

**Inhalt:**

- 1 Geltungsbereich
- 2 Zweck
- 3 Bedeutung von Poren
- 4 Arten der Porenbildung
- 4.1 Metallurgische Porenbildung
- 4.2 Mechanische Porenbildung
- 5 Umhüllungstypische und anwendungsbezogene Porenbildung
- 6 Prüfverfahren zum Erkennen von Poren
- 6.1 Durchstrahlungsprüfung (DIN 54 111)
- 6.2 Oberflächenprüfung (DIN 54 140, 54 142, 54 152)
- 6.3 Ultraschallprüfung (DIN 54 125)
- 6.4 Bruchprobe
- 7 Vermeiden von Poren
- 8 Tolerieren von Poren
- 9 Normen, Merkblätter und Richtlinien

**1 Geltungsbereich**

In diesem Merkblatt werden die Entstehungsmechanismen von Poren beschrieben, die beim Schweißen mit umhüllten Stabelektroden entsprechend den Normen DIN 1736, 1913, 8529, 8555, 8556, 8573 und 8575 an unlegierten und niedriglegierten, warmfesten, nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen und Nickellegierungen entstehen können sowie Maßnahmen zur Vermeidung derartiger Poren aufgezeigt.

**2 Zweck**

Dieses Merkblatt behandelt:

- die Entstehungsarten von Poren
- mögliche Ursachen für die Entstehung
- Prüfverfahren zum Erkennen der Poren
- Maßnahmen zum Vermeiden von Poren
- Hinweise zum Tolerieren von Poren

Mit diesem Merkblatt sollen vornehmlich den Anwendern von Stabelektroden Hinweise zur Beurteilung und Prüfung gegeben werden, anhand derer eine verlässliche Aussage bezüglich der Porenempfindlichkeit und zur Vermeidung von Poren bei der jeweils einzusetzenden Stabelektrode möglich ist.

**3 Bedeutung von Poren**

Poren sind neben Schlackeneinschlüssen oder Bindefehlern die häufigsten Fehler beim Lichtbogenhandschweißen.

Poren sind im erstarrten Schweißgut ganz oder teilweise eingeschlossene Gasblasen unterschiedlicher Größe und Form (für verschiedene Benennungen der Porosität siehe DIN EN 26 520).

Die Bedeutung von Poren für die Schweißguteigenschaften ist abhängig von der Schweißaufgabe, der Größe, Form und Verteilung der Poren und dem späteren Einsatzzweck unterschiedlich zu beurteilen.

Durch Poren können z. B. Undichtigkeiten auftreten. In Fällen, wo dies unzulässig ist, gilt entsprechend auch das Auftreten von Schlauchporen allgemein als nicht zulässig.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muß jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e.V. und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Technischer Ausschuß, Arbeitsgruppe „Lichtbogenschweißen“

Ferner kann die Korrosionsbeständigkeit dadurch herabgesetzt werden, daß die Wanddicke sprunghaft verringert wird, wenn eine Pore durch Korrosionsabtrag angeschnitten wird. Dann kann es in einer solchen Pore durch vermehrte Sauerstoffaustausch im Korrosionsmedium zu einem Angriff nach dem Mechanismus der Spalt- und Lochkorrosion kommen.

Die statische und dynamische Belastbarkeit einer Schweißnaht wird allerdings erst ab einem bestimmten Porenanteil im tragenden Querschnitt herabgesetzt. In einer Reihe technischer Regeln sind deshalb Grenzwerte für Porosität angegeben (siehe Abschnitt 8).

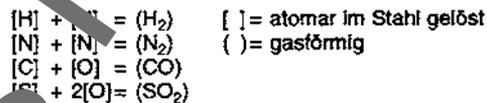
**4 Arten der Porenbildung**

Bei der Porenbildung werden zwei Entstehungsarten unterschieden.

**4.1 Metallurgische Porenbildung**

Metallurgisch gebildete Poren können nur durch im flüssigen Zustand des Metalls gelöste Gase wie Wasserstoff (H), Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) hervorgerufen werden.

Atomar im flüssigen Stahl gelöste Gase scheiden sich während des Erstarrungsvorganges aufgrund des Löslichkeitsprunges beim Übergang von flüssiger zu fester Phase als Gasblasen aus.



Neben Kohlenmonoxid und Stickstoff kann der aus feuchter Elektrodenumhüllung stammende Wasserstoff an der Porenbildung beteiligt sein. Eine allgemein verbindliche Aussage über die Porenbildung in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt der Umhüllung ist nicht möglich.

Ist die Erstarrungsgeschwindigkeit größer als die Geschwindigkeit, mit der die Gasblasen aufsteigen, so werden sie eingeschlossen („eingefroren“) und bleiben vorwiegend kugelig als Poren in der Schweißnaht zurück. Je nach Gasmengenangebot können diese auch schlauchförmig vorliegen. Gasblasen entstehen an der Phasengrenze flüssigfest und an in der Schmelze schwimmenden Schlackenteilchen (Keimbildner).

Die Kohlenmonoxid-(CO-)Reaktion führt, da der Sauerstoff bei der Verwendung der üblichen Si- und Mn-Gehalte der Elektroden abgebunden wird, nur dann zu Poren, wenn stark verrostete oder verzünderte Oberflächen aufgeschmolzen, Seigerungszone angeschmolzen, ein hoch C-haltiger Grundwerkstoff oder eine hoch C-haltige Elektrode (Auftragschweißen) verwendet werden.

Je nach Verunreinigungsgrad des Grundwerkstoffes kann die Bildung metallurgischer Poren beim Einsatz von umhüllten Stabelektroden begünstigt werden.

**4.2 Mechanische Porenbildung**

Mechanische Porenbildung tritt auf, wenn mit Gasen – zum Beispiel Luft – gefüllte Spalte oder Hohlräume überschweißt werden. Können die durch die Schweißwärme expandierenden Gase nicht vollständig in eine andere Richtung entweichen, so baut

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers

DVS-Merkblätter und -Richtlinien - Stand 2008-12

sich ein Druck auf, der sich durch Blasenbildung in das flüssige Schweißbad abbaut.

Verstärkt wird diese Gasblasenbildung, wenn sich neben der Luft noch gasbildende Stoffe wie

- Feuchtigkeit aus Kondenswasser oder anderen chemischen Verbindungen,
- Fette und Öle aus Verunreinigungen oder Schmier- und Konservierungsmitteln,
- Pigmente, Lösungs- und Bindemittel aus Anstrichstoffen,
- metallische Überzüge (z. B. Zink)

in den Spalten oder Hohlräumen befinden.

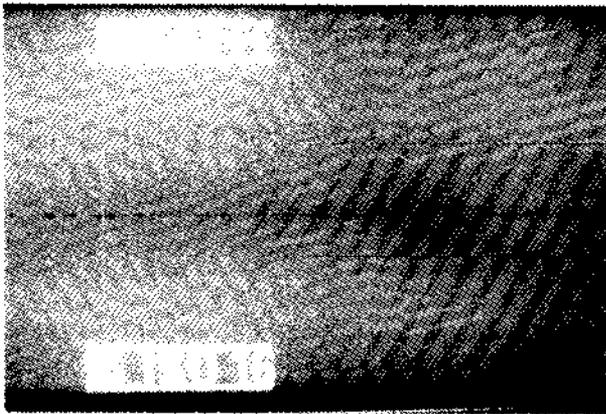


Bild 1. Mechanische Porenbildung an einem überschweißten Wurzelbindefehler.

Mechanisch gebildete Poren haben in der Regel eine Verbindung zu den Spalten oder Hohlräumen, aus denen sie entstanden sind.

Bild 1 zeigt anhand einer Röntgenaufnahme mechanisch gebildete Poren, ausgehend von dem Spalt einer nicht durchgeschweißten Wurzel. In Bild 2 ist die typische Ausrichtung einer mechanisch gebildeten Pore (zu Bild 1 gehörend) in einem Makroschliff erkennbar. Die typische Ausrichtung der mechanisch gebildeten Pore in Erstarrungsrichtung (zur Raupenmitte) mit Verbindung zu dem gasbildenden Hohlraum (hier: Schlackeeinschluß) kommt in Bild 3 zum Ausdruck.



Bild 2. Typische Ausrichtung einer mechanisch gebildeten Pore zum Schweißspalt (Bindefehler) (12:1, Wiedergabe 0,6fach).

## 5 Umhüllungstypische und anwendungsbezogene Porenbildung

Hierunter wird die Porenanfälligkeit verstanden, die bei der Anwendung verschiedener Umhüllungstypen auftreten kann.

Nach dem heutigen Stand der Technik gelten unlegierte und niedriglegierte Elektroden, Zelloselektroden und Hochleistungslegierungselektroden als poreneempfindlich. Aus diesem Grund sind die Herstellerangaben zur Lagerung und Rücktrocknung zu beachten. Weitere Hinweise hierzu gibt das Merkblatt DVS 0904.

Speziell beim Schweißen mit basischen Elektroden besteht die Gefahr der Ansatzporosität, hervorgerufen durch unzureichende Abschirmung des Lichtbogenbereiches gegen die Umgebungsatmosphäre und durch schnelle Erstarrung des Schmelzbades beim Zünden der Elektrode.

Je nach Umhüllungstyp und Feuchtigkeitsgehalt entstehen typische Ansatzporen. Beim Abschmelzen der Elektrode wird die Porigkeit infolge der Feuchtigkeitsabnahme der Umhüllung durch die Widerstandserwärmung des Kerndrahtes abnehmen.

Ferner gibt es Wechselwirkungen zwischen Schweißposition und -parametern, die zu Poren führen können. Speziell bei Kehlnahtschweißungen mit Hochleistungslegierungen ist eine Neigung zur Porigkeit gegeben, hervorgerufen durch einen Luftkanal bei nicht erfaßter Wurzel oder zu großem Wärmeflächenabstand (mechanische Porenbildung). Dieser Effekt wird durch größere Elektrodendurchmesser verstärkt.

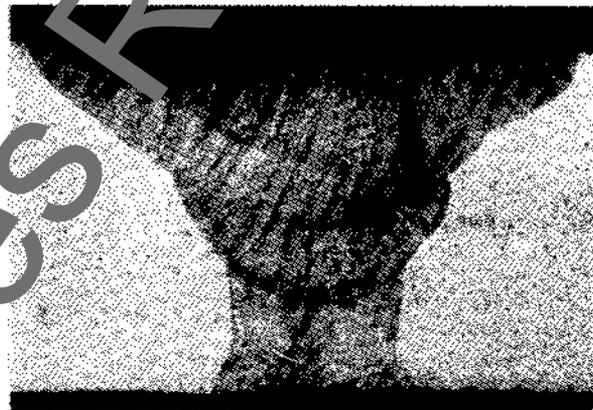


Bild 3. Verbindung zwischen Schlackeeinschluß und mechanisch gebildeter Pore (7,5:1, Wiedergabe 0,6fach).

Zelloseumhüllte Elektroden benötigen zur besseren Verschweißbarkeit einen gewissen Feuchtigkeitsgehalt in der Umhüllung. Dadurch bedingt können unter ungünstigen Bedingungen (wie Schlackenvorlauf, Nahtgeometrie, Schweißposition, Zugänglichkeit) Poren verursacht werden.

Für bestimmte Anwendungsfälle sind Stabelektroden mit gezielten Schweißseigenschaften und entsprechender Normbezeichnung entwickelt worden. Werden diese Elektroden „zweckentfremdet“, z. B. Kehlnahtelektroden für Rohrschweißungen in Zwangslage, so kann dies zu Porenbildung führen.

## 6 Prüfverfahren zum Erkennen von Poren

Im allgemeinen ist nur die Porosität, nicht jedoch deren Ursache, erkennbar. Der Nachweis, ob es sich um mechanisch oder metallurgisch gebildete Poren handelt, ist, wenn überhaupt, nur mit Hilfe des kombinierten Einsatzes von zerstörungsfreien und zerstörenden Prüfverfahren möglich.