



# Factcheck

Adapting quality of VET offer to the need  
of industry – manufacturing sector

## Europäisches Trainingsmodul für Metallberufe – Maschinen- und Anlagenführer

**Arbeiten an einem Schweißroboter  
Bewertung von Schweißbaugruppen**



Erasmus+

# Aufbau des Trainingsmoduls

1 Check-in Wissenstest

2 Selbstlernphase

2.1 Schweißroboter

2.2 Grundlagen Schweißen  
(MAG)

2.3 Schweißnahtfehler

3 Anwendungsbeispiel

4 Check-out Wissenstest

Hallo, mein  
Name ist Robby!



# Lernziele

Schweißroboter sind Industrieroboter, die **flexibel, schnell und zuverlässig** arbeiten. Sie sind der **Automatisierungstechnik** zuzuordnen. Die Aufgabe dieser Roboter ist es, Produkte in unterschiedlichsten Produktionsumgebungen **automatisiert zu schweißen**.

Ziel ist es den Teilnehmenden einen **grundlegenden Überblick über die Funktionsweise, den Aufbau und die Arbeitssicherheit** im Umgang mit einem Schweißroboter zu vermitteln.

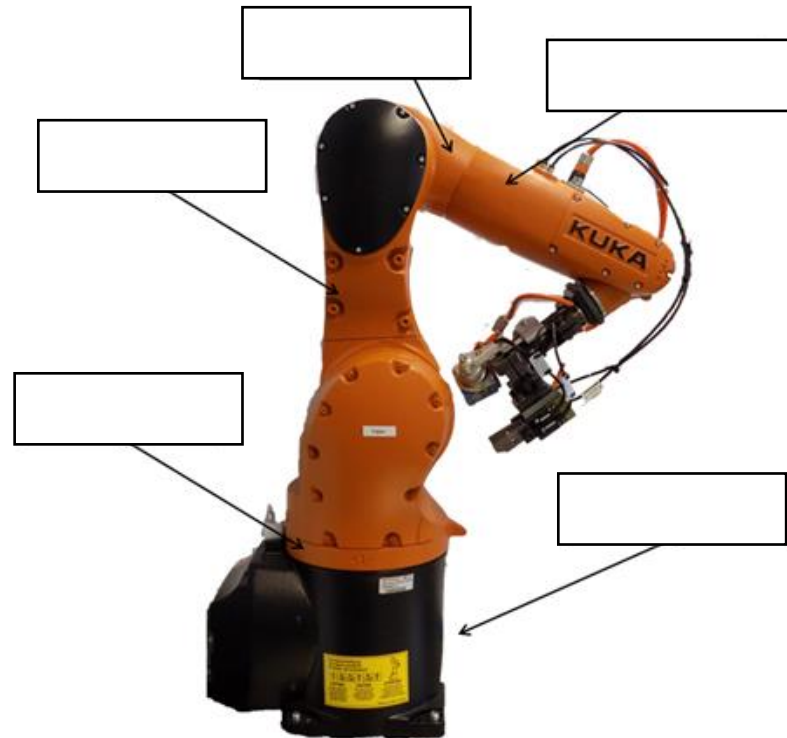
Des Weiteren dient das Training der **Vermittlung von schweißtechnischem Basiswissen**, insbesondere dem **Erkennen von äußeren Schweißnahtfehlern**. Der **Einsatz von Messmitteln und Bildern** zum Soll-Ist Vergleich sollen das Erkennen und Bewerten Schweißnahtfehlern erleichtern.

Auch **Ursachen für auftretende Schweißnahtfehler** sollen lokalisiert, an die entsprechende Schweißaufsichtsperson weitergeleitet und behoben werden.



# Check-in Wissenstest

Ordnen Sie folgende Bauteile dem abgebildeten Roboter (Universalroboter) zu:  
Karussell, Schwinge, Grundgestell, Arm, Zentralhand

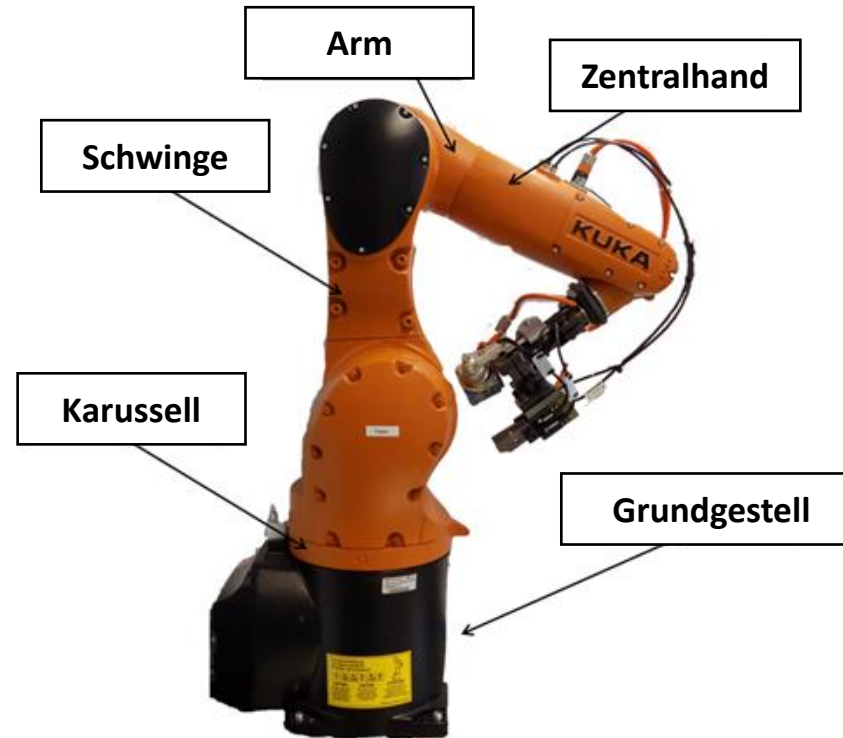


Lass mal sehen was Du drauf hast! Pro richtig zugeordnetem Begriff gibt es 1 Punkt.



# Check-in Wissenstest

Lösung



# Check-in Wissenstest

**Worin besteht die wesentliche Gefahr im Umgang mit einem Roboters?**

- A** Explosionsgefahr
- B** Gefahren durch elektrischen Strom
- C** Verletzungsgefahr durch unvorhersehbare und komplexe Bewegungen des Roboters

**Welche Aufgabe hat das Schutzgas beim Schweißen?**

- A** Schutz des Schweißbades vor Luftzutritt
- B** Kühlung des Schweißbades
- C** Das Schutzgas hat keine besondere Aufgabe

Für jede richtige  
Antwort bekommst Du  
1 Punkt.



# Check-in Wissenstest

Welche Strahlen können beim Schweißen an unbedeckten Körperstellen zu Verbrennungen führen?

- A** Röntgenstrahlen
- B** Lichtstrahlen
- C** Ultraviolette Strahlen (UV-Strahlen)

Wie entstehen Poren in einer Schweißnaht? (mehrere Antworten möglich)

- A** Stromstärke zu hoch eingestellt
- B** Werkstück nicht gereinigt, verschmutzte Oberfläche
- C** Falsche Schutzgasmenge

Für jede richtige  
Antwort bekommst Du  
1 Punkt.



# Dein Ergebnis

8-9 Punkte: Du kennst Dich schon sehr gut aus!

5-7 Punkte: Du hast noch ein paar Wissenslücken.

3-4 Punkte: ??

0-2 Punkte: Kein gutes Ergebnis, aber dafür gibt es ja unser Training!





# Selbststudium automatisiertes Schweißen (Robotik)



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



**Factcheck**  
Adapting quality of VET offer to the need  
of industry – manufacturing sector

# Komponenten eines Robotersystems

## Lernziele

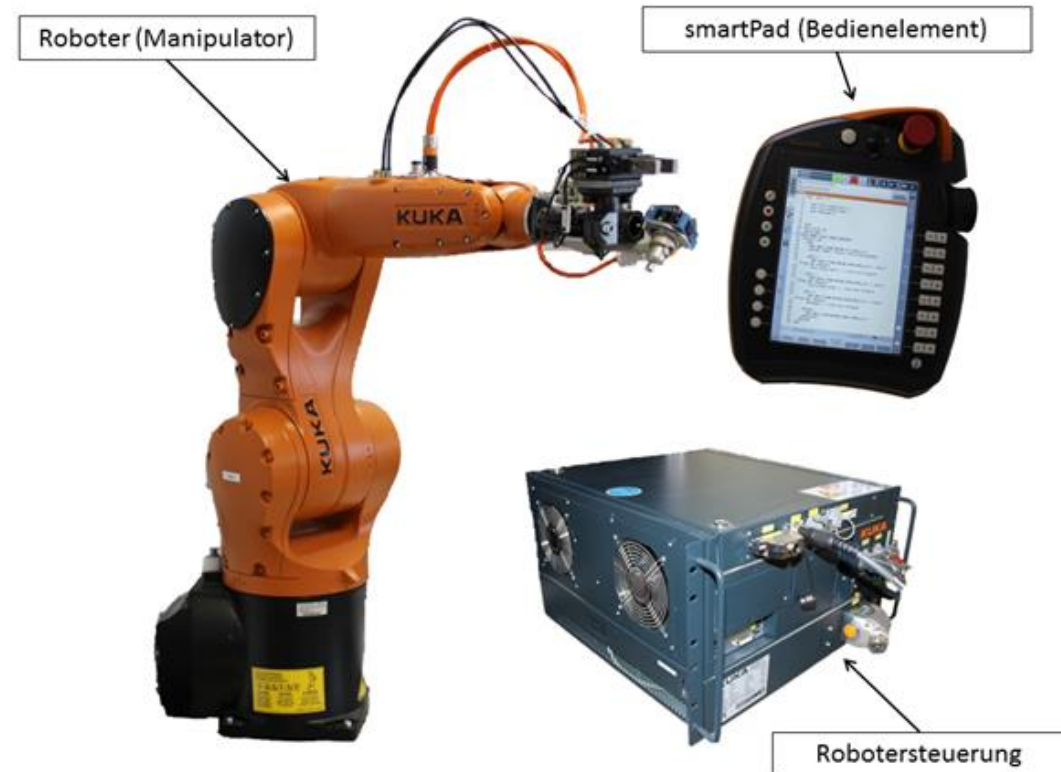
- Überblick über Funktionsweise eines Roboters erlangen
- Fachlich korrekte Benennung der einzelnen Bestandteile

Das Robotersystem besteht aus **drei Hauptkomponenten** (siehe Bild). Diese haben folgende Aufgaben/Funktion:

**Roboter:** Der Roboter(Manipulator) besitzt mehrere Dreh- bzw. Schubachsen (rotatorische- bzw. translatorische Achsen), die durch die Kombination der einzelnen Bewegungen zu einer Gesamtbewegung überlagert werden. Dadurch werden Bewegungen von Objekten im Raum zum Beispiel für eine Werkstückzufuhr in einem Bearbeitungszentrum ermöglicht.

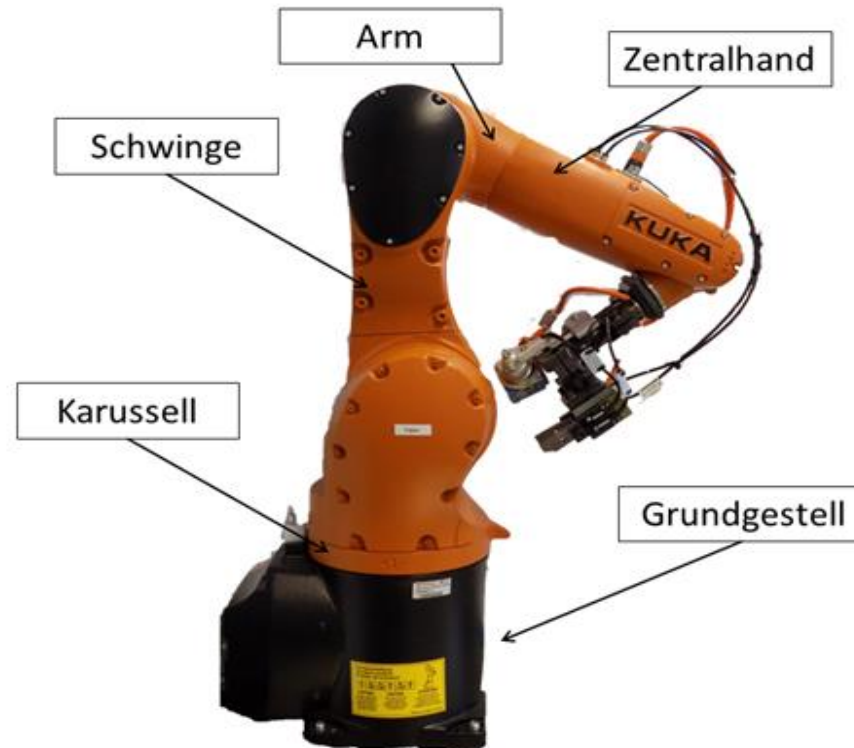
**smartPad:** Es dient als Bedien- und Anzeigemodul, bestehend aus Touchscreen, Knöpfen und Schaltern.

**Robotersteuerung:** Die Robotersteuerung ist für die Koordination der einzelnen Achsen zuständig. Sie hat als Hauptaufgabe dafür zu sorgen, dass sich der Roboter mit der gewünschten Genauigkeit und Geschwindigkeit entlang der programmierten Bahn bewegt.



# Aufbau eines Roboters

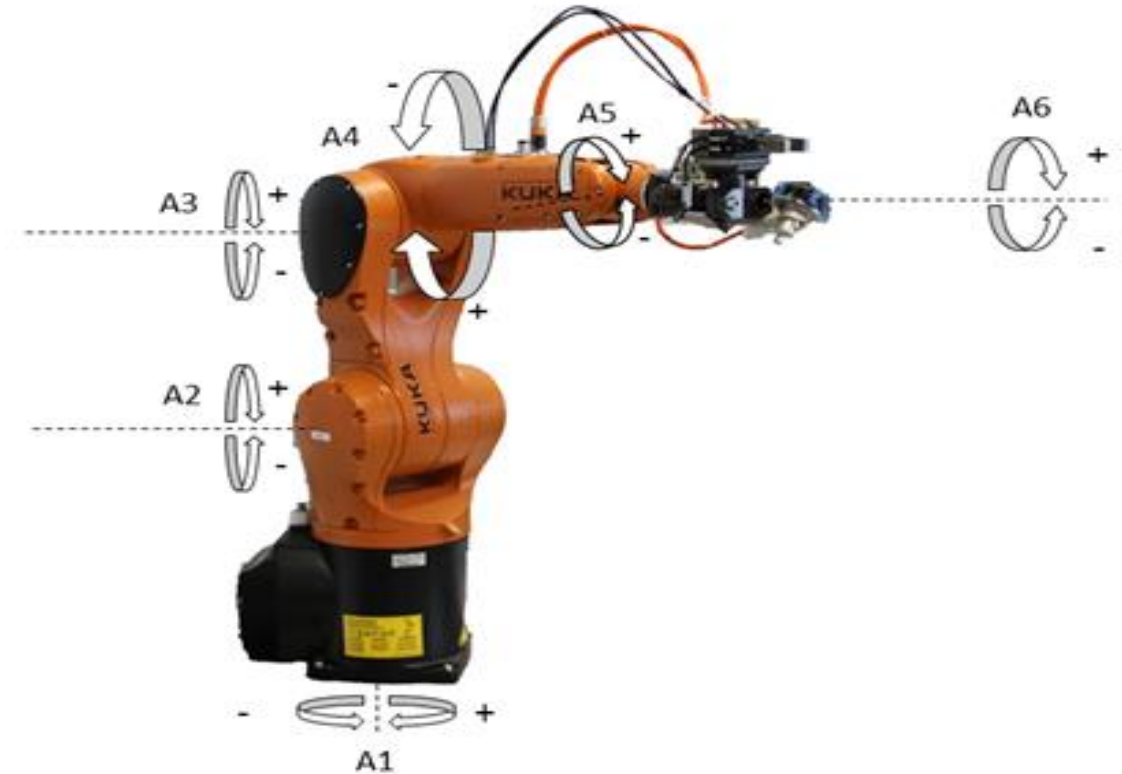
Der Roboter selbst weist verschiedene **Hauptbaugruppen** auf, die im folgenden Bild gezeigt sind:



# Aufbau eines Roboters

Die **Zentralhand** des Roboters umfasst **drei Achsen** (A4, A5, A6) und bildet den Abschluss des Roboterarms. Auf der Zentralhand befinden sich **drei 5/2 Wege-Magnetventile** und eine **CAT5-Datenleitung**, welche für die Ansteuerung von Werkzeugen eingesetzt werden können.

Davor befindet sich der Arm, der durch Achse A3 bewegt wird. Der **Arm** stellt beim Roboter die **Verbindung der Zentralhand und der Schwinge** dar. In der Schwinge befinden sich die Leitungen der Energiezufuhr der Achsen 2 bis 6. Das **Karussell** ist für die **Drehbewegung des Roboters** (Achse A1) verantwortlich und ist mit dem Grundgestell über ein Getriebe verbunden. Das **Grundgestell bildet die Basis des Roboters**. Am Grundgestell befinden sich die **Schnittstellen zwischen der Robotermechanik und der Steuerung**.



# Aufbau eines Roboters

Jeder Roboter besitzt sowohl **mechanische Endschläge** als auch **elektronische Endschalter (Softwareendschalter)**. Dabei wird unter anderem mechanisch **verhindert, dass sich der Roboter um mehr als 190° drehen kann**. Zudem kann über das Roboterprogramm der Bewegungsbereich eingegrenzt werden. Wird eine dieser Endlagen erreicht, wird eine **Störung (Arbeitsraumfehler)** gemeldet, damit keine Beschädigungen am Roboter entstehen können.

Der **Antrieb** der einzelnen Achsen erfolgt bei Robotern mithilfe von **Servomotoren**. Diese sind im Vergleich zu hydraulischen Motoren wesentlich leiser und flexibler. Des Weiteren ist die Arbeit damit **präziser** und für eine **hohe Wiederholungsgenauigkeit** gut geeignet. Ergänzend dazu gibt es unterschiedliche **Möglichkeiten, die Hand (Effektor) des Roboters zu bestücken**. Im Fall unseres Roboters in der Abbildung ist ein **pneumatischer Greifer** verbaut. Dieser wird über eines der 5/2 Wegeventile in der Zentralhand angesteuert. Zusätzlich sind **induktive Sensoren** verbaut worden, welche den aktuellen Zustand des Greifers erfassen (Offen; Geschlossen). Des Weiteren wurde eine **optische Bauteilkontrolle** integriert, um feststellen zu können, ob der Roboter das Werkstück richtig aufgenommen hat.



# Arbeitssicherheit (Robotik)

## Lernziele

- 🚩 Gefahren im Umgang mit Robotern kennen und
- 🚩 Sicherheitsmaßnahmen kennen und anwenden

## Allgemeine Information

- Ein **Betrieb des Roboters ist ohne externe Sicherheitsmaßnahmen nicht zulässig** und auch von der Herstellerseite aus **verboten!**
- Der **Betrieb eines Roboters ohne Schutzmaßnahmen kann tödliche Folgen haben**. Selbstüberschätzung oder grobe Fahrlässigkeit können nicht nur den Bediener selbst, sondern **auch andere Personen verletzen!**
- Wenn Schutzeinrichtungen überbrückt oder deaktiviert werden, kann sich der Bediener frei im Gefahrenbereich bewegen. Bei unüberlegten Fahrbewegungen im Handbetrieb oder einem automatischen Anlauf der Antriebe, ist der **Mensch dem Roboter völlig ausgeliefert**. In den meisten Fällen ist keine Kollisionserkennung vorhanden, sodass jeder auf die zusätzlichen Schutzeinrichtungen (Schutzgitter, Lichtvorhang, Sicherheitstür etc.) angewiesen ist.



# Arbeitssicherheit (Robotik)

## Sicherheitsmaßnahmen

Spezielle **Sicherheitsunterweisungen** oder **Schulungen** sind ebenso notwendig wie ein sehr gutes Verständnis über die **Sicherheitsbestimmungen** des jeweiligen Industrieroboters. Ebenfalls ist eine **Einschätzung der möglichen Gefahren** vor Arbeitsbeginn vorzunehmen. Unterstützend wirkt dabei der Betreiber der Anlage, in die der Roboter verbaut ist. Sowohl der Überwachungs- als auch der Belehrungspflicht ist nachzugehen. Dabei wird unter anderem auf eine **sicherheitsgerechte Integration** geachtet, bei der bspw. auf folgende Punkte eingegangen wird:

Erstellung einer Betriebsanleitung für die Anlage

Durchführen einer Risikobeurteilung

Einsatz der notwendigen Sicherheitsfunktionen und Schutzeinrichtungen

Auswahl von Personen, die für die Arbeiten geeignet und befähigt sind



# Selbststudium Schweißen



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



**Factcheck**  
Adapting quality of VET offer to the need  
of industry – manufacturing sector



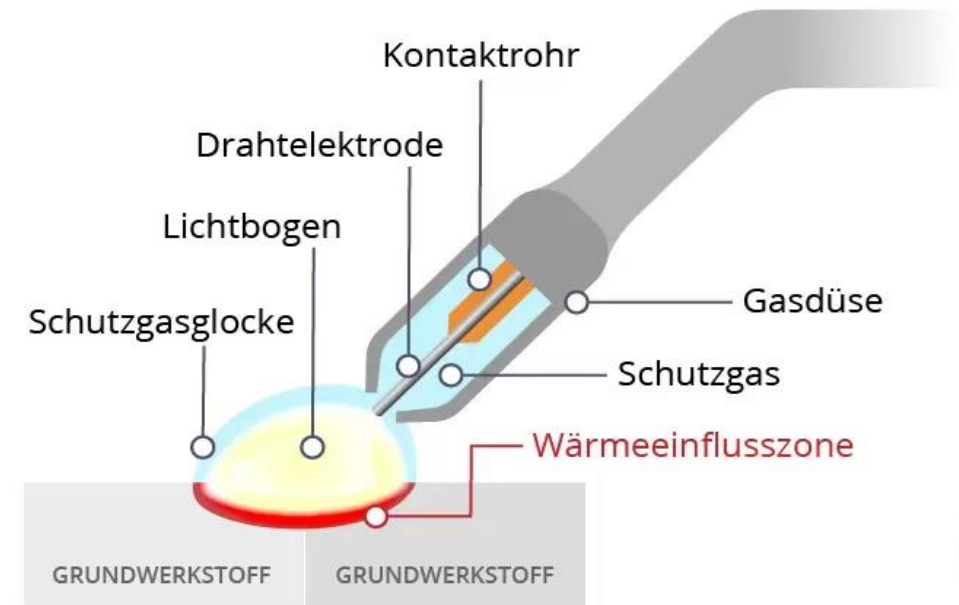
# Schweißen und Schweißnahtbewertung am Beispiel MSG - Metallschutzgasschweißen

## Lernziele

- 🔗 Funktionsweise und Aufbau einer MAG Schweißanlage kennenlernen
- 🔗 Bewertung von Schweißnähten anhand äußerer Unregelmäßigkeiten

Das MAG-Schweißen gehört zur Gruppe der **gasgeschützten Metall-Lichtbogenschweißverfahren**, bei denen eine **Drahtelektrode unter Schutzgas abgeschmolzen** wird, und ist besonders in der industriellen Fertigung **zum Fügen metallischer Werkstoffe** verbreitet.

Beim MAG-Schweißen wird die **dauerhafte Verbindung von Metallen** unter Anwendung von starker Wärme und Schweißhilfsstoffen erreicht. Den **Wärmeeintrag** für das Schmelzschweißverfahren bewirkt ein **elektrischer Lichtbogen**. Die eingesetzte **Drahtelektrode fließt als Schweißzusatz mit dem aufgeschmolzenen Grundmaterial zusammen** und trägt zur **Bildung der Schweißnaht** bei. Das Verfahren zeichnet sich eine durch eine **hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit** und die **Möglichkeit zur Automatisierung** aus. Es ist daher besonders für **industrielle Anwendungen** geeignet.



# Arbeitsschutz (Schweißen)

## Lernziele

- 🔗 Gefahren des Schweißens erkennen und
- 🔗 entsprechende Schutzvorkehrungen kennen und anwenden

## Allgemeines

Die **Schweißverfahren** werden **anhand der eingesetzten Energien** wie Gas, Strom, Laser oder Reibung **klassifiziert**. Von großer Bedeutung sind die **elektrischen Verfahren**. Dazu gehört zum Beispiel das Metallaktivgasschweißen(MAG). Möchte man Maßnahmen umsetzen, um sicheres Schweißen zu fördern, gilt zu beachten: **Jedes Verfahren birgt andere Risiken**, wie optische Strahlung, elektrischen Strom, Brand- und Explosionsgefahr, die Freisetzung gesundheitsgefährdender Gase und Rauchs oder die Verdrängung von Sauerstoff in der Atemluft.



# Arbeitsschutz (Schweißen)

## Elektrische Gefährdung

Eine elektrische Gefährdung beginnt, wenn:

Eine **Spannung höher als 25V Wechselspannung** (Effektivwert) oder **60V Gleichspannung** berührt werden kann und dabei ein **ausreichend hoher Strom** fließen könnte. Daher muss eine erste Schutzmaßnahme als **Basisschutz** (z. B. **Isolierung**) umgesetzt werden.

## Schadstoffe

Wenn sich **Schweißrauch** bildet, dann steckt dahinter eine Kette an physikalischen und chemischen Prozessen. Auch die Schadstoffe im Schweißrauch bilden sich aus ganz unterschiedlichen Elementen bei dem Schweißprozess.

**Schweißrauch entsteht bei hohen Temperaturen eines Lichtbogens oder einer Flamme, die auf einen Werkstoff trifft.** Dabei spielen sich physikalische und chemische Prozesse ab wie etwa **Verdampfen, Kondensation, Oxidation, Zersetzung Pyrolyse** (thermische-chemische Spaltung) oder **Verbrennen**. Es entstehen Schadstoffe, die sich herausbilden können aus:

**Zusatzwerkstoffen – Grundwerkstoffen – Schutzgasen – Beschichtungen – Verunreinigungen – Umgebungsluft**

Die Konzentration all dieser Gefahrstoffe in der Luft am Arbeitsplatz muss durch **Messungen** ermittelt werden. Der Arbeitgeber ist nach **Arbeitsschutzgesetz** (ArbSchG) dazu verpflichtet, die erforderlichen Maßnahmen gegen diese Gefährdungen zu treffen. Dementsprechend müssen je nach Verfahren, Werkstoff und den daraus entstehenden Schweißrauchen die **richtigen Absauggeräte** installiert werden



# Arbeitsschutz (Schweißen)

## Optische Strahlung (UV Strahlung):

Für die ultraviolette Strahlung besitzt der menschliche Körper kein Sinnesorgan.

Der menschliche Körper benötigt geringe Mengen an UV-Strahlung zur Bildung von Vitamin D. **Zu hohe Dosen sind aber für den Menschen schädlich.** UV-Strahlung verursacht u. a. das **Verblitzen der Augen**, indem sie eine Entzündung des äußeren Auges (Bindehautentzündung) hervorruft. Auch weitere Auswirkungen der UV-Strahlung spürt der Mensch erst, wenn es zu spät ist. Kurzzeitige hohe Dosen von UV-Strahlung führen zu **Verbrennungen**, beim Schweißen zum Beispiel zur sogenannten „Schweißerkravatte“ (Verbrennung des nicht abgedeckten Bereichs zwischen Hemd und Gesichtsschutz). Langfristig zu hohe Dosen können zu **Hautkrebs** und **grauem Star** (Eintrübung der Augenlinse) führen.

Um Haut- und Augenschäden zu vermeiden, muss der **ganze Körper vor Strahlungseinwirkung geschützt** sein.

Es wird ein **Gesichtsschutz** benötigt. Ein **Schutzhelm** für das Schweißen ist einem Schutzschild vorzuziehen, damit auch die Schläfen ausreichend abgedeckt werden. An diesem Schutzhelm sollten auch **Abdeckungen für die Schädeldecke, den Nacken und den Hals** befestigt sein. Alle Hautpartien, die nicht von der Schutzkleidung bedeckt sind, müssen z. B. bei Bedarf durch die **Schutzhaube** und unter Verwendung einer speziell für das Schweißen angefertigten **UV-Hautschutzcreme** geschützt werden. So sind die Personen an den Schweißarbeitsplätzen nicht nur gegen die **Strahlung von benachbarten Arbeitsplätzen** geschützt, sondern auch gegen **Strahlung, die von den Wänden oder den Werkstücken reflektiert wird.**



	Elektrische Gefährdung	Schadstoffe	Optische Strahlung	Brandgefahr
Beschreibung	Bei Elektroschweißgeräten sind nicht alle unter Spannung stehenden Teile isoliert. Um den Stromkreis zum Schmelzen der Metalle zu schließen, ist die elektrische Isolierung an der Schweißstelle unterbrochen.	Schweißrauch entsteht bei hohen Temperaturen eines Lichtbogens oder einer Flamme, die auf einen Werkstoff trifft. Die Konzentration der Gefahrstoffe in der Luft am Arbeitsplatz muss durch Messungen ermittelt werden.	Während des Schweißprozesses erzeugt der Lichtbogen ultraviolette Strahlung. Zu hohe Dosen sind für den Menschen schädlich.	Wie die Erfahrung zeigt, sind Schweiß- und Brennschneidarbeiten vor allem bei Um- oder Erweiterungsbauten, Reparaturarbeiten, Sanierungsarbeiten etc. häufig Ursache von Bränden. die zu hohen Sachschäden führen und zuweilen auch den Verlust von Menschenleben zur Folge haben.
Folgen	Die an den Schweißgeräten vorhandenen Spannungen können lebensgefährliche oder tödliche Verletzungen zu verursachen.	Einatmen des giftigen Schweißrauchs kann die Lunge belasten und zu Krebs führen	Verbrennungen Entzündungen der Augen  Grauer Star Hautkrebs	Können zu hohen Sachschäden führen und zuweilen auch den Verlust von Menschenleben zur Folge haben.
Sicherheitsmaßnahmen	<p>Isolierung zum Boden (Matte), zum Schweißgerät (Handschuhe) und zum Werkstück</p> <p>Isolierung des Schweißbrenners, der Kabel sowie der Person selbst durch trockene und saubere Kleidung und ggf. zusätzliche Isoliermatten</p> <p>Für eine sichere Schweißstromrückführung sorgen (direkte Verbindung zum Schweißstück oder Schweißstisch und Rückführung zum Schweißgerät)</p>	<p>je nach Verfahren, Werkstoff und den daraus entstehenden Schweißrauchen müssen die <b>richtigen Absauggeräte</b> installiert werden</p> 	<p>Gesichtsschutz (Schutzhelm) Schutzhaube Spezielle UV-Schutzcreme Schweißkabinen</p> 	<p>Schweiß- und Brennschneidarbeiten dürfen nur von zuverlässigen, über 18 Jahre alten Personen ausgeführt werden. Zur Durchführung der Arbeiten ist eine schriftliche Genehmigung, ein sogenannter Schweißerlaubnisschein, nötig. Lässt sich die Brandgefahr aus betriebstechnischen und baulichen Gründen nicht restlos beseitigen, so dürfen Schweiß- und Brennschneidarbeiten nur mit schriftlicher Genehmigung der Betriebsleitung oder deren Beauftragten und nur unter Aufsicht durchgeführt werden.</p>

# Schweißnahtfehler

Schweißnahtfehler einer Schweißverbindung sind **Ausdruck einer verminderten Fertigungsqualität**. Über die **Gebrauchstauglichkeit des gefertigten Erzeugnisses** können bei deren Feststellung keine Aussagen getroffen werden. Geometrische Unregelmäßigkeiten an metallischen Schweißverbindungen werden in der **DIN EN ISO 6520 Teil 1 und 2** beschrieben. Man unterscheidet in **innere und äußere Unregelmäßigkeiten**.

Schweißnahtfehler, die sichtbar sind oder durch zerstörungsfreie Prüfungen festgestellt werden können, werden in sechs Kategorien eingeteilt:

**Risse**

**Hohlräume**

**Feste Einschlüsse**

**Form- und  
Maßabweichungen**

**Bindefehler und  
ungenügende  
Durchschweißung**

**+ Sonstige  
Unregelmäßigkeiten**



# Schweißnahtfehler

**Risse sind örtliche Trennungen** im festen Zustand des Materials und **entstehen bei der Abkühlung oder später infolge von Spannungen in der Schweißnaht** oder in der Wärmeeinflusszone. Es werden je nach der Richtung des Rissverlaufs und dem Ort des Rissauftretens verschiedene Rissarten unterschieden.

**Hohlräume** können durch **Gaseinschlüsse** entstehen. **Kugelförmige Hohlräume** werden **Poren** genannt, die im erstarrten Schweißgut gleichmäßig verteilt sein können oder als **Porenzellen** oder **Porennester** auftreten können. Hohlräume treten auch als Gaskanal parallel zur Schweißnahtachse auf. Erreicht der Hohlraum im Augenblick der Erstarrung die Nahtoberfläche, ist also zur Oberflächen hin offen, spricht man von **Oberflächenporen**. Einen Hohlraum, der durch **Materialschrumpfung beim Erstarren des Schweißgutes** entsteht, nennt man **Lunker**.

**Feste Einschlüsse sind Fremdstoffeinlagerungen** im Schweißgut. Es kann sich dabei um **Schlacke, Reste von Flussmitteln oder Oxiden** in unterschiedlicher Anordnung handeln. Auch **Einschlüsse von Fremdmittel** (z. B. Wolfram der Elektrode beim WIG-Schweißen) zählt zu diesen Unregelmäßigkeiten. Auch unerwünschte **Oxidfilmbeläge** durch unzureichenden Schutz vor Luftzutritt sind Unregelmäßigkeiten, die in diese Hauptgruppe fallen.



# Schweißnahtfehler

Von **Bindefehlern** spricht man, wenn zwischen Schweißgut und Grundwerkstoff oder bei mehrlagiger Schweißung **zwischen den einzelnen Lagen keine feste Verbindung** besteht. Ist der tatsächliche **Einbrand geringer** als vorgesehen, spricht man von **ungenügender Durchschweißung**.

Zu den **Form- und Maßabweichungen** zählen **mangelhafte Geometrien der Schweißnaht** und alle Formen von **Einbrandkerben**. Dazu rechnet man auch zu große **Überhöhungen der Naht und Nahtwurzel**, einen zu **schroffen Nahtübergang**, den **Schweißgutüberlauf** auf der Oberfläche oder Nahtwurzel und das **Durchbrennen der Schweißnaht**, so dass ein durchgehendes Loch entsteht. Jede Art von **Nahtversatz** fällt in diese Hauptgruppe ebenso die **Unterwölbung von Teilen der Schweißnaht**. Abweichende Abmessungen der vorgeschriebenen Schweißnahtmaße sind Unregelmäßigkeiten dieser Hauptgruppe.

Unregelmäßigkeiten, die sich in die ersten fünf Hauptgruppen nicht einordnen lassen, werden als **sonstige Unregelmäßigkeiten** bezeichnet. Das können **Zündstellen** sein oder **Spritzer**, die beim Schweißen entstehen und auf dem geschweißten Werkstück haften. **Kerben**, die **bei der Nachbearbeitung** entstehen können, wie **Schleif- oder Meißelkerben**, sind solche Unregelmäßigkeiten. Auch **Verfärbungen durch Anlauffarben** sind oft unerwünscht, ebenso **Reste von Flussmitteln, Schlacke** und **Verzunderungen**.





## Schweißnahtunregelmäßigkeiten

Unregelmäßigkeiten sind Abweichungen in der Qualität der Herstellung eines Produktes, wie sie normalerweise nicht auftreten sollten. Ihre Entstehung wird durch den Grundwerkstoff, den Schweißprozess, den Schweißer und die Nahtvorbereitung beeinflusst. Sie können dabei mehr oder weniger stark ausgeprägt sein. Überschreiten die Unregelmäßigkeiten die zulässigen Grenzen, handelt es sich um Fehler, die zum Versagen einer ganzen Konstruktion führen können. Von der Schweißaufsicht muss entschieden werden, ob eine Ausbesserung solcher Fehler möglich ist, oder ob das Teil verworfen werden muss.

### Regelwerke

In der dreisprachigen **DIN EN ISO 6520** sind die Unregelmäßigkeiten definiert und mit Referenznummern versehen. Beispiel aus DIN EN ISO 6520:

Bezeichnung	Abkürzung	Definition	Referenznummer
2217	verfälschte geneigte Naht	geneigte Naht, die durch die Oberflächenrauheit der Grundwerkstoffe verursacht ist	2217
2218	unvollständige Durchschweißung	unvollständige Durchschweißung	2218
2219	Wurzelrückfall	Wurzelrückfall	2219
2220	zu große Wurzelkehlung	zu große Wurzelkehlung	2220

In **DIN EN ISO 5817** sind die Unregelmäßigkeiten in Bewertungsgruppen eingeteilt.

BEWERTUNGSGRUPPE	ANFORDERUNGEN
D	niedrige Anforderungen an die Schweißverbindung
C	mittlere Anforderungen an die Schweißverbindung
B	hohe Anforderungen an die Schweißverbindung

Beispiel aus DIN EN ISO 5817:

Unregelmäßigkeit	Bewertungsgruppe	Bemerkungen	Anforderungen für die Unregelmäßigkeiten der Bewertungsgruppen		
			D	C	B
2217	unvollständige Durchschweißung	2217 mit einer Oberflächrauheit von $R_a \leq 1,6 \mu m$ und $R_z \leq 6,3 \mu m$	0	1	2
2218	unvollständige Durchschweißung	2218 mit einer Oberflächrauheit von $R_a \leq 1,6 \mu m$ und $R_z \leq 6,3 \mu m$	0	1	2
2219	Wurzelrückfall	2219 mit einer Oberflächrauheit von $R_a \leq 1,6 \mu m$ und $R_z \leq 6,3 \mu m$	0	1	2
2220	zu große Wurzelkehlung	2220 mit einer Oberflächrauheit von $R_a \leq 1,6 \mu m$ und $R_z \leq 6,3 \mu m$	0	1	2

Merkmale **DVS 0703** erleichtert Schweißaufsichtspersonen und Prüfstellen die Beurteilung der ausgeführten Nahte und gibt Hinweise auf die Entstehung und zur Vermeidung von Unregelmäßigkeiten bei der Herstellung dieser Nahte.

## Häufige Unregelmäßigkeiten und ihre Ursachen

### OBERFLÄCHENUNREGELMÄSSIGKEITEN UND IHRE URSACHEN

<b>zu große Nahtüberhöhung</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schweißgeschwindigkeit zu gering</li> <li>falscher Nahtaufbau</li> <li>falsche Neigung in der Decklage</li> <li>zu geringe Spannung beim MIG- und LP-Schweißen</li> </ul>
<b>Decklagenunterhöhung</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stromstärke zu hoch</li> <li>Schweißgeschwindigkeit zu groß</li> <li>Lichtbogenlänge zu groß</li> <li>falscher Nahtaufbau</li> <li>zu große Schutzgasmenge</li> </ul>
<b>Einbrandrinne</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>zu hohe Stromstärke</li> <li>zu große Lichtbogenlänge</li> <li>einseitige Lichtbogenführung</li> </ul>
<b>unzureichende Durchschweißung</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stromverteilung falsch</li> <li>Wärmebringung zu gering</li> </ul>
<b>Wurzelrückfall</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schweißgeschwindigkeit zu hoch</li> <li>Wärmebringung der ersten Fülllage zu groß (je Schweißposition P)</li> <li>Stegabstand zu gering</li> <li>Vertikale mit Wurzelrückfall nicht aufgeschweißen</li> <li>Schweißnaht nicht „durchgedrückt“</li> </ul>
<b>zu große Wurzelkehlung</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stegabstand zu groß</li> <li>zu geringe Schweißgeschwindigkeit in der Wurzelzone</li> <li>Stromstärke zu hoch</li> <li>zu großer Schweißnaht beim Gasstromschweißen</li> <li>unzureichende Schweißstärken</li> </ul>

### INNERE UNREGELMÄSSIGKEITEN UND IHRE URSACHEN

<b>Porosität</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>ungeeigneter Schweißnaht</li> <li>Schweißnaht bzw. Schweißblech unsauber</li> <li>Schutzgasverunreinigung falsch</li> <li>Schutzgasmenge zu hoch/zu niedrig</li> <li>Schutzgasloch durch Zugluft beeinträchtigt</li> <li>Schutzgasloch des inneren Aussenders löst</li> <li>Lichtbogen zu lang</li> <li>zu großer Abstand Werkstück-Brenner</li> <li>überhöhtes Schweißgut</li> </ul>
<b>Risse</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundwerkstoff unter den vorliegenden Bedingungen nicht oder nur bedingt geeignet (z. B. hoher C-, P- und S-Gehalt)</li> <li>Schweißnaht ungeeignet</li> <li>unrichtige Stabwerkstoffe, Pulver oder Schutzgas falsch</li> <li>Umgebungstemperatur nicht beachtet</li> <li>bei Überbrechung geschweißter Querschnitt zu klein</li> <li>Schweißblechverformung</li> <li>Überhöhung</li> <li>Abfallgeschwindigkeit zu hoch <math>v_{max}</math>-Zeit zu gering</li> </ul>
<b>Lunker</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verhältnis der Nahtbreite zur Nahttiefe bei Prozessgruppe 12 nicht eingehalten</li> <li>Schweißnaht zu hoch</li> <li>Verunreinigter Grundwerkstoff (Legierungszone)</li> <li>Abschlaggeschwindigkeit zu hoch <math>v_{max}</math>-Zeit zu niedrig</li> </ul>
<b>Winkelfehler</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>schlechte oder falsche Nahtvorbereitung</li> <li>Schweißblechverformung (Abschweichung und Schweißgeschwindigkeit nicht angepasst)</li> <li>Stromverteilung, -anstellung nicht korrekt</li> <li>nicht ausreichende Stromstärke</li> <li>Überhöhung</li> </ul>
<b>nicht erfassbare Wurzel</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>schlechte oder falsche Nahtvorbereitung</li> <li>Stromstärke nicht angepasst</li> <li>beim Lagen/Schichten-Schweißen Versatz der beiden Schweißblätter</li> <li>Schweißspannung bei Prozessgruppen 12 und 13 zu hoch</li> </ul>
<b>hohe Einschlüsse (Hohlraum, Flussschlacke)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zwischenlagenanordnung unzureichend</li> <li>Stromstärke zu gering</li> <li>Unschlüssigkeit von Stabwerkstoffen oder Schweißpulver besitzt unzureichende Spülfähigkeit</li> <li>Überhöhung der zuvor geschweißten Naht zu groß</li> <li>Reaktion der Schweißblechgröße oder des Drahtwerkstoffes mit Luftwerkstoff</li> </ul>

### Zur Vermeidung von Unregelmäßigkeiten sind folgende Punkte zu beachten:

Grundwerkstoff:	Oberflächenzustand, Werkstückdicke, Werkstoffbeschaffenheit
Nahtvorbereitung:	sauber, passend zu Werkstückdicke und Schweißprozess
Schweißprozess:	korrekter Ablauf, richtige Parameter
Schweißer:	Handfertigkeit
Schweißnaht:	passend zu Werkstoff und Schweißprozess
Umgebung:	Zugluft, Umgebungstemperatur, Feuchtigkeit...



# Beispiele von Schweißnahtfehlern

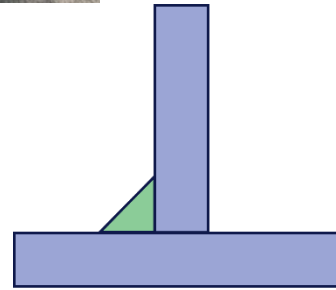
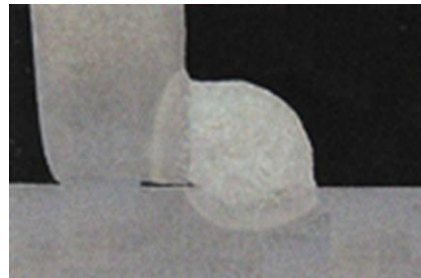
## Risse

Risse entstehen oftmals aufgrund eines **nicht geeigneten Grundwerkstoffes**, oder die **Auswahl des falschen Zusatzwerkstoffes**. Auch **hohen Spannungen in der Schweißbaugruppe** können zu Rissbildung führen. Ein Riss in einer Schweißnaht **ist eine nicht zulässige Unregelmäßigkeit**, da oftmals ein **Bauteilversagen die Folge** ist.



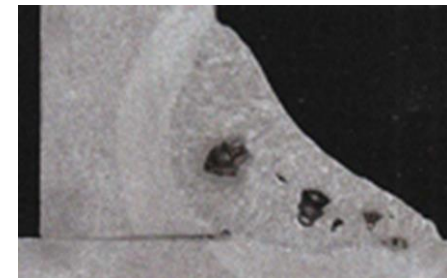
## Nahtüberhöhung

Eine Nahtüberhöhung ist eine **geometrische Unregelmäßigkeit** und wird **bis zu einer gewissen Abweichung toleriert**. Der **Querschnitt einer Kehlnaht** (Bild) sollte im optimalen Fall einem **gleichschenkligen Dreieck** entsprechen. Eine zu starke Überhöhung bringt **Nachteile bei der Festigkeit** mit sich. Die **Höhe** bzw. das **Kehlnahtmaß**, wird **im Vorfeld berechnet** und in technischen Dokumenten dargestellt.



## Poren

Poren sind **Hohlräume** die sich **meistens im inneren der Schweißnaht** befinden, aber **auch an der Oberfläche** in Erscheinung treten. Ihre **Ursachen** sind häufig **unsaubere Werkstückoberflächen**, oder **Probleme mit der Schutzgasabdeckung**. **Oberflächenporen sind nicht zulässig**, während **Poren im inneren der Schweißnaht in Abhängigkeit von ihrer Größe und Häufigkeit** toleriert werden.



# Schweißnahtlehren (Beispiele)

Eine Schweißnahtlehre ist ein ein Messgerät zur einfachen und schnellen Kontrolle der Nahtdicke und Nahtlänge einer vollzogenen Schweißnaht. Mit ihr lassen sich auch verschiedenen Schweißnahtunregelmäßigkeiten messen und deren Zulässigkeit in Abhängigkeit von Normen und Regelwerken bestimmen.



## Schweißnahtlehre mit Nonius oder digitaler Anzeige

Zum Messen von Kehlnähten geeignet.  
Bedingung: Ausführung flach oder hohl.

Sie ist auch zum Messen von Nahtüberhöhungen an Stumpfnähten geeignet.

Die Schenkel der Lehre sind so ausgebildet, dass damit auch Öffnungswinkel an V-Nähten kontrolliert werden können.



## Schweißnahtlehre mit drei oder vier Skalen

Universell geeignet und einfach anwendbar zur Messung des Kantenversatzes, der Kehlnatdicke einer ungleichschenkligen Kehlnaht, der Nahtüberhöhung und der Kehlnatdicke mit Decklagenunterwölbung.



# Anwendungsbeispiel

## Situation

Sie haben eine Schweißbaugruppe in die Roboteranlage eingelegt, mit der vorgesehenen Spannvorrichtung fixiert und die Sicherheitstüren geschlossen. Nach dem automatischen Ablauf des Fertigungsvorganges öffnen Sie die Sicherheitstür und entnehmen die Baugruppe. **Führen Sie eine routinemäßige Sichtprüfung aller vorhandenen Schweißnähte durch!**



**Welche Unregelmäßigkeit erkennen Sie?**

**A**

Pore

**B**

Einbrandkerbe

**C**

große Nahtüberhöhung

# Anwendungsbeispiel

## Situation

Sie haben eine Schweißbaugruppe in die Roboteranlage eingelegt, mit der vorgesehenen Spannvorrichtung fixiert und die Sicherheitstüren geschlossen. Nach dem automatischen Ablauf des Fertigungsvorganges öffnen Sie die Sicherheitstür und entnehmen die Baugruppe. **Führen Sie eine routinemäßige Sichtprüfung aller vorhandenen Schweißnähte durch!**



**Was kann die Ursache für diese Unregelmäßigkeit sein?**

**A**

Schutzgaszuführung gestört

**B**

unsaubere Werkstückoberflächen

**C**

zu hohe Stromstärke

# Anwendungsbeispiel

## Situation

Sie haben eine Schweißbaugruppe in die Roboteranlage eingelegt, mit der vorgesehenen Spannvorrichtung fixiert und die Sicherheitstüren geschlossen. Nach dem automatischen Ablauf des Fertigungsvorganges öffnen Sie die Sicherheitstür und entnehmen die Baugruppe. **Führen Sie eine routinemäßige Sichtprüfung aller vorhandenen Schweißnähte durch!**



**Das Bild zeigt eine Fehlstelle am Schweißnahtende.**

**A**

unsaubere Werkstückoberflächen

**B**

schlechte Passgenauigkeit der Teile zueinander

**C**

zu hohe Stromstärke

# Check-out Wissenstest

## 1. Wie wird der Schweißbrenner beansprucht?

- 1 nur mechanisch
- 2 nur thermisch
- 3 er wird mechanisch und thermisch hoch beansprucht
- 4 er wird mechanisch und thermisch gering beansprucht

## 2. Welchen Einfluss hat das Schutzgas auf den Schweißvorgang?

- 1 Das Schutzgas schützt nur und hat sonst keine Aufgabe.
- 2 Es beeinflusst die Vorgänge im Lichtbogen, die Tropfenablösung und die Schweißnahtform.
- 3 Es beeinflusst nur die Vorgänge im Lichtbogen.
- 4 Es beeinflusst nur die Tropfenablösung und die Schweißnahtform.

## 3. Welche Wirkung hat die Aufnahme von erhöhten Schadstoffanteilen in den menschlichen Körper?

- 1 Brennen der Fußsohle
- 2 Erblindung
- 3 Schädigung der Atemwege
- 4 Keine

## 4. Welche Aussage ist richtig?

- 1 Von Spraydosen oder Einwegfeuerzeugen geht keine Gefahr aus.
- 2 Nur Einwegfeuerzeuge dürfen nicht in der Arbeitsschutzkleidung aufbewahrt werden.
- 3 Spraydosen dürfen in der Arbeitsschutzkleidung aufbewahrt werden.
- 4 Spraydosen oder Einwegfeuerzeuge dürfen nicht in der Arbeitsschutzkleidung aufbewahrt werden.

OK, jetzt gib alles für den Abschlusstest! Du schaffst das!



# Check-out Wissenstest

**5. Welche Schweißnahtunregelmäßigkeit kann bei falscher Brennerhaltung auftreten?**

- 1 Keine
- 2 Risse
- 3 Schweißdrahteinschlüsse
- 4 **Bindefehler**

**6. Der Schweißer stellt plötzlich eine extreme Porenbildung fest. Was kann die Ursache dafür sein?**

- 1 **Das Prozessgas ist alle.**
- 2 Das Schweißgerät hat seine Einschaltdauer überschritten.
- 3 Die Schweißanweisung (WPS) ist nicht freigegeben.
- 4 Der Schweißer hat eine falsche Schweißerprüfung.

**6. Welche Aufgaben hat das Karussell am Roboter**

- 1 Steuerung des Bewegungsablaufes
- 2 optische Bauteilkontrolle
- 3 Verbindung zwischen Zentralhand und Schwinge
- 4 **Verantwortlich für Drehbewegung (Achse 1)**

OK, jetzt gib alles für den Abschlusstest! Du schaffst das!





# Check-out Wissenstest

## 7. Wie viele Achsen besitzt ein Industrieroboter?

- 1 zwei Achsen
- 2 fünf Achsen
- 3 sechs Achsen
- 4 zehn Achsen

## 8. Nennen Sie die 3 Hauptbaugruppen eines Industrieroboters

Lösung: Roboter(Manipulator) / Bedienelement (smartPad), Robotersteuerung

## 9. Welche Aufgaben haben Sicherheitseinrichtungen an einem Industrieroboter?

- 1 Steuern der Bewegungsabläufe
- 2 Greifen der Werkstücke
- 3 Schutz des Bedieners vor schweren Verletzungen
- 4 Steuerung der Geschwindigkeit

## 10. ???

OK, jetzt gib alles für den Abschlusstest! Du schaffst das!

