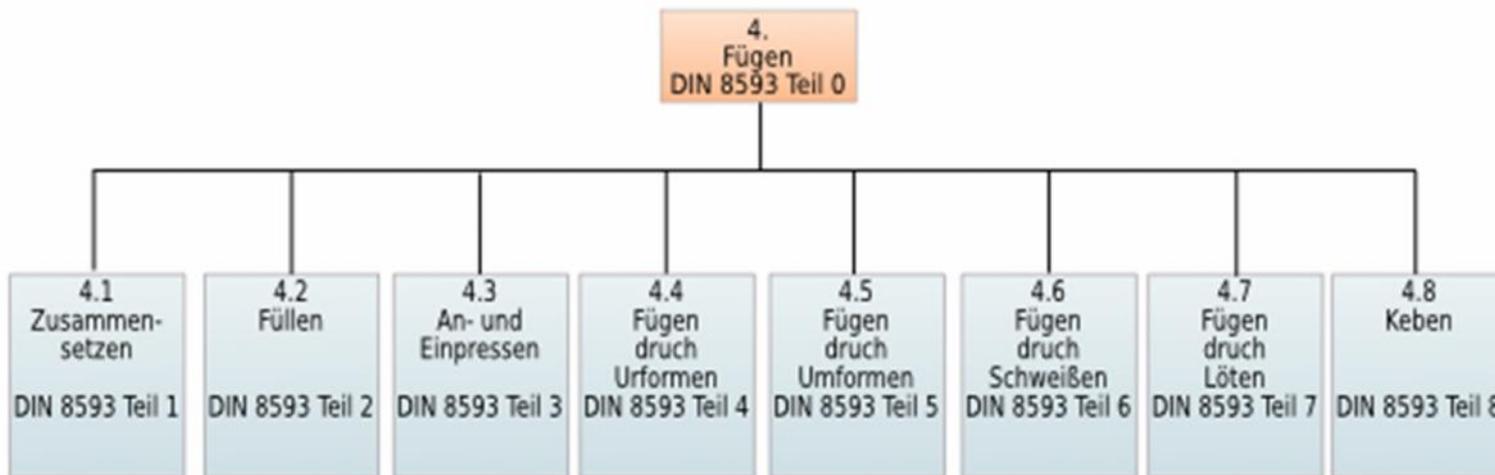
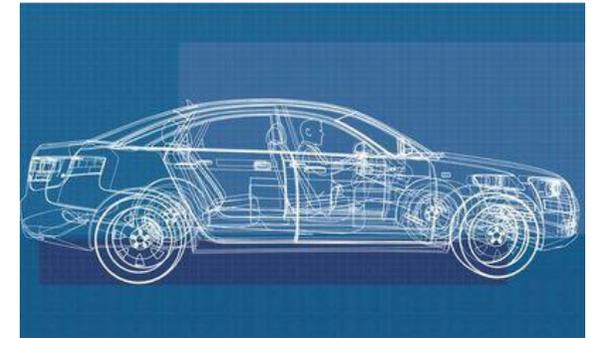


# Fügetechnik



# Fügetechnik

## Themen

Verzinnen, Weichlöten

Schweißen

Aluminium

Autogen

MIG, MAG, WIG

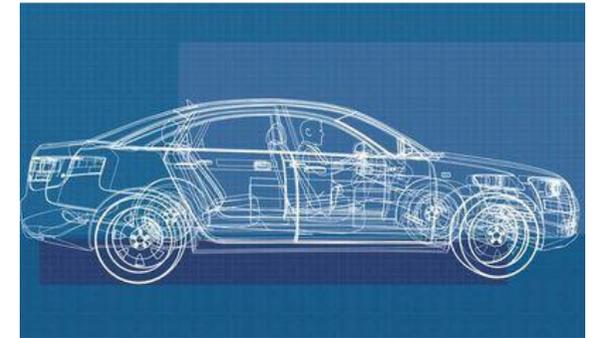
Kunststoffschweißen

Nieten

Clinchen

Kleben

Faserverbundwerkstoffe



## Fügetechnik

### Verzinnen

### Feuerverzinnung

Eintauchen von metallischen Bauteilen in schmelzflüssiges Zinn  
Vorbehandlung erforderlich

### Galvanische Verzinnung

Eintauchen von Bauteilen in ein Zinnelektrolyt  
Anlegen von Spannung  
geeignet für sehr dünne Schichten



## Fügetechnik

### Verzinnen

#### Chemische Verzinnung

Eintauchen von Kupferwerkstoffen in Lösungen eines Zinnsalzes (z.B. Zinnsulfat)

Lösemittel → Schwefelsäure, Thioharnstoff, etc.

Dicken im  $\mu\text{m}$ -Bereich

sehr glatte Oberflächen

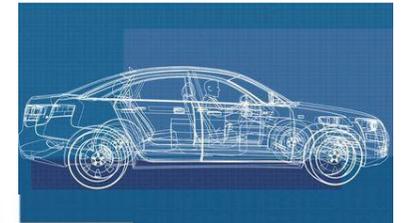


#### Reflow Verzinnen

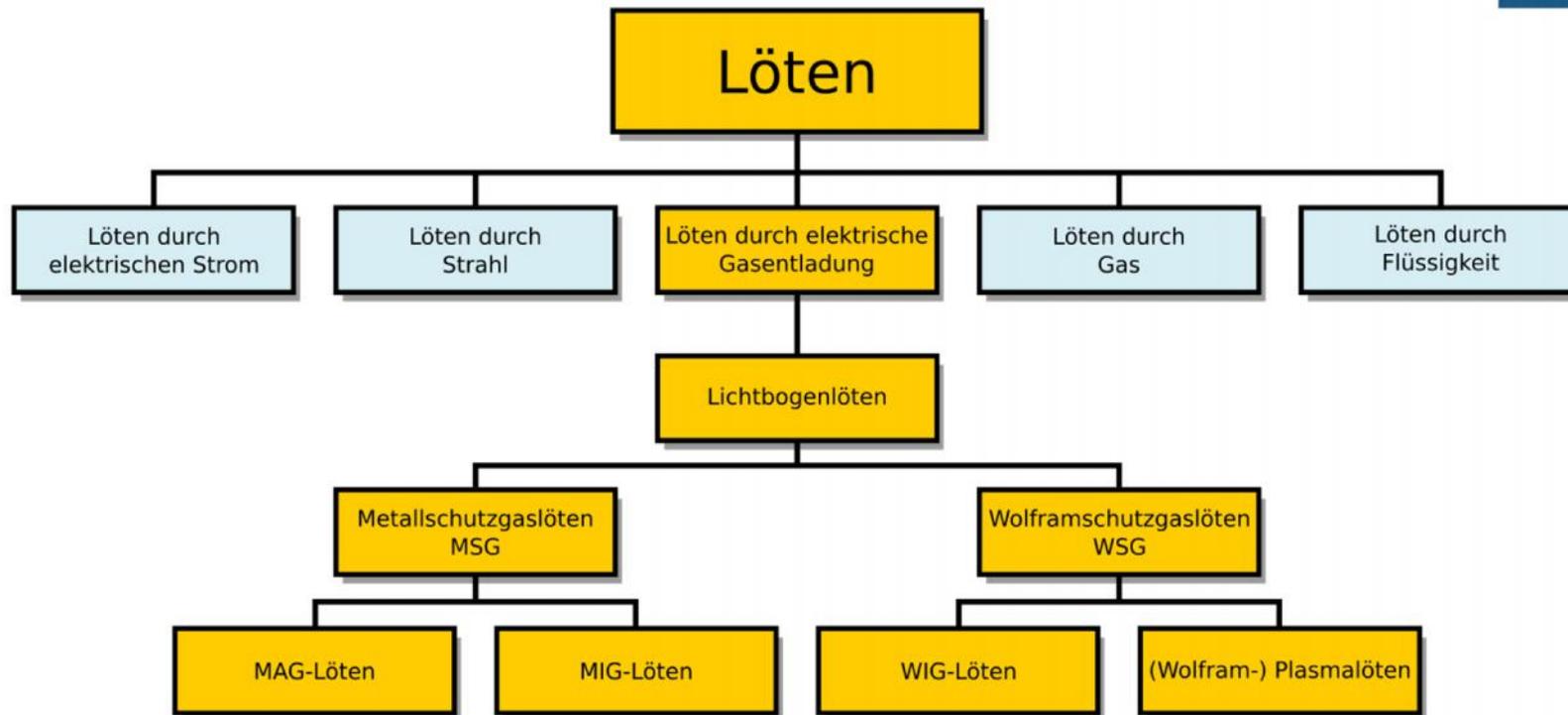
Kombination aus galvanischem Verzinnen und Wärmebehandlung

Temperierung über Schmelzpunkt des Zinns hinaus

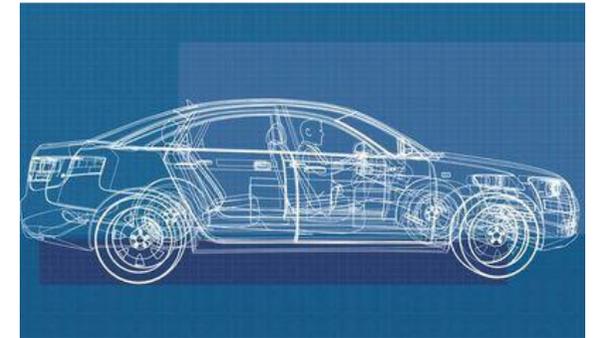
sehr glatte Oberfläche



Löten



# Fügetechnik



## Weichlöten

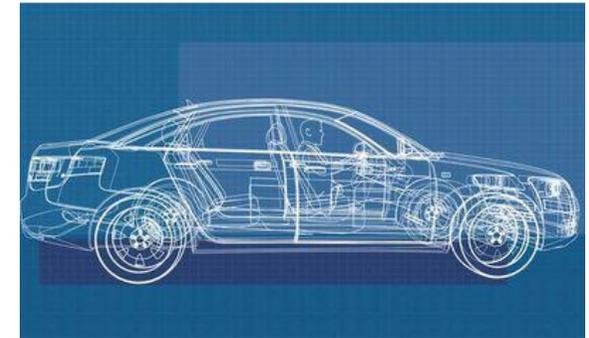
Beim Löten werden metallische Bauteile mithilfe eines aufgeschmolzenen Metalls verbunden. Das metallische Material der Bauteile selbst bleibt im festen Zustand, lediglich das Lot wird geschmolzen.

Nach dem Erkalten des Lotes ist an den Metalloberflächen eine stoffschlüssige Verbindung entstanden.

In Abhängigkeit der Löttemperatur wird Weichlöten ( $<450^{\circ}\text{C}$ ) und Hartlöten ( $>450^{\circ}\text{C}$ ) unterschieden.

# Fügetechnik

## Weichlöten



Weichlöten						
Weichlote (Auswahl)			vgl. DIN EN ISO 9453 (2006-10)			
	Lötwerkstoff-Gruppe	Legierungs-Nr.	Legierungs-kurzzeichen nach DIN EN 29 453	Schmelz-bereich °C	Löttempe-raturbereich °C	Anwendungen, lötbare Werkstoffe
Bleihaltige Weichlot-Legierungen	Zinn-Blei-Legierungen	101	S-Sn63Pb37	183	185...325	Karosseriebau Feinblech-lötungen Feinlötungen Klempnerarbeiten Kühlerbau Elektrogeräte
		103	S-Sn60Pb40	183...190	185...325	
		111	S-Pb50Sn50	183...215	220...325	
		114	S-Pb60Sn40	183...238	240...325	
		116	S-Pb70Sn30	183...255	260...325	
		122	S-Pb90Sn10	268...302	320...380	
	Zinn-Blei-Antimon-Legierungen	131	S-Sn63Pb37Sb	183	185...325	Klempnerarbeiten Feinlötungen Kühlerbau
		133	S-Pb50Sn50Sb	183...216	220...325	
		135	S-Pb69Sn30Sb1	185...250	260...350	
		Blei-Silber	182	S-Pb95Ag5	304...370	320...390
Bleifreie Weichlot-Legierungen	Zinn-Antimon	201	S-Sn95Sb 5	235...240	245...325	Niedertemperatur-Lötungen
	Bismuth-Zinn	301	S-Bi58Sn42	139	190...325	
	Zinn-Kupfer und Zinn-Kupfer-Silber	402	S-Sn97Cu3	237...310	250...350	Kupferrohr-installation Feinwerktechnik
		502	S-Sn95Cu4Ag1	217...353	250...350	
	Zinn-Silber	701	S-Sn96Ag4	221...228	230...250	

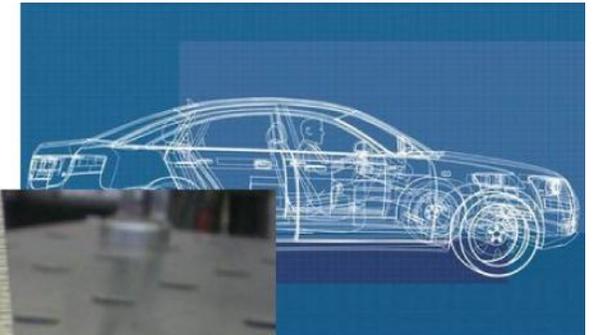
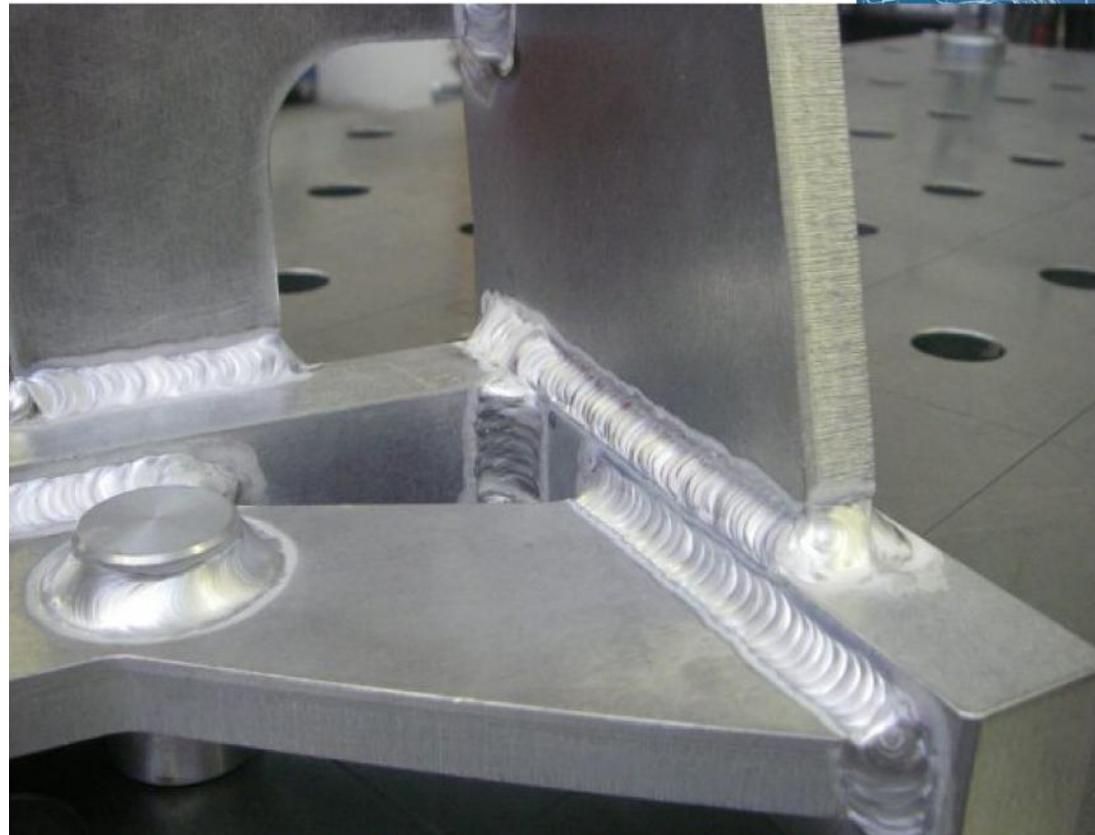
# Fügetechnik

## Schweißen

Aluminium

Autogen

MIG, MAG, WIG



# Fügetechnik

## Schweißen

### Aluminium

#### Schweißverfahren

- 111 Lichtbogenhandschweißen (Elektroden Schweißen)
- 121 Unterpulverschweißen mit Drahtelektrode
- 131 Metall Inert Gas Schweißen
- 135 Metall Aktiv Gas Schweißen
- 136 Metall Aktiv Gas Schweißen mit Fülldraht Elektrode
- 141 Wolfram Inert Gas Schweißen
- 151 Plasma Schweißen

## Fügetechnik

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Schweißen

Aluminium

Randbedingungen



- **Wärmeleitfähigkeit**
- **Wärmedehnung**
- **Problemzonen Nahtanfang / Nahtende**
- **Bindefehler**
- **Schmelztemperatur des Werkstoffes ( $650^{\circ}$  ) und dem Aluminiumoxyd ( $2050^{\circ}$  )**
- **Wärmeführung**

# Fügetechnik

## Schweißen

### Aluminium

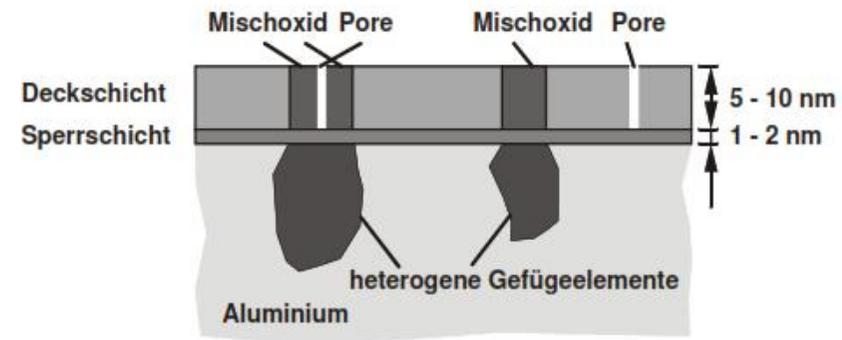
#### Vergleich von Werkstoffdaten

<b>Kenngröße</b>	<b>Einheit</b>	<b>Aluminium</b>	<b>Stahl</b>	<b>Verhältnis</b>
Dichte	g / cm <sup>3</sup>	2,7	7,78	0,35
E-Modul	N / mm <sup>2</sup>	72000	215000	0,33
elektrische Leitfähigkeit bei RT	m / Ω mm <sup>2</sup>	37,6	10,3	3,65
Wärmeleitfähigkeit	W / (m K)	235	75	3,13
Schmelztemperatur	°C	660	1536	0,43
Schmelztemp. Oxyd	°C	Ca 2050	Ca.1600	
spezifische Wärmekapazität	J / (kg K)	0,9	0,46	1,96
Schmelzwärme	J / g	389	272	1,43
Wärmeausdehnungskoeffizient	10 <sup>-6</sup> / K	23	12	1,92

## Schweißen

### Aluminium

#### Problem Oxidschicht



#### Wesentliche Eigenschaften der Oxidschicht:

- Zusammensetzung der Schicht ist verantwortlich für die Korrosionsbeständigkeit
  - geringe elektrische Leitfähigkeit
  - sehr hohe Härte
  - hohe Schmelztemperatur (ca. 2050° C)
- Eingelagertes Wasser als Ursache für Porenbildung

## Schweißen

### Aluminium

#### Problem Oxidschicht

**Für die Korrosionsbeständigkeit von Aluminium sorgt eine Oxidschicht (ca. 0,01 µm).**

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ist schwerer als das reine Aluminium, Dichte 3,9 g cm<sup>3</sup> Oxide im Schmelzbad können nach unten sinken und damit Porosität oder Rissigkeit verursachen, was aber nicht unbedingt zu niedrigeren Festigkeitswerten führen muß.**

**Ebenso bindet das Oxyd Feuchtigkeit was zu Poren führen kann.**

**Eine richtige Nahtvorbereitung ist von besonderer Bedeutung:**

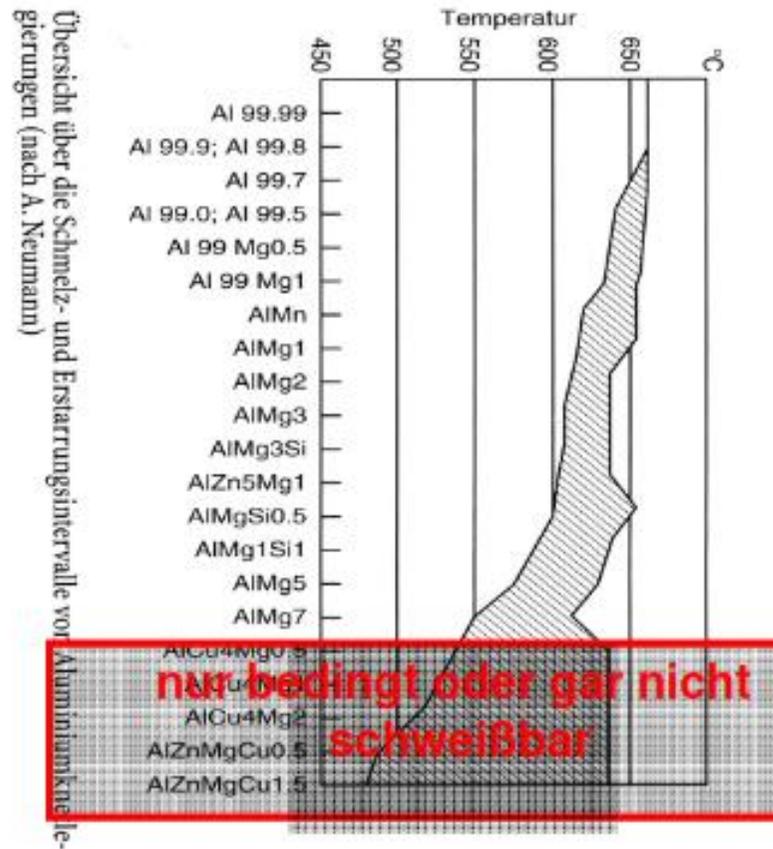
**Kurz vor Schweißbeginn sollte das Oxyd durch Schleifen, spanen, beizen oder durch bürsten entfernt werden.**

# Fügetechnik

## Schweißen

### Aluminium

### Erstarrungsintervall



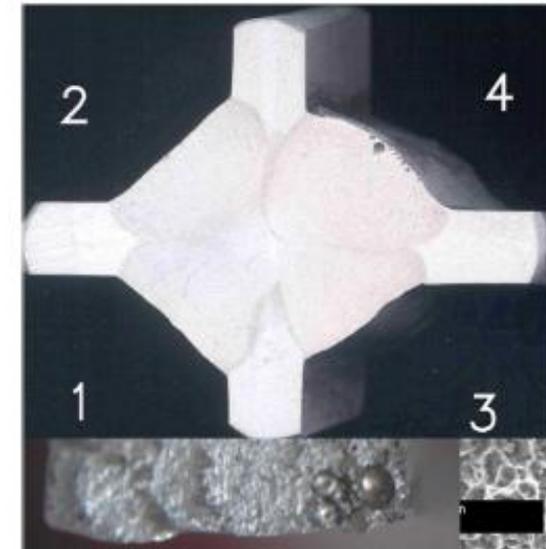
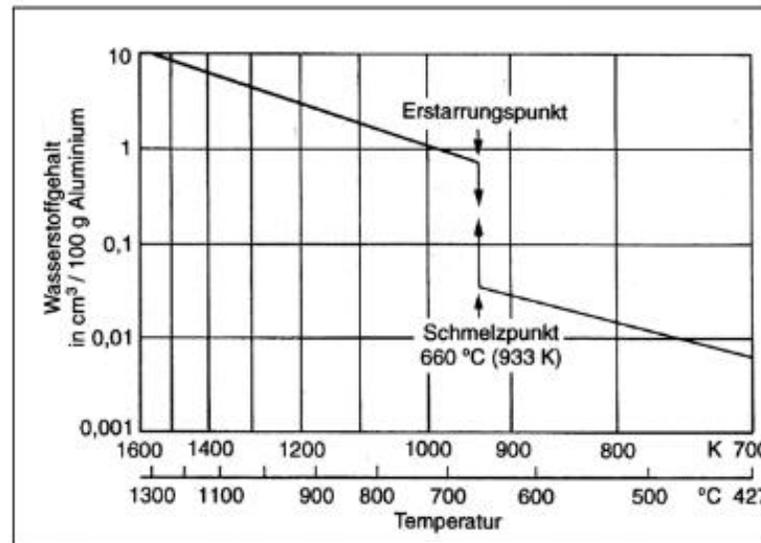
# Fügetechnik

## Schweißen

### Aluminium

### Porenbildung

### Hauptursache für Poren: Sprunghafte Abnahme der Löslichkeit des Wasserstoffs im Aluminium bei der Erstarrung

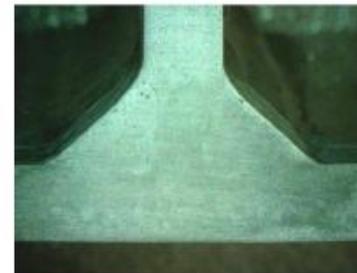


## Schweißen

### Aluminium

### Porenbildung

Hauptursache für die Porenbildung ist sprunghafte Abnahme der Gaslöslichkeit bei der Erstarrung. Die Entgasung ist somit bei hohen Schweißgeschwindigkeiten oder schneller Erstarrung nicht vollständig abgeschlossen und es kommt (vor allem durch Wasserstoff) zur Porenbildung in der Schweißnaht. Allgemein ist die Gefahr von Porenbildung beim MIG/MAG Schweißen größer als beim WIG Schweißen.



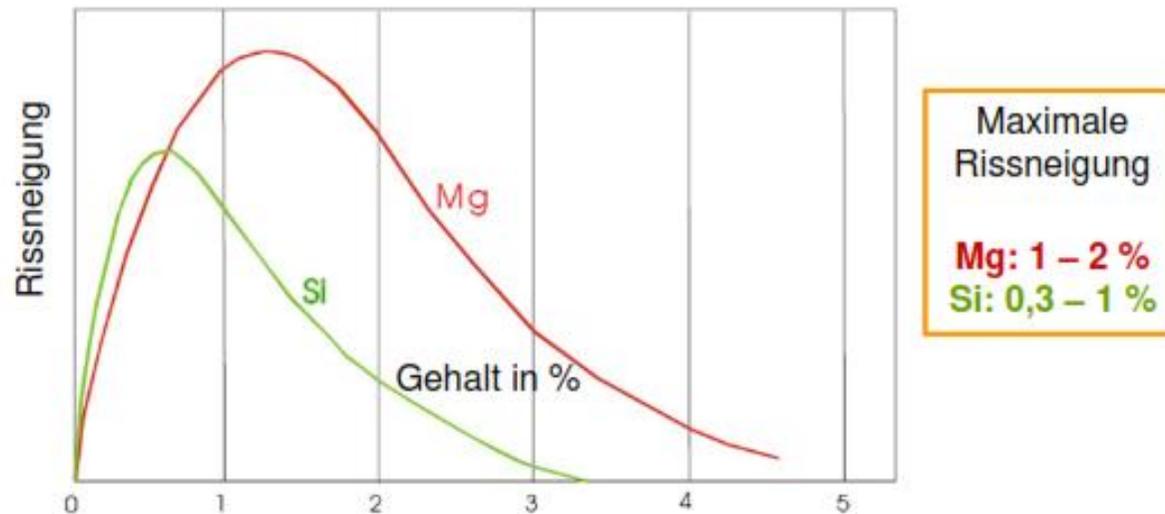
# Fügetechnik

Schweißen

Aluminium

Rissneigung

Legierungsgruppe	höchste Rissempfindlichkeit	praktischer Mindestgehalt	kritischer Temperaturbereich
AlSi	0,75 % Si	2,0 % Si	660-577 °C
AlCu	3,0 % Cu	5,0 % Cu	660-577 °C
AlMg	1,2 % Mg	3,5 % Mg	660-449 °C
AlSiMg	0,5-0,8% Si und 0,2-1,2% Mg	2,0 % Si	



# Fügetechnik

## Schweißen

Aluminium

Rissneigung

Abhilfe Vorwärmen

Werkstoff	T [°C]
AlMgSi	180
AlSi1MgMn	200
AlSiMg	220–250
AlZn4.5Mg1	140
AlMg4.5Mn0.7	150–200
AlMg4.5Mn0.7	150–200

Schweißen

Aluminium

Schweißzusätze

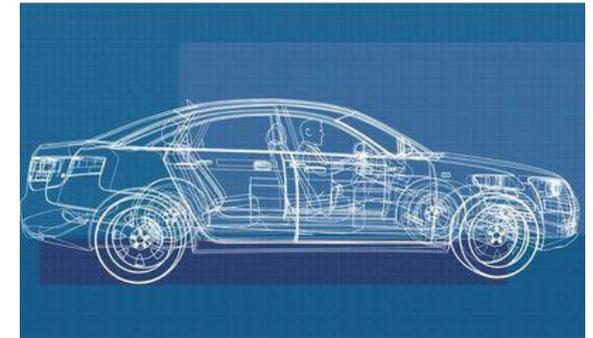
Schweißen von Aluminium- und Kupfer-Werkstoffen								
Schweißzusätze zum Schutzgasschweißen von Aluminiumwerkstoffen						vgl. DIN EN ISO 18273 (2004-05)		
Typ Nr.	Kurzzeichen <sup>1)</sup>		Typ Nr.	Kurzzeichen <sup>1)</sup>		Typ Nr.	Kurzzeichen <sup>1)</sup>	
	numerisch	chemisch		numerisch	chemisch		numerisch	chemisch
Typ 1	S Al 1200	S Al 99,0	Typ 4	S Al 4043	S Al Si5	Typ 5	S Al 5554	S Al Mg <sub>2,7</sub> Mn
	S Al 1450	S Al 99,5Ti		S Al 4147	S Al Si12		S Al 5754	S Al Mg3
Typ 3	S Al 3103	S Al Mn1		S Al 4643	S Al Si4Mg		S Al 5183	S Al Mg <sub>4,5</sub> Mn <sub>0,7</sub> (Al)
Typ 4	S Al 4010	S Al Si7Mg		S Al 4145	S Al Si10Cu		S Al 5087	S Al Mg <sub>4,5</sub> MnZr

<sup>1)</sup> Das Kurzzeichen der Schweißzusätze besteht aus dem Kennbuchstaben S und einem numerischen oder chemischen Al-Legierungszeichen gemäß DIN EN 573-3 (siehe Seite 179)

**Bezeichnungsbeispiel eines Massivdrahtes zum Schweißen:** Massivdraht EN ISO 18273 - S Al 4043 oder Massivdraht EN ISO 18273 - S Al 4043(Al Si5)

Auswahl der Schweißzusätze für Aluminiumwerkstoffe												
vgl. DIN EN 1011-4 (2001-02)												
Grundwerkstoff	Der geeignete Zusatzwerkstoff wird durch die Typnummer angegeben. Erste Ziffer: Optimale mechanische Eigenschaften. Zweite Ziffer: Optimaler Korrosionswiderstand. Dritte Ziffer: Optimale Schweißleistung.											
Al	4	1	4	Beispiel: Es soll ein Bauteil aus AlMg3 mit einem Bauteil aus AlMgSi verschweißt werden.								
AlMn	4/5	1	4	3/4	3	4	Der geeignete Schweißzusatz ist bei optimalen mechanischen oder korrosiven Eigenschaften ein Schweißzusatz vom Typ 5, bei optimaler Schweißleistung ein Schweißzusatz vom Typ 4. Auszuwählen ist der Schweißzusatz, der dem Grundwerkstoff am nächsten kommt. Das ist in vorliegendem Beispiel bei Typ 5 der Schweißzusatz S Al 5754 (AlMg3) und bei Typ 4 der Schweißzusatz S Al 4643 (AlSi4Mg).					
AlMg (< 1%)	4	1	4	4	4	4	4	4	4			
AlMg 3%	4/5	5	4/5	5	5/3	4	5	5	4	5	5	5
AlMg 5%	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AlMg Si	4/5	5	4	5/4	5	4	5	5	4	5/4	5	4
AlZnMg	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AlSiCu	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AlSiMg	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Grundwerkstoff	Al	AlMn	AlMg < 1%	AlMg 3%	AlMg 5%	AlMgSi	AlZnMg	AlSiCu < 1%	AlSiMg	AlSiCu	AlCu	

# Fügetechnik

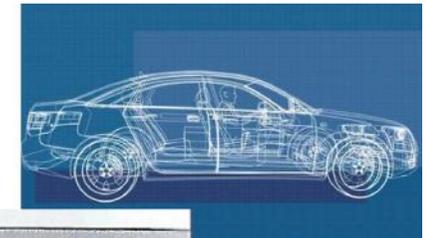


Schweißen

Autogen

Gasschmelzschweißen (Autogenschweißen) von Stahl						
Schweißbrenner	Gase zum Schmelzschweißen					
	Gasart	Gas-Kennfarbe (S.192 F)	Anschlüsse der Flaschenventile	Druck bar	Gasflaschendaten Volumen l	Maximale Flammtemperatur
	Acetylen	braun	Spannbügel	19	40/50	8 m <sup>3</sup> /10 m <sup>3</sup> = 3200 °C
	Wasserstoff	rot	W 21,8 × 1/14 - LH	200	10/50	2 m <sup>3</sup> /10 m <sup>3</sup> = 2100 °C
	Propan	rot	W 21,8 × 1/14 - LH	≈ 8,5	10/50	4 kg/21 kg = 2750 °C
	Sauerstoff	blau/weiß	R 3/4	200	40/50	8 m <sup>3</sup> /10 m <sup>3</sup> -

# Fügetechnik

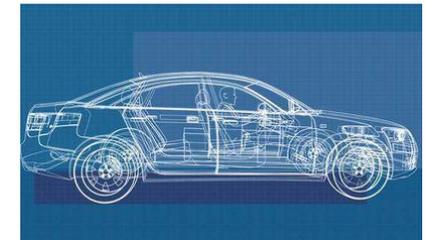


## Schweißen

### Autogen

Schweißstäbe für das Gasschmelzschweißen <span style="float: right;">vgl. DIN EN 12 536 (2000-08)</span>							
Kurzzeichen des Stabs	O Z	O I	O II	O III	O IV	O V	O VI
Alter Kurzname nach DIN 8554	-	G I	G II	G III	G IV	G V	G VI
Fließverhalten	keine Eigenschaft vereinbart	dünnfließend		zähfließend			
Spritzneigung der Schmelze		stark	gering	keine			
Porenbildung in der Naht		ja	ja	nein			
Genormte Schweißstabdurchmesser in mm: 1,6; 2; 2,5; 3; (3,2); 4; 5; (6,3)							
Bezeichnungsbeispiel: Stab EN 12 536-O II							
Zuordnung des geeigneten Schweißstabes							
Zu schweißende Werkstoffe			Geeignete Schweißstäbe				
Stahlgruppe	Stahlsorten		O I (G I)	O II (G II)	O III (G III)	O IV (G IV)	
Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10025	S235JR (St37-2), S235JRG1 (USt37-2), S235JRG2 (RSt37-2), S275JR (St44-2)			X	X	X	
	S235J2G3 (St37-3), S355JR (St52-3)				X	X	
Stahl- rohre nach	DIN 1615	S185 (St33)	X	X	X	X	
	DIN 1626, DIN 1629	USt37.0, St37.0, St44.0, St52.0	X	X	X	X	
	DIN 17175	St35.8, St45.8			X	X	
Blech und Band nach DIN EN 10028	P235GH (HI), P265GH (HII)				X	X	
	17Mn4, 16Mo3					X	

# Fügetechnik

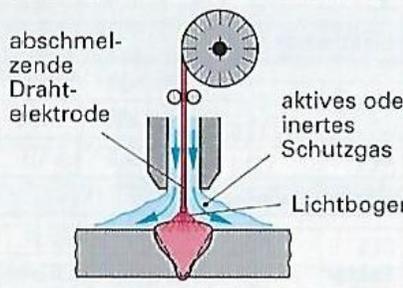
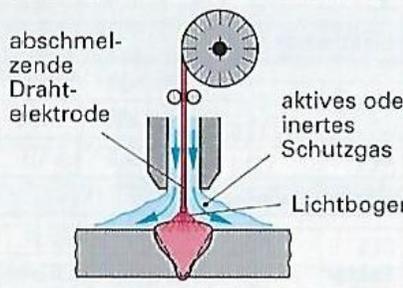
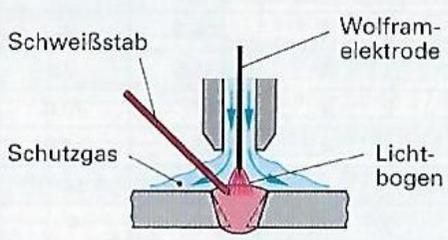
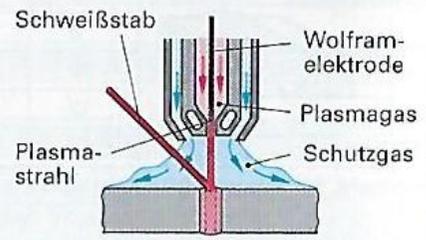


## Schweißen

### Autogen

Richtwerte der Betriebsdaten für das Gasschmelzschweißen von Stahl									
Werkstoffdicke in mm	Schweiß-einsatz (Nummer)	Schweiß-nahtart (Symbol)	Schweiß-stabdurch-messer in mm	Gasdruck in bar		Acetylen- bzw. Sauerstoffverbrauch (gleich)		Schweiß-geschwin-digkeit cm/min	Zeit-bedarf pro 1 m Naht
				Sauer-stoff	Acety-len	l/h	l/1 m Naht		
0,5... 0	1	JL	1,6	2,5	0,5	80	15	10	10 min
1... 2	2	II	1,6; 2			160	30	8	12,5 min
2... 4	3	II, V	2; 2,5			315	70	6,5	15 min
4... 6	4	II, V	3; 4			500	170	5	20 min
6... 9	5	V, HV	4; 5			800	280	4	25 min
9...14	6	Y, HY, U, HU				1250	550	3,5	30 min
14...20	7	Y, U, K, X	5			1800	1000	2,5	40 min

Schweißen  
MIG, MAG, WIG

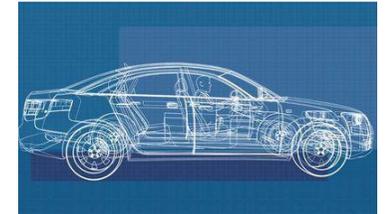
<b>Schutzgasschweißen (SG-Schweißen)</b>			
<b>Schutzgas-Schweißverfahren und Ordnungsnummern</b>		vgl. DIN EN ISO 4063 (2000-04)	
Schutzgas-Schweißverfahren (Kurzname)	Ordnungsnummer	Schutzgas-Schweißverfahren (Kurzname)	Ordnungsnummer
Metall-Schutzgas-Schweißen (MSG)	13	Wolfram-Schutzgas-Schweißen	14
Metall-Inertgas-Schweißen (MIG)	131	Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)	131
Metall-Aktivgas-Schweißen (MAG)	135	Plasma-Schweißen	15
MAG mit Fülldraht-Elektroden	136	Plasma-WIG-Schweißen (WP)	151
MIG mit Fülldraht-Elektroden	137		
<b>Prinzipskizze und Anwendung der Schutzgas-Schweißverfahren</b>			
<p><b>MAG-Schweißen</b></p> 	<p><b>MIG-Schweißen</b></p> 	<p><b>Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG-Schweißen)</b></p> 	<p><b>Wolfram-Plasma-Schweißen (WP-Schweißen)</b></p> 
<p><b>MAG-Schweißen</b> Große Abschmelzleistung, Unlegierte Baustähle, Feinkornbaustähle, Maschinenbaustähle, Chrom-Nickel-Stähle</p>	<p><b>MIG-Schweißen</b> Aluminium-, Kupfer-, Titan- und Nickel-Werkstoffe sowie Al-, Cu-, Ti- und Ni-Legierungen</p>	<p><b>WIG-Schweißen</b> Alle schweißgeeigneten Stähle sowie NE-Metall-Werkstoffe und NE-Legierungen</p>	<p><b>WP-Schweißen</b> Alle schweißgeeigneten Stähle sowie NE-Metall-Werkstoffe und NE-Legierungen</p>

# Fügetechnik

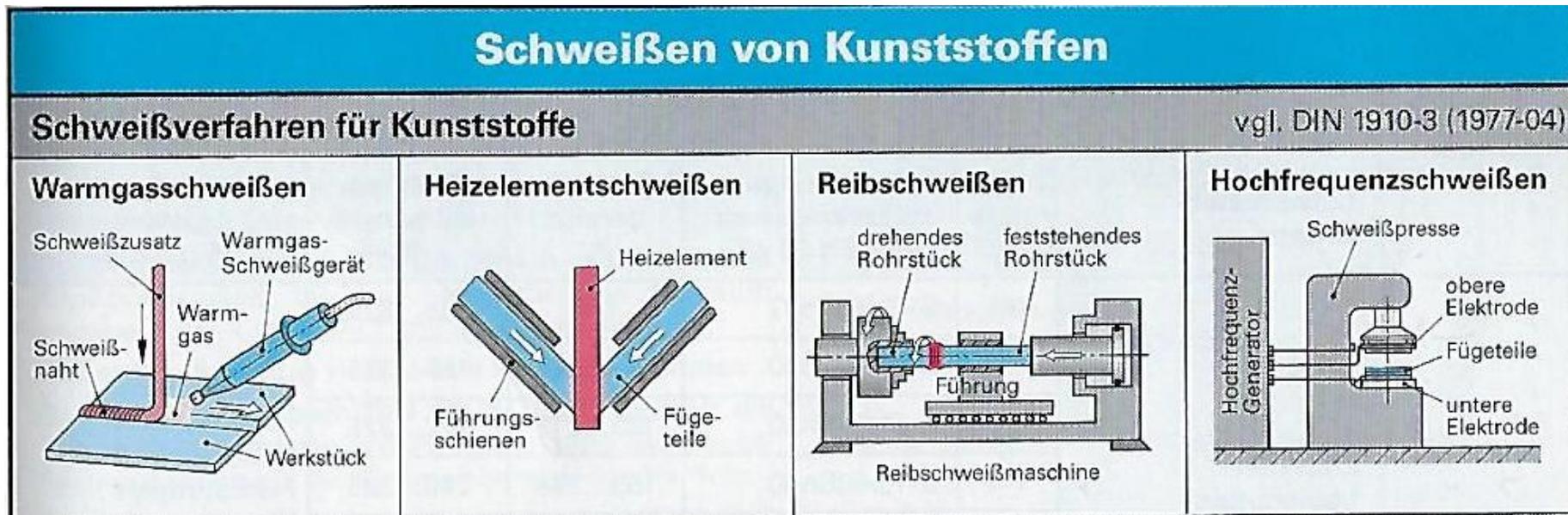
Schweißen  
MIG, MAG, WIG

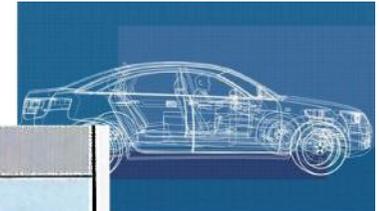
Schutzgase zum Lichtbogenschweißen und Schneiden								vgl. DIN EN 439 (1995-05)
Als Schutzgas finden die Gase Argon (Ar), Helium (He), Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> ), Sauerstoff (O <sub>2</sub> ), Wasserstoff (H <sub>2</sub> ) und Stickstoff (N <sub>2</sub> ) sowie Gemische dieser Gase Verwendung.								
Schutzgas-Gruppe	Schutzgas-Kurzname	Gaskomponenten in Volumen-%						geeignet für die Schweißverfahren
		inerte Gase		oxidierende Gase		reduzierend	reaktions-träge	
		Argon	Helium	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
<b>I</b> (inert)	I 1	100	–	–	–	–	–	MIG WIG WP
	I 2	–	100	–	–	–	–	
	I 3	Rest <sup>1)</sup>	0...95	–	–	–	–	
<b>R</b> (reduzierend)	R 1	Rest <sup>1)</sup>	–	–	–	0...15	–	WIG, WP
	R 2	Rest <sup>1)</sup>	–	–	–	15...35	–	
<b>M 1</b> (Mischgase)	M 11	Rest <sup>1)</sup>	–	0... 5	–	0... 5	–	MAG
	M 12	Rest <sup>1)</sup>	–	0... 5	–	–	–	
	M 13	Rest <sup>1)</sup>	–	–	0... 3	–	–	
	M 14	Rest <sup>1)</sup>	–	0... 5	0... 3	–	–	
<b>M 2</b> (Mischgase)	M 21	Rest <sup>1)</sup>	–	5...25	–	–	–	
	M 22	Rest <sup>1)</sup>	–	5...15	3...10	–	–	
	M 23	Rest <sup>1)</sup>	–	0... 5	3...10	–	–	
	M 24	Rest <sup>1)</sup>	–	–	10...15	–	–	
<b>M 3</b> (Mischgase)	M 31	Rest <sup>1)</sup>	–	25...50	–	–	–	
	M 32	Rest <sup>1)</sup>	–	–	10...15	–	–	
	M 33	Rest <sup>1)</sup>	–	5...50	8...15	–	–	
<b>C</b>	C 1	–	–	100	–	–	–	
	C 2	–	–	Rest	0...30	–	–	
<b>F</b> (Formiergase)	F 1	–	–	–	–	–	100	Wurzelschutz
	F 2	–	–	–	–	0...50	Rest	

<sup>1)</sup> Argon darf bis zu 95% durch Helium ersetzt werden.



Kunststoffschweißen

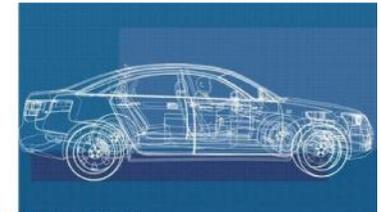




Kunststoffschweißen

Schweißbarkeit der thermoplastischen Kunststoffe						
Kunststoff	Kurzzeichen	Schweißbarkeit von Formteilen und Halbzeug <sup>1)</sup>				Schweißverfahren für Folien
		Wärmgas-schweißen	Heizelement-schweißen	Reib-schweißen	Hochfrequenz-schweißen	
Polyethylen weich	PE-LD	× 190 °C bis 210 °C	× 170 °C bis 190 °C	×		Folienschweißen mit Heizkeil
Polyethylen hart	PE-HD	× 220 °C bis 240 °C	× 190 °C bis 210 °C	×		Folienschweißen mit Heizkeil
Polypropylen	PP	× 250 °C bis 270 °C	× 210 °C bis 230 °C	×		Folienschweißen mit Heizkeil
Polyvinylchlorid hart	PVC-hart	× 220 °C bis 240 °C	× 215 °C bis 235 °C	×	×	Folienschweißen mit Heizkeil und mit Hochfrequenzverfahren
Polyvinylchlorid weich	PVC-weich	× 250 °C bis 300 °C	× 250 °C bis 300 °C		×	Folienschweißen mit Hochfrequenzverfahren (gelegentlich mit Heizkeil)
Polymethylmethacrylat	PMMA	×	⊗	⊗	⊗	–
Polystyrol	PS	×	⊗	⊗		(Besser als Schweißen ist hier Kleben)
PS-Copolymerisate SB, SAN, ABS, ASA		×	×	×		–
Polyamide	PA	×	⊗	×	×	Folien mit Hochfrequenz- oder Heizkeilverfahren
Polycarbonat	PC	×	×	×		–
Polyoximethylen	POM	× 220 °C bis 260 °C	× 200 °C bis 220 °C	×		–

<sup>1)</sup> × gut schweißbar, ⊗ bedingt schweißbar, – nicht schweißbar, leer = keine Anwendung



Kunststoffschweißen

Schweißnahtarten beim Warmgasschweißen		vgl. DIN 16 960-1 (1974-02)
<p><b>V-Naht am Stumpfstoß ohne Gegenlage</b></p> <p>Vorbereiten der Naht</p> <p>Schweißen der Naht mit Rundstäben</p> <p>mit Ovalstäben</p> <p>mit Dreikantstab</p> <p><b>X-Naht</b></p> <p>Vorbereiten der Naht</p> <p>Schweißen der Naht</p>	<p><b>V-Naht am Stumpfstoß mit Gegenlage</b></p> <p>Vorbereiten der Naht</p> <p>Schweißen der Naht mit Rundstäben</p> <p><b>Überlappnaht</b></p> <p><b>HV-Naht mit Kehlnaht</b></p> <p>Vorbereiten der Naht</p> <p>Schweißen der Naht</p>	<p><b>V-Naht am Eckstoß</b></p> <p>Hochbeanspruchbare Ausführung</p> <p>Gering belastbare Ausführung</p> <p>Vorbereiten der Naht</p> <p>Schweißen der Naht</p> <p><b>K-Stegnaht</b></p> <p>Vorbereiten der Naht</p> <p>Schweißen der Naht</p>



### Nieten

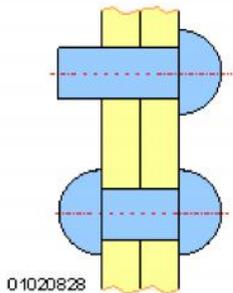
Der oder das **Niet** (Plural *Niete*; in Deutschland umgangssprachlich und in Österreich und der Schweiz auch fachsprachlich als die **Niete**, Plural *Nieten* bezeichnet) ist ein plastisch verformbares, zylindrisches Verbindungselement.

Man unterscheidet Niete, die einen beidseitigen oder einseitigen Zugang zur Verbindungsstelle erfordern.

# Fügetechnik

## Nieten

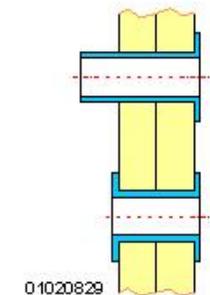
## Formen



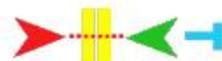
### Vollniet



Kann sehr hohe Belastungen aufnehmen. Bis etwa 8 mm wird kalt vernietet. Ab 10 mm wird warm genietet. Beim Warmnieten entstehen hohe Normalkräfte die die Bauteile aufeinander pressen. Die Verbindung kann dadurch höhere Kräfte aufnehmen.



### Hohlriet

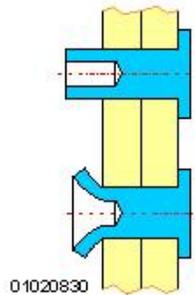


Der Niet verschleißt nicht die Bohrung.

# Fügetechnik

## Nieten

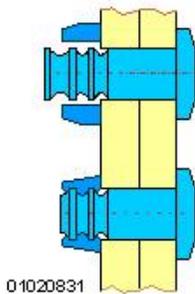
## Formen



Halbhohniet



Der Niet wird mit einem Dorn gespreizt.



Schließringniet (Schließringbolzen)

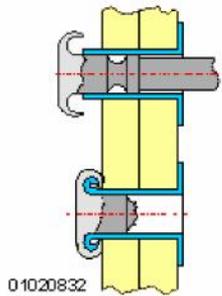


Ein Ring wird durch plastische Verformung, bei gleichzeitigem zusammendrücken der Bauteile, um den Bolzen geformt. Vibrationssichere Verbindung; hohe Zugfestigkeit.

# Fügetechnik

## Nieten

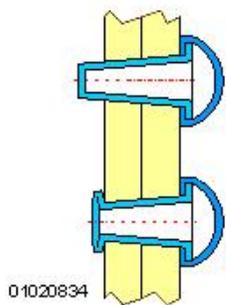
## Formen



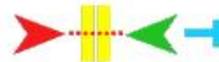
### Bolzen Niet



Ein Hohl Niet wird mit Hilfe eines "Formbolzen" gesetzt.



### Hohl Niet mit Nietkappe

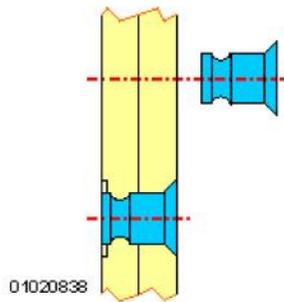


Das herausragende Ende wird kalt verformt.

# Fügetechnik

## Nieten

## Formen



### Stanzniet

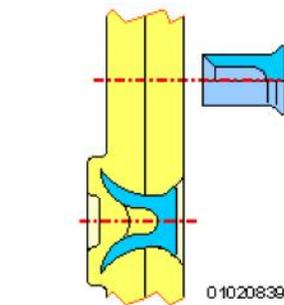


Der Niet ist selbst stanzend. Für dünne Bleche geeignet. Beidseitiger fast bündiger Abschluss. Bleche können unterschiedlich dick und aus unterschiedlichem Material sein. Hohe Zugfestigkeit.

Anwendung in St, VA, Alu

Werkstoff Niet: VA ; Alu

Gesamtbledicke: 1,8 bis 7mm



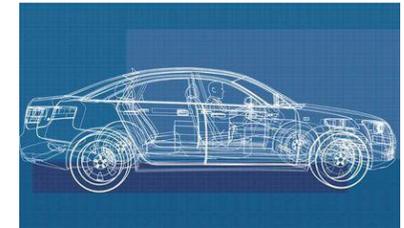
### Stanzniet



Der Stanzniet durchdringt das obere Blech und verankert sich in dem unteren Blech. Es entstehen hochfeste und dichte Verbindungen. Blechdicke: 0,75 - 2 mm

# Fügetechnik

Nieten  
Formen

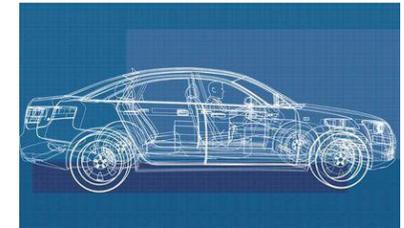


Blindniete mit Sollbruchdorn		vgl. DIN 7337 (1991-08)								
	$d_1$ (Nenn- $\varnothing$ )	2,4	3,0	3,2	4,0	4,8	5,0	6,0	6,4	
	$d_2$ Form A	5,0	6,5	6,5	8,0	9,5	9,5	12,0	13,0	
	Form B	–	6	6	7,5	9	9	11	12	
	k Form A	0,6	0,8	0,8	1,0	1,1	1,1	1,5	1,8	
	Form B	–	0,9	0,9	1,0	1,2	1,2	1,5	1,6	
	$d_3$ (Nietloch- $\varnothing$ )	2,5	3,1	3,3	4,1	4,9	5,1	6,1	6,5	
<b>Werkstoffe:</b> Niethülse: AlMgSi 0,5 AlMg 3,5, St 35, QSt 36-3, Nichtrostender Stahl A2, NiCuFe, CuNi 30 Mn 1 Fe Nietdorn: Stahldraht, Nichtrostender Stahl A2, Bronzedraht <b>Bezeichnungsbeispiel:</b> Blindniet DIN 7337-B 4,8 × 12-Al-St-A1P Erläuterung: Blindniet Form B, $d_1 = 4,8$ mm (Nenn- $\varnothing$ ), $l = 12$ mm (Nennlänge), Werkstoff der Niethülse Al, Werkstoff des Nietdornes Stahl, verzinkt, Schichtdicke min. 3 $\mu$ m (A1P).										
<p>Form A: Flachkopf</p> <p>Form B: Senkkopf</p>	<b>Nennlänge</b>	2,4 <sup>1)</sup>	3,0	3,2	Nenndurchmesser $d_1$				6,0 <sup>1)</sup>	6,4 <sup>1)</sup>
	<i>l</i>	Klemmlängenbereiche <sup>2)</sup> von ... bis								
	4	0,5...2	0,5...1,5	0,5...1,5	–	–	–	–	–	–
	6	2...4	1,5...3,5	1,5...3,5	1,5...3	2...3	2...3	–	–	–
	8	4...6	3,5...5,5	3,5...5,5	3...5	3...4,5	3...4,5	2...4	–	–
	10	–	5,5...7	5,5...7	5...6,5	4,5...6	4,5...6	4...6	–	–
	12	–	7...9	7...9	6,5...8,5	6...8	6...8	6...8	2...6	–
	16	–	9...13	9...13	8,5...12,5	8...12	8...12	8...11	6...10	–
	20	–	13...17	13...17	12,5...16,5	12...16	12...16	11...15	10...14	–
	25	–	17...22	17...22	16,5...21,5	16...21	16...21	15...20	14...18	–
	30	–	–	–	–	21...25	21...25	20...24	18...23	–
	35	–	–	–	–	25...30	25...30	24...29	–	–
40	–	–	–	–	30...35	30...35	29...34	–	–	
45	–	–	–	–	35...40	35...40	34...39	–	–	
50	–	–	–	–	40...45	40...45	39...44	–	–	
<sup>1)</sup> Nicht für Form B (Senkkopf). <sup>2)</sup> Gültig für Blindniete mit Niethülsen aus Aluminium und Nietdornen aus Stahl.										

# Fügetechnik

Nieten

Formen

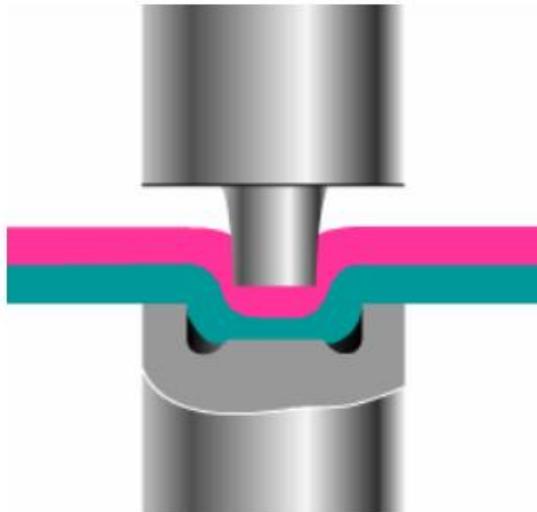


Blindnietmutter (Einnietmutter)											
	$d$	M 3	M 3	M 4	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	
	$t$ von bis	1 1,5	1,5 3	1 2	2 4	0,25 3	3 5,5	3 5,5	3,5 6	4 7	
	$l$	8,0	9,0	9,5	11,0	13,0	17,5	19,5	24,0	28,0	
	$l_1$	4,8	4,8	5,4	5,4	8,0	10,0	11,0	15,0	17,5	
	$k$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	
	$d_k$	7,5	7,5	9,0	9,0	10,0	13,0	16,0	19,0	23,0	
	$d_s$	5,0	5,0	6,0	6,0	7,0	9,0	11,0	13,0	16,0	
	$d_L$	5,0	5,0	6,0	6,8	7,0	9,0	11,0	13,0	16,0	
	<b>Werkstoffe:</b> Stahl, Nichtrostender Stahl										
	<b>Bezeichnungsbeispiel:</b> Blindnietmutter M 5 × 13										
Stanzniete											
	$t$ von bis	1,8 2,1	2,2 2,4	2,5 2,7	2,8 3	3,1 3,3	3,4 3,6	3,7 3,9	4 4,2	4,3 4,5	
	$d_s$ (Nenn Durchmesser)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	$l$ (Nennlänge)	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	
	<b>Werkstoffe:</b> Stahl, Nichtrostender Stahl										
<b>Bezeichnungsbeispiel:</b> Stanzniete 4 × 3											

# Fügetechnik

## Clinchen

Durchsetzfügen (Synonyme: Druckfügen, **Clinchen** oder Press Joining, nach einem Patenteinhaber auch Toxen) ist ein Verfahren zum Verbinden von Blechen ohne Verwendung eines Zusatzwerkstoffes



### ENTSTEHUNG DES TOX®-RUNDPUNKTS

1. Eindringen
2. Einstellen
3. Entstehen der oberen Kontur
4. Füllen der Ringnut
5. Seitliches Ausbreiten des stempelseitigen Werkstoffs
6. Fertiger TOX®-Rundpunkt

# Fügetechnik

## Clinchen

### Werkzeuge (Beispiel)

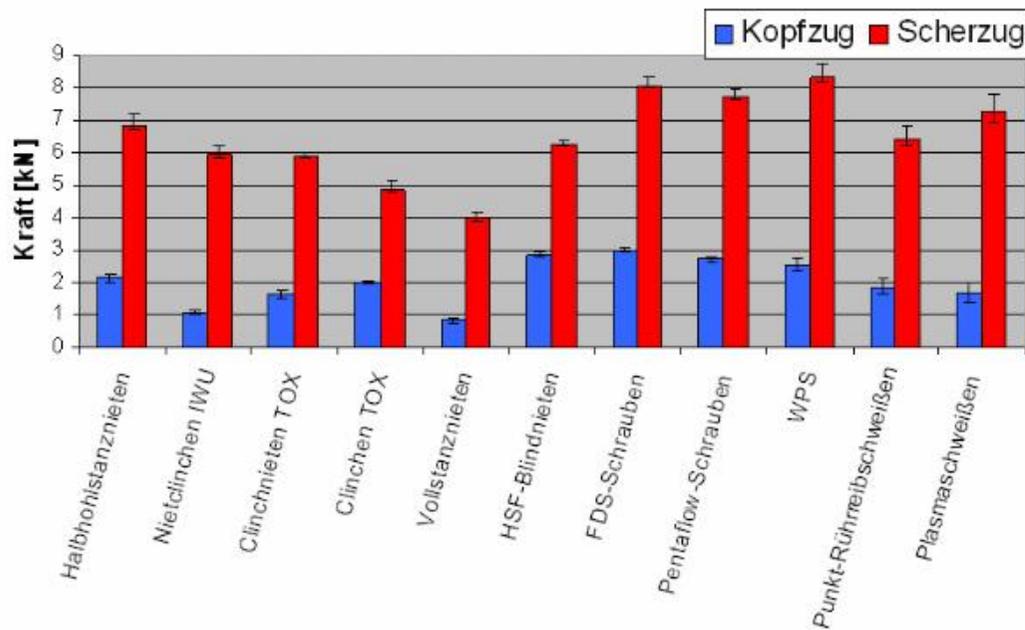


# Fügetechnik

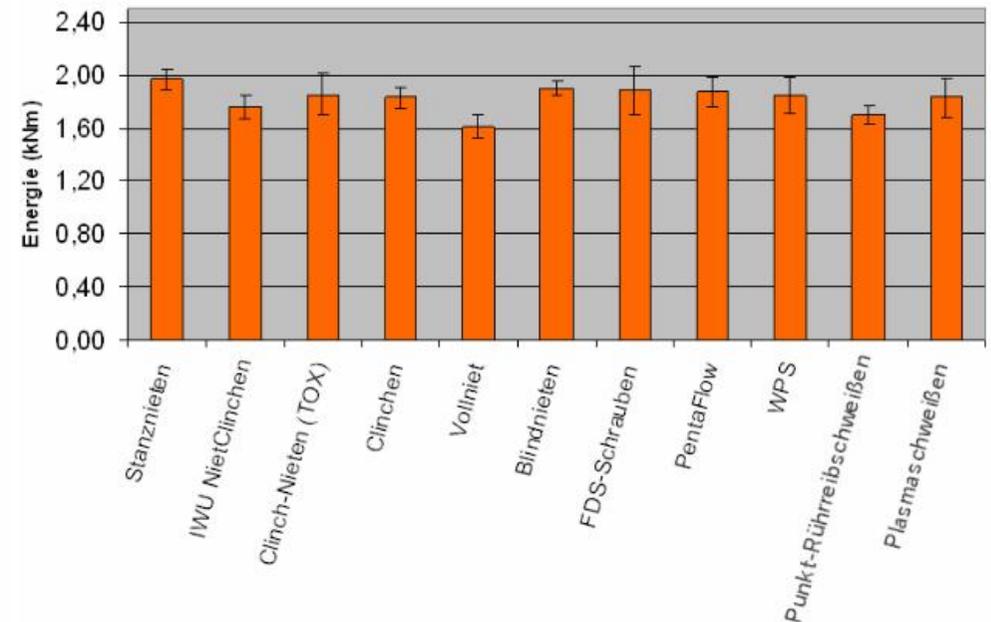
## Clinchen

## Festigkeitsvergleich

### Statische Festigkeit



### Energieaufnahme [kNm]



## Fügetechnik

### Kleben

Unter Kleben versteht man das Verbinden gleicher oder verschiedener Werkstoffe mit Hilfe von organischen oder anorganischen Zusätzen (Klebstoff), die bei Raumtemperatur oder mäßiger Erwärmung aushärten.



Der Klebeprozess lässt sich sowohl bei metallischen als auch bei nicht metallischen Werkstoffen anwenden.

Bei Klebungen handelt es sich um Verbundsysteme, deren Festigkeit neben der Beanspruchung und der geometrischen Gestaltung durch drei wesentliche Einzelfestigkeiten bestimmt wird:

- Festigkeit der Fügeteile
- Festigkeit der Grenzschichten
- Festigkeit der Klebschicht

Das Klebeverfahren nützt hierbei zwei physikalische Vorgänge, nämlich die Adhäsion verschiedener Stoffe untereinander und die Kohäsion des verfestigten Klebstoffes. Zusätzlich spielt die Benetzung der zu klebenden Oberflächen eine Rolle.

## Fügetechnik

### Kleben

#### **Adhäsion:**

Unter dem Begriff Adhäsion fasst man die Haftkräfte an den Kontaktflächen zweier verschiedener oder auch gleicher Stoffe zusammen.



Um die optimale Adhäsion einer Klebeverbindung zu erreichen, sind sowohl die

#### **spezifische Adhäsion**

(= Summe aller chemischen und physikalischen Adhäsionserscheinungen, die auf Haupt- und Nebervalenzkräften beruhen und hauptsächlich von den Van der Waals'schen Kräften verursacht werden.)

sowie die

**mechanische Adhäsion** (= Summe der mechanischen Verklammerungskräfte der Klebeschicht in Poren, Kapillaren, Vertiefungen und Unebenheiten der Werkstoffoberfläche.) zu berücksichtigen, da sie in ihrer Gesamtheit die **Adhäsionskraft** ergeben.

## Fügetechnik

### Kleben

#### **Kohäsion:**

Unter Kohäsion versteht man das Wirken von Anziehungskräften zwischen gleichartigen Atomen bzw. Molekülen ein und desselben Stoffes.

Aufgrund dieses Zusammenhalts der Masseteilchen eines Körpers nennt man sie auch „innere Festigkeit“.

Die unter dem Begriff Kohäsion vereinten Kräfte setzen sich aus den Van der Waal'schen Anziehungskräften und den Gravitationskräften (Massenanziehungskräften) zusammen.

Bezogen auf eine Klebeverbindung wird als Kohäsion die Summe der Bindungskräfte zwischen den einzelnen Molekülen des ausgehärteten Klebstoffes bezeichnet.

Die beste Klebeverbindung, bezogen auf die Festigkeit, wird erreicht, wenn Adhäsion und Kohäsion sich in etwa die Waage halten.



## Fügetechnik

### Kleben

#### **Vor- und Nachteile der Klebetechnik**

Das Kleben soll die herkömmlichen Verfahren im Bereich der Fügetechnik ergänzen und zusätzlich neue Möglichkeiten für die Fertigung schaffen.

Dabei ist es sinnvoll, vor einer Verklebung deren Vor- und Nachteile gegenüber anderen, konventionellen Methoden sorgfältig abzuschätzen.



#### **Vorteile der Klebetechnik:**

- keine Materialschwächung durch Löcher oder Gewinde
- Möglichkeit des Verbindens unterschiedlicher Stoffe
- keine oder nur geringe Wärmezufuhr erforderlich
- gleichmäßige Kraftverteilung in der Klebefuge
- Verhinderung elektrochemischer Kontaktkorrosion
- Gas- und flüssigkeitsdichte Verbindung
- Gewichtersparnis (Leichtbau)

## Fügetechnik

### Kleben

### **Vor- und Nachteile der Klebetechnik**

#### **Nachteile der Klebetechnik:**

- geringere Wärmefestigkeit der Verbindung
- oft aufwendige, mechanische, chemische oder elektrochemische Vorbehandlung der Oberflächen nötig
- begrenzte Reparaturmöglichkeiten
- aufwendige Festigkeitsberechnungen und Kontrollverfahren
- Neigung der Klebeverbindung zum Kriechen



## Fügetechnik

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

Kleben  
Klebstoffarten



### **Physikalisch härtende Klebstoffe:**

Die physikalischen Verfestigungsprozesse basieren entweder auf der Verdunstung von Lösungs- bzw. Dispersionsmitteln, die im Klebstoff enthalten sind oder auf der Abkühlung (Erstarrung) des bei der Verarbeitung geschmolzenen Klebstoffs.

Typische Vertreter dieser Klebstoffart sind Schmelzklebstoffe und Klebelösungen.

## Fügetechnik

Kleben  
Klebstoffarten



### **Chemisch härtende Klebstoffe:**

Höchste Festigkeit und Beständigkeit von geklebten Verbindungen lassen sich mit chemisch härtenden Klebstoffen erreichen.

Sie werden im niedrigmolekularen Zustand in die Klebefuge eingebracht und verfestigen sich dort durch chemische Reaktion zu einer zumindest teilweise vernetzten makromolekularen Substanz.

Diese ist nicht schmelzbar und nicht durch herkömmliche Lösungsmittel lösbar. Ihre Wärmebeständigkeit ist erheblich größer als die Verarbeitungstemperatur.

Einkomponentenklebstoffe mit Energiezufuhr, die meisten Klebstofffolien sowie Mehrkomponentenklebstoffe gehören zu der Klasse der chemisch härtenden Klebstoffe.

## Fügetechnik

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

### Faserverbundwerkstoffe

Ein **Faserverbundwerkstoff** ist ein aus im Allgemeinen zwei Hauptkomponenten, einer bettenden Matrix, sowie verstärkenden Fasern bestehender Mehrphasen- oder Mischwerkstoff.

Durch gegenseitige Wechselwirkungen der beiden Komponenten erhält dieser Werkstoff höherwertige Eigenschaften als jede der beiden einzeln beteiligten Komponenten.

Gängige Faserverbundwerkstoffe sind

GFK → glasfaserverstärkter Kunststoff

CFK → Carbonfaserverstärkter Kunststoff

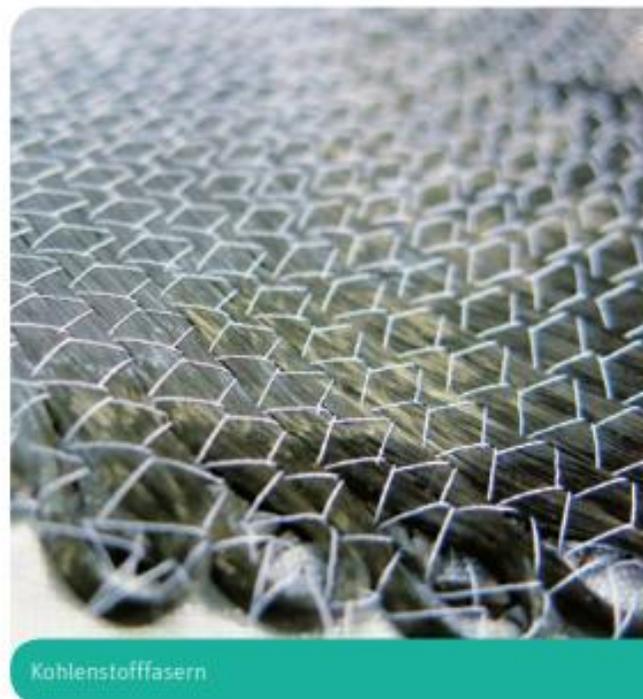


# Fügetechnik

## Faserverbundwerkstoffe



Glasfasern



Kohlenstofffasern

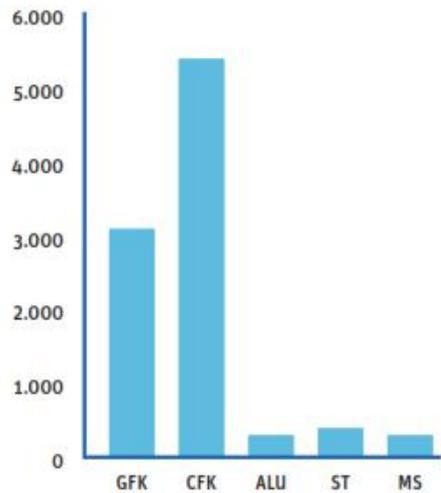
# Fügetechnik

## Faserverbundwerkstoffe

## Eigenschaften

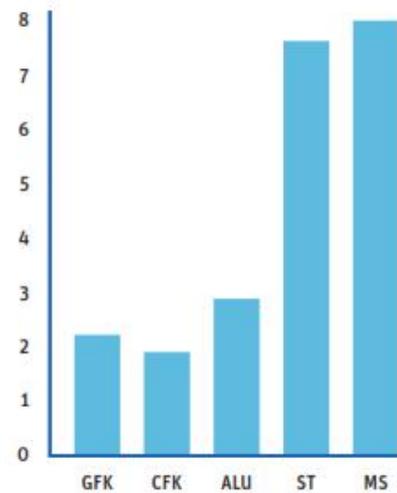


Zugfestigkeit in N/mm<sup>2</sup>



(Universität Augsburg/THK Bildungshaus Schwaben)

Dichte in g/cm<sup>3</sup>



(Universität Augsburg/THK Bildungshaus Schwaben)

FESTIGKEITS- WERTE	Zugfestigkeit in N/mm <sup>2</sup>	Dichte in g/cm <sup>3</sup> (Gewicht pro Volumeneinheit)
Glasfaser GFK	3400	2,6
Kohlenstoff- faser CFK	5600	1,8
Aluminium ALU	400	2,7
Stahl ST	600	7,85
Messing MS	460	8

## Fügetechnik

Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk

## Faserverbundwerkstoffe

### Fasern

#### Glasfasern

Kohlenstofffasern (Carbon)

Aramidfasern (z.B. Kevlar)

#### Keramikfasern

Polymerfasern (z.B. Nylon, Polyester)

Mineralfasern (z.B. Basalt, Asbest)

Naturfasern (Flachs, Miscantus)



## Fügetechnik

## Faserverbundwerkstoffe

## Fasern



### Glasfasern

Glasfasern sind lange, dünne Fasern, die aus Glas bestehen. Zur Herstellung von Glasfasern zieht man geschmolzenes Glas zu dünnen Fäden. Das an sich spröde Glas besitzt, zu einem dünnen Faden ausgezogen, eine hohe Flexibilität. Außerdem tritt ein erheblicher Festigkeitszuwachs ein.

(Henning/Maellen: Handbuch Leichtbau, 2011)



Glasfasern

## Fügetechnik

## Faserverbundwerkstoffe

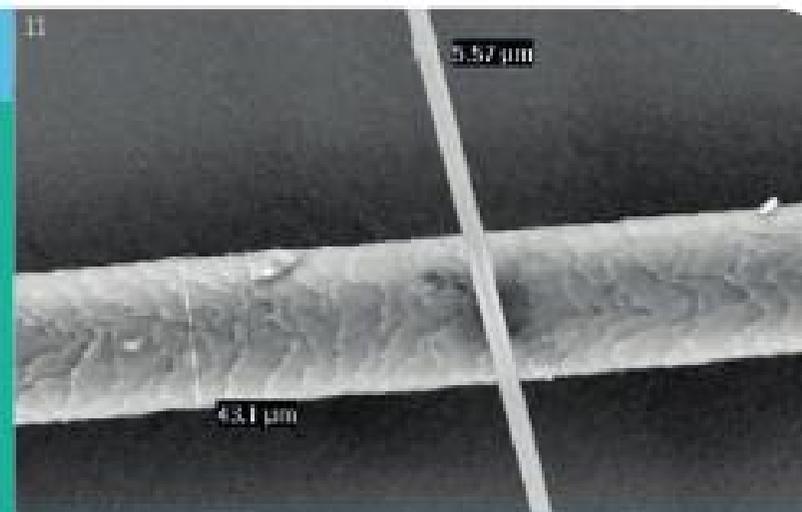
## Fasern



### Kohlenstofffasern

Auch Carbonfasern genannt (engl.: carbon fibre), sind industriell hergestellte Fasern. Eine Kohlenstofffaser hat einen Durchmesser von etwa 5-8  $\mu\text{m}$ . Üblicherweise werden 1.000 bis 24.000 Einzelfasern (Filamente) zu einem Bündel (Roving) zusammengefasst. Diese Rovings werden auf Spulen gewickelt und unter anderem auf Webmaschinen zu textilen Strukturen weiterverarbeitet.

(Henning/Moeller: Handbuch Leichtbau, 2011)



Kohlenstoff-Faser im Vergleich zu einem Menschenhaar.

# Fügetechnik

Faserverbundwerkstoffe

Textile Halbzeuge

Rovings  
Bündle unverdrehter Fasern



Vliese  
Mischung aus Lang- und Kurzfasern



Gelege  
Unidirektionale Fasergelege  
UD-Gelege



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk



## Fügetechnik

Faserverbundwerkstoffe

Textile Halbzeuge

Gewebe

Rechtwinklig verkreuzte Fäden  
Kette und Schuss



Geflecht

Ähnlich wie Gewebe  
Schlauchartig gewebt



Gestricke

Maschenware  
Für hohe Tiefziehfähigkeit



Meisterkurs Teil II Kfz-Mechaniker Handwerk



# Fügetechnik

## Faserverbundwerkstoffe

### Matrix

Fasern werden in die sogenannte Matrix eingebunden

Die Matrix besteht aus z.B. Harz, Dispersionskleber, Leim,.....

### Funktionen:

- Krafteinleitung/Spannungseinleitung in die Faser
- Fixieren der Faser
- Schutz vor mechanischen und chemischen Einflüssen
- Benetzung der Faser
- Formgebung
- Optik (z.B. Farbgebung)



# Fügetechnik

Faserverbundwerkstoffe

Herstellungsverfahren

VERFAHREN	Personalaufwand	Investitionskosten	Automatisierungsgrad	Produktionsrate	Bauteilqualität/ mechanische Eigenschaften	Sonstiges	Anwendungsbeispiele
Hand- laminierten	3	0	0	0	0	offenes Verfahren (gesundheitsgefährdend)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prototypen und kleine Serien</li> <li>• Schwimmbecken</li> </ul>
Vakuum- infusion	3	0	0	0	1	für große Bauteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotorblätter für Windkraftanlagen</li> <li>• Schiffsbau</li> </ul>
Pultrusion	0	3	3	3	3	nur für Profile geeignet	Rohre, Leitungen und Profile
Wickeln	0	3	3	1	3	kleine komplexe Strukturen möglich	Druckbehälter
RTM	1	2	2-3	2	2	großserientauglich	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automobilbauteile</li> <li>• Kleine Luftfahrtbauteile</li> </ul>
Prepreg/ Autoklav	2	2	1-2	1	3	begrenzte Haltbarkeit von Prepregs	Bauteile für Rennwagen, Luftfahrtbauteile, Reparatur

0: gering 1: mittel 2: hoch 3: sehr hoch

