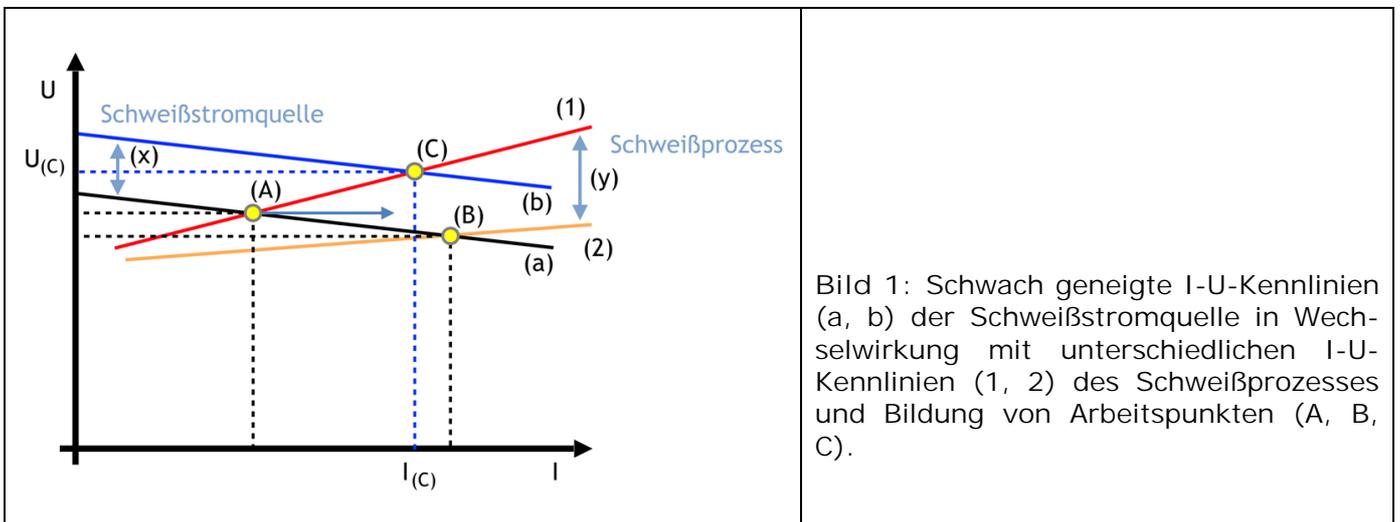


## Prognosewerte, Sollwerte und Anzeigewerte beim MIG/MAG-Schweißen

Dr.-Ing. Birger Jaeschke, Lorch Schweißtechnik GmbH, Auenwald, Deutschland, 22.06.2018

Für das Metallschutzgasschweißen (MSG) gibt es viele Arten der Prozessregelung [1]. Eine oft vorliegende Gemeinsamkeit für das MSG-Schweißen ist dennoch, dass trotz der Vielfalt zumindest die Eigenschaften einer Art Konstantspannungskennlinie bei der Schweißstromquelle vorliegen. Der Begriff Konstantspannungskennlinie wird in der Schweißtechnik nicht regelungstechnisch scharf verwendet. Auch I-U-Kennlinien mit 'geringer' Abhängigkeit der Spannung vom Strom (Begriff: schwach geneigte I-U-Kennlinie; Begriff: fast horizontale Kennlinie) werden dieser Klasse I-U-Kennlinien zugeordnet. Die Abbildung zeigt zwei schwach geneigte I-U-Kennlinien der Schweißstromquelle in Wechselwirkung mit 2 unterschiedlichen I-U-Kennlinien des Lichtbogens. Alle MIG/MAG-Schweißprozesse von Lorch weisen prinzipiell dieses Verhalten auf. Dies trifft überwiegend auch auf MIG/MAG-Schweißprozesse von anderen Herstellern zu. Ausnahmen sind lediglich besonders gekennzeichnete Prozesstypen, bei denen die Lichtbogenlänge durch eine Veränderung der Drahtvorschubgeschwindigkeit stabilisiert wird, um die Stromwerte zu stabilisieren.



In Bild 1 sind die jeweiligen Strom- und Spannungswerte der Arbeitspunkte (A, B, C) mit gestrichelten Linien hervorgehoben. Es zeigt sich, dass geringe Änderungen am Schweißprozess (y) relativ starke Stromänderungen (von A nach B) hervorrufen. Dieses Verhalten stabilisiert die Lichtbogenlänge beim MSG-Schweißen. Die dargestellte Veränderung des Schweißprozesses (1) zu (2) entspricht der Verringerung eines ohmschen Widerstandes im Schweißstromkreis, z.B. dem freien Drahtende der abschmelzenden Elektrode (Stickout). Es ist erkennbar, dass der Stromwert bei der Bewegung des Arbeitspunktes von (A) nach (B) steigt, während der Spannungswert leicht sinkt. Dies ist eine typische Eigenart von (schwach) geneigten 'Konstant'-Spannungskennlinien. Dieselbe Reaktion ergibt sich auch, wenn die Vorschubgeschwindigkeit der abschmelzenden Drahtelektrode erhöht wird. Dann verkürzt sich die Lichtbogenlänge und damit verknüpfte ohmsche Widerstandsanteile sinken.

Ein anderes Verhalten ergibt sich, wenn die I-U-Kennlinie der Schweißstromquelle verändert wird. In der Abbildung wird die Ausgangsspannung beispielhaft um den Betrag (x) erhöht, indem die I-U-Kennlinie (a) nach (b) verschoben wird. Bei gleichem Schweißprozess (1) bewegt sich nun der Arbeitspunkt (A) nach (C). Als Folge erhöht sich der Schweißstrom, aber auch die Schweißspannung.

Diese Betrachtungen sind idealisiert und berücksichtigen nicht, dass durch die Strom- und Spannungsänderungen der Schweißprozess sich ebenfalls wieder ändert und nicht auf den angenommenen I-U-Kennlinien (1) und (2) verweilt. Die Wechselwirkungen der Konstantspannungskennlinien der Schweißstromquelle mit dem MSG-Schweißprozess haben stabilisierenden Charakter. Daher lie-

gen die beschriebenen Zusammenhänge bei einem realen stabilen Schweißprozess in geringerer Wirkung, aber weiterhin in den beschriebenen Richtungen, vor.

Vor dem eigentlichen Schweißprozess können die Strom- und Spannungswerte der Arbeitspunkte (A, B, C) bei geneigten I-U-Kennlinien einer MSG-Schweißstromquelle nur aus vorherigen Erfahrungswerten heraus prognostiziert werden. Da ein Schweißprozess noch vielen anderen Randbedingungen unterliegt, ist die Genauigkeit der Prognosen begrenzt.

Bei der Benutzung einer MSG-Schweißstromquelle liegt also folgende Reihenfolge vor:

- Als eigentlicher Sollwert wird die Drahtvorschubgeschwindigkeit eingestellt.
- Die Anzeigewerte von Spannung und Strom sind Prognosewerte für den anstehenden Schweißvorgang, basierend auf dem gewählten Schweißprogramm und dem Sollwert der Drahtvorschubgeschwindigkeit.
- Ab Beginn des Schweißvorgangs werden in den Anzeigen die gemessenen Istwerte angezeigt. Die Zahlenwerte sind geglättet, da trotz dynamischer Änderungen von Strom und Spannung die Werte sinnvoll ablesbar sind. Die Schweißstromquelle regelt, wie in der Abbildung dargestellt, prinzipiell eine schwach geneigte Kennlinie. Wie erläutert, stellt sich insbesondere der Schweißstrom prozessabhängig ein und stimmt nur dann gut mit den Prognosewerten überein, wenn die gleichen Randbedingungen eingehalten wurden, die bei Ermittlung der Prognosewerte gegolten haben.
- Am Ende des Schweißvorgangs werden in den Anzeigen die zuletzt in der Hauptschweißphase gemessenen Istwerte als Holdwerte angezeigt.

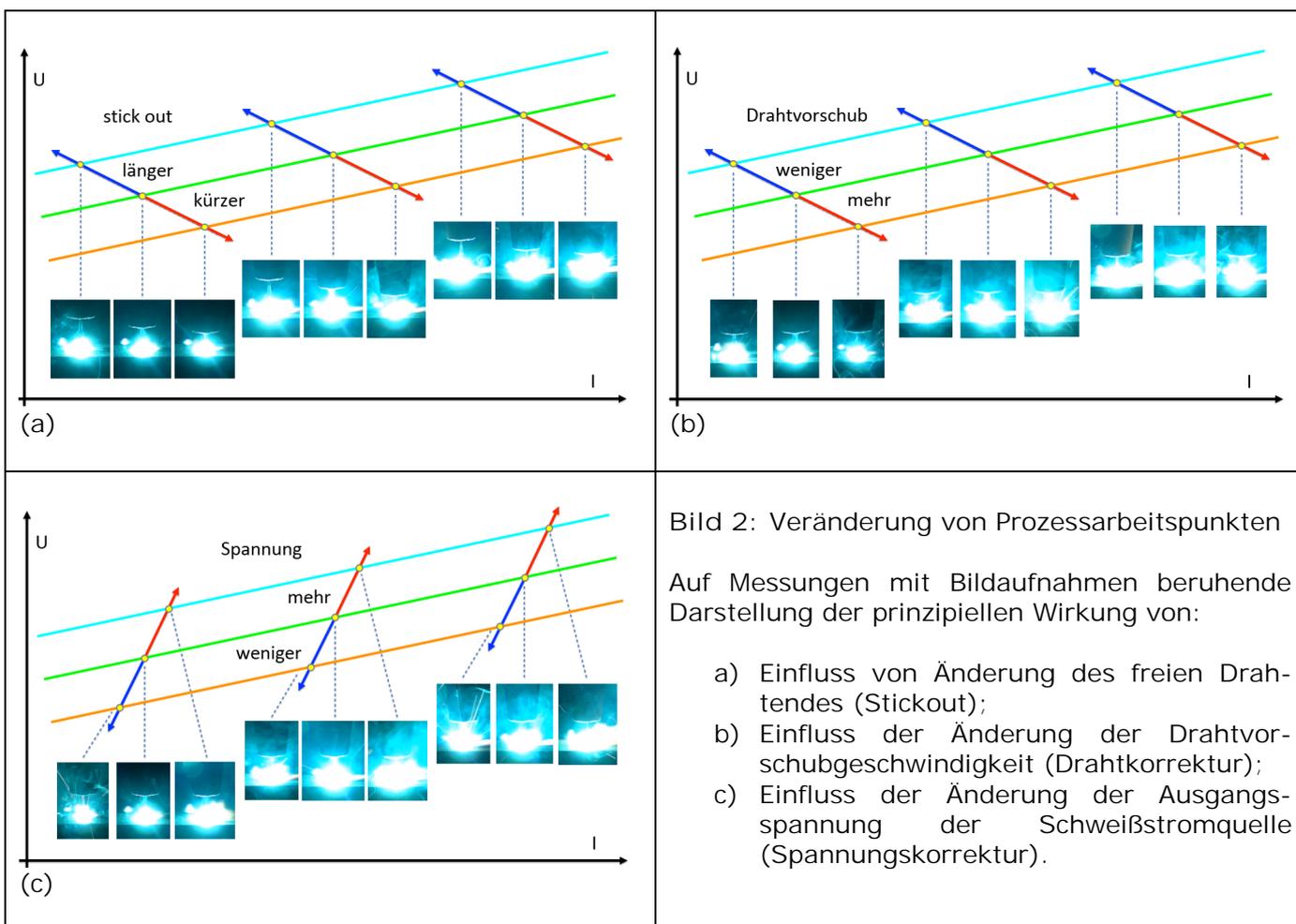
Die (gestrichelt dargestellten) Strom- und Spannungswerte in Bild 1 bedeuten:

- vor dem Schweißen: Prognosewerte;
- beim Schweißen: Istwerte;
- nach dem Schweißen: nachträglich angezeigte Istwerte (Anzeige-Hold-Werte).

Prognosewert: Anzeigewert einer Schweißstromquelle vor dem Schweißen, der den Charakter einer Prognose bzw. eines Schätzwertes hat. Die Prognose bzw. Schätzung ist der technische Lösungsversuch, für nicht direkt geregelte prozessabhängige Größen bereits vor dem Schweißen zu erwartende Werte anzuzeigen. Ein Prognosewert kann als Einstellwert verwendet werden, der jedoch nicht Gegenstand einer Validierung sein kann.

Wirkung von Korrekturen:

Bei einem MSG-Schweißprozess hat eine Veränderung (Korrektur) der Schweißspannung an der Schweißstromquelle andere Wirkungen, als eine Veränderung (Korrektur) der Drahtvorschubgeschwindigkeit, siehe Bild 2. Insbesondere haben derartige Veränderungen auch Einfluss auf die Genauigkeit von Prognosewerten von Strom und Spannung in den Anzeigen der Schweißstromquelle vor dem eigentlichen Schweißprozess. Die Genauigkeit der Prognosewerte hängt ebenfalls von anderen Randbedingungen ab. Veränderte Randbedingungen sind die Ursache für Abweichungen von Prognosewerten (vor dem Schweißen) zu den Istwerten (Anzeigewerte nach dem Schweißen, Messwerte, Anzeige-Hold-Werte).



Literatur:

[1] T. Ammann, B. Jaeschke und K.-P. Schmidt: Handbuch des Metall-Schutzgasschweißens, ISBN 978-3-96144-009-2, DVS Media GmbH, Düsseldorf 2017.