

Technische Information

# Verfahren zur Prüfung von Stahlrohren



## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

---

Ein wichtiger Teil der Qualitätssicherung sind ständige Qualitätsüberwachungen und -prüfungen während der gesamten Fertigung. Sie beginnen schon bei der Stahlerschmelzung und enden mit der für die Rohrart vorgeschriebenen Ablieferungsprüfung. Umfang und Art der verschiedenen Prüfungen hängen von der späteren Verwendung der Rohre ab, d.h. von der Höhe, Dauer und Einwirkungsart der Beanspruchung. Hierunter sind u. a. der Betriebsdruck und die Betriebstemperatur, und ob diese ruhend, schwellend oder sogar stoßweise einwirken, zu verstehen.

In den Technischen Lieferbedingungen, in DIN-Blättern und vielen anderen in- und ausländischen Spezifikationen sind für die verschiedenen Anwendungsgebiete der Rohre die Prüfungen in Umfang und Art festgelegt.

Sie wurden aufgrund langjähriger Erfahrungen von Fachleuten aus den Kreisen der Verbraucher, Hersteller und Überwacher aufgestellt und werden ständig der technischen Entwicklung angepasst.

Bei den Prüfungen haben wir zwischen zerstörenden und zerstörungsfreien zu unterscheiden. Zu den ersten zählen die mechanischen und technologischen Prüfungen. Bei ihnen müssen den Erzeugnissen Abschnitte entnommen werden, aus denen Prüfkörper hergestellt werden. Zugversuche und Kerbschlagbiegeversuche dienen zur Ermittlung der mechanischen Werkstoffeigenschaften: Streckgrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Kerbschlagarbeit. Streckgrenze und Zugfestigkeit sind entscheidend für die Bemessung eines Bauteils.

Bruchdehnung und Kerbschlagarbeit geben Aufschluss über die Zähigkeit eines Stahles. Technologische Prüfungen sagen vor allem etwas über die Verarbeitbarkeit und Verformbarkeit der Rohre aus.

Zu diesen mechanischen und technologischen Prüfungen kommen verschiedene zerstörungsfreie Prüfverfahren. Ihr großer Vorteil liegt darin, dass man auch das Innere eines Körpers auf Werkstoff-Fehler untersuchen kann, ohne das Teil zerstören zu müssen. Für nahtlose Qualitätsrohre, die als Hochleistungs-Kesselrohre oder als hochbelastete Rohre im Apparatebau und in der chemischen Industrie eingesetzt werden, ist eine vollständige Ultraschallprüfung obligatorisch. Bei geschweißten Leitungsrohren wird die Schweißnaht mit einem geeigneten zerstörungsfreien Verfahren geprüft.

Die wichtigsten Arten der mechanischen und technologischen Prüfungen sowie der zerstörungsfreien Prüfungen werden in den beiden nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

---

### *Mechanische und technologische Prüfungen*

Mechanische und technologische Prüfungen wurden für die Sicherstellung der Werkstoffeigenschaften und der allgemeinen Qualität von Stahlerzeugnissen eingeführt. Sie haben insbesondere bei Stahlrohren an Bedeutung gewonnen, da sie meist im Endverarbeitungszustand ohne weitere technische Veränderungen als hochbeanspruchte Bauelemente eingesetzt werden. In den nachfolgenden Abschnitten werden die einzelnen Prüfungen behandelt, die in den Technischen Lieferbedingungen für Stahlrohre enthalten sind.

Die meisten Prüfungen werden nach weltweit anerkannten Normen oder Empfehlungen durchgeführt. Damit werden international vergleichbare Bewertungskriterien für Stahlrohre angewendet. Die technologischen Prüfungen sind von ihrer Entwicklung her auf die Eignung der Rohre für die Weiterverarbeitung durch Biegen, Bördeln, Einwalzen etc. abgestimmt. Für bestimmte Anwendungsbereiche, z.B. den Kraftwerksbau, werden technologische Prüfungen auch zum Nachweis der Fehlerfreiheit der Rohrenden verwendet.

### *Zugversuche*

Die Zugproben, die den zu prüfenden Rohren entnommen werden, dienen zur Ermittlung der Festigkeits- und Verformungs-Kenngrößen: Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung.

Zugversuche werden überwiegend bei Raumtemperatur durchgeführt; bei warmgehenden Bauelementen jedoch auch bei höheren Temperaturen. Hier sind neben den üblichen Prüfungen mit zügiger Beanspruchung auch Verfahren entwickelt worden, bei denen unter konstanter Zugbeanspruchung die bei höheren Betriebstemperaturen spezifischen Stahleigenschaften, wie z.B. Kriechgrenze und Zeitstandfestigkeit, ermittelt werden.

Die Probenformen für den Zugversuch sind in DIN 50125 (allgemein), DIN 50140 (Prüfung an Rohren und Rohrstreifen) und DIN 50120 (Prüfung von Schweißnähten) festgelegt; über die Durchführung geben die Normen DIN 50145 und DIN 50140 Auskunft.

Die Art der Zugprobe, die häufig die Gesamtwanddicke erfasst, und ihre Lage im Rohr (längs oder quer) ist in den Technischen Lieferbedingungen der Rohre festgelegt. Der Zeitstandversuch ist in DIN 50118 und teilweise auch noch in DIN 50119 genormt.

Zugschwellversuche an Proben werden nach DIN 50100 (Dauerschwingversuch) durchgeführt. Die Bewertung von Innendruck-Schwellversuchen an Rohren erfolgt unter Beachtung von DIN 2413.

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

### *Kerbschlagbiegeversuch*

Der Kerbschlagbiegeversuch liefert keinen Kennwert für die Festigkeitsberechnung. Aus ihm kann auch nicht unmittelbar auf die tiefste zulässige Einsatztemperatur eines Werkstoffs in einem Bauteil geschlossen werden.

Der Kerbschlagbiegeversuch dient vor allem:

- zur Beurteilung des Spröbruchverhaltens von Feinkornbaustählen,
- zur Beurteilung der Alterungsbeständigkeit (Prüfung gealterter Proben),
- zur Beurteilung der Kaltzähigkeit von kaltzähem Stählen.

Beim Kerbschlagbiegeversuch wird eine beidseitig aufliegende Probe mit einem einzigen Schlag durchgebrochen. Die dabei verbrauchte Schlagarbeit wird gemessen.

Der Kerschlagbiegeversuch wird nach DIN 50115 (5) oder einer entsprechenden ausländischen Norm durchgeführt. Darin werden die Probenformen festgelegt sowie die Prüfung und Auswertung beschrieben. In der letzten Zeit hat sich anstelle der DVM-Probe die ISO-VProbe, die auch der Charpy-V- und der KCV-Probe entspricht, durchgesetzt.

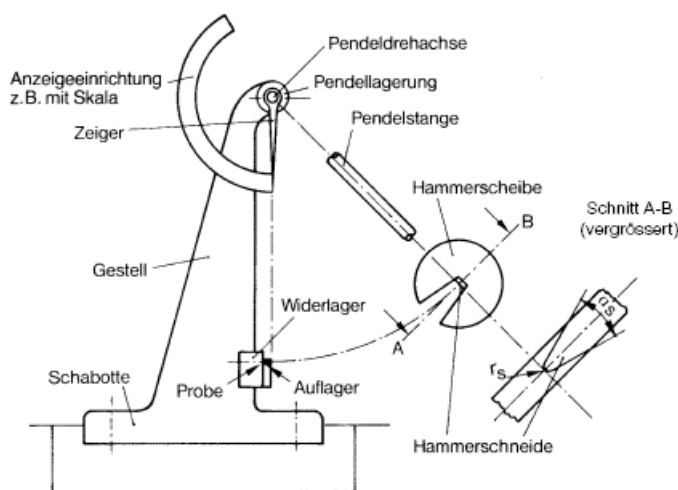


Bild 1: Pendelschlagwerk, schematisch

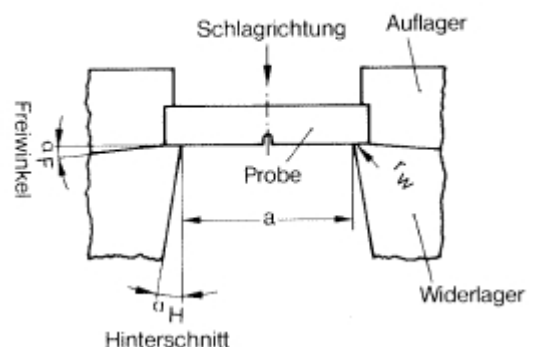


Bild 2: Widerlager und Auflager

Bei der Prüfung von Rohren werden üblicherweise Längsproben (längs zur Rohrachse) vorgesehen. Wenn es bei der Bestellung vereinbart wird, können im Einzelfall auch Querproben geprüft werden, sofern die Rohrabmessung die Entnahme von Vollproben erlaubt. Die Kerbachse liegt immer senkrecht zur Oberfläche. Bei Längsproben können auch Proben mit Untermaß entnommen werden, wenn die Wanddicke des Rohres zur Entnahme von Vollproben mit einem Querschnitt von 10 x 10 mm nicht ausreicht. Die deutschen Normen schreiben einen Kerbschlagbiegeversuch nur

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

dann vor, wenn eine Probe mit einer Breite von 5 mm entnommen werden kann. Nach ASTM werden auch noch Proben mit einer Breite von 2,5 mm geprüft. Während nach deutschen Normen bei Proben mit Untermaß die Kerbschlagarbeit querschnittsabhängig vermindert wird (eine 5-mm-Probe muss die halbe Kerbschlagarbeit in J erbringen), wird nach ASTM die Kerbschlagarbeit der Kleinproben besonders festgelegt, so dass der Wert in  $J/cm^2$ , verglichen mit der Vollprobe, größer wird.

Eine 2,5 mm breite Probe kann man beispielsweise aus den Rohren (Außendurchmesser x Mindestwanddicke) 16 x 4,3; 26,9 x 3,5 oder 54 x 3,0 entnehmen. Entsprechend benötigt man für eine 5 mm breite Probe ein Rohr 21,3 x 6,3; 44,5 x 5,6 oder 219,1 x 5,2.

Abhängig von der Prüftemperatur unterscheidet man die Hochlage, das Übergangsgebiet und die Tieflage der Kerbschlagarbeit (vgl. Bild 4).

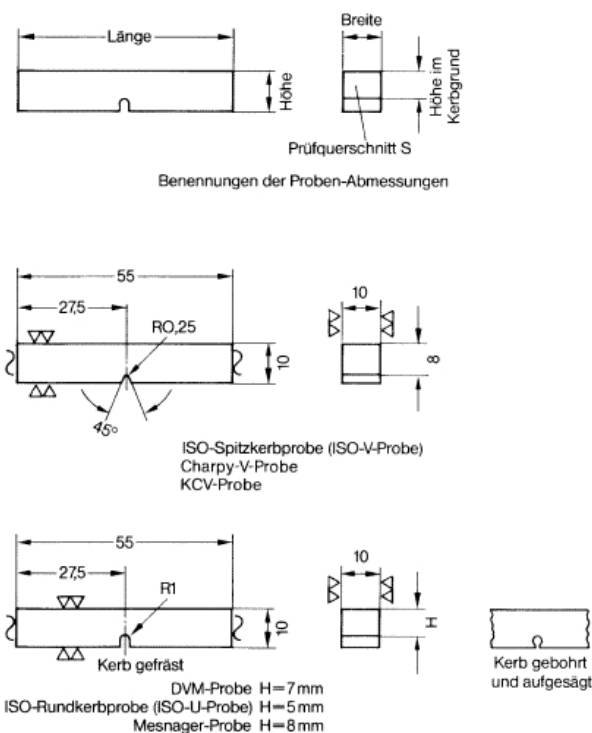


Bild 3: Benennung und Masse der Kerbschlagbiegeproben

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

---

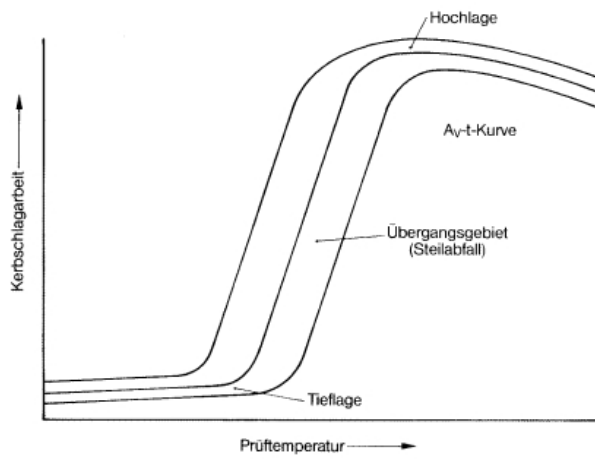


Bild 4: Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurve mit Streufeld

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

---

### *Aufweitversuch nach DIN 50 135*

Der Aufweitversuch dient dazu, die Verformbarkeit der Rohre beim Aufweiten bis zu einem vorgegebenen Betrag nachzuweisen.

Diese Prüfung wird bei Rohren im Abmessungsbereich bis max. 150 mm Außendurchmesser und max. 9 mm Wanddicke angewendet, und zwar hauptsächlich bei Präzisionsstahlrohren und Rohren aus nichtrostenden austenitischen Stählen.

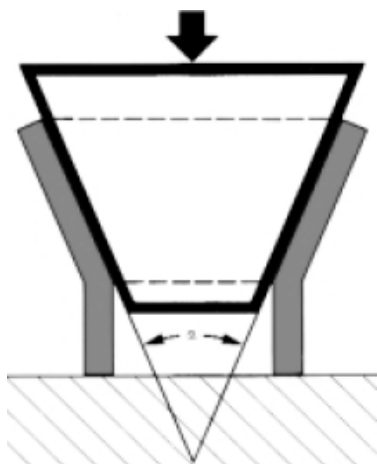


Bild 5: Aufweitversuch

Wenn bei geschweißten Rohren die Schweißnaht nicht zu erkennen ist, wird diese Prüfung auch als Ersatz für den Ringfaltversuch verwendet.

Bei der Durchführung des Versuches wird mittels eines Dornes auf einer Presse ein Rohrabschnitt so weit aufgeweitet, bis die in den Lieferbedingungen vorgeschriebene, auf den Außendurchmesser bezogene Aufweitung erreicht ist. Fehlererscheinungen dürfen nicht auftreten (Bild 5).

### *Ringfaltversuch nach DIN 50136*

Der Ringfaltversuch wird hauptsächlich zum Nachweis von makroskopischen Außen- und Innenfehlern sowie zur Erkennung fehlerhafter Schweißnähte verwendet. Er kann außerdem zur Beurteilung der Umformbarkeit herangezogen werden. Der Abmessungsbereich ist im allgemeinen auf max. 400 mm Außendurchmesser und Wanddicken bis zu 15% des Außendurchmessers beschränkt.

Dieses Prüfverfahren eignet sich besonders gut zur Prüfung der Verformbarkeit der Schweißnaht. Hierbei wird die Schweißnaht abwechselnd in die 12-Uhr- und 3-Uhr-

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

Lage gelegt (s. Bild), so dass die Schweißnaht abwechselnd einmal an der Rohrrinnen- und einmal an der Rohraußenseite auf Zug beansprucht wird.

Zur Versuchsdurchführung wird ein Rohring zwischen zwei planparallelen Platten bis zu einem bestimmten Abstand zusammengedrückt, ohne dass Anrisse entstehen dürfen oder Innen- bzw. Außenfehler sichtbar werden. Die Plattenabstände als Maß für die Umformung werden in den einzelnen Rohrliefernormen festgelegt. Informativ kann außerdem der Versuch bis zum Dichtfallen der Probe weitergeführt werden (Bild 6).

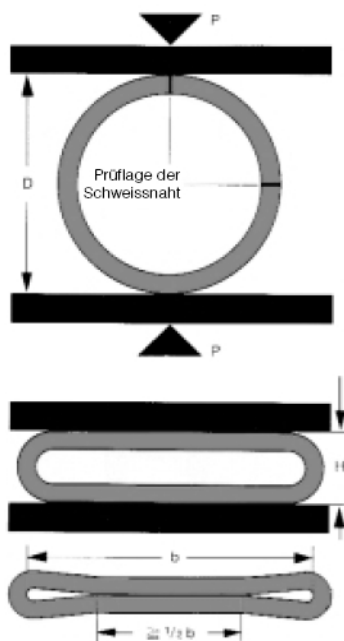


Bild 6: Ringfaltversuch

Der Ringfaltversuch ist für nahtlose und vorzugsweise pressgeschweißte Rohre vorgesehen. Bei schmelzgeschweißten Großrohren tritt an seine Stelle der Biegeversuch nach DIN 50121.

### *Ringaufdornversuch nach DIN 50137*

Der Ringaufdornversuch ermöglicht nicht nur den Nachweis von Fehlern auf der Rohraußen- und -innenoberfläche und die Beurteilung der Umformbarkeit (ausgedrückt durch die auf den Rohrrinnendurchmesser bezogene Aufweitung), sondern auch eine Beurteilung des Materialinnern an Hand des Bruchaussehens, da die Prüfung grundsätzlich bis zum Zerreißen des Rohrringes vorgenommen wird.

Bei der Durchführung des Versuchs an Rohren mit einem Außendurchmesser von 21,3 mm bis einschließlich 146 mm und einer Wanddicke von mindestens 2 mm, höchstens 16 mm werden Ringproben zügig auf einem konischen Dorn bis zum Bruch aufgeweitet (Bild 7).



## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

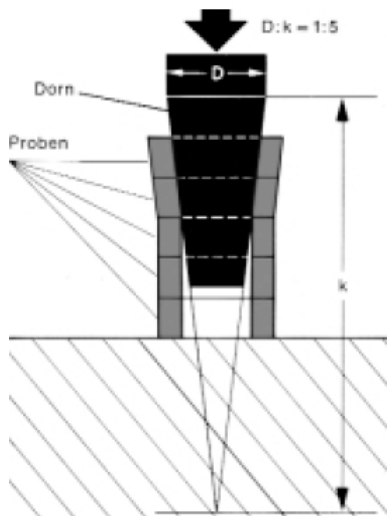


Bild 7: Ringaufdornversuch

### Ringzugversuch nach DIN 50138

Der Ringzugversuch wird bei Rohren mit Außendurchmessern über 146 mm bzw. Innendurchmessern über 100 mm und Wanddicken von max. 40 mm angewendet und ermöglicht neben dem Nachweis von Oberflächenfehlern und der Beurteilung der Verformbarkeit eine Bewertung des Bruchaussehens. Bei geschweißten Rohren ist die Schweißnaht um 90° gegenüber der Zugrichtung versetzt zu legen (Bild 8). Zur Durchführung werden Rohrringe über zwei Zugbolzen geschoben, die quer zur Prüfmaschinenachse von einer Einspannvorrichtung gehalten und bis zum Bruch ohne Ermittlung der Prüfkraft gereckt werden (Bild 8).

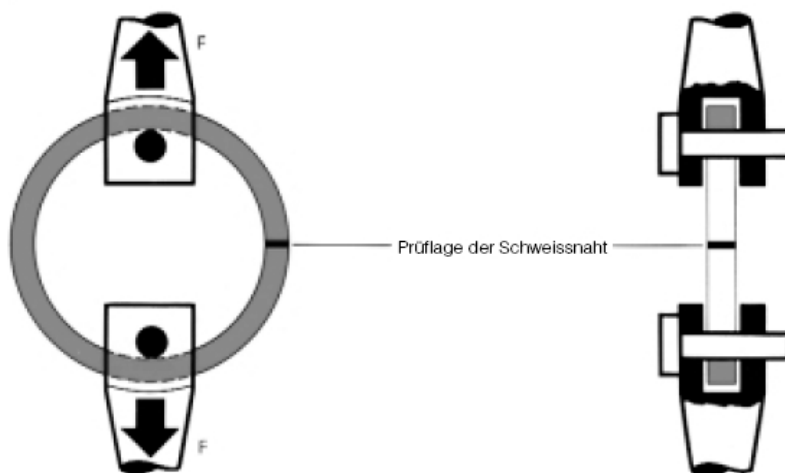


Bild 8: Ringzugversuch

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

### *Bördelversuch nach DIN 50139*

Mit diesem Versuch wird geprüft, ob sich die Rohre um einen Winkel von  $90^\circ$  bördeln lassen. Der Versuch findet Anwendung bei Rohren bis 150 mm Außendurchmesser. Die deutschen Technischen Lieferbedingungen sehen diesen Versuch nicht mehr vor. Mit geeigneten Werkzeugen wird das Probenende so weit umbördelt, bis ein Bördelwinkel von  $90^\circ$  und der vorgeschriebene Außendurchmesser  $d_b$  erreicht ist (s. Bild 9).

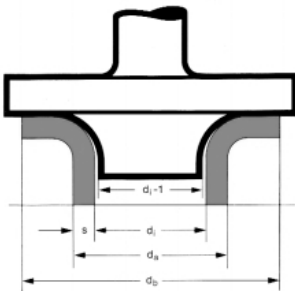


Bild 9: Bördelversuch

### *Biegeversuch nach DIN 50121*

Der Biegeversuch gibt Aufschluss über die Verformbarkeit von Stumpfschweißverbindungen bei Beanspruchung quer zur Schweißnaht. Er wird bei schmelzgeschweißten Rohren angewandt. Zur Durchführung werden 30 mm breite, quer über die Schweißnaht entnommene Proben zwischen zwei Rollen durch einen Dorn um einen Winkel von  $180^\circ$  gebogen (Bild 10). Dabei dürfen sich keine Anrisse zeigen. Der Biegedorndurchmesser  $d$  richtet sich nach der Stahlsorte. Er ist in den Technischen Lieferbedingungen für Rohre vorgegeben.

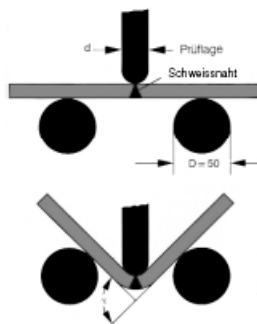


Bild 10: Biegeversuch

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

---

### *Innendruckversuch*

Der Innendruckversuch wird je nach Anwendungsbereich der Rohre entweder als Dichtheits- oder als Festigkeitsprüfung durchgeführt. Rohre, die für den Kraftwerksbau und für den Druckbehälter- und Apparatebau bestimmt sind, werden durchweg bei einem konstanten Prüfdruck von 50 oder 80 bar auf Dichtheit geprüft. Durch die Weiterentwicklung der elektromagnetischen zerstörungsfreien Prüfmethode für Rohre ist diese Dichtheitsprüfung mit Innendruck bei kleinen Rohrdurchmessern immer mehr durch die elektromagnetischen Prüfverfahren zum Nachweis der Dichtheit nach Stahl-Eisen-Prüfblatt 1925 verdrängt worden.

Wird aufgrund einer Sondervereinbarung eine Festigkeitsprüfung durchgeführt, so wird der Prüfdruck so festgelegt, dass im Rohr eine Umfangsspannung nahe der Streckgrenze entsteht (DIN 2413).

Bei Rohren für Fernleitungen zur Energieversorgung ist der Innendruckversuch auf Festigkeit zwingend vorgeschrieben.

Der Innendruckversuch wird im allgemeinen mit Wasser durchgeführt. Der Prüfdruck wird bei der Dichtheitsprüfung mindestens 5 Sekunden und bei der Festigkeitsprüfung mindestens 10 Sekunden aufrechterhalten. Er ist in den Technischen Lieferbedingungen für Rohre enthalten.

## Zerstörungsfreie Prüfungen

### *Ultraschall-, elektromagnetische und Röntgenprüfungen*

Die zerstörungsfreie Fehlerprüfung von Rohren ist heute eine der wichtigsten Prüfungen bei Stahlrohren. Sie wird je nach Anwendungsbereich der Rohre als Teilkörperprüfung (z.B. der Schweißnaht oder der Rohrenden) oder als Ganzkörperprüfung durchgeführt.

Die zerstörungsfreie Fehlerprüfung hat gegenüber den technologischen Prüfungen den Vorteil, dass diese Prüfung über die Rohrlänge ausgedehnt werden kann und nicht nur auf die Rohrenden beschränkt ist. Aus diesem Grund hat man bei der Neuausgabe der Normen für Kesselrohre der Gütestufe 3 (DIN 17175 und DIN 17177) die bisherigen sehr umfangreichen technologischen Prüfungen beträchtlich eingeschränkt und durch die Ganzkörperprüfung der Rohre ersetzt.

Die zerstörungsfreie Fehlerprüfung hat daher auch wesentlich dazu beigetragen, die Sicherheit der Rohre zu erhöhen. Dies gilt besonders für Rohre mit höchsten Quali-

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

---

tätsanforderungen, bei denen es darum geht, auch einzelne verdeckte Fehler in den Rohren aufzufinden. Bei geschweißten Rohren kommt dies auch direkt bei der Berechnung der Rohre zum Ausdruck. Der Ausnutzung der Berechnungsspannung (Schweißnahtwertigkeit) trägt die zerstörungsfreie Schweißnahtprüfung durch Wahl von Prüfempfindlichkeit, -verfahren und Prüfumfang Rechnung. Die zerstörungsfreien Prüfverfahren werden heute auch zur laufenden Fertigungskontrolle im Produktionsfluss eingesetzt, um von vornherein jegliche Mängel in der Fertigung auszuschließen, und dienen damit als Verfahrenskontrolle und als Frühwarnsystem. So wird beispielsweise bei Fretz-Moon-Rohren für Installationszwecke bei Temperaturen oberhalb von 800 °C mit Wirbelstrom auf Dichtheit geprüft.

Bei den jeweiligen Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung wird gefordert, dass die Anzeigen reproduzierbar sind und unzulässige Fehler durch geeignete Wahl der Empfindlichkeitseinstellung sicher erfasst werden können. Diese Forderung nach Reproduzierbarkeit und Objektivität hat dazu geführt, die Prüfanlagen mehr und mehr zu automatisieren. Hierdurch wird ein gleichmäßiger Qualitätsstandard der Rohre erreicht.

### *Zerstörungsfreie Ganzkörperprüfungen*

Für die zerstörungsfreie Prüfung wird weitgehend das Ultraschallprüfverfahren angewandt, da es für die Prüfung der meisten Rohrdurchmesser und -wanddicken wegen der gleichmäßigen Empfindlichkeit innerhalb der gesamten Rohrwand besonders geeignet ist. Es ist deswegen auch bei dickwandigen Rohren das bevorzugte Verfahren für den Nachweis von Inhomogenitäten auf der Rohrinneenseite.

Erhöhte Prüfgeschwindigkeiten lassen sich mit elektromagnetischen Verfahren erreichen. Bei diesen Verfahren nimmt die Nachweisempfindlichkeit mit zunehmender Wanddicke aufgrund der begrenzten Eindringtiefe des Wirbelstromfeldes – Skin-Effekt

– ab. Elektromagnetische Verfahren werden auch als Ersatz der Dichtheitsprüfung eingesetzt (SEP 1925).

Angewandt werden das Wirbelstrom- und das magnetische Streuflussverfahren.

### *Ultraschallprüfung*

Von einem akustischen Sender (Sendeprüfkopf) wird ein Schallbündel üblicherweise bei Frequenzen von 2 bis 4 MHz erzeugt und meist mit Wasser als Ankopplungsmedium in den Prüfling eingebracht. Inhomogenitäten im Prüfling reflektieren, wenn sie vom Schallstrahl getroffen werden, einen Teil der Schallenergie. Ein Teil des reflektierten Schalls wird wieder empfangen und zur Anzeige gebracht. Da physikalisch die

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

Schallerzeugung und der Schallempfang reversible Vorgänge sind, kommt man in vielen Fällen mit nur einem Prüfkopf aus. Dieser arbeitet dann abwechselnd als Sender oder Empfänger. Die Arbeitsweise ist aus Bild 11 ersichtlich.

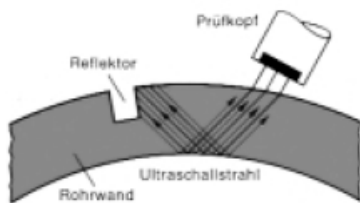


Bild 11: Ultraschallprüfung

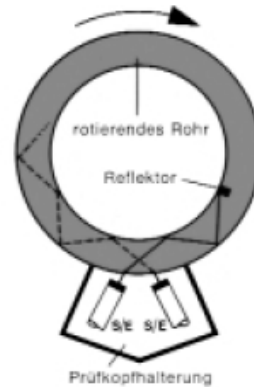


Bild 12: Ultraschallprüfung mit feststehenden Prüfköpfen und rotierendem Rohr

Bei einer der angewandten Prüftechniken wird das Rohr rotierend an den Prüfkopf bzw. Schwingerlinealen vorbeigeführt, wobei man zur Erhöhung der Prüfgeschwindigkeit und Sicherung der vollständigen Abtastung mehrere Prüfköpfe parallel anordnen kann. In Bild 12 ist das Schema dieser Technik dargestellt. Bei einer anderen Prüftechnik sind die Prüfköpfe in einem Prüfblock untergebracht, der um das zu prüfende, sich in Längsrichtung bewegende Rohr rotiert.

Auch hierbei kann man mehrere Prüfköpfe in verschiedenen Prüfebene zur Erhöhung der Durchsatzgeschwindigkeit bei vollständiger Abtastung anordnen. Das Schema dieser Prüftechnik zeigt Bild 13. Bei dieser Technik hat sich der Einsatz sowohl von Prüfköpfen mit gleichzeitiger Funktion als Sender und Empfänger (Bild 13a) als auch mit getrennten Prüfköpfen für Sende- oder Empfangsfunktion (Bild 13b) bewährt.

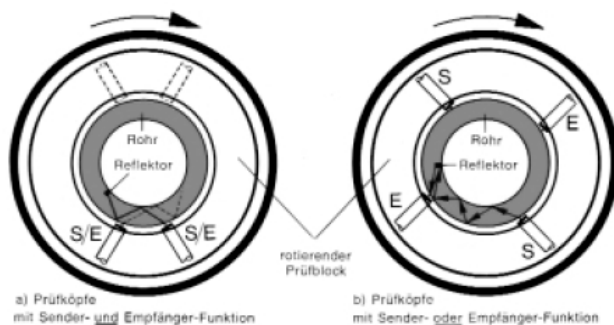


Bild 13a und 13b: Ultraschallprüfung mittels rotierender Prüfköpfe und axial durchlaufendem Rohr

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

Bei neuentwickelten Verfahren wird der Ultraschall elektromagnetisch erzeugt: das sonst notwendige Koppelmedium entfällt. Bei kleinen Rohrdurchmessern kann auf diese Weise das Rohr von einem Ende aus ohne Rohr- oder Sondenbewegung geprüft werden.

### *Wirbelstromverfahren*

Bevorzugt für Rohre im unteren Durchmesserbereich wird auch häufig das bekannteste Wirbelstromverfahren, nämlich das Durchlaufspulen-Selbstvergleichs-Verfahren eingesetzt. Bild 14 zeigt das Schema dieses Verfahrens. Zwei Spulensysteme umschließen hier das Prüfstück: die Primär- und Sekundärspulen.

Die Primärspule wird von einem Wechselstrom bestimmter Frequenz durchflossen und erzeugt im umschlossenen Teil des Prüfstücks über das magnetische Wechselfeld Wirbelströme (Bild 15). Diese erzeugen bzw. beeinflussen über das magnetische Wechselfeld die in den Sekundärspulen induzierten Spannungen.

Schaltet man im Sekundärkreis zwei gleichartige Spulen gegeneinander, dann nimmt die Wechselfspannung im Messkreis den Wert Null an, wenn ein völlig homogenes Rohr das Spulensystem durchläuft. Änderungen im Rohrkörper im Bereich einer der beiden Messspulen erzeugen Differenzspannungen in der Sekundärspule, die mit Hilfe geeigneter Anzeige oder Registriergeräte nachgewiesen werden. Um störende Beeinflussungen durch Permeabilitätsschwankungen des Werkstoffes auszuschalten, werden ferritische Rohre unterhalb des Curiepunktes beim Einlauf in das Spulensystem mittels zusätzlicher Spulen magnetisch gesättigt.

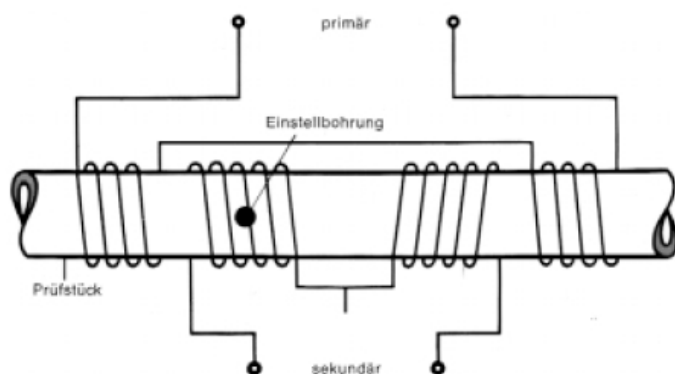


Bild 14: Durchlaufspulen-Selbstvergleichs-Wirbelstromverfahren

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

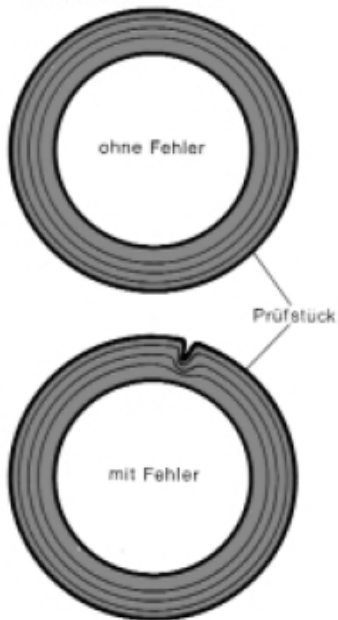


Bild 15: Wirbelstromverteilung im Prüfstück

### *Magnetische Streuflussverfahren*

Beim magnetischen Streuflussverfahren wird das Prüfstück, wie aus Bild 16 ersichtlich, magnetisiert. Dies kann sowohl unter Verwendung von rotierenden Magnetisierungsjochen (Bild 17) erfolgen als auch mit Hilfe des Magnetfeldes hoher Ströme, die direkt durch das Prüfstück geführt werden. Der im Magnetpulververfahren durch Aufbringen magnetisch festhaltbarer Teilchen an der Rohroberfläche örtlich sichtbar gemachte oder mittels Magnetfeldsonden erfasste magnetische Streufluss lässt auf im Rohr vorhandene Inhomogenität schließen.

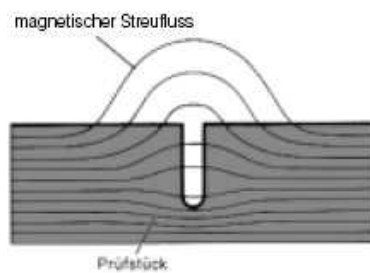


Bild 16: Prüfung mittels magnetischen Streuflusses

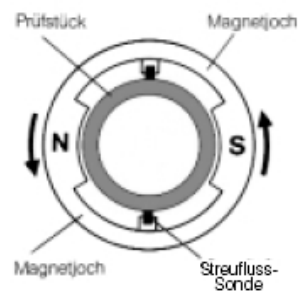


Bild 17: Magnetisches Streuflussverfahren mit rotierenden Magnetisierungsjochen

## VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON STAHLROHREN

---

### *Zerstörungsfreie Prüfungen an geschweißten Stahlrohren*

- a) Vollkörperprüfung wie nahtlose Rohre
- b) Schweißnaht, Rohrende SEP 1917 bzw. SEP 1916

Pressgeschweißte Rohre werden aus Warm- und Kaltband, schmelzgeschweißte Großrohre mit Längsnaht aus thermomechanisch gewalzten Blechen, schmelzgeschweißte Großrohre mit Spiralnaht aus Breitband hergestellt. Während bei Blechen schon im Walzwerk eine Flächen- und Randzonenprüfung mit Ultraschall üblich ist, wird die Prüfung von Bandmaterial meistens erst am fertig geschweißten Rohr vorgenommen. Oft ist es für längsnahtgeschweißte Großrohre zweckmäßig, eine Blechkantenprüfung zusätzlich während der Schweißnahtprüfung durchzuführen.

Die zerstörungsfreie Prüfung an den geschweißten Rohren erstreckt sich im wesentlichen auf die Schweißnaht in Längs- und Querrichtung. Die interne Prüfung und Überwachung des Schweißverfahrens erfolgt bei hochfrequenz-induktiv-geschweißten und spiralnaht-geschweißten Rohren im Schweißstrang vor dem Zerteilen in einzelne Rohre, bei längsnahtgeschweißten Rohren noch vor dem Expandieren. Dieser Verfahrensüberwachung schließt sich nach der Innendruckprüfung die endgültige zerstörungsfreie Abnahmeprüfung des fertigen Rohres an. Die Ultraschallanzeigen werden durch eine Röntgenprüfung beurteilt.