

Ersatz für Ausgabe August 1996

**Inhalt:**

- 1 Geltungsbereich
- 2 Einführung
- 3 Begriffsbestimmung
- 4 Funktionsprinzipien
  - 4.1 Geometrieorientierte Sensoren
  - 4.2 Prozessorientierte Sensoren
- 5 Schlussbemerkung
- 6 Mitgeltende technische Regeln

**1 Geltungsbereich**

Das Merkblatt behandelt ausschließlich Sensoren, die gemäß ihrem Wirkprinzip für das vollmechanische Lichtbogenschweißen eingesetzt werden können (Fugenanfangssuche und/oder Fugenvorverfolgung) und dabei zum Positionieren der Elektrode relativ zur Schweißnaht und gegebenenfalls zur Regelung der Schweißparameter dienen. Teil 1 des Merkblattes beinhaltet eine Darstellung der physikalischen Wirkprinzipien verschiedener Sensoren. Eine Hilfestellung zur Auswahl wird in Teil 2 gegeben.

Die unmittelbare Qualitätsüberwachung der geschweißten Naht und alle dafür geeigneten Verfahren fallen nicht in den Aufgabenbereich der hier betrachteten Sensoren.

**2 Einführung**

Die Güte einer Schweißnaht hängt neben den für den Schweißprozess maßgebenden Schweißparametern (z. B. Spannung, Strom, Drahtvorschub und Schweißgeschwindigkeit) zu einem wesentlichen Teil auch davon ab, wie die Prozessparameter und der Zusatzwerkstoff eingebracht werden. Die Positionierung des Brenners hat direkte Auswirkung auf den Materialfluss. Auch die Wärmeeinbringung zum Aufschmelzen der Bauteilkanäle und der gleichmäßige Wärmefluss sind direkt mit der Brennerführung verknüpft und haben erheblichen Einfluss auf die Qualität der Naht und auf resultierende Eigenspannungen.

Der Schweißer koordiniert die beim Schweißen ständig aufgenommenen Sinneseindrücke der Augen und des Gehörs so, dass die Elektrode oder der Schweißbrenner optimal in der Fuge geführt wird. Toleranzen und Veränderungen der Fugengeometrie und -lage werden direkt über eine geeignete Prozessführung durch den Schweißer kompensiert.

Beim vollmechanisierten und automatisierten Schutzgasschweißen addieren sich Ungenauigkeiten der Brennerführung, der Werkstückhandhabung, der Fugenvorbereitung und des Wärmeverzugs zu Abweichungen der Fugenlage und Fugengeometrie. Beim vollmechanischen Schweißen können die für die jeweils erforderliche Schweißnahtqualität notwendigen Informationen durch Sensoren ermittelt werden. Sensoren werden daher zur Lagebestimmung des Bauteils (Nahtanfangs- und Nahtendfindung), zur Fugenvorverfolgung und zur Adaption der Prozessparameter an aktuelle Fugenveränderungen eingesetzt. Die Sensoren können sowohl online (gleichzeitig mit dem Schweißprozess)

als auch offline (in einem separaten Arbeitsschritt vor dem Schweißen) eingesetzt werden. Der überwiegende Teil der Sensoranwendungen liegt bei der Online-Fugenvorverfolgung.

Eine sensorgestützte, vollmechanisierte Schweißanlage besteht neben dem Sensor aus einem mechanisierten Brennerführungssystem mit Steuerungssystem und Schweißenergiequelle. Die durch den Vergleich von Sensordaten und Führungsgröße ermittelte Positionsabweichung des Brenners wird im Regler in eine entsprechende Änderung der Stellgröße für das Brennerführungssystem umgewandelt. Diese Anordnung bildet in den meisten Anwendungsfällen einen geschlossenen Regelkreis.

Das Schweißergebnis hängt von der Qualität der Einzelkomponenten des Regelkreises in ihrem Zusammenwirken ab. Ausdruck findet dies in der Fähigkeit der Sensorsysteme, auf eine sprunghafte Veränderung innerhalb einer vorgegebenen Zeit zu reagieren.

Die jeweiligen Vor- und Nachteile der dargestellten Messprinzipien prädestinieren spezifische Sensoren für verschiedene Anwendungsfälle im Hinblick auf einen effizienten und wirtschaftlichen Einsatz von Produktionsmitteln. Vielfach überschneiden sich jedoch die Anforderungsprofile an Sensoren auch mit Einschränkungen, die bei der Anwendung berücksichtigt werden sollten. Die jeweilige Eignung der Sensorkonzepte ist nicht allgemein definierbar und sollte im Einzelfall durch den Anwender aufgabenbezogen beurteilt werden.

Beispielsweise behindern Anbauteile (Messaufnehmer) in der Nähe des Schweißbrenners den Zugang zur Schweißposition am Bauteil. Bei Lichtbogensensorsystemen entfallen diese Anbauteile, jedoch sind Lichtbogensensoren nicht für alle Aufgaben gleichermaßen gut geeignet.

Durch Verwendung eines ungeeigneten Sensors ist beispielsweise die Fähigkeit eines guten Nahtführungssystems nutzlos, andererseits wird auch ein für die Schweißaufgaben geeigneter Sensor Mängel einer mechanisierten Einrichtung (Getriebeispiel, Ungenauigkeit) nur bedingt ausgleichen können.

**3 Begriffsbestimmung**

Unter dem Sammelbegriff „Sensoren für das Lichtbogenschweißen“ versteht man Geräte, die als Bestandteil einer vollmechanisierten Schweißanlage Informationen über Lage und möglichst Geometrie der zu schweißenden Naht am Werkstück erfassen und entsprechende Daten in geeigneter Form zur Regelung der Position des Schweißbrenners und möglichst der Schweißprozessgrößen bereitstellen.

**4 Funktionsprinzipien**

Jedes physikalische Prinzip, das Informationen über die Lage eines Gegenstandes liefern kann, kommt als Ausgangsbasis für eine Sensorfunktion in Frage. Die beim Lichtbogenschweißen herrschenden Umgebungsbedingungen sowie die Anforderungen, die die vollmechanisierte Anlage stellt, führen jedoch zu vielerlei

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beurteilung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Lichtbogenschweißen“

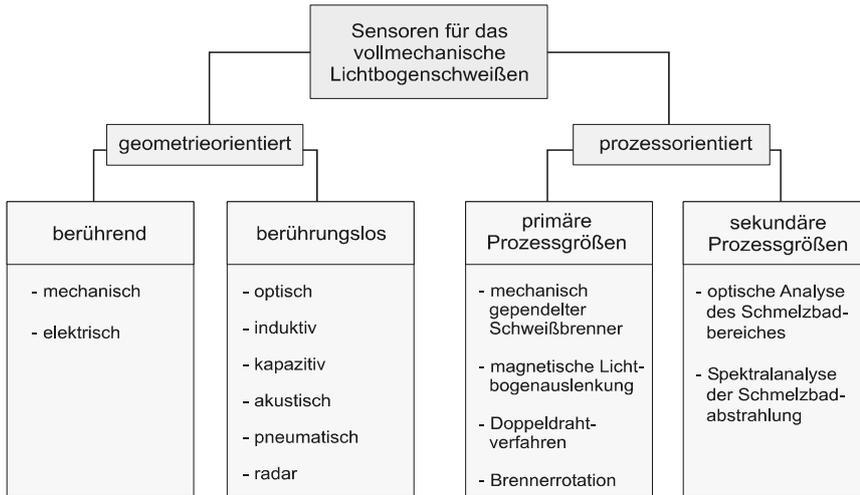


Bild 1. Einteilung der Sensorsysteme.

Einschränkungen. Bild 1 zeigt die Systemübersicht. Als übergeordnetes Kriterium wurde die Beobachtungsstrategie des Sensors (Prozess oder Geometrie) gewählt, die weitere Unterteilung orientiert sich am Messprinzip.

Ein weiteres Unterscheidungskriterium von Sensorsystemen liegt in der Betrachtung der Bauform. So sind vorlaufende Sensoren dadurch gekennzeichnet, dass Mess- und Fügestelle nicht ortsgleich sind. Mess- und Fügevorgang laufen in diesem Fall meist sequenziell ab. Um positionsrelevante Aussagen für den Schweißprozess treffen zu können, ist bei diesen Systemen eine Kalibrierung der relativen Lage erforderlich. Bei prozessorientierten Sensoren sind Mess- und Fügestelle identisch.

Allen Messprinzipien gemeinsam ist die Tatsache, dass durch die Auswertung der Sensorsignale eine geometrische Information über die Fuge und deren relative Lage zum Messkopf gewonnen wird. Die einzelnen Wirkprinzipien erlauben hierbei eine unterschiedliche Verarbeitungsgeschwindigkeit, mit der diese Information gewonnen werden kann.

#### 4.1 Geometrieorientierte Sensoren

Geometrieorientierte Sensoren gewinnen ihre Signale aus der Geometrie der Fuge oder einer definiert dazu verlaufenden Kante oder Fläche.

##### 4.1.1 Taktile Sensoren

Eine Art taktile Sensoren sind elektrisch berührende Sensoren zur Nahtfindung bzw. Werkstückvermessung. Der Sensor stellt einen elektrischen Kontakt mit dem Werkstück her; das elektrisch leitende Werkstück wird in den Messstromkreis des Sensors einbezogen.

Die mechanisch berührenden Sensoren bilden die zweite Kategorie der taktile Sensoren. Bei ihnen wird die mechanische Auslenkung eines das Werkstück berührenden Tastelementes ausgewertet.

##### 4.1.1.1 Elektrisch berührende Sensoren

Elektrisch berührende Sensorsysteme ertasten, einer bestimmten Suchstrategie folgend, den Nahtanfang oder auch weitere Bahnpunkte, indem sie mit spannungsbeaufschlagten (Gleichspannung von einigen zehn Volt bis 1 KV je nach Werkstoff und Oberfläche) Komponenten der Schweißanlage (Schutzgasdüse, Schweißelektrode, Taupfiff o. ä.) das Werkstück kontaktieren. Das bedeutet eine Online-Vermessung des Nahtanfangs, der Bauteillage oder der Geometrie vor dem Schweißen. Aus der Kenntnis des geplanten Bahnverlaufs wird eine Transformation der Bahnpunkte entsprechend den gemessenen Gegebenheiten durchgeführt. Während des Schweißprozesses findet in diesem Fall kein korrigierender Eingriff statt.

##### 4.1.1.2 Mechanisch berührende Sensoren

Mechanisch berührende Systeme setzen die Auslenkung eines Tastelements direkt in elektrische Steuersignale um. Es werden folgende Messwandlerprinzipien unterschieden:

- Mikroschalter
- Potenziometer
- Optisch-messwandler (Lichtschranken o. ä.)
- Induktive Messwandler

Messwandler mit Mikroschaltern haben aufgrund des erforderlichen Abstands der Schaltkontakte in einer Ebene eine Regelhysterese im Arbeitspunkt und damit eine begrenzte Nachführgenauigkeit zur Folge. Eine elektrische Verschiebung des Arbeitspunktes ist nicht möglich. Die anderen genannten Messwandlersysteme (optische Systeme je nach Ausführung ggf. eingeschränkt) erzeugen Analogsignale proportional zur Tastelementauslenkung und ermöglichen damit eine Fehler-proportionale Schweißkopfnachführung sowie eine elektrische Arbeitspunktverschiebung durch die übergeordnete Steuerung z. B. beim Mehrlagenschweißen. Die Ausgangssignale der am meisten verbreiteten induktiven Messwandlersystemen betragen 0 bis 10 V DC je nach Tastelementauslenkung (Bild 2).

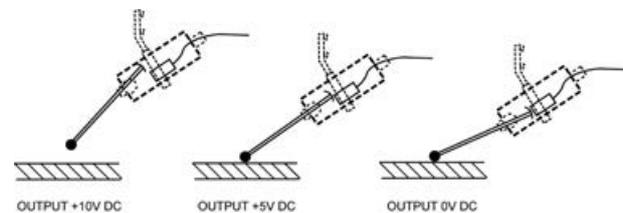


Bild 2. Induktive Messwandler.

##### 4.1.1.3 Randbedingungen

Bei elektrisch berührenden Systemen ist jede Beeinträchtigung der elektrischen Kontaktierung zwischen Sensortastelement und Werkstück problematisch, z. B. durch Schweißspritzer an der Schutzgasdüse, durch Zunderschicht und Walzhaut auf der Werkstückoberfläche oder durch ein kugelig angeschmolzenes und mit Schlacke behaftetes Drahtelektrodenende.

Bei mechanisch berührenden Sensoren sind die Tastelemente den jeweiligen Fugenformen anzupassen. Stumpfnähte mit I-Stoßvorbereitung sollten einen Fugenspalt von mehr als 3 mm aufweisen, bei Überlappstößen sollte die Dicke des Oberblechs größer als 3 mm sein.