internet: www.seitl.com Kontakt: Info Autowaschanlagen</p>	<p>Liebherr-Werk Ehingen GmbH Münsinger Str. 80, 89584 Ehingen Tel.: 07391/-5020, Fax.: 07391-502-3399 E-Mail: info@lwe.liebherr.com Internet: www.liebherr.com Kontakt: GF Dipl.-Ing. J.H. Hauser Info Mobilkrane</p>

Ausgewählte Informationsstellen (3)

Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V.

Am Bonneshof 5, 40474 Düsseldorf

Tel.: 0211/ 4796-0, Fax: 0211 / 4796-408

E-Mail: information@aluinfo.de

Internet: www.aluinfo.de

Info

Alu-Infos, Statistik

<p>Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V. Am Bonneshof 5, 40474 Düsseldorf Tel.: 0211/ 4796-0, Fax: 0211 / 4796-408 E-Mail: information@aluinfo.de Internet: www.aluinfo.de Info Alu-Infos, Statistik</p>	

Ausgewählte Software für Schweißbetriebe

<p>DVS-Verlag GmbH Verlag für Schweißen und verwandte Verfahren Aachener Str. 172, 40223 Düsseldorf Tel.: 0211 / 1591-158/160; Fax: 0211 /1591-150 E-Mail:verlag@dvs-hg.de, Internet: www.dvs-verlag.de Kontakt: Heinz Gerd Aretz</p> <p>Info Software</p>	<p>Handwerksverband Metallbau und Feinwerktechnik Baden-Württemberg Schönestr. 35/1, 70372 Stuttgart Tel.: 0711/ 954729 - 0 / 31, Fax: 0711/954729 - 40 E-Mail: info@metall-verband.de Internet:www.metall-verband.de Kontakt: Dipl. oec.Hans-Peter Eckhardt</p> <p>Info Software</p>
<p>RuKli-metall, RuKli-schweißen, RuKli-kore Rudolf Klimke, Unternehmensberater Rilkeweg 1, 30890 Barsinghausen Tel.: 05105 / 81472, Fax 05105 / 81439 E-Mail: cosultant@rukli.de, Internet: www.rukli.de</p> <p>Info EDV-Lösung für das Metallhandwerk, Berechnung der Schweißzeit und Kostenrechnung mit BAB</p>	
<p>Erl GmbH Schweißen + Schneiden Kleegartenstr. 34, 94405 Landau a.d. Isar Tel.: 09951 / 9888-0, Fax: 09951 / 9888-50 Kontakt: E-Mail: info@erl-gmbh.de, Internet: www.erl-gmbh.de</p> <p>Info Firmen-Schweißnahtkalkulation im Internet</p>	<p>MIG Weld GmbH in Deutschland Wattstr. 2, 94405 Landau/Isar Tel.: 09951 / 6012-30, Fax: 09951 / 6012-39 Kontakt: Robert Lahnstein E-Mail: robert.lahnstein@migweld.de Internet: www.migweld.de</p> <p>Info Technische Berechnungen im Internet</p>

Impressum

Herausgeber:

Dieter Bouse

Privat:

Beethovenstr. 19/1

71665 Vaihingen/Enz

Tel.: 07042 / 22455

E-Mail: dieter.bouse@gmx.de

**Regierungsangestellter und Referent bis 30. Juni 2005 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 in der Fördergemeinschaft für die
Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV Fellbach**

Stand: 21. September 2005