

Aufbau eines einfach handhabbaren Systems zur Absicherung von Stromquellen-Parameterbereichen in einem nicht vernetzten Umfeld

J.Göppert, Auenwald; W.Bocking, Duisburg; F.-J.Gesthuysen, Duisburg.

Kurzfassung Normative Auflagen zwingen den schweißtechnischen Fachbetrieb zur Umsetzung umfangreicher Maßnahmen in der Überwachung und Dokumentation von Stromquellen-Parameterbereichen sowie der Qualifizierung von Ausrüstung und Personal. Eine Vielzahl vorgeschlagener Umsetzungen basieren auf Softwarelösungen, die in einer elektronisch vernetzten Fertigungs-Infrastruktur eingebunden sind. Betriebe, die nicht über eine derartige Infrastruktur verfügen, sei es aus Kostengründen, aus Gründen der räumlichen Struktur oder der örtlichen Mobilität, müssen zur Umsetzung der normativen Auflagen jedoch auch wirksame Maßnahmen vorweisen. In diesem Beitrag werden die normativen Anforderungen dargestellt und Optionen zur Umsetzung ohne aufwendige Software oder Vernetzungsstruktur erörtert. Es wird ein Konzept vorgestellt, dass ausgehend von gültigen Schweißanweisungen die Einstellung einer Schweißanlage für eine Aufgabe vereinfacht und die Einhaltung der Einstellgrenzen sicherstellt. Das Konzept zeichnet sich durch einen geringen administrativen Aufwand aus und ist als robuste Lösung bestens für die in vielfältiger Hinsicht widrigen realen Umgebungsbedingungen geeignet.

1 Einleitung

In dem Regelwerk DIN EN ISO 3834 wird u.a. eine Qualifizierung des Schweißverfahrens gefordert. Neben den Säulen „Konstruktion“ und „Werkstoffe“ ist die korrekte Ausführung des Schweißverfahrens von enormer Bedeutung. Somit sind die Parameter, die zum geforderten Nahtaufbau und deren korrekten mechanisch-technologischen Gütewerten führen, zu ermitteln und deren Reproduzierbarkeit sicherzustellen und durch eine Verfahrensprüfung zu qualifizieren.

Die Schweißanweisung (WPS) ist das Dokument, welches alle Einflussgrößen enthalten muss, um es dem Schweißer zu ermöglichen, eine bestimmte Schweißaufgabe qualitativ einwandfrei und reproduzierbar durchzuführen. Die darin festgelegten Grenzen des Arbeitsbereichs müssen in der Fertigung eingehalten werden und deren Einhaltung muss überwacht werden.

2 Anforderungen DIN EN 1090 und ISO 9001

Das Versagen von Bauwerken aus Stahl (z. B. Hochbau, Brücken, Flächentragwerke oder Fachwerke), kann, je nach ihren Einsatzorten, unterschiedliche Auswirkungen auf ihre Benutzer haben. Die europäische Norm DIN EN 1090 [1] legt für solche Stahlkonstruktionen unterschiedliche Anforderungen in Form von Ausführungsklassen fest.

Es gibt die vier Ausführungsklassen 1 bis 4, bezeichnet als EXC1 bis EXC4, wobei die Anforderungen von EXC1 bis EXC4 steigen. So wird für die EXC3 folgender Geltungsbereich vorgeschlagen: „Alle Bauwerke, Tragwerke und Bauteile mit extremen Versagensfolgen und nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung oder besondere Bauwerke, Tragwerke und Bauteile mit extremen Versagensfolgen und vorwiegend ruhender Beanspruchung“.



Abbildung 1: Beispiel für gut und schlecht gewählte Parameter. Die Qualität ist üblicherweise nicht so klar ersichtlich.

Je nach Ausführungsklasse gibt es spezifische Qualitätsanforderungen an geschweißte Konstruktionen. Sie sind aufgeführt in den Teilen 1-5 der EN ISO 3834 [2].

EXC1	EN ISO 3834 Teil 4	Elementare Qualitätsanforderungen
EXC2	EN ISO 3834 Teil 3	Standard Qualitätsanforderungen
EXC3 EXC4	EN ISO 3834 Teil 2	Umfassende Qualitätsanforderungen

In der EN ISO 3834 wird im Teil 3 „Standard-Qualitätsanforderungen“ und Teil 2 „Umfassende Qualitätsanforderungen“ eine Qualifizierung des Schweißverfahrens gefordert.

Neben der Konstruktion des Bauteils und den verwendeten Werkstoffen, ist die korrekte Ausführung der eigentlichen Schweißung, die Beherrschung des Prozesses, von entscheidender Bedeutung für die Güte der Schweißnaht.

Somit sind die Parameter, die in der Fertigung zum geforderten Aufbau und den korrekten mechanisch-technologischen Werten der Naht führen, zu ermitteln, und ihre Reproduzierbarkeit ist sicherzustellen.

Bei Bauwerken der Ausführungsklasse EXC 2-4, bei denen die DIN EN 1090 das Anwenden der EN ISO 3834 Teil 2 / Teil 3 fordert, werden die in einer vorläu-

figen Schweißanweisung (pWPS) dokumentierten Schweißparameter durch eine Verfahrensprüfung/Arbeitsprüfung qualifiziert (DIN EN ISO 15614/15613 [3]). Die in der Produktion der geschweißten Bauteile eingesetzte Schweißanweisung (WPS) stellt somit einen wichtigen Baustein in dem Gebäude der die Qualität sichernden Maßnahmen dar. Voraussetzung ist natürlich, dass die durch die Prüfung qualifizierten Grenzen des Arbeitsbereiches eingehalten werden.

Der Vergleich der Grenzen des Arbeitsbereiches mit den verwendeten Prozessparametern setzt voraus, dass die Parameter mit Einrichtungen (Messgeräten) ermittelt wurden, die die in der DIN EN ISO 17662 [4] geforderten Genauigkeitsgrenzen einhalten. Eine Konkretisierung dieser Anforderung in Richtung Anzeigen von Lichtbogenstromquellen ist in der DIN EN 50504 [5] zu finden.

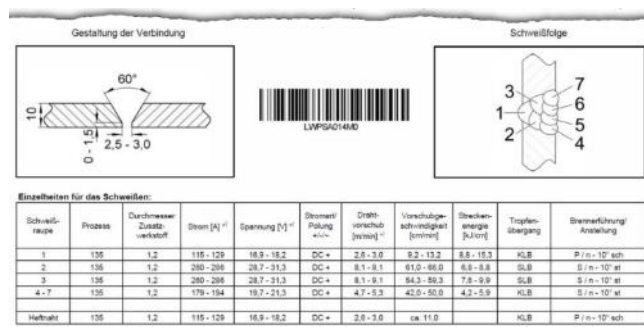


Abbildung 2: Auszug aus einer WPS mit Informationen zum Lagenaufbau und zu den Schweißparametern

Ein QM-System nach ISO 9001 fordert für Punkt 7 „Produktrealisierung“ eine Prozessbeschreibung für das Schweißen. Im Element 9 „Prozesslenkung“ wird die ISO 3834 angewendet und eine Schweißanweisung gefordert.

Grundsätzlich lässt sich an dieser Stelle feststellen, dass die Qualitätsanforderungen seit vielen Jahren existieren und die schweißtechnischen Fachbetriebe bewährte Methoden zur Umsetzung etabliert haben. Allerdings ist auch festzustellen, dass insbesondere durch die Forderungen der DIN EN 1090 zunehmend kleinere Handwerksbetriebe und Schweißungen im Baustelleneinsatz betroffen sind.

3 Überwachungsfunktionen, Dokumentation

Zur Absicherung des Schweißprozesses können eine Vielzahl von Überwachungen und Prüfungen erforderlich sein. Grundsätzlich gilt, dass die Liste der Qualitätsprüfungen in einem Prüfplan festgelegt werden muss. Dieser ist in Abhängigkeit von der Konstruktion oder Anwendungsnorm oder Kundenvorgabe zu erstellen.

Von besonderer Bedeutung ist dabei die Überwachung der Schweißerberechtigungen nach DIN EN 287-1, die Bedienerprüfungen nach DIN EN ISO

14732 und die Sicherstellung der Einstellgrenzen entsprechend der WPS vor und während des Schweißens.

Werden bei den durchgeführten Prüfungen Abweichungen festgestellt, so müssen geeignete Verfahren zur Verfügung stehen, damit diese abgestellt werden. Das bedeutet eventuell Nacharbeit.

Qualitätsberichte sind ein wesentlicher Bestandteil der Dokumentation. Diese Berichte sollten alle qualitätsrelevanten Angaben enthalten, die zur Beschreibung eines Produktes dienen. So sind z. B. die Prüfergebnisse in einem Qualitätsbericht festzuhalten. Die Aufbewahrungsdauer hierfür ist mit einem Mindestzeitraum von 5 Jahren festgelegt.

Die Dokumentation über die Herstellung eines Produktes ist im Rahmen von qualitätssichernden Maßnahmen von besonderer Bedeutung. Vor dem Hintergrund von Schadensersatzprozessen oder dem Produkthaftungsgesetz, ist eine lückenlose Dokumentation der durchgeführten Fertigungs- und Prüfschritte sehr wichtig. Die Dokumentation sollte auftragsbezogen durchgeführt werden. Die Aufbewahrungsfrist der Dokumentation sollte mindestens 10 Jahre betragen.

4 Anforderungen der Qualitätsprozesse

Zuverlässige Qualitätsprozesse umfassen folgende Bereiche:

- Pre-Prozess zur Einrichtung und Steuerung
 - Sichere Prozesse zur Eingabe
 - Gültigkeitsprüfungen
 - Kontrolle von Ausrüstung, Material und Umweltbedingungen
- In-Prozess zur Prozessführung
 - Prozesssteuerung und -Regelung
 - Handhabung von Prozessstörungen und manuellen Eingriffen
 - Grenzwertüberwachungen
- Post-Prozess zur Analyse und Überwachung
 - Dokumentation der Vorgabe
 - Dokumentation der Ergebnisse
 - Darstellung (Mensch-Maschine-Schnittstelle)

Der traditionelle Weg zur Absicherung dieser Qualitätsanforderungen basiert auf der Selbstverantwortung des Mitarbeiters und auf einer entsprechenden handschriftlichen Dokumentation der Schweißaufgaben und Arbeitsschritte. Diese werden typischerweise als Begleitpapiere zum Fertigungsauftrag am Arbeitsplatz handschriftlich ausgefüllt und unterschrieben.

Ein wichtiger Kritikpunkt dieses Vorgehens ist seine Fehlerträchtigkeit und fehlende Kontrollmöglichkeiten. Die Praxis wusste sich mit einfachsten Mitteln zu behelfen:



Abbildung 3: Beispiel für eine „Schweißanweisung“. W= Wurzel Z= Zwischenlage D= Decklage

Bei modernen Synergiestromquellen ist das nicht mehr so einfach möglich, denn der Schweißer kann eine Vielzahl von Einstellungen vornehmen:

- Grundwerkstoff, Zusatzwerkstoff, Schutzgas, Drahtdurchmesser, Lichtbogenart
- Stromstärke, Spannung, Drahtvorschub, Lichtbogenlänge, Materialstärke, Dynamik
- Start- und Endkraterparameter

Es wird deutlich, dass es sehr schnell zur Fehlbedienung kommen kann.

Hier versprechen Qualitätsüberwachungssysteme Abhilfe, bei denen die Schweißaufgaben zentral definiert und geplant werden und die Ergebnisse überwacht werden. Diese Systeme erfordern und nutzen zentrale Datenbanken sowie eine geeignete Vernetzung dieser Einheiten mit der Schweißmaschine.

Das ist mit beträchtlichen Kosten und Investitionen in die Infrastruktur der Vernetzung verbunden und für viele Unternehmen unrentabel. Darüber hinaus sind diese Systeme ohnehin nur in einer entsprechend vorbereiteten Fertigungsumgebung mit sich wiederholenden Schweißaufgaben einsetzbar.

5 Besondere Bedingungen und Lösungen in einem nicht vernetzten Umfeld

Während im automatisierten Einsatz viele dieser Qualitätsprozesse von übergeordneten Systemen, Datenbanken und einer entsprechenden Zusatzsensorik wahrgenommen werden, stehen diese im nicht vernetzten Umfeld und im Baustelleneinsatz nicht zur Verfügung. Praktikabel sind hier lediglich Systeme, die in der Stromquelle integriert sind, bzw. schnell, einfach und flexibel mit dieser kombiniert werden können. Damit steht im Zentrum einer geeigneten Lösung die Schweißstromquelle mit ihren zunehmend leistungsfähig werdenden Steuerungen und Bedienmöglichkeiten.

Vor und während des Schweißens (Pre- und In-Prozess) können wir davon ausgehen, dass die Bedienung durch den Schweißer erfolgt. Die Bedienmöglichkeiten und Abläufe sind aber hinsichtlich Eingabemöglichkeiten, Eingabesicherheit und Kontrollmöglichkeiten zu erweitern.

Die Vorgaben können nicht automatisiert übermittelt werden, sondern müssen transportabel und trotzdem

sicher sein. In anderen Bereichen von qualitätsüberwachten Fertigungsprozessen haben sich vielfach Technologien wie Barcode, RFID und NFC bewährt.



Abbildung 4: Barcodes, RFID und NFC bieten sichere und einfache Lösungen in der Fertigung und Logistik

Derartige Lösungen zeichnen sich durch einfache Handhabung, sichere Übermittlung und kostengünstige Umsetzung aus. Die Verfügbarkeit von Standardkomponenten und die weite Verbreitung macht es darüber hinaus vergleichsweise einfach, Daten zwischen unterschiedlichen Systemen auszutauschen. So sind Barcodes und RFID oder NFC-Aufkleber in der Materialwirtschaft weitverbreitet. Sie erlauben es, Prozesse zu steuern, Materialflüsse zu verfolgen und Informationen zwischen Lieferanten, Fertigern, Händlern und Kunden auszutauschen, ohne dass diese ein einheitliches System nutzen müssen.

6 Bausteine eines Systems im nicht vernetzten Umfeld

Entsprechend der Anforderungen lassen sich folgende Bausteine definieren:

- Ein Überwachungssystem für die Qualifikation und Eignung von Personal, Ausrüstung und Material. Im Idealfall basiert dieses System auf sicheren Eingaben. Diese können durch Barcodes oder NFC Technik übermittelt werden und zur Absicherung Checksummen oder digitale Zertifikate nutzen.
- Ein WPS-Jobsystem zur Einstellung der Schweißparameter. Hier ist eine sichere Eingabe erforderlich. Manuelle Nachjustierung ist meist zulässig, aber entsprechend den Vorgaben in der WPS einzuschränken. Die Einstell- und Nachjustage Berechtigungen können von der Schweißerqualifikation abhängig sein.

Durch diese beiden Bestandteile sind qualitätssichernde Prozesse möglich mit einem relativ hohen Sicherheitsstandard.

Vorgeschlagen wird eine Schweißanlage, bei der sich der Schweißer nach dem Einschalten mittels einer NFC Karte oder einem Barcode anmeldet. Ohne diese Autorisierung ist die Anlage nicht schweißbereit. Diese Autorisierung beinhaltet die Schweiß- und die Einstellberechtigungen des Anwenders. Schweißverantwortliche können so die Anlage frei einstellen, während Schweißer mit geringerer Qualifikation die Anlage nur innerhalb der durch die WPS vorgegebenen Grenzen einstellen können.

Mit WPS-Jobs können sich wiederholende Schweißaufgaben abgespeichert und jederzeit wieder geladen werden. Denkbar sind dafür ein interner Jobspeicher oder tragbare Speicherelemente wie eine NFC Karte. Falls sich ein Schweißverantwortlicher autorisiert hat kann er NFC-Jobs laden, danach aber auch beliebig verändern. Das Jobsystem dient in diesem Fall als Einstellhilfe für den Schweißer ohne Sicherheitsfunktion.

Anders verhält es sich bei eingeschränkter Berechtigung. Hier beinhaltet der NFC-Job neben den nominalen Einstellwerten auch die Min- und Max- Einstellgrenzen der WPS und die Schweißanlage limitiert den Einstellbereich auf dieses Intervall.

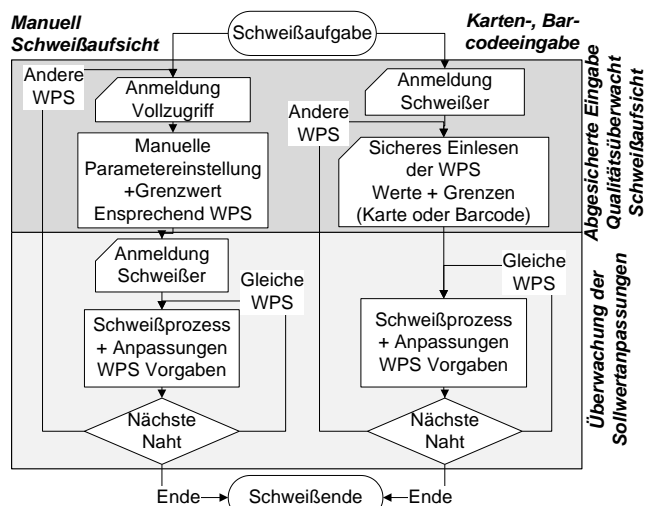


Abbildung 5: Ablauf im Falle einer manuellen Einstellung und bei Karten- oder Barcodenutzung

Ein mögliches Vorgehen ist in Abbildung 5 skizziert.

- Eine abgesicherte Eingabe erfolgt entweder direkt über den Schweißverantwortlichen manuell oder über sichere Hilfsmittel wie Karten oder Barcodes.
- Ein Schweißer mit eingeschränkter Bedienmöglichkeiten und kann die qualitätskritischen Parameter nur innerhalb der durch den NFC Job vorgegebenen Grenzen verändern. Diese Einschränkung wird durch die Schweißanlage sichergestellt.

Die Einstellungen werden so abgesichert und jeder Bediener kann nur Einstellungen im Rahmen seiner Autorisierung vornehmen. Eine unzulässige Verstellung der Parameter ist weder beabsichtigt noch unbeabsichtigt möglich.

In der täglichen Praxis hat ein Schweißer seine persönliche Autorisierungskarte bei sich und kann vom Schweißverantwortlichen zu Beginn eines neuen Auftrags die dafür erforderlichen Job-Karten ausgehändigt bekommen. So ist sichergestellt, dass er nur die für den jeweiligen Auftrag zugelassenen WPS Parameter schweißt.

7 Die Umsetzung in der Praxis

Das hier beschriebene Qualitätssystem kann bei der neuen Baureihe MicorMig von Lorch mit den einzelnen Bausteinen genutzt werden.

Überwachungssystem, Berechtigungskonzept

Das Berechtigungskonzept basiert auf NFC Berechtigungskarten. Beispielhaft sind hier die drei wichtigsten genannt:

Benutzertyp	Einstellparameter	Schweißen
Locked	keine	nein
WPS Welder	Eingeschränkt	ja
Welder Advanced	Frei	ja

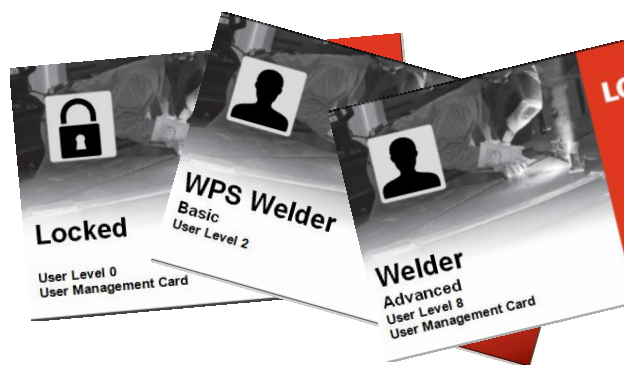


Abbildung 6: Berechtigungskarten

Der Benutzertyp „Locked“ entspricht einer Sperrung der Anlage (Diebstahlschutz). Zur Absicherung des Prozesses wäre die Anlage nach Einschalten automatisch in diesem Zustand um eine Schweißermanmeldung zu erzwingen. Ein „WPS Welder“ hat eingeschränkte Einstellmöglichkeiten. Er kann die Schweißparameter nur innerhalb des durch die WPS definierten Bereichs einstellen. Der „Welder advanced“ hat uneingeschränkte Einstellmöglichkeiten.

WPS-Jobsystem

Die WPS-Jobkarten beinhalten die WPS-Vorgaben. Zum Erstellen einer dieser Karten ist kein PC erforderlich. Der Schweißverantwortliche kann die eingestellten Schweißparameter mit dem integrierten NFC-Schreib-Lesegerät der Schweißanlage direkt auf eine Karte schreiben.

Weiterhin existiert ein EN1090 WPS-Paket, das der Kunde erwerben kann. Auf Wunsch ist auch ein kompletter Satz an WPS-Jobkarten für das EN1090 Paket lieferbar.



Abbildung 7: WPS Jobkarten

Zusammenspiel von Berechtigungskonzept und WPS-Jobsystem

Grundsätzlich sind die Bausteine einzeln nutzbar, allerdings entfaltet das System erst bei der gemeinsamen Nutzung seine volle Leistungsfähigkeit.

So ist das Jobsystem zunächst eine sichere Einstellhilfe, aber in Kombination mit den Berechtigungen eines WPS-Welders kann sichergestellt werden, dass der Schweißer den in der WPS festgelegten und auf der WPS-Karte gespeicherten Parameterbereich einhält. Der Schweißer kann diese Limitierung weder zufällig noch absichtlich umgehen.

Ein WPS-Schweißer kann die Parameter nicht beliebig einstellen, er kann damit nur die Schweißungen ausführen, für die er eine passende Jobkarte besitzt. Die Jobkarten können dem Schweißer entweder als Teil seiner Fertigungsauftragsdokumentation übergeben werden, oder er kann die Karten für die er eine entsprechende Qualifizierung besitzt, selbst verwalten.



Abbildung 8: Verwaltung WPS und Jobkarten

Die Verwendung der Job-Karten ist einfach und intuitiv, da sie ein physikalisches Objekt und kein Datenelement darstellen. Sie können entsprechend in passenden Ordnungssystemen im Büro verwaltet werden und sind sofort greifbar und archivierbar. Auch diese Eigenschaft kommt der Praxis bei den hier genannten Einsatzfeldern sehr entgegen und kombiniert den flexiblen Einsatz und die sichere Handhabung in idealer Weise.

8 Zusammenfassung

Es wurde ein Qualitätssystem vorgestellt, das den steigenden normativen Auflagen und Qualitätssicherungsanforderungen in der Schweißtechnik Rechnung trägt. Das System umfasst ein Überwachungssystem, ein Jobsystem und ein Schweißdatendokumentationssystem. Es zeichnet sich dadurch aus, dass es in einer nicht vernetzten Umgebung und im Baustelleneinsatz ohne Einschränkungen einsetzbar ist und keine besondere IT-Infrastruktur erfordert.

Das System basiert auf bewährten Methoden, wie Barcodes, RFID oder NFC Technik und ist leicht in bestehende Systeme zu integrieren. Sichere Eingabe- und Einstellprozesse sind vorhanden, und die Dokumentation der relevanten Parameter ist gewährleistet. Die Bedienung ist intuitiv und das System kann ohne besondere IT oder Computerkenntnisse eingesetzt werden.

10 Literatur

- [1] DIN EN 1090 Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken (Ausgabe Oktober 2011)
- [2] DIN EN ISO 3834 Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen Teil 1-5 (Ausgabe April 2015)
- [3] DIN EN ISO 15614/15613 Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Schweißverfahrensprüfung – (Ausgabe Juni 2012)
- [4] E DIN EN ISO 17662 Schweißen – Kalibrierung, Verifizierung und Validierung von Einrichtungen einschließlich ergänzender Tätigkeiten, die beim Schweißen verwendet werden (Ausgabe April 2015)
- [5] DIN EN 50504 Validierung von Lichtbogenschweißeinrichtungen (Ausgabe Juli 2009)