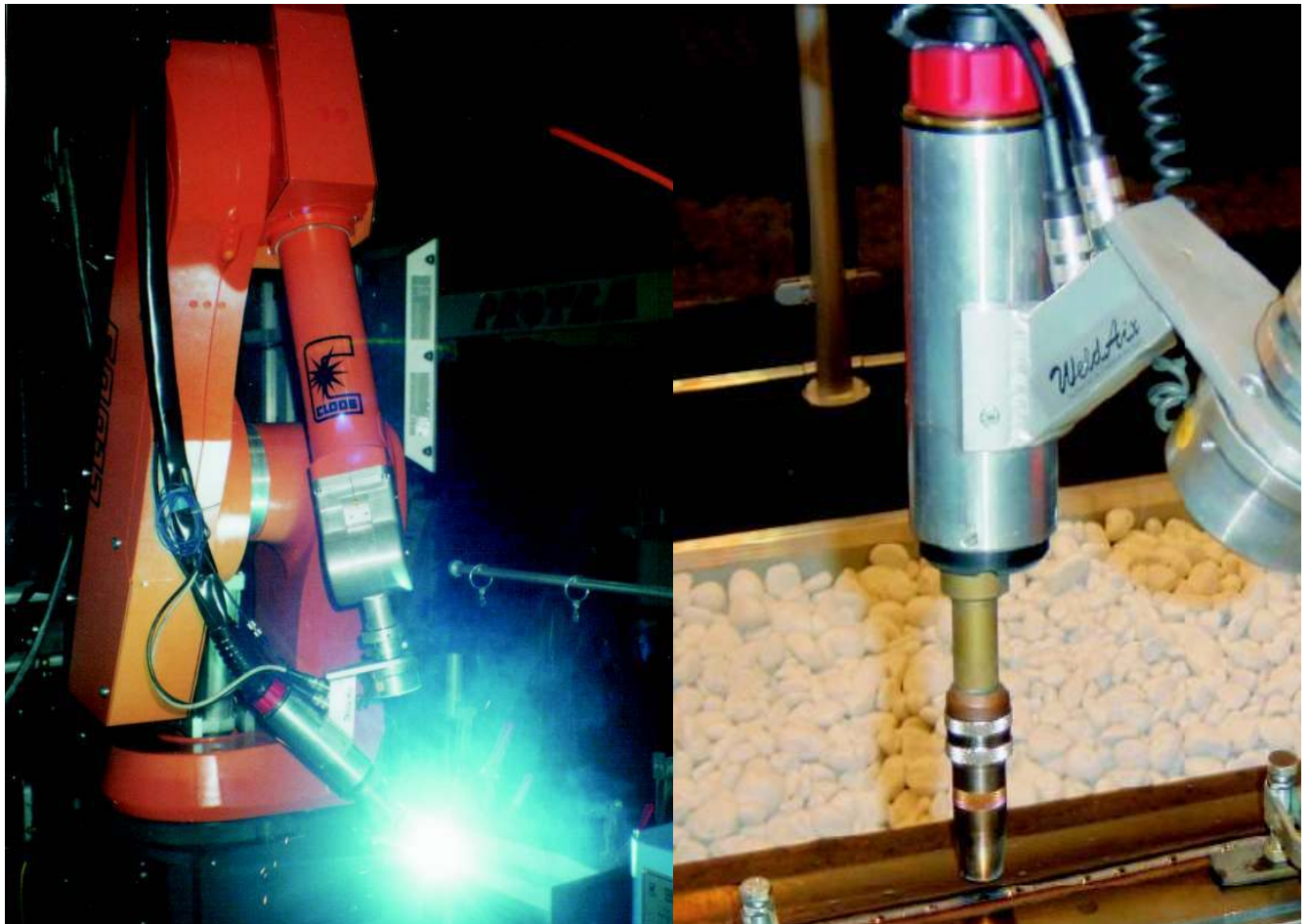


---

# Direkt

ISF - Welding Institute  
Aachen University  
Germany



Einsatz des Lichtbogensensors mit rotierendem Brenner auf der Messe Schweißen & Schneiden in Essen 2001  
Application of arc sensor with rotating torch during Essen Welding Fair 2001

---

## Themen:

- Lichtbogensensor mit rotierendem Brenner  
*Arc Sensor with Rotating Torch*
  - Engspaltschweißen hochfester Feinkornbaustähle  
*Narrow-Gap welding of High-Strength Fine-Grain Structural Steels*
  - *News*
-

Dr.-Ing. J. Gollnick

Ein Brenner mit schnell kreisförmig ausgelenkter Drahtelektroden spitze erlaubt es, die Signalqualität und -rate des Lichtbogensensors zu erhöhen, wodurch Toleranzen in der Fuge und der Fugenlage erkannt und ohne Programmierung bei dreidimensionalen Schweißbahnen kompensiert werden können.

A torch with a fast rotary deflected wire electrode tip allows to increase the signal quality and signal rate of the arc sensor. Thus welding groove tolerances and groove position tolerances are determined and compensated in 3D-space without programming.

Der Lichtbogensensor gehört zu den prozesskenngrößen auswertenden Sensoren. Im Gegensatz zu vorlaufenden Sensoren schränkt er die Zugänglichkeit des Brenners nicht ein. Anwendung findet er überwiegend bei der Fugenverfolgung. Weit verbreitet ist die mechanische Pendelung des Brenners, wodurch der Lichtbogen über die Fugenflanken geführt wird. Die Prozesssignale auf den Fugenflanken werden miteinander verglichen und erlauben die Ermittlung der relativen Brennerposition zur Fugenmitte. Übliche Pendelweiten um die 5 mm beschränken die maximal erreichbare Schweißgeschwindigkeit und fokussieren den Einsatz des Lichtbogensensors auf Blechdicken über 5 mm.

werden, so dass zur Fugenverfolgung die Signalamplituden um das Fünf- bis Zehnfache steigen, **Bild 1** unten. Sie erreichen bei 30 Hz Rotationsfrequenz ihren Höchstwert. Verglichen mit der konventionellen Pendelung steigt bei dieser Rotationsfrequenz die Signalrate und die Signalqualität bis auf das Zehnfache. Der Lichtbogen bewegt sich kreisförmig auf einer dünnen Schmelzschicht und bildet bei einer kontinuierlichen Höhenbewertung das Einbrandprofil der Schweißnaht ab, **Bild 2**.

Der aktuelle Arbeitspunkt  $A(r,l)$  für einen MSG-Prozess stellt sich als Schnittpunkt der Stromquellenkennlinie und der Prozesskennlinie im Spannungs-/Strom-Diagramm ein, **Bild 1**. Er beschreibt das Gleichgewicht zwischen der zugeführten Drahtmenge und der mittleren Abschmelzgeschwindigkeit. Im Sinne einer stabilen Prozessführung regelt die Stromquelle im allgemeinen die Lichtbogenlänge beispielsweise durch Vorgabe einer Konstanzspannungscharakteristik („innerer Selbstausgleich“).

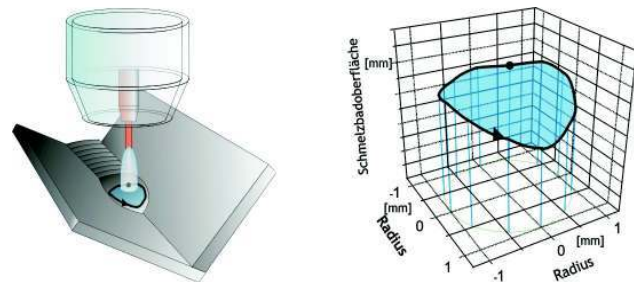


Bild 2: Schmelzbadoberflächenabtastung durch den Lichtbogen  
Fig. 2: Scanning of the molten pool surface by the arc

Ein Sensorcomputer, integriert in eine Robotersteuerung, berechnet die notwendigen Bahnkorrekturen zur Realisierung einer erweiterten Lichtbogensensorik mit Fähigkeiten zur Fugenverfolgung, Brennerorientierungsanpassung und Geschwindigkeitskorrekturen für Spaltweitenänderungen, **Bild 3**.

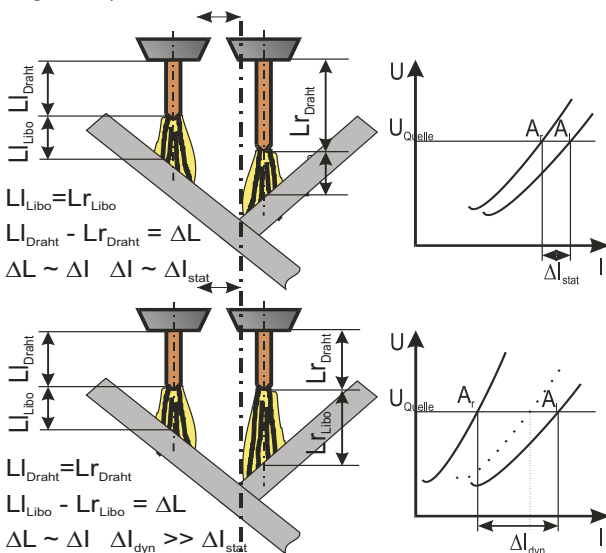


Bild 1: Signalamplituden  
Fig. 1: Signal amplitudes

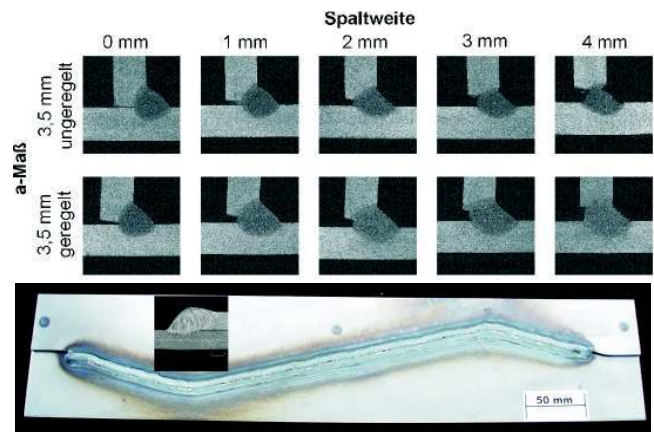


Bild 3: Spaltweitenkompensation und Fugenverfolgung  
Fig. 3: Gapwidthcompensation and seamtracking

Beim Impulslichtbogenschweißen werden zusätzliche Regelstrategien eingesetzt. Für eine Höhenführung wird allein der Widerstand des freien Drahtendes bewertet. Bei schneller Lichtbogenauslenkung ab einer Frequenz von 10 Hz können die Ausgleichsvorgänge für die Lichtbogenlänge an den Fugenflanken unterdrückt

Die Erweiterung der Sensoreigenschaften ermöglicht darüber hinaus die Anwendung zur Fugenverfolgung am Überlappstoß für Bleche mit einer Dicke unter 4 mm. Der geringe Rotationsdurchmesser und die erweiterten Sensoreigenschaften ermöglichen die Steigerung der Qualität und Produktivität beim automatisierten Metallschutzgasschweißen.

Yaoyong Yi, MSc

Engspaltschweißen ist ein Sonderschweißverfahren. Es ist wirtschaftlicher und verzugsärmer gegenüber konventionellen Schweißverfahren. Zur Gewährleistung einer guten Schweißnahtqualität ist eine Führung des Schweißkopfes erforderlich, wofür der Lichtbogensensor wegen seiner Zugänglichkeit besonders geeignet ist.

Aufgrund der flachfallenden Stromquellenkennlinie der eingesetzten Impulslichtbogenstromquelle wurde der Schweißstrom ausgewertet. Von der Auswerteelektronik des Sensorsystems wurden die Stromstärke an vier Positionen, an der linken und rechten Flanke und zweimal in der Mitte der Fuge gewonnen. Hieraus berechnet ein Sensorrechner die Stellgrößen für die Regelung der Führung der Höhe, der Seite und des Füllgrades in einer Schweißlage.

Bleibt die Abweichung zur Nachregelung des Schweißkopfes in einem geeigneten kleineren Toleranzbereich, wird die Schweißnahtqualität bei einem proportionalen Reglerverhalten nicht beeinträchtigt. Bei weiterführenden Regelungsaufgaben wurde besonderer Wert auf eine optimierte Korrekturgeschwindigkeit und Reglerstabilität gelegt. Daher wurde eine Regelstrategie entwickelt, bei der eine situationsabhängige Anpassung der Verstärkungsfaktoren in Abhängigkeit von der aktuellen Regelsituation geschieht. Dies führte dazu, dass die Schweißkopfführung mit dieser erweiterten Regelstrategie schneller eine große Brennerfehlstellung korrigiert und kein Übersteuern aufweist.

In praktischen Versuchen konnte bei unterschiedlichen geometrischen Bauteilen die Zuverlässigkeit des neu entwickelten Schweißkopfführungssystems mit unterschiedlichen Regelungsschwerpunkten unter Beweis gestellt werden. Die Regelungen zur Höhen- und Seitenführung, Füllgradregelung und Decklagenschweißung wurden einzeln und in verschiedenen Kombinationen erprobt. In **Bild 1** ist der Nahtaufbau einer Engspaltschweißung in Längs- und Querschliff für eine Schweißprobe, bei der alle Sensorfunktionen gleichzeitig aktiviert waren, dargestellt. Die Flanken-anbindung ist mit sich verjüngendem Spalt gewährleistet. Der Nahtaufbau ist gleichmäßig und frei von Rissen.

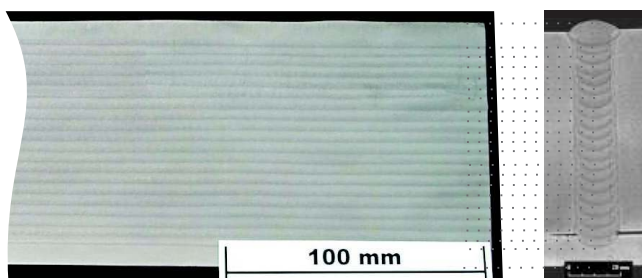


Bild 1: Nahtaufbau beim Engspaltschweißen mit Lichtbogensensor  
Fig. 1: Weld build up in narrow gap GMA welding with arc sensor

Narrow gap welding belongs to the group of special welding processes. In comparison with conventional welding methods, narrow-gap welding is more profitable and has a lower weld distortion. Welding head guidance is necessary for a good weld quality. Due to its accessibility the arc sensor is especially suited for application.

Ein besonderer Vorteil beim Engspaltschweißen ist die vergleichsweise niedrigere Eigenspannung aufgrund des kleineren Füllvolumens und dadurch bedingten geringeren Schrumpfungen im Vergleich zu anderen Schweißverfahren. Kaltrisse, die vorwiegend beim Schweißen der hochfesten Feinkornstähle entstehen, können schon prozessbedingt weitgehend vermieden werden. Die beim Engspaltschweißen wesentlich kleinere Grobkornzone in der WEZ begünstigt die mechanischen Eigenschaften der Schweißverbindung. Daher ist das Engspaltschweißen besonders bei hochfesten Feinkornstählen ein bevorzugtes Verfahren. Die geeignete Fugenbreite des Engspaltschweißens eines S890QL, für die die geforderten mechanisch-technologischen Eigenschaften eingehalten werden können, liegt zwischen 10 und 13 mm. Dieser Wert basiert auf Schweißungen mit dem neu entwickelten Engspaltschweißschwert, bei dem die Drahtspitze auf einem Kreissegment pendelt. Innerhalb dieser Fugenbreiten ist eine Probe der hochfesten Stahlqualität S890QL mit 80 mm Blechdicke unter Einsatz des prozessorientierten Schweißkopfführungssystems verschweißt worden, **Bild 2**. Die Naht zeigt die Wirkungsweise der Füllgradregelung bei sich weitendem Spalt von D1 nach D3.

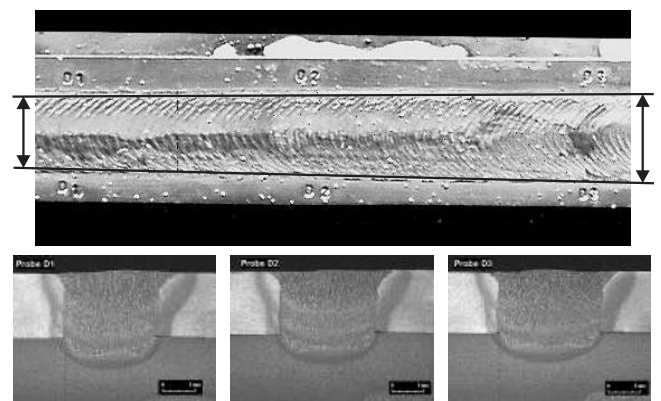


Bild 2: Pulssignal bei sich verringerndem Kontaktrohrabstand  
Fig. 2: Pulssignal while decreasing contact-tube distance

Diese Arbeit bestätigt, dass das prozessorientierte Schweißkopfführungssystem die Regelung der Seiten- und Höhenführung, sowie des Füllgrades und der Decklage beim Engspaltschweißen gewährleistet. Für hochfeste Feinkornbaustähle eignet sich dieses Verfahren besonders, da die geforderten mechanisch-technologischen Festigkeiten eingehalten werden können. Hier liegt das künftige Potenzial der Engspaltschweißkopfführung.



## ISF Intern

Seit der letzten Herbstausgabe des ISF Direkt konnten einige Promotionen gefeiert werden:

- Am 27.11.01 Herr Dipl.-Ing. M. Möller mit dem Thema "Mikroapplikation von ungefüllten Klebstoffen zum Kleben in der Mikrosystemtechnik"
- Am 29.11.01 Herr Dipl.-Ing. G. Träger mit dem Thema "Elektronenstrahlschweißen pulvermetallurgisch hergestellter Werkstoffe"
- Am 14.01.02 Herr Dipl.-Ing. J. Gollnick mit dem Thema "Entwicklung eines integrierten Lichtbogensensorsystems mit rotierendem Brenner" und Herr Dipl.-Ing. H. Bachem mit dem Thema "Lichtbogensensorsysteme zur Fugenverfolgung und Füllgradregelung beim mechanisierten MSG-Mehrdrahtschweißen"
- Am 18.01.02 Herr Dipl.-Ing. L. Kabatnik mit dem Thema "Plasma-Pulver-Schweißen verschleißbeständiger Schichten auf Aluminiumwerkstoffe."

Zur Verstärkung der Simulationsabteilung sind seit Dezember 2001 Dr. Mokrov und Dr. Dikchev am Institut aktiv.

Wir gratulieren unserem Techniker G. Lewerenz und unserem Leiter der Chemieabteilung C. Holzinger zu ihren 25 jährigen Dienstjubiläen im Jahr 2001.

Wir trauern um unseren werten ehemaligen Kollegen Dr.-Ing. Heinz Bachem, der am 26.02.02 bei einem Unfall verstarb. An seiner Beisetzung nahmen viele Kollegen teil und haben der zurückbleibenden Witwe mit vier Kindern ihr tiefes Mitgefühl ausgedrückt.

Wir freuen uns mit unserer Programmiererin Bärbel Nymphius über die Geburt ihres Sohnes Lasse am 12.03.02 und begrüßen ihn in der Institutsmannschaft.

Das externe ISF-Kolloquium zum Thema "Neue Entwicklungen beim Schutzgasschweißen" am 31.01.02 erfreute sich mit ca. 150 Teilnehmern großer Resonanz Seitens der Industrie.

Die Zuhörer erwartete ein breites Themenspektrum über Schutzgaszusammensetzungen zur Verbesserung der Nahtqualität bei verschiedenen Schweißverfahren, im Bereich der Automation neue leistungsfähige Schweißverfahren, den aktuellen Stand in der Stromquellenentwicklung sowie in der Lichtbogensensorik. Vorgestellt wurde das AC-MIG-, das MSG-Tandem-, das MSG-Band- und das neue Plasma-MIG-Schweißen sowie der neuste Stand in der Lichtbogensensorik des am ISF entwickelten rotierenden Brenners. Vier verschiedene Firmen stellten ihre neusten Stromquellenentwicklungen, deren Vorzüge und Einsatzgebiete vor. An den zahlreich erschienenen Firmenvertretern kann die Aktualität der Thematik abgelesen werden. Viele anregende Diskussionen zu den Fachbeiträgen der Vortragenden rundeten das gelungene Kolloquium ab.

## CAR Interdisziplinäre Forschung

car (competence center automotive region aachen/euregio maas-rhein) ist ein unabhängiges Netzwerk der in der Region Aachen und der Euregio Maas-Rhein ansässigen Unternehmen und Forschungseinrichtungen mit dem Schwerpunkt Automobiltechnik.



car wurde auf Initiative von Herrn Dr. Jürgen Linden, Oberbürgermeister der Stadt Aachen und Herrn Günther Gebhardt, Werkleiter der Continental AG Aachen und unter Federführung der Vereinigung der Unternehmerverbände Aachen am 20.03.01 mit 44 Gründungsmitgliedern im Ford Forschungszentrum Aachen gegründet. Die heute 52 Mitglieder stellen mit 2 Mrd. Euro Umsatz und rund 9000 Mitarbeitern eine wirtschaftliche Kernkompetenz der Technologieregion Aachen /Euregio Maas-Rhein dar.

Ziel ist die stärkere Positionierung und Profilierung des Automobiltechnikstandortes Aachen/Euregio Rhein-Maas und seiner Mitglieder in der Wahrnehmung der internationalen Fachwelt, aber auch der regionalen Wirtschaft und Bevölkerung sowie nicht zuletzt von Studenten, Nachwuchs- und Fachkräften.

Neben den Automobilbau-Hochburgen in München, Ingolstadt, Stuttgart, Rüsselsheim, Köln und Wolfsburg bietet nun auch das Dreiländereck rund um Aachen für viele Absolventen in Firmen, Instituten und Ingenieurbüros interessante Herausforderungen.

Die beteiligten Institute der RWTH sind:

- Institut für Kraftfahrwesen Aachen (IKA)
- Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen (VKA)
- Institut für Getriebetechnik und Maschinendynamik (IGM)
- Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen (IFAS)
- Institut für Maschinenelemente und Maschinengestaltung (IME)
- Institut für Stromrichtertechnik und elektrische Antriebe (ISEA)
- Institut für Bildsamer Formgebung (IBF)
- Institut für Schweißtechnische Fertigungsverfahren (ISF)

Herausgeber: Freundeskreis des Instituts für Schweißtechnik e.V.  
 Institut für Schweißtechnische Fertigungsverfahren, ISF  
 Institutsdirektor Prof. Dr.-Ing. U. Dillthey  
 Anschrift: Pontstrasse 49, D-52062 Aachen  
 fon: +49(0)241 / 80 938 71  
 fax: +49(0)241 / 80 92 170  
 email: office@isf.rwth-aachen.de  
 internet: www.isf-aachen.de  
 Redaktion: Dipl.-Ing. G. Wilms