

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/308bb0f8-f98e-3a42-b87a-a5cdd3ea45be>

Bibliografie	
Titel	Technische Regeln für Gefahrstoffe Schweißtechnische Arbeiten TRGS 528
Amtliche Abkürzung	TRGS 528
Normtyp	Technische Regel
Normgeber	Bund
Gliederungs-Nr.	[keine Angabe]

Anhang 1 TRGS 528 - Glossar

Verfahrensbezeichnung	Erläuterung
UP-Schweißen	Beim Unterpulverschweißen werden ein Metalldraht oder mehrere als Elektrode im Lichtbogen, der sich zwischen dem Drahtende und dem Werkstück bildet, unter Pulverabdeckung abgeschmolzen. Das Verfahren lässt sich nur mechanisiert in Wannenposition (PA), Horizontalposition (PB) oder in Querposition (PC) ausführen. Durch die Pulverabdeckung des Lichtbogens kommt es nur zu geringen Gefahrstoffemissionen. Nach Durchführung der Schweißung wird das Pulver abgesaugt.
Gasschweißen (Autogenverfahren)	Als Energieträger wird beim Gas-Schmelzschweißen in der Regel Acetylen als Brenngas mit Sauerstoff eingesetzt. Der Schweißzusatzwerkstoff - blanker Draht - wird separat zugeführt und in der Schweißflamme bei einer Temperatur von ca. 3100 °C abgeschmolzen.
WIG-Schweißen mit und ohne Zusatzwerkstoff	Das Wolfram-Inertgasschweißen (WIG) ist ein Schutzgasschweißverfahren, bei dem der Lichtbogen zwischen dem Werkstück und einer Wolframelektrode in einem inerten Gas brennt. Aufgrund des hohen Schmelzpunktes von Wolfram schmilzt die Elektrode nicht ab. Als Schutzgase werden Argon, Helium oder deren Gemische eingesetzt. Das WIG-Schweißverfahren kann mit oder ohne Schweißzusatzwerkstoff eingesetzt werden. Die Zufuhr des Zusatzwerkstoffes geschieht in der Regel von Hand. Mit diesem Schweißverfahren lassen sich viele Nahtarten in allen Positionen herstellen. Zur Anwendung kommt Gleich- oder Wechselstrom. Die schweißbaren Werkstückdicken reichen bei Stahl bis ca. 4 mm und bei Aluminium bis ca. 5 mm.
MAG-Schweißen (Massivdraht) mit Schutzgas	Das Metall-Aktivgasschweißen (MAG) ist ein Schutzgasschweißverfahren, bei dem der Lichtbogen zwischen einer abschmelzenden Drahtelektrode und dem Werkstück in einer Schutzgasatmosphäre brennt. Die Drahtelektrode wird als Schweißzusatzwerkstoff mit einem Drahtvorschubgerät adäquat zur Abschmelzgeschwindigkeit kontinuierlich nachgeführt. Als Schutzgase werden üblicherweise Argon-Kohlenstoffdioxid-Gemische verwendet. Das MAG-Verfahren eignet sich insbesondere zum Schweißen von un- und niedriglegierten sowie hochlegierten Stählen.

Verfahrensbezeichnung	Erläuterung
MAG-Schweißen (Fülldraht) mit/ohne Schutzgas	<p>Beim MAG-Schweißen kommen zunehmend auch Fülldrähte zur Anwendung. Fülldrähte sind "rohrförmige" Schweißdrähte, die mit Pulver gefüllt sind, die entweder die Eigenschaften der Umhüllung von Stabelektroden aufweisen oder andere Merkmale der Schweißung verbessern. Das Verfahren kann sowohl mit als auch ohne Zugabe von Schweißschutzgasen (selbstschützende Fülldrähte - Metalllichtbogenschweißen) angewendet werden. Bei den letzteren schmilzt das Pulver und bildet eine gasförmige Schutzglocke über dem Schmelzbad. Die entstehende Schlacke muss entfernt werden.</p>
MAGC-Schweißen	<p>MAGC-Schweißen ist ein Metallschutzgasschweißverfahren mit abschmelzender Drahtelektrode und nicht inertem (aktivem) Schutzgas. Das aktive Schutzgas besteht beim MAGC-Verfahren aus Kohlenstoffdioxid (CO₂). Das MAGC-Verfahren wird für das Schweißen un- und niedriglegierter Stähle eingesetzt, da es durch die Zersetzung von Kohlenstoffdioxid zu Kohlenstoffmonoxid und Sauerstoff bei den herrschenden hohen Temperaturen zu einem unerwünschten hohen Abbrand an Legierungselementen im Schweißbad kommt, der bei hochlegierten Stählen nicht mehr über den zugeführten normalen Schweißzusatz (Massivdrahtelektrode) ausgeglichen werden kann.</p>

Verfahrensbezeichnung	Erläuterung
<p>MIG-/MAG-Schweißen (Prozessregelvarianten)</p>	<p>Elektronisch geregelte MIG-/MAG-Prozessregelvarianten lassen sich in ihren wesentlichen Eigenschaften den bekannten Lichtbogentypen Kurzlichtbogen, Mischlichtbogen, Sprühlichtbogen und Impulslichtbogen zuordnen. Im Unterschied zum klassischen MIG-/MAG-Schweißen werden durch MIG-/MAG-Prozessregelvarianten die Eigenschaften aber spezifisch verändert, um bestimmte Vorteile zu erschließen. Diese betreffen zum einen quantitative Aspekte, wie die Erweiterung des für den spezifischen Lichtbogentyp möglichen Prozessfensters, zum anderen qualitative Aspekte, wie Prozessstabilität und Fehlervermeidung. Folgende Möglichkeiten werden bezüglich des Werkstoffübergangs überwiegend genutzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Veränderung von Zeitdauer und Häufigkeit des Werkstoffübergangs im Kurzschluss ▪ Einschränkung von Ursachen für die Bildung von Spritzern bei kurzschlussbehaftetem Werkstoffübergang ▪ Beeinflussung von Beginn und Ende des Werkstoffübergangs ▪ Veränderung der Bewegungsrichtung der abschmelzenden Elektrode ▪ Verkürzung der überwiegend kurzschlussfrei beherrschbaren Lichtbogenlänge im Sprühlichtbogen ▪ zeitliche Kombination von verschiedenen Arten des Werkstoffübergangs ▪ Beeinflussung von Einbrand- und Nahtgeometrie mittels des Werkstoffübergangs <p>Folgende Lichtbogenarten werden genutzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Geregelter Kurzlichtbogen (KLB) ▪ Spritzerarmer KLB ▪ Energiereduzierter KLB ▪ Leistungsgesteigerter KLB ▪ Modifizierter Sprühlichtbogen ▪ Impulslichtbogen ▪ Modifizierter Impulslichtbogen ▪ Wechselstromprozess ▪ Kombinierte Prozessvariante ▪ Zyklische Drahtbewegung
<p>MIG-Schweißen</p>	<p>Das Metall-Inertgasschweißen (MIG) ist mit dem MAG-Schweißen eng verwandt; als Schutzgase werden jedoch inerte Gase wie z. B. Argon, Helium oder deren Gemische eingesetzt. Der Prozess wird insbesondere zum Schweißen von NE-Metallen genutzt.</p>

Verfahrensbezeichnung	Erläuterung
LBH-Schweißen	<p>Beim Lichtbogen-Handschweißen (LBH) werden rutil-, basisch-, sauer- oder celluloseumhüllte Stabelektroden im Lichtbogen abgeschmolzen. Die Umhüllung hat sowohl metallurgische (Zulegierung von Legierungselementen) wie auch verfahrenstechnische Aufgaben (Ausbildung einer Schutzatmosphäre über der Schmelze, Stabilisierung und Ausrichtung des Lichtbogens). Das Abschmelzen von rutil-, basisch- oder sauerumhüllten Elektroden führt zur Bildung von Schlacke, die nach dem Schweißvorgang und nach Abkühlen der Naht von der Schweißnaht zu entfernen ist.</p>
Widerstandsschweißen	<p>Das Widerstandsschweißen ist ein mechanisiertes elektrisches Schweißverfahren insbesondere zum Verbinden von dünnwandigen Werkstücken wie Feinblechen. Die Werkstücke werden zunächst mit einer Schweißzange oder Rollen zusammengepresst. Durch Anlegen eines Stromimpulses an den Elektroden der Schweißzange werden die Werkstücke punktuell im Bereich der Elektroden erwärmt und verschmelzen unter dem von der Schweißzange ausgeübten Druck miteinander.</p>
Pressschweißen	<p>Beim Pressschweißen werden die Bauteile an der Verbindungsstelle im teigigen Zustand durch Zusammenpressen verbunden. Es werden keine Hilfsstoffe (z. B. Schweißdraht) benötigt. Die Bauteile werden mit Hilfe einer weiteren mechanischen, chemischen oder elektrischen Energie erwärmt, da die meisten Werkstoffe mit steigender Temperatur an Festigkeit verlieren. Das Pressschweißen stellt eine nicht lösbare Verbindung der Werkstoffe dar. Es können mit der großen Anzahl an Pressschweißverfahren fast alle Materialien verschweißt werden. Ein Verschweißen unterschiedlicher Werkstoffe ist mit einigen Verfahren möglich, z. B. mit dem Rührreißschweißen oder dem Reißschweißen.</p>
Laserstrahlschweißen mit und ohne Zusatzwerkstoff	<p>Laserstrahlschweißen ist ein Schweißverfahren, bei dem die erforderliche Wärme mit einem Laserstrahl erzeugt wird. Der Laserstrahl dringt in die Werkstoffoberfläche ein, wobei die Energie des Lasers im Werkstoff absorbiert, in Wärme umgewandelt und für den Schweiß- oder Schneidprozess verwendet wird. Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Laserstrahlquellen und -verfahren, die sich zunehmend auf bestimmte Anwendungen spezialisieren. Im Einsatz sind Gaslaser, wie z. B. schnell geströimte oder diffusionsgekühlte CO₂-Laser, oder Festkörperlaser, wie z. B. Nd:YAG-, Scheiben-, Faser- oder Dioden-Laser. Man unterscheidet je nach eingebrachter Laserstrahlintensität/Leistungsdichte zwischen dem Wärmeleitungsschweißen und dem Tiefschweißen. In Kombination mit anderen Schweißprozessen kann auch z. B. das Laserstrahl-Lichtbogen-Hybridschweißverfahren eingesetzt werden, um die Vorteile beider Verfahren zu nutzen.</p>
Löten	<p>Fügeverfahren vorrangig zum Verbinden verschiedener metallischer Werkstoffe mithilfe eines geschmolzenen Zusatzmetalls (Lot), dessen Schmelztemperatur unterhalb derjenigen der Grundwerkstoffe liegt; die Grundwerkstoffe werden benetzt, ohne geschmolzen zu werden. Teilweise wird unter Zusatz von pasten- oder pulverförmigen Flussmitteln gearbeitet, die die Werkstückoberfläche reinigen, die Benetzbarkeit verbessern und die Bildung von Oberflächenfilmen verhindern sollen. Beim Weichlöten schmilzt das Lot bei Arbeitstemperaturen unterhalb 450 °C, beim Hartlöten über 450 °C, z. B. Flammhartlöten ca. 700 °C. Beim WIG-, MIG-, MAG-, Laserstrahlhart- und Plasmalöten beträgt die Arbeitstemperatur 900 ° bis 1100 °C. Nach Art der Lötstelle unterscheidet man Verbindungslöten oder Auftraglöten.</p>

Verfahrensbezeichnung	Erläuterung
<p>Autogenes Brennschneiden</p>	<p>Als Wärmequelle beim autogenen Brennschneiden dient eine Sauerstoff-Brenngas-Flamme. Als Brenngase werden Acetylen, Propan oder Erdgas eingesetzt. Eine Heizflamme erwärmt den Werkstoff auf Entzündungstemperatur und reinigt die Oberfläche von Rost, Zunder und anderen Verunreinigungen. Entlang des zugeschalteten Schneidsauerstoffstrahls verbrennt der Werkstoff zu Schlacke. Die dabei entstehende Verbrennungswärme ermöglicht eine fortlaufende Verbrennung in die Tiefe und in Vorschubrichtung. Die dünnflüssige Schlacke wird aus der Schnittfuge geblasen.</p> <p>Voraussetzung für das autogene Brennschneiden ist, dass die Zündtemperatur des zu schneidenden Werkstoffs und die Schmelztemperatur seiner Schlacke niedriger sind als die Schmelztemperatur des Werkstoffs. Die bei der Verbrennung entstehende Schlacke muss dünnflüssig sein, und der Werkstoff sollte eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzen. Dies ist z. B. bei Baustählen, niedriglegierten Stählen, Stahlguss und Titan der Fall.</p> <p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ geringe Investitions- und Betriebskosten ▪ flexibel einsetzbar, z. B. auf Baustellen ▪ größter Anwendungsbereich in Bezug auf die Werkstückdicke ▪ gute Eignung zum Fasenschneiden <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Werkstoffauswahl stark eingeschränkt ▪ hohe thermische Belastung des Werkstoffs

Verfahrensbezeichnung	Erläuterung
Plasmaschneiden	<p>Mit Hilfe des Plasmaschneidens können Schweißnahtvorbereitungen und Formschnitte an Werkstoffen durchgeführt werden, die keine Brennschneideignung besitzen. Dies sind beispielsweise legierter Stahl, Aluminium, Kupfer und Grauguss. Das Plasmagas - es kommen Stickstoff, Stickstoff-Wasserstoff-Gemische, Argon-Wasserstoff-Gemische und Druckluft zur Anwendung - strömt durch die wassergekühlte Schneiddüse. Der zwischen Elektrode und Werkstück brennende Lichtbogen erhitzt das Plasmagas zum etwa 45.000 °C heißen Plasmastrahl. Entlang des Plasmastrahls schmilzt der Werkstoff auf und wird aus der Fuge geblasen. Einfluss auf das Schneidergebnis haben die Parameter Schneidstrom, Schneidgeschwindigkeit, Abstand des Plasmabrenners zum Werkstück, Gasdruck und -menge.</p> <p>Wegen hoher Lärmbelästigung und Gefahrstoffemissionen erfolgt das Plasmaschneiden industriell häufig unter Wasserabdeckung des Werkstücks. Dies verringert auch die thermische Beeinträchtigung der Schneidteile, besonders bei dünnen Blechen.</p> <p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ einziges thermisches Verfahren zum Schneiden von hochlegierten Stählen und Aluminiumwerkstoffen im mittleren und größeren Dickenbereich ▪ hervorragend für Baustahl im dünnen Blechbereich ▪ Schneiden hochfester Baustähle mit geringer Wärmeeinbringung ▪ höhere Schneidgeschwindigkeiten gegenüber dem autogenen Brennschneiden <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ breitere Schnittfuge im Vergleich zum autogenen Brennschneiden ▪ nicht parallele Schnittkanten ▪ beim Trockenschneiden sehr hohe Lärmbelästigung ▪ beim Trockenschneiden hohe Schadstoffemission

Verfahrensbezeichnung	Erläuterung
Laserstrahlschneiden	<p>Das Laserstrahlschneiden ist zum Trennen unterschiedlicher Werkstoffe, z. B. Stähle, Nichteisenmetalle, Kunststoffe, Keramik oder Holz geeignet. Bei Eisenwerkstoffen wird es meist für Werkstückdicken bis 25 mm eingesetzt. Es werden sowohl CO₂-Gaslaser als auch Festkörperlaser in Form eines Scheiben- oder Faserlasers angewendet. Ein hoher elektrischer/optischer Wirkungsgrad lässt sich heute mit dem diodengepumpten Festkörperlaser erzielen.</p> <p>Zur Materialbearbeitung, z. B. zum Trennen transparenter Materialien, wie Displays, dem Bohren von Düsen oder dem Abtragen von Kanälen, werden heute zudem Ultrakurzpulslaser (UKP) eingesetzt bzw. dann, wenn andere Technologien nicht mehr geeignet sind. Nach der Art der Umwandlung des Werkstoffs in der Schnittfuge werden drei Verfahrensvarianten unterschieden:</p> <p>Beim Laserstrahl-Brennschneiden wird der zu trennende Werkstoff durch den fokussierten Laserstrahl auf Entzündungstemperatur erwärmt. Der Schneidsauerstoff verbrennt den Werkstoff an der Schneidstelle und bildet eine dünnflüssige Schlacke, die durch die kinetische Energie des Sauerstoffstrahls aus der Schnittfuge geblasen wird. Der Schneidvorgang entspricht dem Verbrennungsablauf beim Brennschneiden. Die häufigste Anwendung ist daher das Schneiden unlegierter und niedriglegierter Stähle.</p> <p>Beim Laserstrahl-Schmelzschneiden wird der Werkstoff durch den Laserstrahl über die gesamte Werkstückdicke aufgeschmolzen. Anstelle des Schneidsauerstoffs kommt hier ein reaktionsträges Gas, in der Regel Stickstoff, zum Einsatz und bläst die Schmelze aus der Schnittfuge. Das Laserstrahl-Schmelzschneiden wird bevorzugt zum Trennen hochlegierter Stähle und für Nichteisenmetalle eingesetzt. Der besondere Vorteil beim Schneiden hochlegierter Stähle mit Stickstoff sind die dabei entstehenden metallisch blanken Schnittkanten.</p> <p>Beim Laserstrahl-Sublimierschneiden wird der zu schneidende Werkstoff durch die hohe Energiedichte des Laserstrahls verdampft (sublimiert). Der verdampfte Werkstoff wird durch den Dampfdruck und durch ein reaktionsträges Schneidgas aus der Schnittfuge geblasen. Das Laserstrahl-Sublimierschneiden wird zum Trennen von Holz, Leder, Textilien und Kunststoffen verwendet.</p> <p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ hohe Schneidgeschwindigkeit ▪ verfahrensabhängig nacharbeitungsfreie, metallisch blanke Schnittkanten ▪ präzise Schnittkonturen mit nahezu parallelen Schnittfugen ▪ anlagenabhängig ist eine hohe Werkstoffvielfalt, z. B. sind auch Buntmetalle schneidbar ▪ geringe Wärmeeinflusszonen <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Vergleich zu anderen thermischen Trennverfahren hohe Investitionskosten ▪ begrenzter Blechdickenbereich (bis 50 mm hochlegierten

	Stahl, bis etwa 25 mm unlegierten Stahl)
Thermisches Spritzen	<p>Der Spritz-Zusatzwerkstoff wird in Form von Pulvern, Drähten oder Stäben einer Düse zugeführt. In der Düse wird er in der Flamme eines Brenngas/ Luft- bzw. Brenngas-/Sauerstoffgemisches, in einem Lichtbogen oder in einem Plasma an- oder aufgeschmolzen und in einem Trägergasstrom unter hoher Geschwindigkeit auf die Oberfläche des zu beschichtenden Werkstückes beschleunigt.</p> <p>Zu den am häufigsten angewendeten Verfahren zählen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ das Flammsspritzen ▪ das Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzen ▪ das Lichtbogenspritzen ▪ das Plasmaspritzen ▪ das Kaltgasspritzen <p>Thermisch gespritzte Schichten dienen zum Verbessern der Werkstück- und Bauteileigenschaften zum Beispiel in Bezug auf Verschleiß, Korrosion, tribologisches Verhalten, Wärmeübergang bzw. -dämmung, elektrische Leitfähigkeit bzw. Isolation, Aussehen und/oder zum Wiederherstellen der Betriebsfähigkeit bei Neufertigung und Reparatur. Darüber hinaus schaffen sie für bestimmte Anwendungsfälle die Voraussetzungen für eine Lötbarkeit.</p>
Flammrichten	<p>Flammrichten ist ein Fertigungsverfahren der Autogentechnik. Als Wärmequelle dient in der Regel eine Sauerstoff-Acetylen-Flamme. Durch das Schweißen an Stahl- und Metallkonstruktionen entstehen Eigenspannungen im mehrachsigen Spannungszustand. Man unterscheidet grundsätzlich in vier Schrumpfsarten (Längs-, Quer-, Winkel- und Dickenschrumpfung). Der letzteren wird aber wenig an Bedeutung beigemessen. Flammrichten beseitigt die beim Schweißen entstandenen Schrumpfungen und Spannungen.</p>
Additive Fertigung	<p>Unter der additiven Fertigung versteht man Fertigungsverfahren, bei denen ein Bauteil schichtweise durch die Zugabe des Werkstoffs hergestellt wird. Durch den schichtweisen Aufbau können komplexe Strukturen hergestellt werden, die mit der spanenden Bearbeitung oder mit Gießverfahren nicht realisiert werden können. In Bezug auf die Schweißtechnik werden als gängige Werkstoffe Metalle, Kunststoffe oder Keramiken eingesetzt. Die Werkstoffe werden zumeist in Pulverform durch einen Laserstrahl aufgeschmolzen und aneinandergesetzt. Zu den additiven Fertigungsverfahren, die im Geltungsbereich dieser TRGS sind, gehören das Laserauftragschweißen, das selektive Laserschmelzen und das selektive Lasersintern mit Metallpulvern.</p>