

Optische Messung der Drahtgeschwindigkeit beim Metall-Schutzgas-Schweißen

G. Bürkner¹; U. Füssel²; N. Goller, D. Petrak³; J. Zschetzsche²

¹TBi Industries GmbH

Ruhberg 14, 35463 Fernwald-Steinbach

²Institut für Produktionstechnik Professur Fügetechnik und Montage

Technische Universität Dresden

01062 Dresden

³Fakultät für Maschinenbau Professur Strömungsmechanik

Technische Universität Chemnitz

Reichenhainer Straße 70, 09126 Chemnitz

Einleitung

Beim Metall-Schutzgas-Schweißen (MSG) wird der Lichtbogen zwischen einer abschmelzenden Elektrode und dem Werkstück gezündet. Die Elektrode dient gleichzeitig als Schweißzusatzwerkstoff. Das Prinzip ist es, die Lichtbogenparameter (Strom, Spannung) auf einen konstanten Drahtvorschub abzustimmen. Es treten jedoch immer Schwankungen im Drahtvorschub durch Schlupf im Drahtfördersystem, Bewegungen des Schlauchpaketes bzw. wechselweises Verspannen und Entspannen des Drahtes im Schlauchpaket durch lokale Verschweißungen des Drahtes in der Stromdüse auf. Resultate sind ein unruhiger, spritzerbehafteter Prozess und im schlimmsten Fall das Zurückbrennen des Drahtes bis in die Stromdüse. Um diese Effekte zu eliminieren, werden 2 Konzepte verfolgt, die auch gleichzeitig angewendet werden können:

1. Die Anpassung der Parameter mit der Lichtbogenlänge als Regelgröße (die Lichtbogenlänge ist im Regelbereich proportional zum Spannungsabfall). Dieses Konzept ermöglicht die Einstellung der Lichtbogenlänge nur in relativ engen Grenzen. Die Kennlinie der Stromquelle ist immer auf die gewählte und nicht auf die tatsächliche Drahtvorschubgeschwindigkeit abgestimmt.

2. Eine Drahtförderung mit mehreren Drahtförderantrieben (Push-Push bzw. Push-Pull System). Diese Konfiguration erfordert einen zusätzlichen Drahtförderantrieb im Brenner und die Abstimmung der einzelnen Antriebe aufeinander. Eine völlig konstante Drahtvorschubgeschwindigkeit kann jedoch nicht garantiert werden.

In dem vorliegenden Beitrag wird der Ansatz untersucht, die Drahtgeschwindigkeit im Brennen optisch zu erfassen und die Kennlinie der Stromquelle darauf abzustimmen.

Messverfahren mit optischen Gittern

Bei der Geschwindigkeitsmessung mittels eines optischen Gitters wird das diffus reflektierte Licht einer stochastisch strukturierten Oberfläche durch ein optisches Gitter gefiltert. Die Gitterspalten sind senkrecht zur Bewegungsrichtung mit einem Abstand g (Gitterkonstante) angeordnet. Eine hinter dem Gitter positionierte Feldlinse bündelt die Lichtstrahlen auf eine Fotodiode. Aufgrund der filternden Wirkung des optischen Gitters spricht man auch vom Ortsfilterverfahren. /1/, /2/

Durch die Relativbewegung zwischen der Messanordnung und der Messoberfläche wird das reflektierte Licht intensitätsmoduliert. Das heißt, die Lichtstärke, die durch jeden einzelnen Gitterspalt tritt, verändert sich in Abhängigkeit von der Oberflächenstruktur und der Objektgeschwindigkeit. Diese wird von der Fotodiode aufgenommen und in ein Frequenzsignal umgewandelt, welches proportional zur Geschwindigkeit der Messoberfläche ist. Die Beleuchtung der Oberfläche kann mit inkohärentem Licht oder mit kohärentem Licht (Laserdiode) realisiert werden /2/.

$$f = \frac{v \cdot \beta'}{g}$$

Die Frequenz f ergibt sich aus der Geschwindigkeit der Messfläche v , dem optischen Abbildungsverhältnis β' und der Gitterkonstanten g .

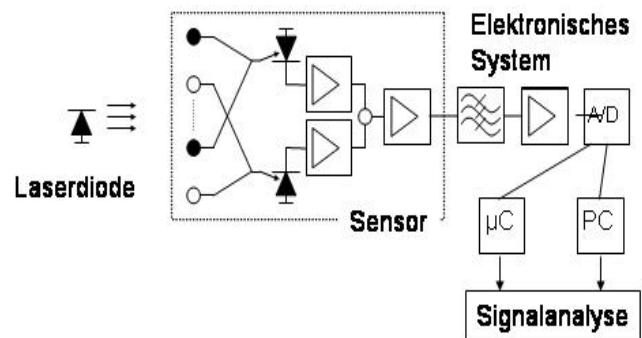
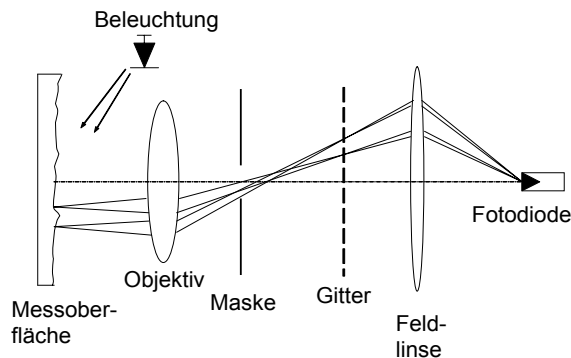


Bild 1: Messprinzip mit optischem Gitter /2/

Bild 2: Optische und elektronische Systeme eines Sensors nach dem Ortsfilterverfahren /2/

Versuchsanordnung

Der Versuchsaufbau zur optischen Messung der Drahtgeschwindigkeit besteht im wesentlichen aus folgenden Teilen (Bild 3):

- Laserdiode zur Beleuchtung der Drahtoberfläche:
- Mikroskopobjektiv zur Einstellung eines günstigen Abbildungsmaßstabes mit Bildumlenkelement zur Verringerung der Baubreite:
- Halterung und Sensorsupport zur Montage der Elemente entsprechend Bild1
- Sensor
- Frequenz/Spannungs-Wandler (F/U-Wandler)
- Komparator

Für die Laborversuche wurde die Drahtmesseinheit auf ein Grundelement des TBi Planeten-Push-Pull Antriebes mit Adaptern montiert (Bild 3). Für die Messung wird eine optisch zugängliche Drahtlänge von ca. 1 mm benötigt.

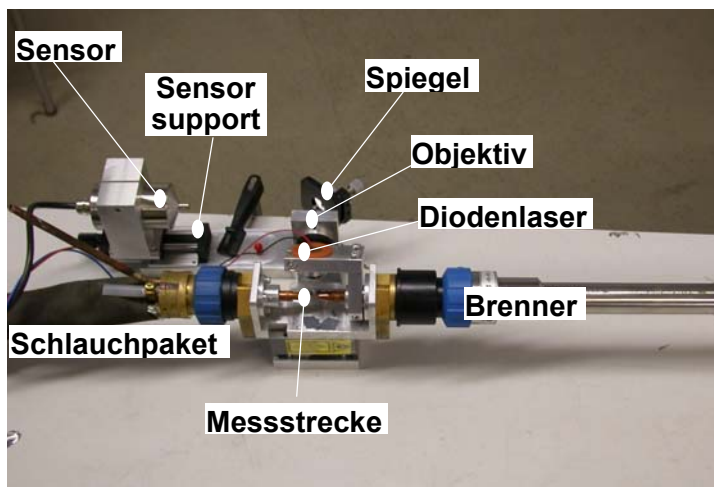


Bild 3: Roboter-Schweißbrenner mit optischer Geschwindigkeitsmessung

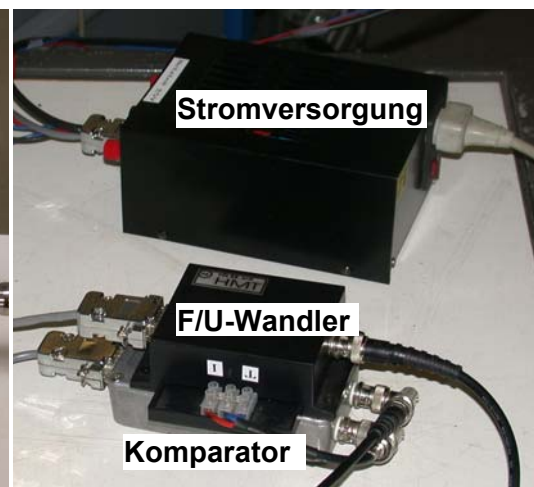


Bild 4: Elektronische Auswerteeinheiten

Messwertauswertung

Der optische Sensor liefert eine zeitlich veränderliche Spannung, deren Frequenz direkt proportional zur Drahtgeschwindigkeit ist. Die Amplitude der Spannung ($<0,5\text{V}$) entspricht dem Gradienten der Intensität des auf dem Sensor einfallenden Lichts. Sie ist hauptsächlich von der Intensität der Beleuchtung und der Störung auf der Drahtoberfläche abhängig.

Für die Darstellung des zeitlichen Verlaufs bzw. zur weiteren Auswertung der Drahtgeschwindigkeit ist die Frequenz der Sensorspannung ungünstig. Besser ist eine Spannung, die proportional zur Drahtgeschwindigkeit ist. Die Umwandlung der Frequenz in die entsprechende Spannung wird durch einen Frequenz/Spannungs-Wandler (F/U-Wandler) mit vorgeschaltetem Komparator realisiert (Bild 4). Der Signalverlauf wird in Bild 5 gezeigt.

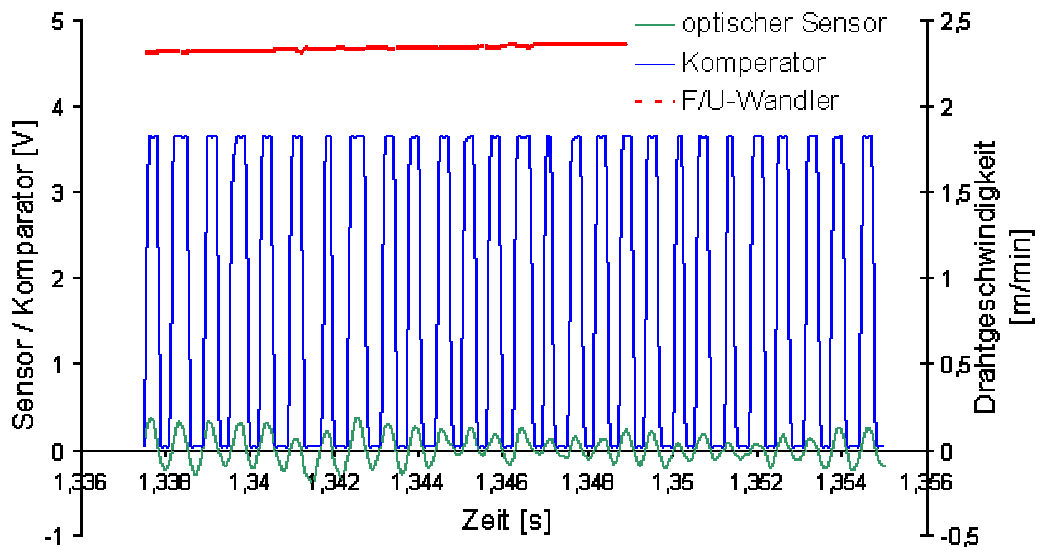


Bild 5: Signalverlauf

Es wurden Vergleichsmessungen des optischen Sensors mit einem mechanischen Sensor durchgeführt (Messaufbau Bild 6). Der mechanische Sensor arbeitet nach dem Prinzip Reibrad mit inkrementalem Geber.

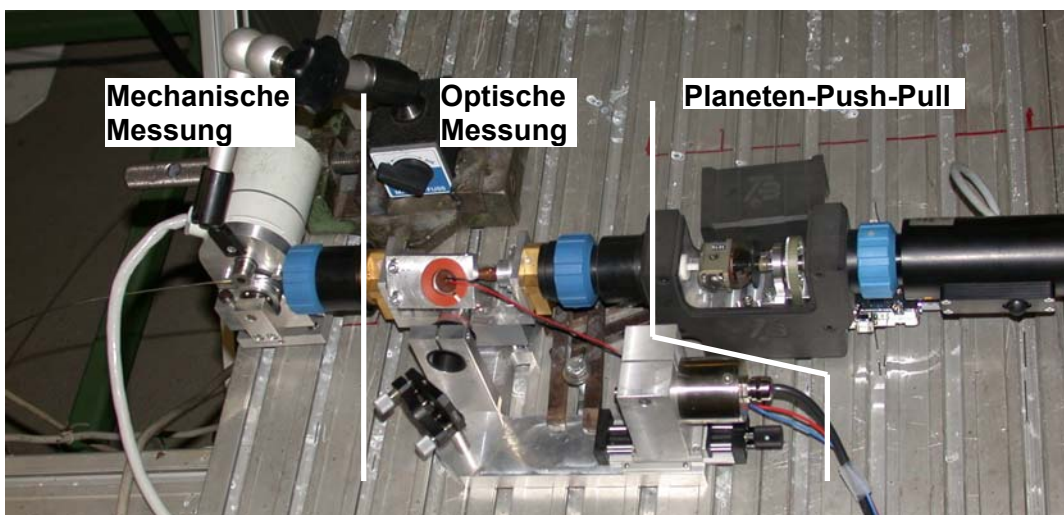


Bild 6: Messaufbau zur Vergleichsmessung

In Bild 7 ist das Ansprechverhalten der Sensoren bei der Vergleichsmessung ersichtlich. Zu Beginn und am Ende der Messung ist das träge Ansprechverhalten des optischen Sensors im Vergleich zum mechanischen Sensor zu erkennen.

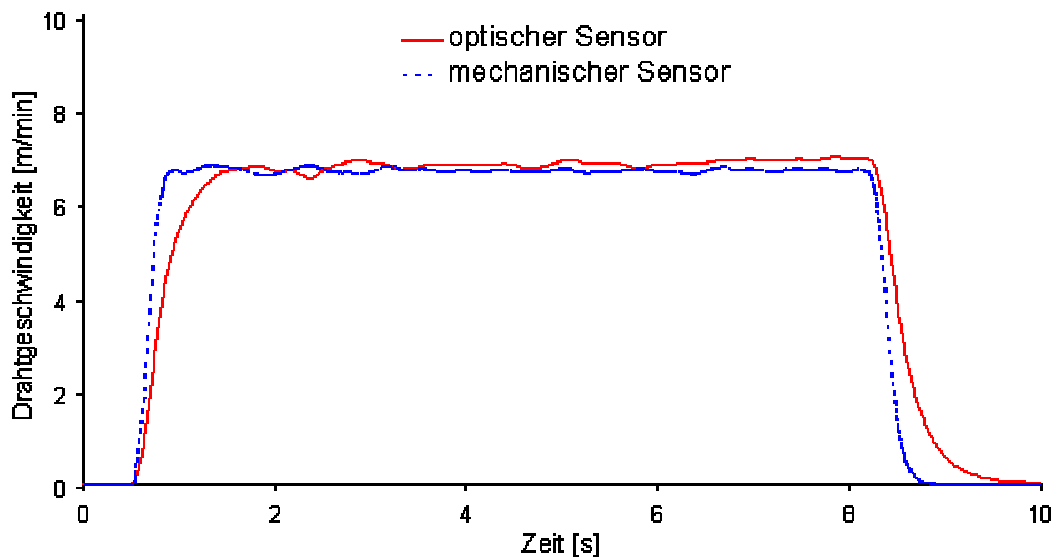


Bild 7: Vergleichsmessung mechanischer und optischer Sensor

Messungen am Schweißbrenner

Die Drahtgeschwindigkeit wurde im Drahtvorschubkoffer der Schweißstromquelle und vor dem Schweißbrenner gemessen. Die optische Messeinrichtung wurde in Drahtförderrichtung vor dem Planeten-Push-Pull-Antrieb (Bild 8) und die mechanische Messeinrichtung vor dem Vierrollen-Drahtantrieb der Stromquelle angeordnet.

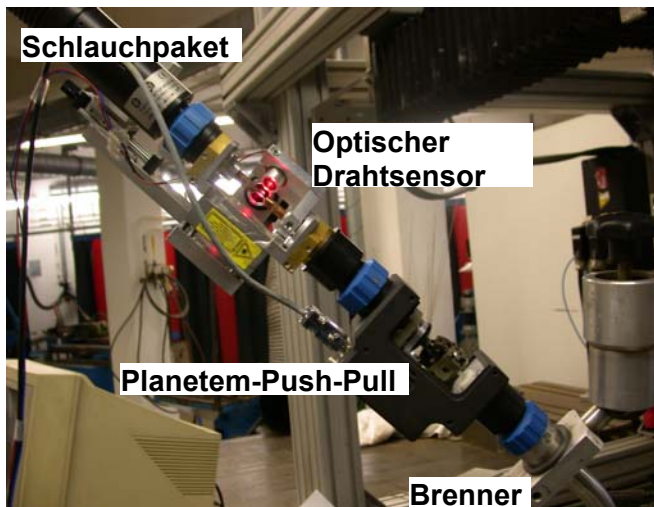


Bild 8: Schweißbrenner mit Planeten-Push-Pull-Antrieb und optischer Drahtgeschwindigkeitsmessung

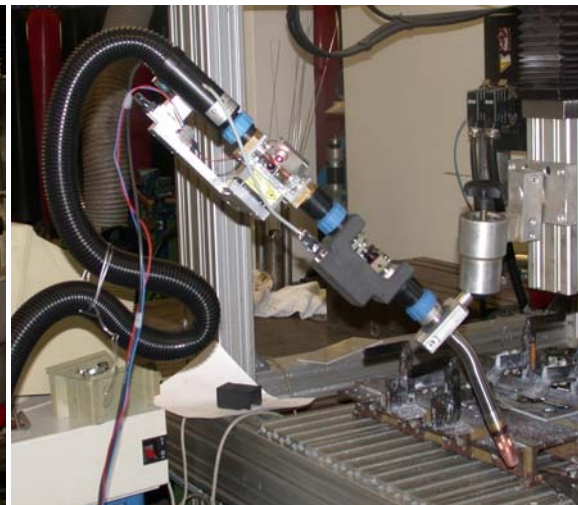


Bild 9: Anordnung des Schlauchpaketes mit erschwerten Drahtförderbedingungen

Messungen ohne Lichtbogen

Um die Drahtförderung künstlich zu erschweren, wurde das Schlauchpaket mäanderförmig verlegt (Bild 9). Es wurde ohne und mit Planeten-Push-Pull-Antrieb gemessen. Die Drahtgeschwindigkeit an der Drahtfördereinheit der Stromquelle ist bei den Messungen jeweils konstant (mechanischer Sensor).

Ohne Planeten-Push-Pull-Antrieb (Bild 10) kommt es zu einer ungleichmäßigen Drahtgeschwindigkeit am Schweißbrenner. Mit dem zusätzlichen Antrieb (Bild 11) wird eine konstante Drahtgeschwindigkeit im Brenner erreicht (optischer Sensor).

Das Auftreten der unterschiedlichen Geschwindigkeiten kann mit der hohen Reibung im Schlauchpaket aufgrund der geringen Biegeradien (Bild 9) und des damit verbundenen Drahtstaus erklärt werden.

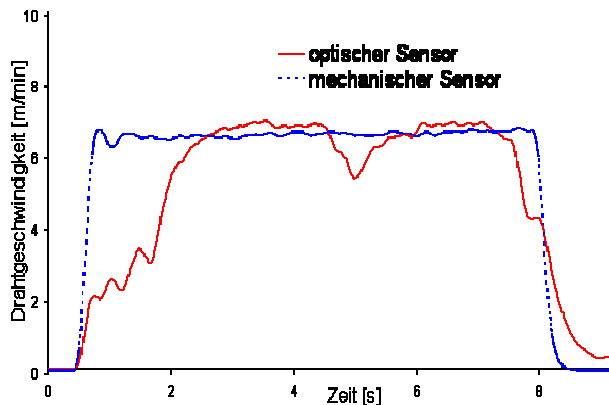


Bild 10: Drahtförderung ohne Planeten-Push-Pull-Antrieb, ohne Lichtbogen

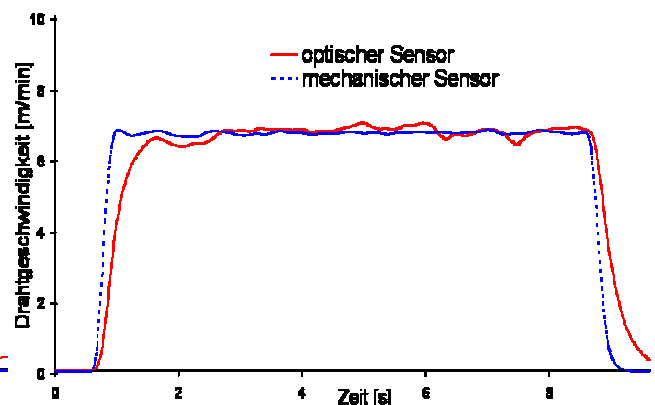


Bild 11: Drahtförderung mit Planeten-Push-Pull-Antrieb, ohne Lichtbogen

Messungen mit Lichtbogen

Um die Funktionsfähigkeit bei gezündetem Lichtbogen nachzuweisen, wurden Blindnähte geschweißt. Neben der Drahtgeschwindigkeit wurden die Stromstärke und die Spannung erfasst. Die folgenden Beispiele stellen exemplarisch zwei Messungen dar.

Ein Zündvorgang ist in Bild 12 dokumentiert. Bei dieser Messung wurde der Push-Pull-Antrieb nicht genutzt.

Der Drahtvorschubantrieb der Stromquelle (mechanischer Sensor) arbeitet mit Drahteinschleichen. Nach dem Zünden des Lichtbogens wird die Drahtgeschwindigkeit auf den eingestellten Wert erhöht.

Im Schweißbrenner stellt sich die Drahtgeschwindigkeit verzögert ein (optischer Sensor). Während der Berührungszündung wird der Drahtvorschub durch das Aufsetzen des Drahtendes auf die Werkstückoberfläche verzögert.

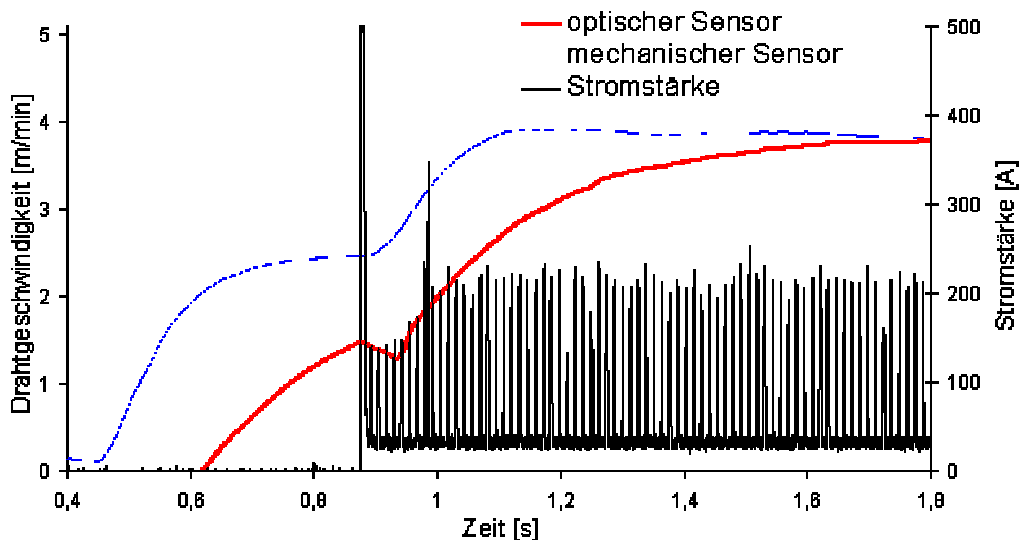


Bild 12: Zündvorgang beim MIG-Impulsschweißen, ohne Push-Pull-Antrieb

In Bild 13 ist eine Aufzeichnung vom Schweißen mit konventionellem Lichtbogen bei Verwendung des Push-Pull-Antriebes dargestellt. Die Geschwindigkeiten im Drahtvorschubkoffer der Schweißstromquelle und im Brenner sind konstant und unterscheiden sich nicht signifikant.

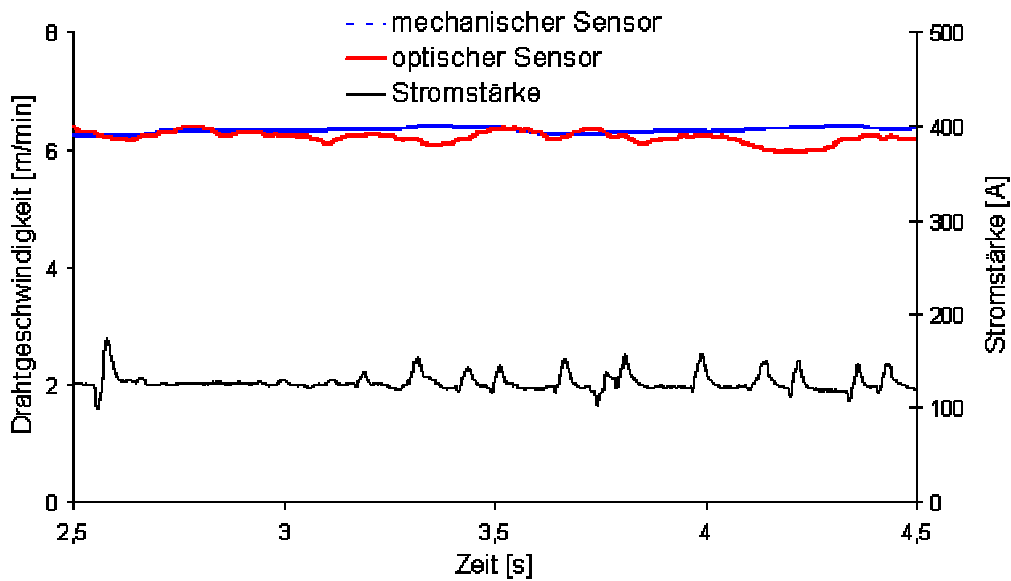


Bild 13: MIG-Lichtbogen, mit Push-Pull-Antrieb

Zusammenfassung

Die Arbeit hat gezeigt, dass das optische Meßsystem bei gezündetem Lichtbogen funktioniert. Mit den ersten Messungen wurde nachgewiesen, dass die Drahtvorschubgeschwindigkeit im Schweißbrenner nicht mit der am Drahtfördersystem der Stromquelle übereinstimmen muss. Nachteile des optischen Meßsystems sind zurzeit noch das langsame Ansprechverhalten aufgrund des schlechten Sensorsignals bei glatter Drahtoberfläche sowie die relativ voluminöse Bauart. Beide Mängel können durch geeignete Maßnahmen abgestellt werden. Gegenüber der mechanischen Drahtgeschwindigkeitsmessung hat die optische Messmethode den Vorteil, dass sie berührungslos arbeitet und somit keinem Messfehler durch Schlupf unterliegt. Ein weiterer Vorteil ist die geringe Messstrecke von 1 mm, die eine Integration des Meßsystems in den Push-Pull-Antrieb oder den Schweißbrenner erlaubt.

Literatur

- /1/ **Grünhaupt, U:** Berührungslose richtungsempfindliche Weg- und Geschwindigkeitsmessung nach dem Laser-Doppler-Verfahren für schnelle Servosysteme, VDI Verlag, Düsseldorf 1992
- /2/ **Petrak, D.:** Fibreoptical spatial filter velocimeter for measurement of local liquid velocity, Flow Meas. Instrum., Vol 7; No 3/4. pp 231-236, 1996