

## Kann ein geschweißtes Bauteil mit Hilfe der ZfP beurteilt werden?

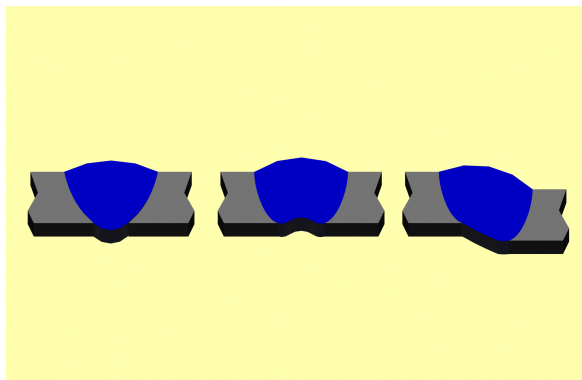
FI50324

K.-H. Fischer, SLV-Duisburg

---

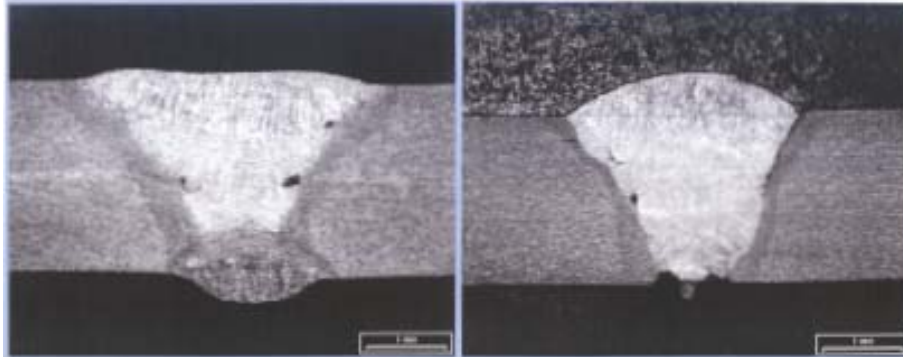
Es ist gängige Praxis, Schweißnähte mit Hilfe der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) auf ihre Qualität hin zu prüfen. Dabei können an einem Bauteil in Abhängigkeit der verschiedenen Beanspruchung unterschiedliche Qualitäten (Bewertungsgruppen) für die Schweißnähte vorgeschrieben werden. Abhängig sind diese Vorgaben hauptsächlich von der Beanspruchungsart (statisch, dynamisch), von den Konstruktionsgegebenheiten und Betriebsbedingungen (Temperatur, Umgebung). Natürlich sind die Unregelmäßigkeiten dabei in ihrer wirklichen Größe angegeben (ISO 5817). Unregelmäßigkeiten wie z. B. Riss, Bindefehler, Pore, Schlacke sowie ihre Lage beeinflussen die Festigkeit der Schweißnaht in unterschiedlicher Weise und sind daher nur begrenzt oder auch gar nicht zulässig. Ihr Nachweis durch die ZfP und ihre Größenbestimmung sind hingegen abhängig von den Prüfverfahren und dem Umfang der Prüfung und können den Einsatz eines oder auch mehrerer Prüfverfahren erfordern.

Bei den nicht bildgebenden Verfahren bleibt die wahre Fehlergröße bzw. Fehlerart oft unbekannt und kann nur mit großer Erfahrung und Objektkennntnis gedeutet werden. Gerade diese Tatsache muss bei der Bauteilbeurteilung Beachtung finden. Allgemein kann festgestellt werden, dass die Prüfung einer Schweißnaht für den ZfP-Prüfer eine große Herausforderung ist. Die äußere Nahtform ist unregelmäßig und von Seiten der Fertigung mit Toleranzen hinsichtlich ihrer Form und Oberfläche versehen wie z. B. Decklagenüberhöhung, Wurzeldurchhang, Schuppung, Kantenversatz etc.



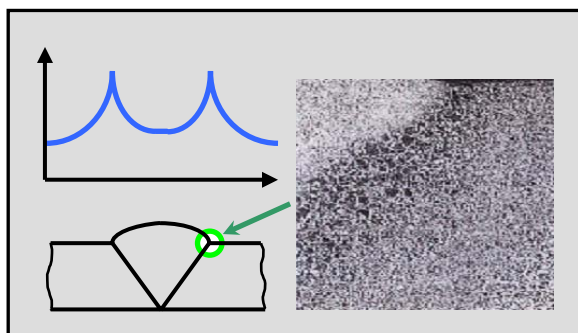
**Bild 1:** Unregelmäßigkeiten bei der Nahtform

Das Schweißgut kann Unregelmäßigkeiten aufweisen wie z. B. Poren, Bindefehler, Risse etc., die sich gänzlich in ihrer Form und Lage von den Unregelmäßigkeiten des Grundmaterials unterscheiden.



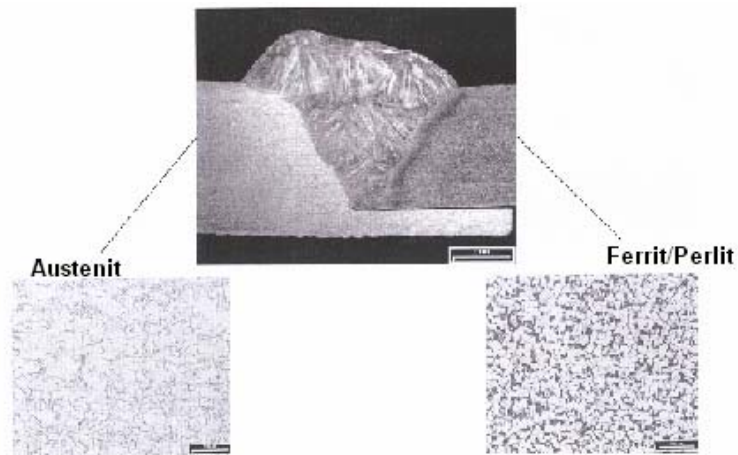
**Bild 2:** Innere Unregelmäßigkeiten

Trotz positiver ZfP-Ergebnisse kann eine Schweißnaht infolge veränderter mechanisch-technologischer Werte, vornehmlich in der Zone des wärmebeeinflussten Grundmaterials, ihre Güteeigenschaften durch z. B. Härtespitzen verlieren.



**Bild 3:** Prinzipieller Härteverlauf einer Schweißung

Gefügeunterschiede zwischen Schweißgut und Grundmaterial können die ZfP-Ergebnisse erheblich beeinflussen oder Scheinanzeigen verursachen. Dieses ist immer zu berücksichtigen.



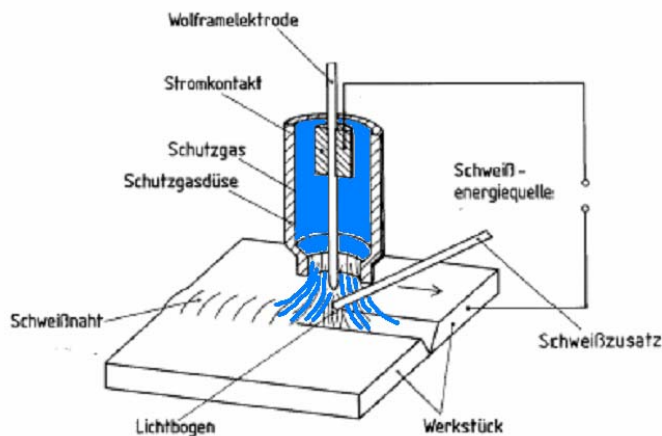
**Bild 4:** Gefügeeinfluss bei der ZfP

All diese Argumente zeigen, dass gerade die Prüfung einer Schweißnaht die volle Aufmerksamkeit eines ZfP-Prüfers erfordert.

Ein besonderer und bislang in Deutschland bei der Ausbildung der Prüfer sehr unterschätzter Stellenwert kommt dabei der Sichtprüfung (VT) zu. Grundsätzlich kann man sagen, dass es kein technisches Gerät gibt, das fähig ist, eine durch den Menschen durchgeführte Sichtprüfung nachzuempfinden. Die Kombination aus seiner gesammelten Erfahrung, seinem Wissen und seinem Gefühl macht ihn dabei so überlegen. Ferner ist die Sichtprüfung, bezogen auf das reale Fehlerbild, eine echte 1:1 Prüfung und kann daher auch direkt umgesetzt werden. In der Ausbildung muss sie sicherlich sektoriell vermittelt werden, da die Sichtprüfung einen weiten Anwendungsbereich hat und für die unterschiedlichsten Produkte, Materialien und Erzeugnisse so breitbandig und verschieden ist, dass es eine allgemeine Kompetenz zur Sichtprüfung nicht geben kann.

Bei der Sichtprüfung von Schweißverbindungen ist zudem die Kenntnis über die Schweißverfahren, Schweißpositionen etc. erforderlich. Reine Prüfkenntnisse reichen hier nicht aus und das gilt auch für die anderen ZfP-Verfahren. Nachstehende Beispiele sollen dieses verdeutlichen:

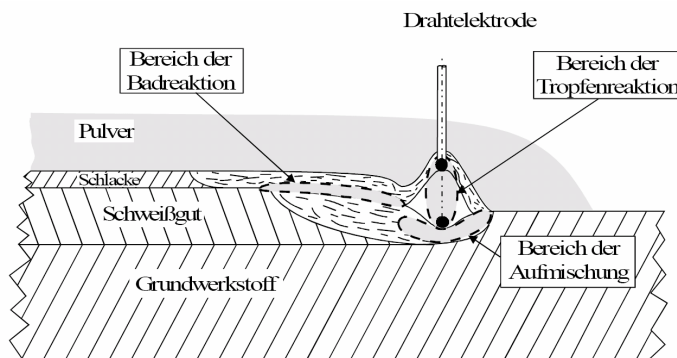
Nehmen wir erstens das Metall-Schutzgasschweißen (MSG), bei dem der Lichtbogen zwischen einer abschmelzenden Elektrode, die gleichzeitig Schweißzusatz ist, und dem Werkstück brennt. Das Schutzgas wird durch eine Düse zugeführt und schützt den Lichtbogen vor der Atmosphäre. Neben der Möglichkeit der Porenbildung bei unzureichender Schutzgaswirkung muss gerade dieses Schweißverfahren zur Vermeidung von Bindefehlern optimiert werden und hat nur einen relativ begrenzten Arbeitsbereich in Abhängigkeit von Schweißgeschwindigkeit und Abschmelzleistung.



**Bild 5:** MSG-Schweißen

Hier ist also prüftechnisch ein besonderes Augenmerk auf die Bindefehler zu legen, die bekanntlich gute Reflektoren bei der UT-Prüfung darstellen und bei der Radiografie eine Richtungsabhängigkeit haben und teilweise nur schwer auszumachen sind.

Sprechen wir zweitens das Unterpulverschweißen an, wo die zugeführte Drahtelektrode in eine aufgebraute Pulverausrüstung eintaucht. Die geschmolzene Schlacke deckt die Raupe ab, der thermische Wirkungsgrad ist hinsichtlich des Einbrands sehr groß. Hier sind Bindefehler also eher nicht zu erwarten, aber es können infolge tiefer und schmaler Raupen und einer gerichteten Erstarrung senkrecht zur Oberfläche liegende Erstarrungsrisse oder bei gefordertem großen Einbrand ungenügende Durchschweißungen entstehen. Diese sind radiografisch gut zu finden, da sie parallel zur Einstrahlrichtung liegen. Bei der UT-Prüfung ist die Anwendung der Tandemtechnik sehr sinnvoll, da der Schall bei Schrägeinschallung ansonsten nicht empfangen werden würde.



**Bild 6:** UP-Schweißen

Bei der europäischen Normung sind die Festlegungen der Schweißnahtqualitäten nach fertigungstechnischer Machbarkeit und realen Unregelmäßigkeitsgrößen (ISO 5817) und für die ZfP in Form von ZfP-Anzeigen völlig getrennt voneinander und nicht harmonisiert festgelegt worden.

Verfahren	VT	PT	MT	RT	UT
Ebene Prüfnorm	DIN EN 970	DIN EN 571	DIN EN 1290	DIN EN 1435	DIN EN 1417
Ebene Bewertungsnorm für die	DIN EN 970	DIN EN 1289	DIN EN 1291	DIN EN 12517	DIN EN 1712
Ebene Anleitungsnorm	DIN EN 12062				
Ebene Anforderungsnorm	DIN EN ISO 5817				

**Bild 7:** Stand der Normung 2005

Hier tut sich eine Kluft auf, die geschlossen werden muss. Ein Bauteil wird letztlich immer nach seinem Istzustand und nicht nach einer ZfP-Anzeige beurteilt. Somit hat ein Bauteilbeurteiler die Aufgabe, sein Prüfergebnis bezogen auf das reale Fehlerbild zu hinterfragen. Gute Regelwerke wie z. B. das Regelwerk für die Herstellung und Prüfung von Druckbehältern, Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen, AD Merkblatt HP 5/3, befolgt diese Notwendigkeit sehr konsequent und verlangt somit einen Bauteilbeurteiler mit fachübergreifenden Kenntnissen. So findet man z. B. bei der Oberflächenprüfung, bezogen auf die Zulässigkeit von Oberflächenfehlern, in AD HP 5/3 nur die schlichte Festlegung: „Lineare Anzeigen, die auf Werkstofftrennungen zurückzuführen sind, sind unzulässig.“

Oberflächenporen sind vereinzelt zulässig.“ Diese scheinbar einfachen Festlegungen genügen völlig, zwingen aber den Beurteiler, lineare Anzeigen wie z. B. Oberflächenkerben oder Scheinanzeigen von echten Rissen zu unterscheiden (z. B. durch Bearbeiten der Oberfläche etc.) und dabei nur echte Risse zu beanstanden.

Anzeigentyp	Zulässigkeitsgrenzen <sup>a</sup>		
	1	2	3
Linienartige Anzeige l Länge der Anzeige	$l \leq 2$	$l \leq 4$	$l \leq 8$
Nichtlinienartige Anzeige d größter Achsendurchmesser	$d \leq 4$	$d \leq 6$	$d \leq 8$
<sup>a</sup> Zulässigkeitsgrenzen 2 und 3 dürfen mit einem „X“ versehen werden, wenn die nachgewiesenen linienartigen Anzeigen nach Zulässigkeitsgrenze 1 beurteilt werden müssen. Im Vergleich zu den ursprünglichen Zulässigkeitsgrenzen kann die Nachweiswahrscheinlichkeit jedoch niedrig sein.			

**Bild 8:** EN 1291

Es ist sehr gefährlich, wie in DIN EN 1289, Eindringprüfung von Schweißverbindungen, oder DIN EN 1290, Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen, versucht wird, nur noch Anzeigen bei der Eindring- oder Magnetpulverprüfung zu beurteilen.

Zum einen müsste man dann auch sämtliche, das Prüfergebnis beeinflussenden Parameter wie z. B. Eindringzeit, Prüfmittel, Magnetisierungsparameter etc. festlegen, und zum anderen würde man damit Oberflächenkerben wie Risse beurteilen, da beide als Anzeigen erscheinen.

Die Radiografie ist über den Film ein bildgebendes Verfahren mit der Einschränkung, dass ein dreidimensionaler Zustand (Volumen der Schweißnaht) auf dem Film und somit zweidimensional abgebildet wird. Die dritte Dimension, also die Fehlerlage im Querschnitt, kann nicht beurteilt werden. Ferner birgt die Anwendung der Radiografie das Risiko, dass z. B. flächenhafte, zweidimensionale Fehler wie z. B. Risse oder Bindefehler in ihrer Erkennbarkeit von ihrer Lage zur Einstrahlrichtung abhängen.

Dieses muss der Filmbeurteiler wissen. Ansonsten ist es für die Anwendung der Radiografie nicht erforderlich, spezielle Zulässigkeitsvorschriften zu erarbeiten. Hier können die Kriterien der ISO 5817 uneingeschränkt gelten, vor allem, wenn die Radiografie in Kombination mit einer Sichtprüfung durchgeführt wird.

Das abstrakteste Verfahren, bezogen auf das reale Fehlerbild, ist natürlich die Ultraschallprüfung, solange hier keine bildgebenden Verfahren für die betriebliche Prüfung

zur Verfügung stehen. Ganz besonders ist man hier von der Erfahrung und Fachkenntnis des Prüfers abhängig. Die Reflexion allein ist eine indirekte Wahrnehmungsgröße, ihre Dynamik, die Ermittlung der Lagekoordinaten ergänzen die Information vor allem dann, wenn Kenntnisse über mögliche Fehlerarten in Abhängigkeit des Schweißverfahrens vorhanden sind. Primär reduziert sich die Aussage der Ultraschallprüfung zunächst auf die Frage: „Hat die Schweißnaht Bindung zum Grundmaterial oder nicht?“ Schwierig, wenn nicht sogar unmöglich, ist es natürlich, unterschiedliche Zulässigkeitsgrenzen für unterschiedliche Schweißnahtqualitäten (z. B. Bewertungsgruppe B oder C) quantitativ zu bestimmen. In AD HP 5/3 gibt es keine Unterschiede, sondern nur „zulässige“ oder „unzulässige“ Anzeigen und das scheint wohl auch richtiger zu sein, als der Versuch einer Differenzierung über Messungen.

Außerdem wird in AD HP 5/3 darauf hingewiesen, dass sich Fehler durch eine Ultraschallprüfung nicht immer eindeutig bewerten lassen und in solchen Fällen eine Kontrollprüfung, z. B. mit der Durchstrahlung oder durch Öffnung der Naht, sinnvoll und gefordert ist. Immer ist auch die sogenannte Registrierlänge von Bedeutung, da sie auf ausgedehnte Reflektoren schließen lässt, die auch bei geringer Reflexion auf unzulässige Fehler hinweisen.

Letztendlich kommt man zur Feststellung, dass die Prüfphilosophie nach AD HP 5/3 die bessere zu sein scheint. Sie setzt voraus, dass der Beurteiler die ZfP-Anzeige auf das reale Fehlerbild hinterfragen muss und dann erst beurteilen kann. Einmal kann die Klärung unklarer Anzeigen durch eine Optimierung des eingesetzten Prüfverfahrens erreicht werden. Bringt das keinen Erfolg, muss er mehrere Prüfverfahren einsetzen oder, wenn auch das nicht hilft, die Schweißnaht zerstörend geprüft werden. Auf jeden Fall ist neben den prüftechnischen Kenntnissen bei der Beurteilung eine Produktkenntnis Voraussetzung, die bei der Ausbildung der Prüfer eine wichtige Rolle spielt. Die sektorielle Einschränkung bei der Ausbildung der Prüfer nach DIN EN 473 sollte hier besonders beachtet werden und nicht leichtfertig in „multisektoriell“ attestiert werden. Es ist kaum möglich, dass ein Beurteiler allumfassende Objektkenntnisse besitzt. Ferner muss die Ausbildung der Prüfer auf die immer spezieller werdenden Fertigungsmethoden und Produkte so eingehen, dass es bei seiner prüftechnischen Beurteilung nicht zu Fehldeutungen kommt.

In der Schweißtechnik weisen neue Berufsbilder wie z. B. der IWI-P (International Welding Inspector Personnel) den richtigen Weg zu einer immer wichtiger werdenden inderdisziplinären Ausbildung.