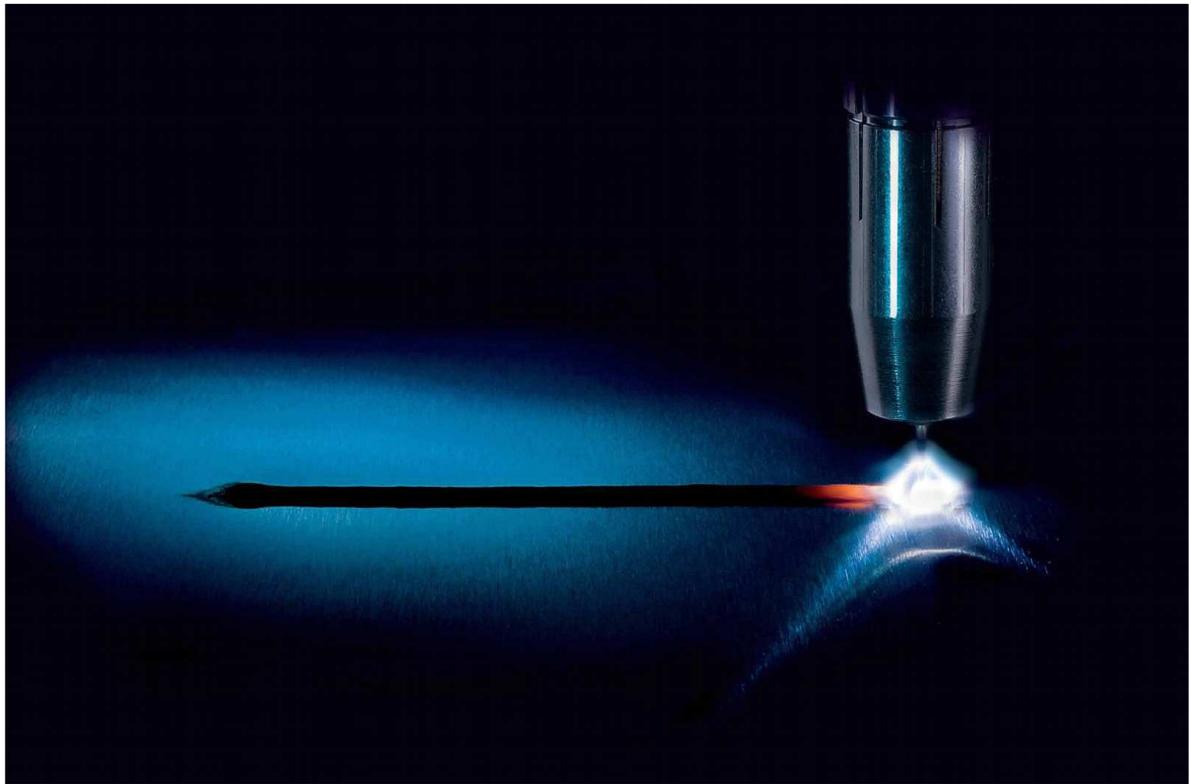


## Der Weg zur Schweisser-Prüfbescheinigung



## Inhaltsverzeichnis

<b>Zertifizierung und Qualitätssicherung</b> .....	<b>2</b>
<b>Einteilung in Ausführungsklassen (Execution classes, EXC)</b> .....	<b>2</b>
<b>Qualifizierung von Schweissern</b> .....	<b>2</b>
<b>Die Schweissaufsicht</b> .....	<b>2</b>
<b>Aufbauende Theorie zum MAG-Schweissen, auf Basis der bereits absolvierten üK's</b> .....	<b>3</b>
<b>Einfluss der Schweissbedingungen auf die Nahtgeometrie</b> .....	<b>3</b>
Einfluss der Schweissstromstärke (Ampère A, Formelzeichen I) .....	3
Einfluss der Schweissspannung (Volt V, Formelzeichen U).....	3
Bedienpanel Kemppi Kempact 253A .....	4
<b>Der Lichtbogen</b> .....	<b>4</b>
Kurzlichtbogen (k) (<19 V)* .....	4
Übergangslichtbogen (ü) (19-24 V)* .....	5
Sprühlichtbogen (s) (>24 V)* .....	5
Langlichtbogen (l) (>24 V)*.....	5
Impulslichtbogen (p) .....	6
Rotierender Lichtbogen / Hochleistungs-Lichtbogenarten (HLLB) .....	6
<b>Brennerhaltung und Schweissrichtung</b> .....	<b>7</b>
<b>Einfluss des Kontaktrahabstandes</b> .....	<b>7</b>
<b>Schutzgase</b> .....	<b>8</b>
Aktive Schutzgase zum Schweissen von Stählen.....	8
Argon/CO <sub>2</sub> -Gemische .....	8
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ).....	8
Einfluss der Schutzgase auf die Nahtgeometrie .....	9
<b>Bemassung einer Schweissnaht</b> .....	<b>9</b>
Schweissnahtlehre .....	9
<b>Schweiss-Symbole für das Metall-Aktivgasschweissen</b> .....	<b>10</b>
Zusatzsymbole der Schweissnahtbezeichnung .....	10
Anwendungsbeispiele für Zusatzsymbole.....	11
Nahtdarstellung auf Konstruktionsplänen .....	11
Wahl der Fugenform.....	12
<b>Schweissnahtunregelmässigkeiten nach EN ISO 6520-1</b> .....	<b>12</b>
Schweissnahtfehler / Schweissnahtunregelmässigkeit .....	12
<b>Prüfstücke Schweisserprüfung</b> .....	<b>15</b>
Kehlnaht am Blech .....	15
Kehlnaht am Rohr .....	15
Stumpfnaht am Blech .....	15
<b>Chronologischer Ablauf einer Schweisserprüfung mit Bezeichnungspeispiel</b> .....	<b>16</b>
<b>Bezeichnungsbeispiel einer Schweisserprüfung</b> .....	<b>17</b>
DIN EN ISO 9606-1 135 P FW FM1 S t12 PB ml.....	17
DIN EN ISO 9606-1 135 P FW FM1 S t3.2 D48.3 PB ml .....	17
DIN EN ISO 9606-1 135 P BW FM1 S t12 PB ml ss nb.....	17
<b>Schweissanweisung (WPS)</b> .....	<b>18</b>
<b>Muster einer Schweisser-Prüfbescheinigung</b> .....	<b>19</b>

## Zertifizierung und Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung nimmt in der freien Marktwirtschaft immer einen höheren Stellenwert ein. Sie dient zur Verminderung von Produkt- und Herstellerfehlern. Mit der Einführung der Normenreihe EN1090 besteht nun auch im Stahl- und Aluminiumbau ein europaweiter, einheitlicher Qualitätsstandard am Markt, dessen Einhaltung durch internationale Verträge und nationale Gesetzgebungen gefordert wird. Unternehmen welche Tragkonstruktionen aus Stahl oder Aluminium herstellen, müssen sich gemäss EN 1090ff zertifizieren lassen. Die Zertifizierung besteht aus einem Konformitätsverfahren (betriebliche Zertifizierung mit WPK) und der Zertifizierung der Schweisstechnologie. Die Überwachung der Fertigung wird durch eine interne oder externe Schweissaufsichtsperson sichergestellt.

## Einteilung in Ausführungsklassen (Execution classes, EXC)

Je nachdem, welche Produkte ein Metallbaubetrieb herstellt, wird eine der vier möglichen Ausführungsklassen (EXC) für die Zertifizierung festgelegt. Je höher die Ausführungsklasse ist, desto höher sind auch die zu erfüllenden Anforderungen, welche durch die EN 1090-2/3 an den Betrieb gestellt werden.

Falls keine Angaben hinsichtlich der Ausführungsklasse gemacht werden, gilt EXC2.

- EXC1 **Geringe** Anforderungen (Elementare Qualitätsanforderungen z.B. privater Bereich).
- EXC2 **Mittlere** Anforderungen (Standart-Qualitätsanforderungen öffentlich / gewerblicher Bereich).
- EXC3 **Hohe** Anforderungen (Umfassende Qualitätsanforderungen).
- EXC4 **Sehr hohe** Anforderungen (Umfassende Qualitätsanforderungen).

## Qualifizierung von Schweißern

Durch die Einführung der Normenreihe EN1090 dürfen nur noch geprüfte Schweißer eingesetzt werden. Die Schweißerqualifizierung muss gemäss EN 9606-1 ausgeführt werden. Durch die bestandene Schweißerprüfung qualifiziert sich der Schweißer für die Ausführung von qualitativ anspruchsvollen Schweißarbeiten im Gültigkeitsbereich seiner Prüfungen sowie alle anderen Verbindungen, die entsprechend dieser Norm als leichter zu schweissen eingestuft sind.

Bei der Qualifizierung muss der Schweißer ein Prüfstück in einer ausgewählten Position schweissen. Das Prüfstück wird anschliessend zerstörend oder zerstörungsfrei geprüft. Werden die Prüfungen ohne Beanstandung abgelegt, so ist die Prüfstelle berechtigt, dem Schweißer eine Prüfbescheinigung auszustellen. In dieser Prüfbescheinigung sind die Geltungsbereiche, in denen der Schweißer in der Fertigung/Montage seine Schweißstätigkeit ausüben darf, aufgeführt. Sie sind 3 Jahre gültig, wenn die verantwortliche Schweissaufsichtsperson oder eine externe Prüfstelle alle 6 Monate bestätigt, dass das jeweilige Verfahren vom qualifizierten Schweißer angewendet wird.

## Die Schweissaufsicht

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 muss die Schweissaufsicht während der Ausführung der Schweißarbeiten durch ausreichend qualifiziertes Schweissaufsichtspersonal sichergestellt sein. Sie muss über Erfahrungen in den zu beaufsichtigenden Schweißarbeiten, wie in EN ISO 14731 festgelegt, verfügen. In Bezug auf die zu beaufsichtigenden Schweißarbeiten muss das Schweissaufsichtspersonal technische Kenntnisse nach der unten aufgeführten Tabelle für Baustahl der EN 1090-2 besitzen.

EXC	Stähle (Gruppe)	Bezugsnormen	Materialdicke (mm)		
			$t \leq 25^a$	$25 < t \leq 50^b$	$t > 50$
EXC2	S235 bis S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C <sup>c</sup>
	S420 bis S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C <sup>d</sup>	C
EXC3	S235 bis S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420 bis S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	Alle	Alle	C	C	C

<sup>a</sup> Stützenfußplatten und Stirnbleche  $\leq 50$  mm.  
<sup>b</sup> Stützenfußplatten und Stirnbleche  $\leq 75$  mm.  
<sup>c</sup> Bei Stählen des Festigkeitsbereichs bis zu S275 sind spezielle technische Kenntnisse (S) ausreichend.  
<sup>d</sup> Bei Stählen N, NL, M und ML sind spezielle technische Kenntnisse (S) ausreichend.

B = Basiskenntnisse (z.B. Schweissaufsichtskurs AM Suisse oder gbd)  
 S = Spezielle technische Kenntnisse (Schweissfachmann)  
 C = Umfassende technische Kenntnisse (Schweissingenieur)

## Aufbauende Theorie zum MAG-Schweissen, auf Basis der bereits absolvierten üK's

### Einfluss der Schweissbedingungen auf die Nahtgeometrie

#### Einfluss der Schweissstromstärke (Ampère A, Formelzeichen I)

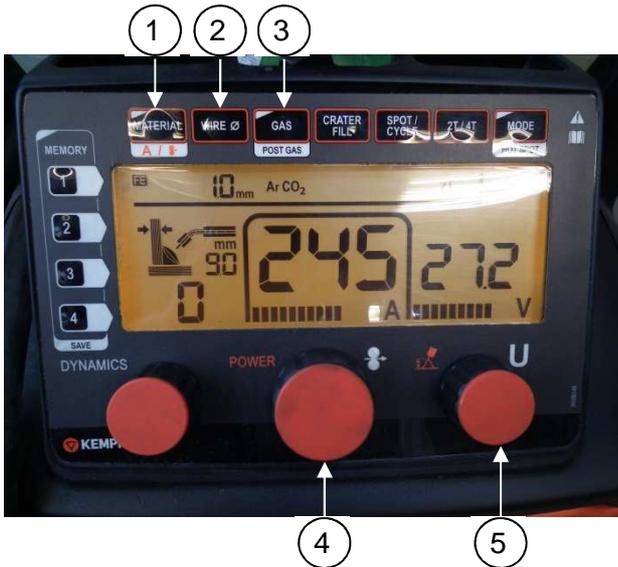
Durch die Stromstärke werden wie bei allen Lichtbogenschweisprozessen in erster Linie die Abschmelzleistung und die Einbrandtiefe beeinflusst. Eine Erhöhung der Schweissstromstärke führt, unter der Voraussetzung eines stabilen Lichtbogens, zu einem tieferen Einbrand. Demzufolge ist im Kurzlichtbogenbereich der Einbrand flacher als im Sprühlichtbogenbereich. Die Abschmelzleistung steigt ebenfalls mit zunehmender Stromstärke.

Die Einstellung der Schweissstromstärke erfolgt durch Veränderung der Drahtfördergeschwindigkeit. Bei den am häufigsten verwendeten Drahtdurchmessern von 1,0 und 1,2 mm ist die Schweissstromstärke zur Drahtfördergeschwindigkeit etwa proportional. Bleiben Drahtfördergeschwindigkeit und Lichtbogenspannung konstant, kann sich eine Änderung der Schweissstromstärke auch durch grösser oder kleiner werdenden Kontaktrahabstand ergeben.

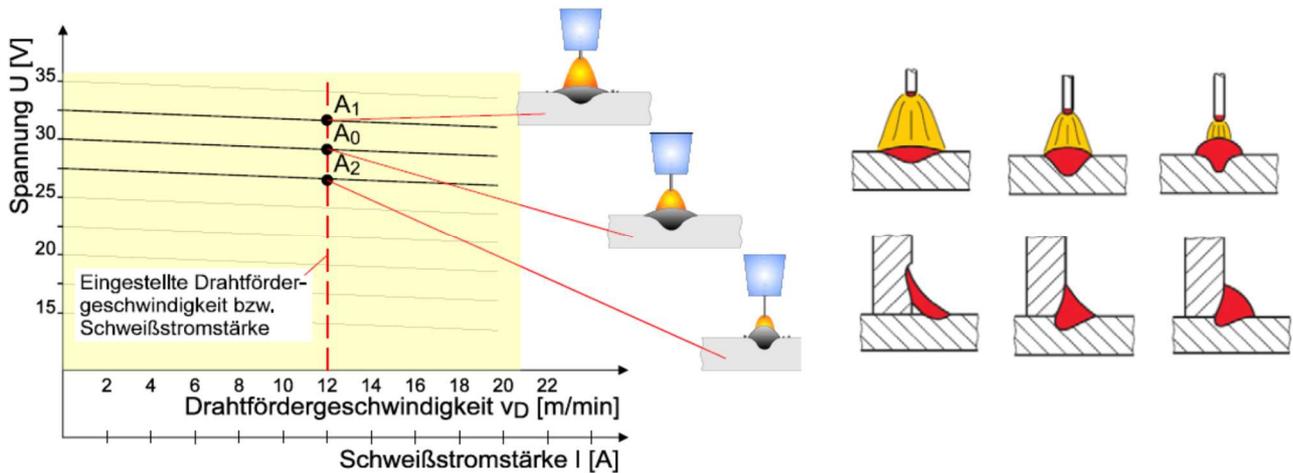
#### Einfluss der Schweissspannung (Volt V, Formelzeichen U)

Die Spannung muss durch Wahl einer Kennlinie an der Stromquelle der entsprechenden Stromstärke zugeordnet werden. Je grösser die Spannung bei gleichbleibender Drahtfördergeschwindigkeit ist, umso länger wird der Lichtbogen. Dadurch wird die Schweissnaht breiter und flacher. Bei einer zu hoch gewählten Spannung ergeben sich zu geringe Einbrandtiefen bzw. Bindefehler, grosse Spritzerverluste und schlechtere mechanische Gütewerte.

**Bedienpanel Kempfi Kempact 253A**



1. Materialwahl Zusatzwerkstoff:  
FE (135, Massivdrahtelektrode) / BRAZING (Lötwerkstoff) / FCAW (136, schweißpulvergefüllte Fülldrahtelektrode) / MCAW (138 metallpulvergefüllte Fülldrahtelektrode)  
Bei längerem Drücken, umschalten der Anzeige von Stromstärke (A) zu Drahtvorschubgeschwindigkeit (m/min)
2. Auswahl Schweißdrahtdurchmesser
3. Auswahl Schutzgas ArCO<sup>2</sup> / CO<sup>2</sup> / Bei längerem Drücken, Einstellung der Gasnachströmfunktion
4. Einstellknopf für Drahtvorschubgeschwindigkeit (m/min) oder Stromstärke (Ampère)
5. Einstellknopf für Spannung / Lichtbogenlänge (Volt)



Einfluss der Lichtbogen­spannung (U) auf den Einbrand und die Nahtform

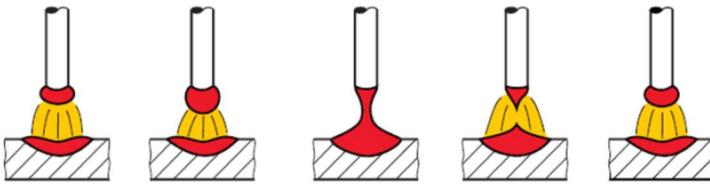
**Der Lichtbogen**

Die am Pluspol einer Gleichstromquelle angeschlossene Drahtelektrode wird unter der Leerlaufspannung mit dem an der Masse liegenden Werkstück in Kontakt gebracht. Der Kurzschlussfunken und die Widerstandserwärmung bilden die Initialzündung für den Lichtbogen. Die Metall-Schutzgas-Technik mit abschmelzender Drahtelektrode ermöglicht durch die Wahl von Schutzgas und Schweißparametern verschiedene Lichtbogentypen, die sich in der Art des Werkstoffübergangs deutlich voneinander unterscheiden. Entscheidend für die richtige Wahl der Lichtbogenart sind Blechdicke, Schweißposition und Schutzgastyp.

**Kurzlichtbogen (k) (<19 V)\***



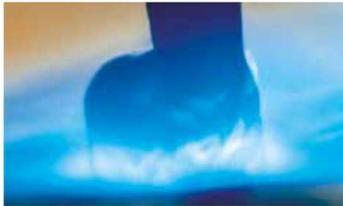
Der Tropfenübergang erfolgt bei kleinen Lichtbogenleistungen in der Kurzschlussphase. Je Sekunde gehen etwa 50 bis 100 Tropfen in das Schweißbad über. Dabei wird der Pincheffekt wirksam, der zusammen mit der Oberflächenspannung den Tropfen ablöst. Dadurch wird der Lichtbogen neu gezündet und der Vorgang wiederholt sich von neuem. Es entsteht das typische Geräusch, das diesen Lichtbogen kennzeichnet. Der Werkstoffübergang erfolgt mit geringer Spritzerbildung im Kurzschluss, bei sehr kurzem Lichtbogen.



Tropfenübergang im Kurzlichtbogen

Der Kurzlichtbogen (KLB) wird für dünne Bleche, Zwangslagen und Wurzelschweissungen im niedrigen Leistungsbereich verwendet.

**Übergangslichtbogen (ü) (19-24 V)\***

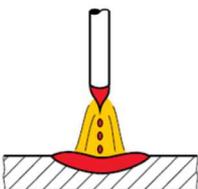


Bei mittleren Lichtbogenleistungen erfolgt der Tropfenübergang teilweise im Kurzschluss und teilweise kurzschlussfrei. Die Kurzschlussfrequenz nimmt ab, die Tropfengrösse nimmt zu. Gegenüber dem Kurzlichtbogen ist das Schweißbad aufgrund der höheren Temperatur dünnflüssiger, ein Schweißen in Zwangspositionen ist daher nur begrenzt möglich. Die Spritzeraktivität nimmt stark zu. Dieser Lichtbogenbereich sollte möglichst vermieden werden. Mit dem Übergangslichtbogen (ÜLB) werden Bleche im mittleren Wanddickenbereich verschweisst, bei denen der Kurzlichtbogen aufgrund der zu geringen Energiedichte und der Sprühlichtbogen aufgrund der zu hohen Energiedichte nicht verwendet werden kann.

**Sprühlichtbogen (s) (>24 V)\***



Bei hohen Lichtbogenleistungen (> 250 A) und unter Argon oder argonreichen Mischgasen lösen sich in schneller Folge kleine Tropfen vom Drahtelektrodenende ab und fliegen kurzschlussfrei und damit auch spritzerarm in das Schweißbad. Pro Sekunde entstehen etwa 150 – 300 Tropfen. Die grosse Lichtbogen- und Abschmelzleistung ergeben ein dünnflüssiges Schmelzbad, die Abschmelzleistung ins hoch. Mit CO<sub>2</sub> als Schweißgas ist der Sprühlichtbogen nicht möglich. Mit dem Sprühlichtbogen lassen sich nur Bauteile von über 4mm Wanddicke und in den Positionen PA und PB verschweissen.

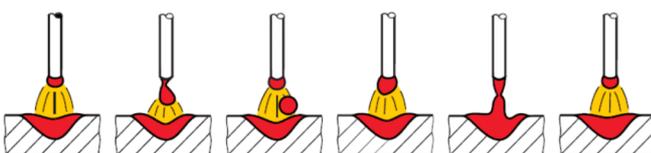


Tropfenübergang im Sprühlichtbogen

**Langlichtbogen (l) (>24 V)\***

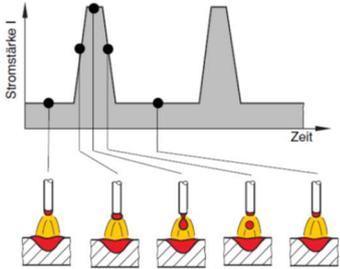
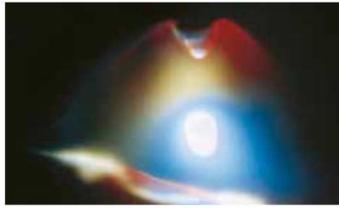


Unter CO<sub>2</sub> als Schutzgas oder Mischgasen mit einem CO<sub>2</sub>-Anteil von mehr als 20% kann kein Sprühlichtbogen mehr entstehen. Der Werkstoffübergang erfolgt zunehmend im kurzschlussbehafteten Langlichtbogen. Eine der Ursachen ist die gute Wärmeleitfähigkeit von CO<sub>2</sub>. Im Unterschied zu Argon und argonreichen Mischgasen bildet sich ein kleiner Lichtbogenansatzpunkt unterhalb des Tropfens. Dadurch kann der Pincheffekt nicht die Einschnürung des Tropfens forcieren, die axialen Kräfte wirken ihr sogar entgegen. Es bilden sich grossvolumige Tropfen, die zu vermehrter Spritzerbildung führen.



Tropfenübergang im Langlichtbogen

**Impulslichtbogen (p)**



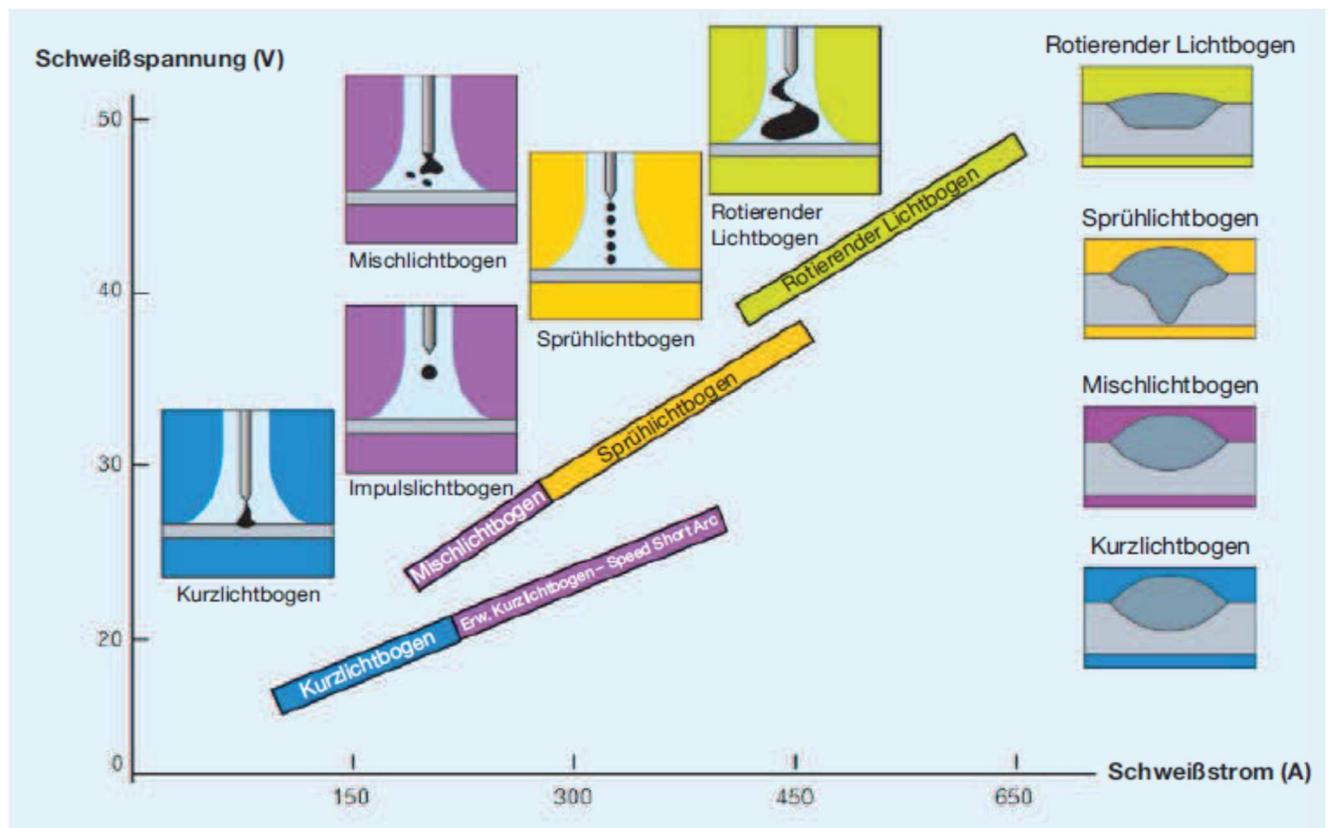
Der Impulslichtbogen (p) ist generell für alle Leistungsbereiche beim MIG- und MAG-Schweissen unter argonreichen Mischgasen einsetzbar und erfordert eine besondere Schweißstromquelle. Bevorzugt verwendet, wird er für den mittleren Leistungsbereich anstelle des Übergangslichtbogens. Der Werkstoffübergang erfolgt kurzschlussfrei, mit definierter Tropfenbildung pro Impuls. Der Impulslichtbogen weist die geringste Spritzerbildung im Vergleich zu allen anderen Lichtbogenarten auf. Der Einsatz des Impulslichtbogens unter CO<sub>2</sub> ist nicht möglich, da Kohlendioxid einen punktförmigen Lichtbogenansatz bewirkt und die Tropfen-einschnürung (Pinch-Effekt) unterdrückt wird. Der Schweißguttropfen wird durch eine nach oben gerichtete Kraftkomponente hochgedrückt, und es erfolgt ein nicht gewünschter grobtropfiger Werkstoffübergang.

**Rotierender Lichtbogen / Hochleistungs-Lichtbogenarten (HLLB)**

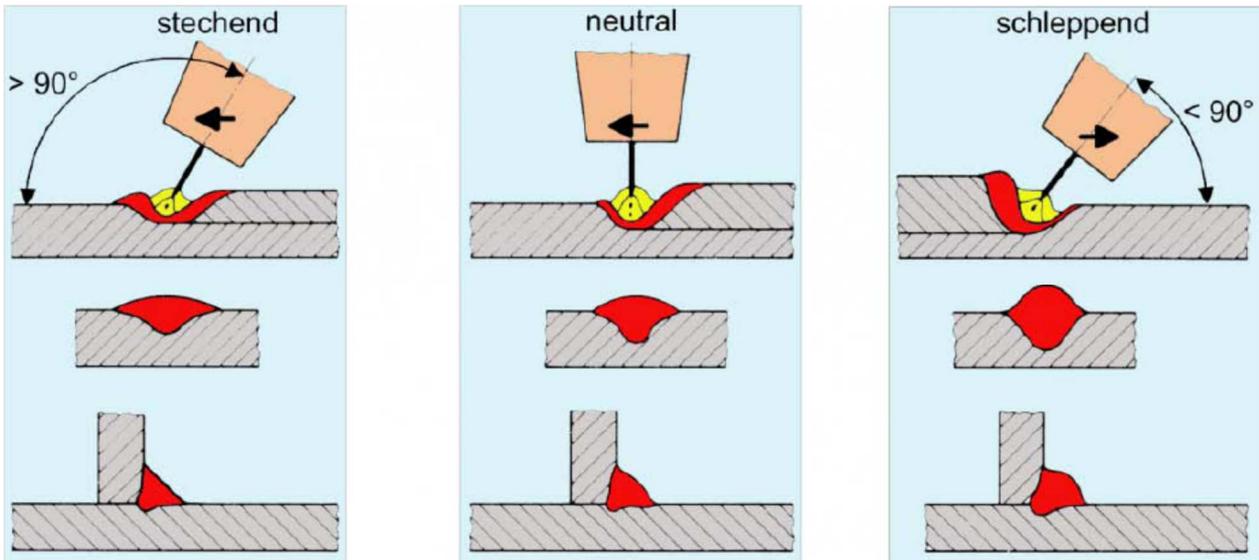


Die Hochleistungs-Lichtbogenarten (HLLB) werden für sehr hohe Abschmelzleistungen und Schweißgeschwindigkeiten unter speziellen Argon-Mischgasen mit Helium-Anteilen verwendet. Je nach Schutzgaszusammensetzung stellen sich unterschiedliche Lichtbogenarten und Werkstoffübergänge ein: Man kann einen Hochleistungs-Kurzlichtbogen (HL-KLB), einen Hochleistungs-Sprühlichtbogen (HL-SLB) und einen rotierenden Lichtbogen (RLB) voneinander unterscheiden.

\* Spannungsangaben sind Richtwerte



## Brennerhaltung und Schweissrichtung



Einbrandtiefe und Nahtbreite bei unterschiedlichen Brennerstellungen

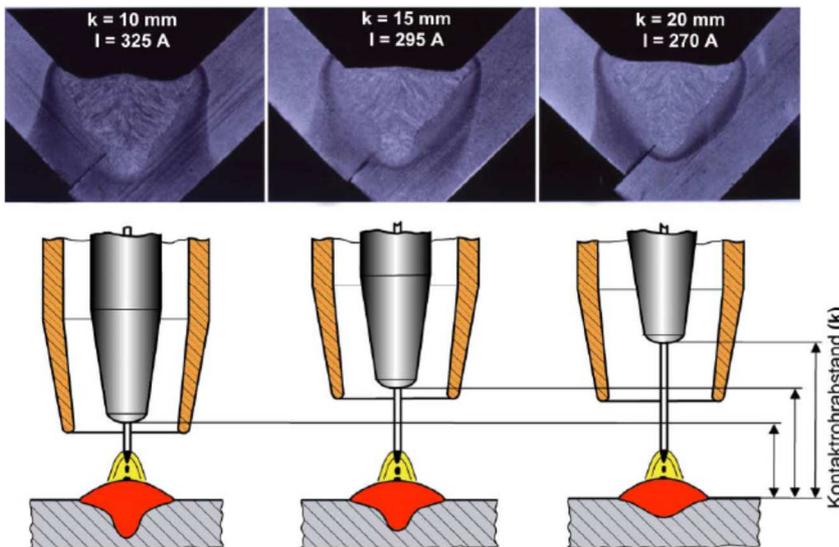
Der Brenner wird in Schweissrichtung, ca. 10°-20° geneigt. Bei zu stark geneigtem Brenner besteht die Gefahr, dass Luft in das Schutzgas eingesaugt wird.

Beim **stechenden Schweißen** (nach Linksschweissung) wird der Einbrand geringer und ergibt flachere Nähte. Anwendung in der Regel beim Schweißen mit Massivdrähten.

Beim **schleppenden Schweißen** (nach Rechtsschweissung) ergibt sich ein tiefer Einbrand, die Naht wird höher und schmaler. Anwendung bei schlackenführenden Fülldrähten oder bei Dünnblechen in der Position PG (Fallnaht bis 3mm)

## Einfluss des Kontaktrohrabstandes

Der Kontaktrohrabstand, auch Stick out genannt, ist das Mass zwischen Unterkante Kontaktrohr und der aufzuschmelzenden Werkstückoberfläche in Drahtaustrittsrichtung. Bei konstantem Drahtvorschub bewirkt eine Vergrößerung des Kontaktrohrabstandes eine Verringerung der Schweissstromstärke, da der ohmsche Widerstand am Drahtende grösser wird. Somit wird auch die Einbrandtiefe geringer.



Einfluss des Kontaktrohrabstandes auf die Änderung des Schweissstromes

Die Einstellung des Kontaktrohrabstandes ist abhängig von der Abschmelzleistung sowie der Lichtbogenart. Als Faustregel gilt:

Kontaktrohrabstand in mm = Drahtelektrorendurchmesser x 10...12 (Kurzlichtbogen)

Kontaktrohrabstand in mm = Drahtelektrorendurchmesser x 12...15 (Sprüh- und Impulslichtbogen)

## Schutzgase

Beim MSG-Schweissen ist eine Abschirmung der Schmelze durch Schutzgase nötig. Würde die Luft nicht verdrängt, käme es vor allem zu Stickstoff- und ggf. zu Sauerstoffeinschlüssen. Das Schweissgut würde verspröden. Welche Gase oder Gasgemische als Schutzgase geeignet sind, hängt hauptsächlich vom Werkstoff ab. Da viele Werkstoffgruppen mit mehreren Schutzgasen geschweisst werden können, müssen bei der Auswahl des Schutzgases viele Zusammenhänge berücksichtigt werden.

Die Schutzgasmenge zum Schweissen von Stählen kann mit der Faustformel bestimmt werden:

**Gasmenge in l/min = 10 – 12x Drahtdurchmesser in mm**



Die Gasmenge kann mit Hilfe eines Gasmengenmessrohres bestimmt werden. Das strömende Schutzgas hebt im kegelförmigen Messrohr einen Schwebekörper entsprechend der Durchflussmenge an. Die Gasmenge ist an der Oberkante der Kugel abzulesen.

### Aktive Schutzgase zum Schweissen von Stählen

Schutzgase, die mit der abschmelzenden Drahtelektrode und dem Schweissbad Verbindungen eingehen, werden als aktive Schutzgase bezeichnet (MAG = Metall-Aktivgasschweissen). Am gängigsten sind die Schutzgase CO<sub>2</sub> und Argon/CO<sub>2</sub> Gemische.

### Argon/CO<sub>2</sub>-Gemische

Für unlegierte und niedrig legierte Stähle kommen Ar/CO<sub>2</sub>-Gemische mit CO<sub>2</sub>-Anteilen von 4 – 25% zur Anwendung. (Häufig verwendetes Schutzgas: 82%Ar, 18%CO<sub>2</sub>). Dieser Schutzgastyp ist für Massivdrahtelektroden und die meisten Fülldrahtelektroden gut geeignet. Im Vergleich mit reinem Argon wird bei steigendem CO<sub>2</sub>-Anteil der Seiteneinbrand tiefer, die Porenhäufigkeit geringer und die Schlackenmenge grösser. Beim Schweissen im Kurzlichtbogen eignen sich Ar/CO<sub>2</sub>-Gemische gut für Dünoblech-Verbindungen und Spaltüberbrückungen.

Der Sprühlichtbogen ist nur mit einem begrenzten CO<sub>2</sub>-Anteil im Schutzgas möglich. Bei CO<sub>2</sub>-Anteilen über 20% sind auch bei grossen Lichtbogenleistungen Kurzschlüsse beim Tropfenübergang vorhanden. Der Tropfenübergang beim Impulslichtbogen wird mit zunehmendem CO<sub>2</sub>-Anteil schwieriger. Auch hier darf der CO<sub>2</sub>-Anteil nicht über 20% liegen.

### Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

CO<sub>2</sub> wird hauptsächlich für unlegierte Stähle verwendet.

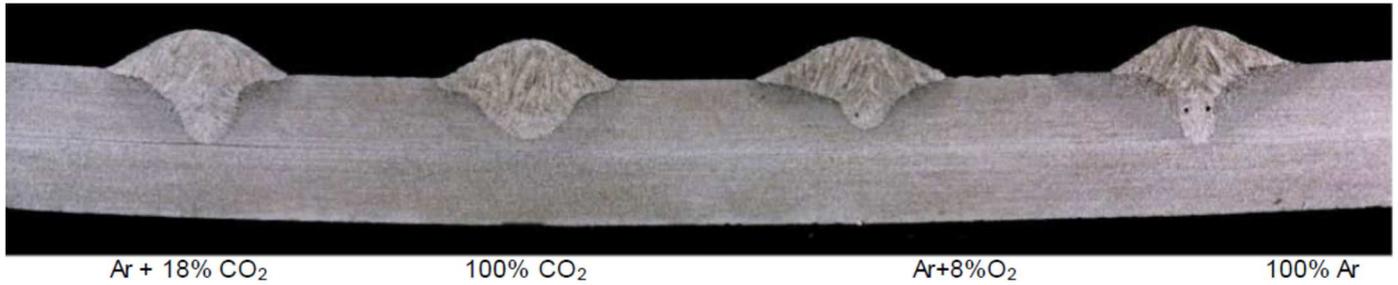
Der CO<sub>2</sub>-Lichtbogen wird neben den Metaldämpfen wesentlich durch die Wärmeleitfähigkeit des Gases beeinflusst. CO<sub>2</sub> leitet die Wärme sehr gut, daher ist bei gleicher Stromstärke eine um etwa 4 Volt höhere Spannung erforderlich. Das Einbrandprofil wird bei gleicher Lichtbogenleistung deutlich breiter als bei argonreichen Mischgasen. Auch das Schweissen in Zwangspositionen, z. B. bei Fallnähten an dickeren Werkstücken wird verbessert.

Die Tropfenablösung ist auch bei höheren Lichtbogenleistungen nicht kurzschlussfrei. Die im Lichtbogen wirkenden Kräfte und die Kurzschlussvorgänge erschweren den Tropfenübergang. Dadurch kommt es zu verstärkter Spritzerbildung, die Schmelze wird in Schwingungen versetzt. Die Folge sind grobschuppige Nähte.

Beim Schweissen unter CO<sub>2</sub> müssen Lichtbogenleistung und Stromstärke sorgfältiger aufeinander abgestimmt sein, als dies bei Mischgasen nötig ist. Der Schweisser braucht eine gewisse Erfahrung im Einstellen des Arbeitspunktes. Der Einsatz einer Drossel zur Begrenzung der Kurzschlussstromspitzen beim Tropfenübergang ist zu empfehlen.

Das Schweissen an dünnen Werkstücken unter 1mm und das Überbrücken grösserer Spalte ist mit CO<sub>2</sub> schwierig. Ein impulsgesteuerter Tropfenübergang ist in reinem CO<sub>2</sub> nicht möglich, weil zu grosse Rückstosskräfte am Drahtelektrodenende entstehen.

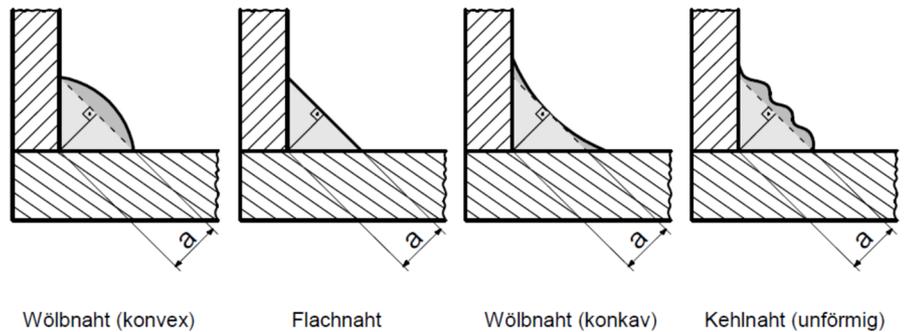
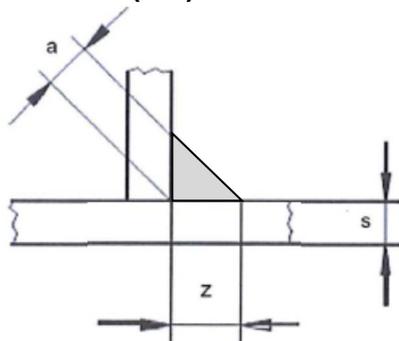
**Einfluss der Schutzgase auf die Nahtgeometrie**



Aus der Abbildung wird deutlich, dass der Einbrand mit zunehmendem Argonanteil schmaler wird. Der bei CO<sub>2</sub> im Vergleich zu argonreichen Mischgasen tiefere Seiteneinbrand wird durch die hohe Wärmeleitfähigkeit und frei werdende Rekombinationswärme des CO<sub>2</sub> hervorgerufen.

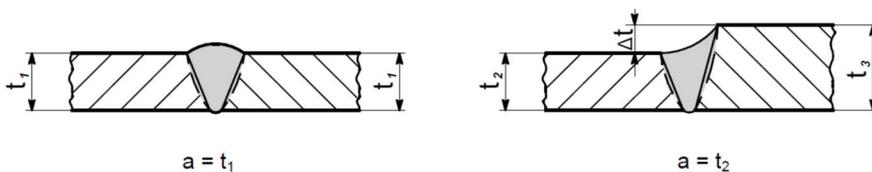
**Bemassung einer Schweissnaht**

**Kehlnaht (FW)**



Standardnaht  $a = 0.5 \times \text{Blechstärke}$   
 Festigkeitsnaht  $a = 0.7 \times \text{Blechstärke}$

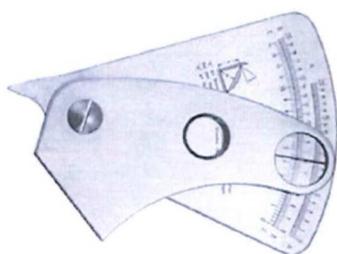
**Stumpfnah (BW)**



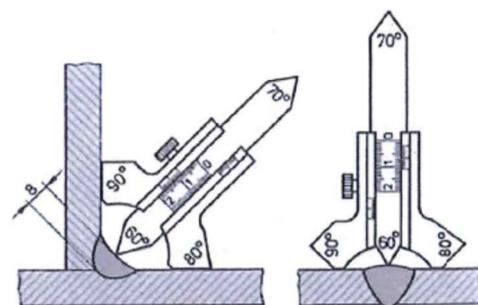
$a$  = Nahtdicke  
 $z$  = Schenkellänge

**Schweissnahtlehre**

Mit Schweissnahtlehren oder Schweissnahtmessgeräten, kann man den Querschnitt einer Schweissnaht und die Nahtüberhöhung messen. Ferner dienen diese Lehren zur Überprüfung der Winkel in der Nahtfuge.



3 Skalen Schweissnahtlehre



Schweissnahtlehre mit Nonius

## Schweis-Symbole für das Metall-Aktivgasschweissen

Be-nennung	Schweis-naht-symbol	Fugenform	Schematische Nahtform	Werk-stück-dicke s mm	Abmessungen			
					$\alpha, \beta$	b mm	c mm	h, f mm
I-Naht			einseitig geschweißt	0,8...1,5 2 4	- - -	0 1 2..3	- - -	- - -
			beidseitig geschweißt	4 8	- -	2 4	- -	- -
V-Naht	V			3...20	50°	3	-	-
				6...20	50°	0...3	-	f = 4
Y-Naht	Y			10...20	50°	3	4	-
				10...20	50°	0...3	4	f = 4
HV-Naht am Schrägstoss				6...16	50°	3	-	-
Doppel-V-Naht	X			12...40	50°	3	-	h = s/2
2/3 Doppel-V-Naht	X			12...40	$\alpha_1=50^\circ$ $\alpha_2=50^\circ$	3..4	-	h = 2/3s

### Zusatzsymbole der Schweisnahtbezeichnung

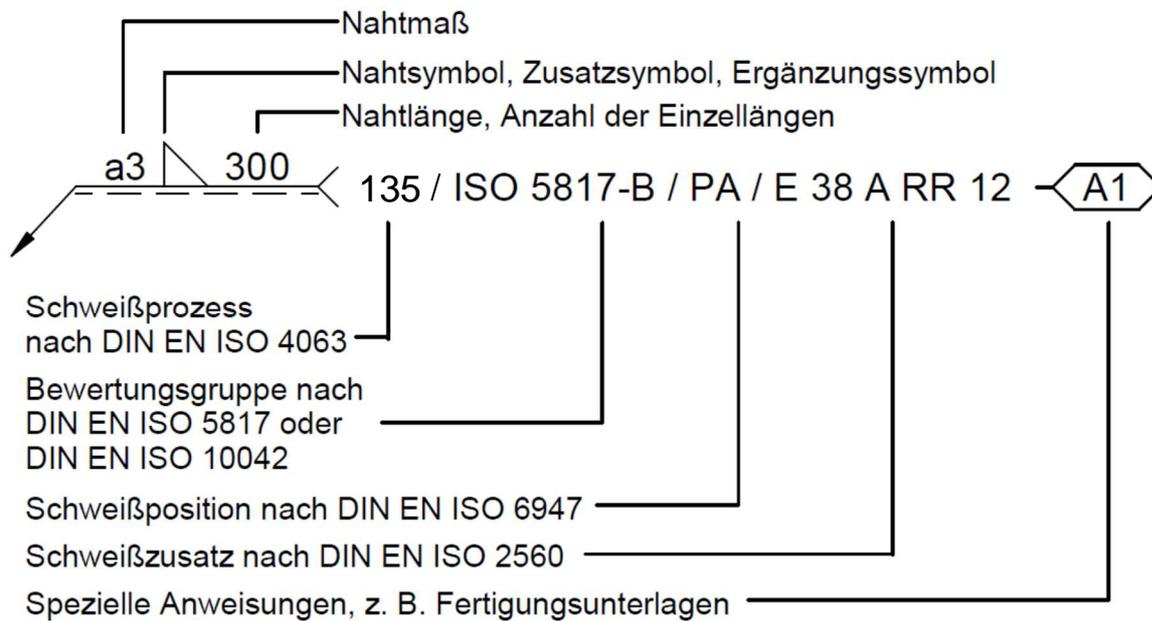
Form der Oberflächen oder der Naht		Symbol
a)	flach (üblicherweise flach nachbearbeitet)	—
b)	konvex (gewölbt)	
c)	konkav (hohl)	
d)	Nahtübergänge kerbfrei	
e)	verbleibende Beilage benutzt	
f)	Unterlage benutzt	

**Anwendungsbeispiele für Zusatzsymbole**

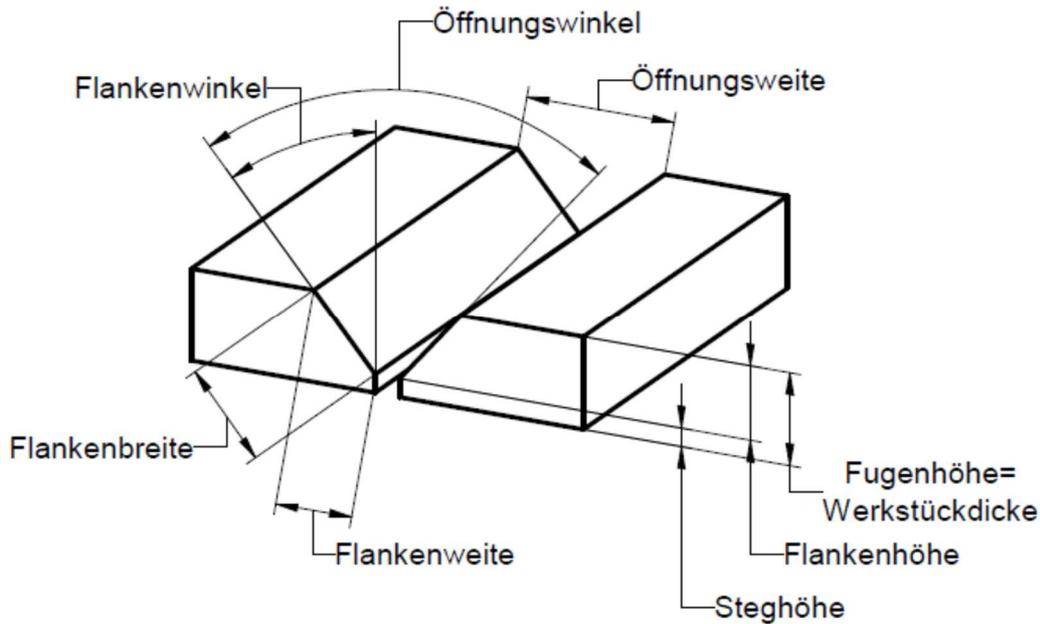
Benennung	Darstellung	Symbol
Flache V-Naht		
Gewölbte Doppel-V-Naht		
Hohlkehlnaht		
Flache V-Naht mit flacher Gegenlage		
Y-Naht mit Gegenlage		
Flach nachbearbeitet V-Naht		
Kehlnaht mit kerbfreiem Nahtübergang		

**Nahtdarstellung auf Konstruktionsplänen**

135



## Wahl der Fugenform



## Abhängigkeit der Fugenform

- Werkstoffart
- Schweißprozess
- Werkstückdicke
- Zugänglichkeit
- Schweißposition
- Stossart

## Schweisnahtunregelmässigkeiten nach EN ISO 6520-1

### Schweisnahtfehler / Schweisnahtunregelmässigkeit

Eine Schweisnaht bewirkt immer Veränderungen gegenüber dem unbeeinflussten Grundwerkstoff. Von den Auswirkungen auf die Werkstoffeigenschaften, die hier völlig unberücksichtigt bleiben sollen, einmal abgesehen bedeutet die Nahtoberfläche immer eine Abweichung von der regulären Materialoberfläche.

**Ist eine Schweisnaht damit automatisch fehlerhaft? Nein, nicht unbedingt!**

Üblicherweise ist daher der Ausdruck „**Schweisnahtunregelmässigkeit**“ für alle Abweichungen vom idealisierten Materialaufbau gebräuchlich. Von Schweisnahtfehlern wird dann gesprochen, wenn diese Unregelmässigkeiten bestimmte Zulässigkeitsgrenzen überschreiten.

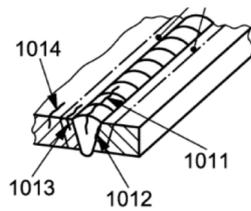
Die häufigsten Fehler beim MAG-Schweissen sind Poren oder Bindefehler.

Mit den unten aufgeführten Tabellen, können die Massnahmen bestimmt werden um die Fehler zu beheben.

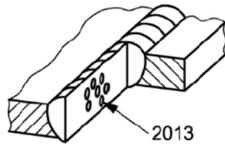


Die EN ISO 6520-1 unterscheidet sechs Gruppen von Unregelmässigkeiten

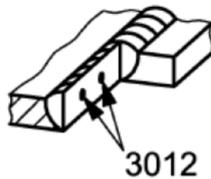
**Gruppe 1** Risse z.B. Längs-, Quer- oder Endkraterisse



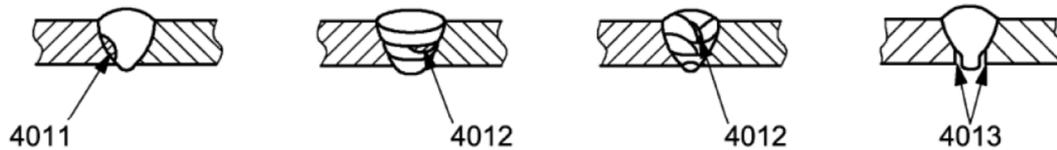
**Gruppe 2** Hohlräume z.B. Poren (kugelförmiger Gaseinschluss) oder Porennest



**Gruppe 3** Feste Einschlüsse z.B. Schlacken- oder Wolframeinschluss



**Gruppe 4** Bindefehler / ungenügende Durchschweissung z.B. Flanken- oder Lagebindefehler



**Gruppe 5** Form und Massabweichungen z.B. Einbrandkerbe oder zu grosse Nahtüberhöhung,



**Gruppe 6** Sonstige Unregelmässigkeiten z.B. Zündquellen oder Schweisspritzer

„Ist die Schweißnaht gut oder schlecht“?

Diese Frage lässt sich nicht ohne weiteres beantworten, wenn nicht zur Bewertung dieser Schweißnaht ein bestimmter Massstab vereinbart worden ist. Hier hilft uns die Norm EN ISO 5817, welche die Bewertungsgruppen für Schmelzschweisverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen regelt.

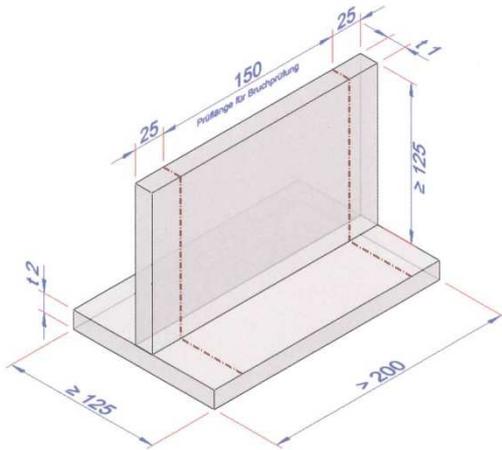
Für die Schweisprüfung gilt Bewertungsgruppe B, was heisst, dass Risse, Oberflächenporen, Bindefehler, ungenügender Wurzeleinbrand, Schweissgutüberlauf, Durchbrand, Wurzelporosität, Ansatzfehler, zu kleine Kehlnahtdicke, Zündstelle, Lunker, Endkraterlunker und ungenügende Durchschweissung nicht zulässig sind. Für andere Schweißnahtunregelmässigkeiten gelten die Grenzwerte gemäss EN ISO 5817.

Mögliche Ursachen für Poren	Massnahmen zur Abhilfe
Mangelhafte Schweissbadabdeckung durch zu kleine Schutzgasmenge.	Schutzgasmenge dem Werkstoff, dem Gasdüsendurchmesser und dem Zusatzwerkstoff anpassen.
Zu grosse Schutzgasmenge führt durch Verwirbelung zu Luftzutritt.	Schutzgasmenge dem Werkstoff, dem Gasdüsendurchmesser und dem Zusatzwerkstoff anpassen.
Störung der Schutzgasabdeckung durch Zugluft.	Vermeiden von Zugluft durch Einhausen des Schweissarbeitsplatzes.
Unzureichende Schutzgasabdeckung durch zu kleine Gasdüse.	Gasdüsendurchmesser der Schmelzbadgrösse anpassen.
Unzureichende Schweissbadabdeckung durch zu grossen Schweissbrennerabstand.	Abstand des Schweissbrenners verringern.
Einsaugen von Luft bei zu grosser Brennerneigung.	Schweissbrennerhaltung korrigieren.
Feuchtigkeit in der Schutzgaszuführung bei Undichtigkeiten in wassergekühlten Schweissbrennern.	Kontrolle der Verschraubungen und Dichtungen im Brenner.
Schmutz, Öl, Fett, Beschichtungsstoff (Farbe) oder Rost im Schweissnahtbereich.	Entfernen aller Verunreinigungen im Schweissnahtbereich.
Ungleichmässiger Schutzgasstrom bei durch Spritzer verengter Gasdüse.	Gasdüse regelmässig reinigen. Trennsprays sparsam verwenden.

Mögliche Ursachen für Bindefehler	Massnahmen zur Abhilfe
Nahtöffnungswinkel der Werkstücke zu klein.	Die Nahtvorbereitung ist dem Schweissprozess und dem Werkstoff anzupassen.
Stegabstand der Werkstücke zu klein oder Steghöhe zu gross.	Die Nahtvorbereitung ist dem Schweissprozess und dem Werkstoff anzupassen.
Kantenversatz der Werkstücke zu gross, fehlende oder falsche Heftung, Nahtansätze nicht beschliffen.	Die Nahtvorbereitung ist passend auszuführen, Heftstellen nicht zu klein ausführen. Ansatz- oder Heftstellen anschleifen.
Stark überwölbte Einzellagen.	Stegabstand vergrössern, Wurzellage beschleifen.
Schweissgeschwindigkeit zu gross oder zu klein, Schweissen auf vorlaufender Schmelze.	Schweissgeschwindigkeit und Abschmelzleistung dem Werkstoff anpassen.
Fehlerhafte Brennerführung (verkantet) oder eingeschränkte Zugänglichkeit.	Brennerhaltung korrigieren

## Prüfstücke Schweisserprüfung

### Kehlnaht am Blech

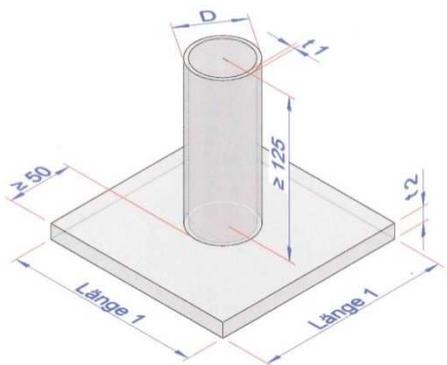


S235JR, FLA-Stahl 200x12mm, Länge 130mm

Die Schweissnähte müssen in der Wurzel und in den Decklagen mind. eine Unterbrechung und einen Wiederansatz haben.

Kleinere Unregelmässigkeiten können nach Genehmigung des Prüfers durch Schleifen beseitigt werden, ausgenommen ist die Decklage.

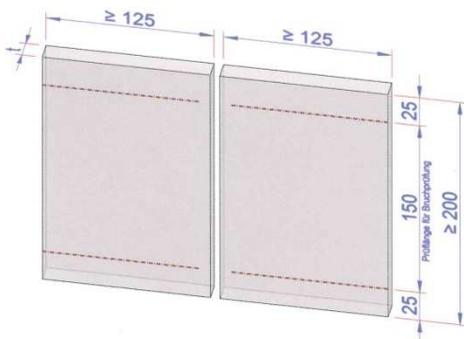
### Kehlnaht am Rohr



S235JR, FLA-Stahl 150x6mm, Länge 150mm  
St 33, Gasrohr 1 1/2" (48.3x3.25mm), Länge 130mm

Die Schweissnaht muss mind. eine Unterbrechung und einen Wiederansatz haben.

### Stumpfnahmt am Blech



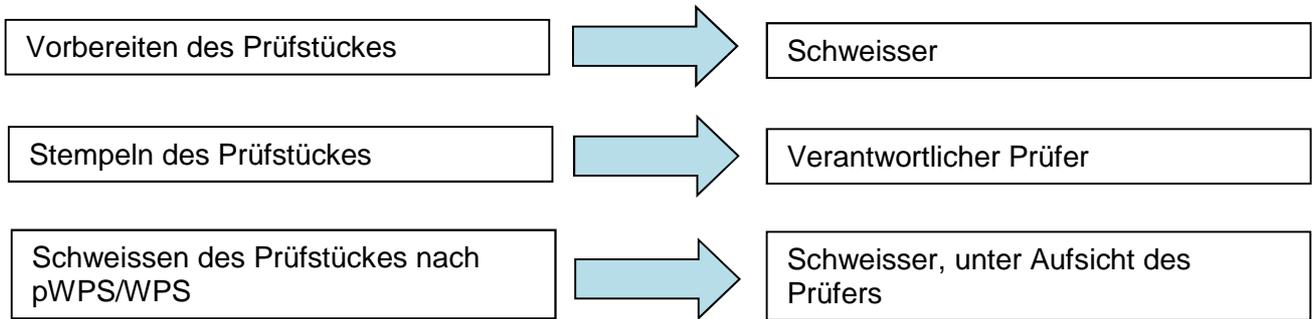
S235JR, FLA-Stahl 200x12mm, Länge 130mm

Die Schweissnähte (mind. 3 Lagen) müssen in der Wurzel und in den Decklagen mind. eine Unterbrechung und einen Wiederansatz haben.

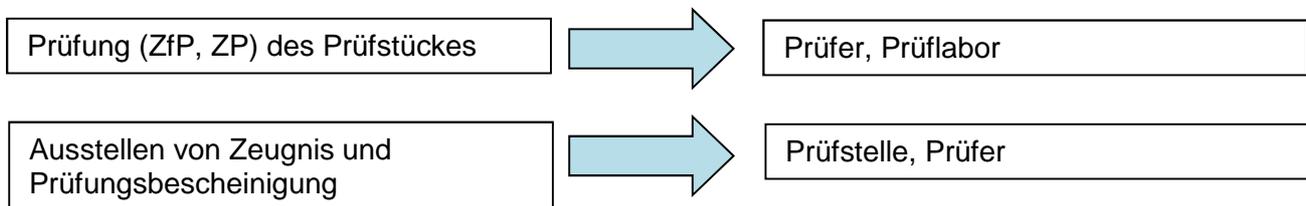
Kleinere Unregelmässigkeiten können nach Genehmigung des Prüfers durch Schleifen beseitigt werden, ausgenommen ist die Decklage.

## Chronologischer Ablauf einer Schweißerprüfung mit Bezeichnungsspiel

- Erstellung der Schweissanweisung (WPS).
- Legitimation des Prüflings (z.B. Führerschein, Reisepass).



**Beachte! Schweißen mit je einer Unterbrechung in der Wurzel und Decklage**

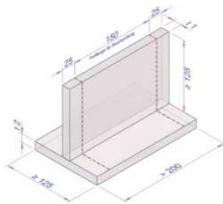


## Bezeichnungsbeispiel einer Schweißerprüfung

DIN EN ISO 9606-1 135 P FW FM1 S t12 PB ml		
Erklärung		Geltungs-/Einsatzbereich für den Schweißer
DIN EN ISO 9606-1	Prüfungsnorm	
135	Schweissprozess (MAG-Schweissen)	Schweissprozesse 135 und 138
P	Blech als Prüfstück (engl. Plate)	Schweissen von Blechen und Rohren $D \geq 150\text{mm}$
FW	Kehlnaht (fillet weld)	Nur Kehlnähte
FM1	Schweisszusatz	Unlegierte Stähle und Feinkornbaustähle
S	Massivdraht als Schweisszusatz	Verschweissen von Massivdraht (S) und Metallpulverdraht (M)
t12	Prüfstückdicke 12mm	Alle Bauteile mit einer Werkstoffdicke $\geq 3\text{mm}$
PB	Schweisposition PB (horizontal-vertikale Position)	Schweispositionen PA und PB
ml	Nahtausführung, mehrlagige Schweissnaht (multi layer)	Einlagiges und mehrlagiges Schweißen

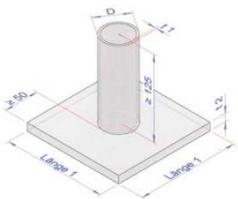
## Geltungsbereich für die im Kurs abgelegten, Schweissprüfungen

### DIN EN ISO 9606-1 135 P FW FM1 S t12 PB ml



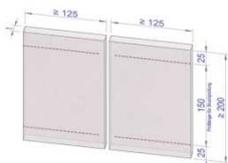
MAG-Schweissen mit Massivdraht (S) oder Metallpulverdraht (M), von ein- oder mehrlagigen Kehlnähten, an Blechen Dicke  $\geq 3\text{mm}$  und Rohren  $D \geq 500\text{mm}$ , in der Schweisposition PA und PB, mit Zusatzwerkstoff FM1 oder FM2.

### DIN EN ISO 9606-1 135 P FW FM1 S t3.2 D48.3 PB ml



MAG-Schweissen mit Massivdraht (S) oder Metallpulverdraht (M), von einlagigen Kehlnähten, an Rohren mit Aussendurchmesser  $\geq 0.5D$  (mindestens 25mm) in der Schweisposition PA und PB, mit Zusatzwerkstoff FM1 oder FM2.

### DIN EN ISO 9606-1 135 P BW FM1 S t12 PB ml ss nb



MAG-Schweissen mit Massivdraht (S) oder Metallpulverdraht (M), von ein- oder mehrlagigen Stumpfnähten, an Blechen Dicke  $\geq 3\text{mm}$  und Rohren  $D \geq 500\text{mm}$ , in der Schweisposition PA und PB, mit Zusatzwerkstoff FM1 oder FM2.

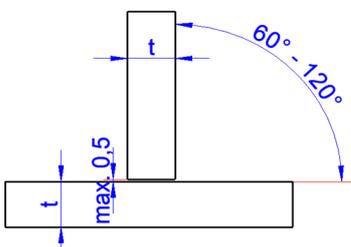
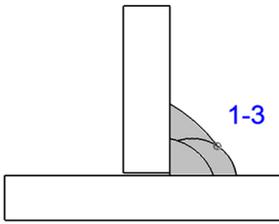
# Schweissanweisung (WPS)

Die Schweissanweisung ist das Dokument, welches alle Einflussgrößen enthalten muss, um es dem Schweißer zu ermöglichen eine bestimmte Schweißaufgabe qualitativ einwandfrei und reproduzierbar durchzuführen. Die WPS muss vor Fertigungsbeginn geschrieben werden und alle Tätigkeiten einschliessen, welche das Schweißergebnis beeinflussen.

### 1.7 Schweißanweisung (WPS)

Schweißanweisung:	<b>MAG 10 FW PB</b>	Art der Vorbereitung und Reinigung:	<b>Brennschnitt/schleifen, frei von Zunder und sonstigen Verunreinigungen</b>
WPQR-Nr.:	/	Bezeichnung des Grundwerkstoffes:	<b>S235JR</b>
Hersteller:	<b>Technische Fachschule Bern</b>	Werkstückdicke (mm):	<b>10 mm - 12,5 mm</b>
Art des Tropfenübergangs:		Rohraußendurchmesser (mm):	/
Verbindungsart und Nahtart:	<b>FW Kehlnaht</b>		
Schweißposition:	<b>PB</b>		
Einzelheiten der Fugenvorbereitung (Skizze):			

Gestaltung der Verbindung		Schweißfolge	
Schweißnahtvorbereitung:	<b>Stirnfläche rechtwinklig,</b>	Wurzellaage:	<b>1.</b>
Werkstückdicke t1 (mm):	<b>10 mm - 12,5 mm</b>	Zwischenlage:	
Werkstückdicke t2 (mm):	<b>10 mm - 12,5 mm</b>	Decklage:	<b>2. - 3.</b>
Spalt b (mm):		Nahtdicke:	<b>a = 5</b>
		Schweißposition:	<b>PB</b>

Schweißraupe	Schweißprozess	Abmessung des Zusatzwerkstoffes	Stromstärke A	Spannung V	Stromart / Polung	Drahtvorschub m / min	Ausziehlänge / Vorschubgeschwindigkeit	Wärmeeinbringung
1. Wurzel	135	1.0	240-270	27-32	= (+)	8-10		
2.-3. Decklage	135	1.0	240-270	27-32	= (+)	8-10		

Bezeichnung und Fabrikat:	<b>EN ISO 14341-A-G 42 4 C1/M21 3Si1</b>	DB-AG Zulassungs-Nr.:	<b>F19502</b>
Vorschriften für Trocknung:	<b>Trocken lagern gem. Hersteller</b>	Weitere Informationen: z.B.:	/
Schutzgas/Schweißpulver		Pendeln (max. Raupenbreite):	/
-Schutzgas:	<b>M21 DIN EN ISO 14175 / Arca1 5</b>	Oszillation:	/
-Wurzelschutz:	/	Amplitude, Frequenz, Verweilzeit:	/
Gasdurchflussmenge		Einzelheiten für das Pulschweißen:	/
-Schutzgas:	<b>ca. 10 l / min</b>	Abstand Stromkontaktrohr /	/
-Wurzelschutz:	/	Werkstück:	/
Wolframelektrodenart /		Einzelheiten für Plasmaschweißen:	/
Durchmesser:	/	Brenneranstellwinkel:	/
Einzelheiten über Ausfugen /	/		
Schweißbadsicherung:			
Vorwärmtemperatur:	<b>&gt; 5°C</b>		
Zwischenlagentemperatur:	/		
Messgerät:	/		
Wasserstoffarmglühen:	/		
Haltezeittemperatur:	/		
Wärmenachbehandlung /	/		
und oder Aushärten:			
Zeit, Temperatur, Verfahren:	/		
Aufheiz / Abkühlungsraten:	/		
Erstellt:	<b>SAP</b>		
Qualifizierung:	<b>nach DIN EN ISO 15610</b> (durch geprüfte Schweißzusätze)		

Datum und Unterschrift

# Muster einer Schweißer-Prüfbescheinigung

Bezeichnung(en): EN ISO 9606-1 141 T BW FM5 S t3,6 D60 PF ss nb

WPS - Bezug: WPS - 4712 Prüfer oder Prüfstelle - Beleg-Nr: SLV XXX

Name des Schweißers: Mustermann, Manfred

Legitimation: 123/ABC/4567890

Art der Legitimation: Personalausweis Foto (falls nötig)

Geburtsdatum und -ort: 11.11.63, Bärldorf

Arbeitgeber: Tester GmbH & Co. KG

Vorschrift/Prüfnum: EN ISO 9606-1

Fachkunde: Bestanden/~~Nicht geprüft~~ (Unzutreffendes durchstreichen)

Prüfstück		Geltungsbereich
Schweißprozess(e)	141	WIG-Schweißen 141
Produktform (Blech oder Rohr)	T Tube	P, T
Nahtart	BW	Stumpfnahat BW, FW
Werkstoffgruppe(n)/-untergruppe(n)des Grundwerkstoffs	Werkstoffgruppe 8 nach CR ISO 15608, austenitische nicht rostende Stähle	<del>8-9.2, 9.3, 40</del>
Werkstoffgruppe(n) des Schweißzusatzes	FM5	FM5
Schweißzusätze (Bezeichnung)	S	S und M
Schutzgase	I1	I1
Hilfsstoffe (z.B. Formiergas)	--	--
Werkstoffdicke (mm)	3,6 mm	3,00 - 7,2 mm
Dicke des Schweißgutes (mm)	3,6 mm	3,00 - 7,2 mm
Rohraussendurchmesser (mm)	60 mm	≥ 30 mm
Schweißposition	PH, steigend	PA, <del>PB, PD</del> , PE, PF
Schweißnaht Einzelheiten	ss, nb	ss nb, ss mb, bs, ss gb, ss fb

Ergänzende Kehlnahtprüfung (in Kombination mit einer Stumpfnahatprüfung): erfüllt / nicht erfüllt

Prüfungsart	ausgeführt und bestanden	nicht geprüft
Sichtprüfung	x	--
Durchstrahlungsprüfung	x	--
Bruchprüfung	--	x
Biegeprüfung	--	x
Kerbzugprüfung	--	x
makroskopische Unters.	--	x

Prüfstelle: SLV XXX

Name, Datum und Unterschrift des Prüfers oder der Prüfstelle: Meier

Datum des Schweißens: 22.07.2014  
 Gültigkeitsdauer bis: ~~21.07.2010~~

Bestätigung der Gültigkeit 9.3a	Gültigkeitsdauer bis 22.07.2017	Bestätigung der Gültigkeit 9.3b	Gültigkeitsdauer bis 22.07.2016	Bestätigung der Gültigkeit 9.3c	Gültigkeitsdauer bis 22.01.2015
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

Bestätigung der Gültigkeit durch den Arbeitgeber / die Schweissaufsichtsperson für die folgenden 6 Monate (unter Bezug auf 9.2)

Datum	Unterschrift	Dienststellung oder Titel
22.01.2009	Müller	SFI
22.07.2009	Müller	SFI
22.01.2010	Müller	SFI

Verlängerung der Qualifizierung durch den Prüfer oder die Prüfstelle für die nächsten 2 Jahre (unter Bezug auf 9.3 b)

Datum	Unterschrift	Dienststellung oder Titel
22.07.2010	Müller	SFI