

Leopold Schöggli et al.

Praxishandbuch Werkstoffprüfung

Methoden der zerstörenden und zerstörungsfreien Werkstoffprüfung

TÜV AUSTRIA Fachverlag

Impressum

Praxishandbuch Werkstoffprüfung

Methoden der zerstörenden und zerstörungsfreien Werkstoffprüfung

2. Ausgabe 2018

ISBN 978-3-901942-99-0

Autoren: Dipl.-Ing. Leopold Schöggel, TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH, et al.

Medieninhaber:

TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Leitung: Mag. (FH) Christian Bayer, Rob Bekkers, MSc BSc

2345 Brunn am Gebirge, TÜV AUSTRIA-Platz 1

Tel.: +43 5 0454-8000 | E-Mail: akademie@tuv.at | www.tuv-akademie.at

Produktionsleitung: Mag. Judith Martiska

Layout: Markus Rothbauer, office@studio02.at & lucdesign

Abbildungen: lucdesign

Druck: Christian Theiss GmbH, St. Stefan im Lavanttal

Cover: Kupferkathode, 100-fach (Günther Müller, Struers GmbH)



© 2018 TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere die Rechte der Verbreitung, der Vervielfältigung, der Übersetzung, des Nachdrucks und der Wiedergabe bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwertung – dem Verlag vorbehalten.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Medieninhabers reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Trotz sorgfältiger Prüfung sämtlicher Beiträge in diesem Werk sind Fehler nicht auszuschließen. Die Richtigkeit des Inhalts ist daher ohne Gewähr. Eine Haftung des Herausgebers oder der Autoren ist ausgeschlossen.

Zur leichteren Lesbarkeit wurde die männliche Form gewählt. Selbstverständlich gelten alle Formulierungen für Männer und Frauen in gleicher Weise.



Produziert nach den Richtlinien des Österreichischen Umweltzeichens, UZ 24 Druckerzeugnisse.
UW 869 Christian Theiss GmbH

Vorwort

In Zeiten der immer rascher fortschreitenden Entwicklung von modernen Hochleistungswerkstoffen und der immer besseren Ausnutzung von Werkstoffreserven in Leichtbauanwendungen ist es heute wichtiger denn je, über adäquate Verfahren der zerstörenden und zerstörungsfreien Werkstoffprüfung zu verfügen. Die Anforderungen an diese Verfahren müssen dabei mit den laufenden Entwicklungen in der Werkstofftechnik und völlig neuen Produktanwendungen Schritt halten. Insbesondere in der zerstörungsfreien Prüfung haben sich daher in den letzten Jahren ganz neue Prüfverfahren etabliert und durchgesetzt und ein Ende dieser Entwicklung ist nicht abzusehen.

Werkstofftechnik und damit auch die Werkstoffprüfung ist eine der Kernkompetenzen der TÜV AUSTRIA Unternehmensgruppe und wie oben dargestellt eine lebende Materie, die sich in ständiger Weiterentwicklung befindet. Aus diesem Grund freue ich mich sehr darüber, dass wir das Praxishandbuch Werkstoffprüfung nun bereits in zweiter Auflage interessierten Kreisen zur Verfügung stellen können.

Eine möglichst umfassende Dokumentation und deren Anwendung ist eine Vorbedingung, um Fortschritte in der Technik wirklich allgemein nutzbar zu machen. In diesem Sinne wünsche ich diesem Werk eine möglichst weite Verbreitung und bedanke mich beim Autorenteam für die hervorragende Arbeit.

DI Dr. Stefan Haas

Vorstandsvorsitzender TÜV AUSTRIA HOLDING AG

Vorwort des Herausgebers

Die Qualität und Realisierbarkeit von Produkten ist vielfach abhängig von der Qualität der eingesetzten Werkstoffe. Entsprechend hoch sind die Anforderungen der Industrie an die chemischen und physikalischen Eigenschaften. So stehen die Zugfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Härte bzw. Sprödigkeit von Stählen bzw. anderen Metallen sowie Verbundwerkstoffen in unterschiedlichen Anwendungsformen auf dem Prüfstand.

Die Werkstoffprüfung ist daher ein wesentlicher Teilbereich der Werkstoffkunde und liefert mit ihren Verfahren einen wesentlichen Beitrag zu Qualität und Innovation.

Dipl.-Ing. Leopold Schöggel hat mit viel Umsicht und Engagement das Know-how zahlreicher TÜV-Experten zum Thema Werkstoffprüfung koordiniert und zusammengefasst. Das Ergebnis kann sich sehen lassen: auf Basis aktuellster Normen werden alle gängigen Prüfmethoden der zerstörenden und zerstörungsfreien Werkstoffprüfung übersichtlich dargestellt.

Für Personen, die für Qualität, Einkauf, Produktion sowie Verarbeitung von Werkstoffen verantwortlich sind, und besonders für Einsteiger in das Themengebiet enthält dieses Buch auf Basis aktuellster Normen detailliertes Wissen zu den Methoden der zerstörenden und zerstörungsfreien Werkstoffprüfung.

Mag. (FH) Christian Bayer
TÜV AUSTRIA AKADEMIE GMBH
Geschäftsführer

Vorwort des Autors

Das nunmehr in zweiter Ausgabe vorliegende Buch stellt eine Zusammenfassung der aktuell großtechnisch eingesetzten Methoden der Werkstoffprüfung in gut geordneter und übersichtlicher Form dar. Die erste Ausgabe wurde um einige Verfahren ergänzt.

Dem Berufsbild des „Werkstoffprüfers“ ist ein eigener Beitrag gewidmet.

Es dient somit dem Einsteiger und dem erfahrenen Werkstoffprüfer als grundlegende Einführung oder Nachschlagwerk. Die Normenhinweise sind aktuell, sodass der Leser jederzeit auf die Normengrundlage zurückgreifen kann.

Besonders wichtig und hilfreich waren die didaktischen Vorschläge auf der Basis der Erfahrungen aus der langjährigen Lehrtätigkeit, die Dir. HR Dipl.-Ing. Dr. mont. Robert Kutschej eingebracht hat.

Das Autorenkollektiv der erfahrenen Experten des Bereichs Werkstoffprüfung der TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH hat sein Wissen in das Buch eingebracht und wünscht den Lesern und Anwendern der beschriebenen Prüfmethode den besten Erfolg und viel Enthusiasmus bei der für die technische Weiterentwicklung so wichtigen Untersuchung der technologischen Eigenschaften unserer wichtigsten Werkstoffe – der Metalle.

Dipl.-Ing. Leopold Schöggel, Prokurist
TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH

Inhaltsverzeichnis

Teil A Methoden der zerstörenden Werkstoffprüfung 13

I Festigkeitsprüfung bei ruhender Beanspruchung (statische Prüfungen)

1 Der Zugversuch	17
1.1 Ausführung der Zugproben nach DIN 50125	18
1.2 Die Zugprüfmaschinen.	21
1.2.1 Die Kraftmesseinrichtung	23
1.2.2 Die Messung der Probenverlängerung (Dehnung).	24
1.3 Die Ermittlung der Werkstoffkennwerte mit dem Zugversuch	26
1.3.1 Allgemeine Betrachtungen	26
1.3.2 Auswertung der Diagramme.	28
1.3.3 Die Elastizitätsgrenze	32
1.3.4 Das wahre σ - ϵ -Diagramm.	32
1.3.5 Die Verformungsgeschwindigkeit $\dot{\epsilon}$	33
2 Der Kerbschlagbiegeversuch	35
3 Die Härteprüfung	39
3.1 Allgemeines	39
3.2 Qualitative Werkstoffprüfungen ohne Messwerte	40
3.2.1 Feilprobe	40
3.2.2 Klangprobe	41
3.2.3 Bruchprobe	41
3.3 Werkstoffprüfungen mit Messwerten – Dynamische Härteprüfung	41
3.3.1 Kugelschlaghammer nach Poldi	41
3.3.2 Baumann-Hammer (z. B. Gnehm-Schlaghärteprüfer)	42
3.3.3 GNEHM-Schlaghärteprüfer.	42
3.3.4 Durosop	43
3.3.5 Skleroskop	43
3.4 Statische Härteprüfung.	44
3.4.1 Härteprüfung nach Brinell	44
3.4.2 Härteprüfung nach Vickers	55
3.4.3 Härteprüfung nach Rockwell	61
3.5 Allgemeine Prüfbedingungen – Fehlermöglichkeiten.	65
3.6 Härteprüfung an Schweißnähten.	68

II Festigkeitsprüfung bei nicht ruhender Beanspruchung (dynamische Prüfungen)

1 Der Dauerschwingversuch	75
1.1 Das Wöhler-Diagramm	77
1.2 Kompakte Darstellung	78
2 Der Umlaufbiegeversuch	79
2.1 Bestimmung der Risswachstumsgeschwindigkeit	80
3 Die Prüfung von Schweißverbindungen	81
Teil B Methoden der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung	87
1 Die Ultraschallprüfung	89
1.1 Grundlagen der Ultraschall-Werkstoffprüfung	89
1.2 Zwei Ultraschall-Prüfverfahren	93
1.3 Aufbau einer Prüfeinrichtung für das Impuls-Echo-Verfahren	94
1.4 Aufbau und Funktion eines Ultraschall-Prüfkopfes	95
1.4.1 <i>Drei Grundbauarten</i>	95
1.4.2 <i>Erst eine reproduzierbare Prüfung ist eine Prüfung</i>	96
1.4.3 <i>Mit dem Schallbündel als Werkzeug</i>	97
1.5 Das Gerät	98
1.6 Die praktische Durchführung der Ultraschall-Prüfung	99
1.6.1 <i>Das Durchschallverfahren</i>	100
1.6.2 <i>Das Reflexionsverfahren</i>	100
1.7 Phased Array und TOFD	110
1.7.1 <i>Phased Array (Gruppenstrahler-Verfahren)</i>	110
1.7.2 <i>TOFD-Verfahren (Time of Flight Diffraction = Laufzeit-Beugung)</i>	113
2 Die Prüfung mit Röntgenstrahlen	119
2.1 Grundlagen der Röntgenphysik	119
2.1.1 <i>Die Entstehung der Röntgenstrahlen</i>	119
2.1.2 <i>Eigenschaften der Röntgenstrahlen</i>	119
2.1.3 <i>Arten der Röntgenspektren</i>	121
2.1.4 <i>Die Schwächung der Röntgenstrahlen</i>	122
2.1.5 <i>Der Nachweis der Röntgenstrahlung</i>	123
2.2 Die Röntgengrobstrukturprüfung	123
3 Die Prüfung mit γ-Strahlen	127
3.1 Die Entstehung der γ -Strahlen	127
3.2 Der Prüfvorgang	129
3.3 Aufbewahrungs-, Transport- und Arbeitsbehälter für radioaktive Isotope	129

3.4	Allgemeines zur Röntgen- und γ -Prüfung	130
3.4.1	<i>Wichtige Begriffe</i>	130
3.4.2	<i>Strahlengefährdung und Strahlenschutz</i>	132
3.4.3	<i>Die Anwendungsbereiche und die Vor- und Nachteile der Werkstoffprüfung mit Röntgen- und γ-Strahlen</i>	134
3.5	Computer-Radiographie	137
3.5.1	<i>Schweißnahtprüfung</i>	137
3.5.2	<i>Zustandsuntersuchung an isolierten Rohrleitungen</i>	138
4	Die magnetische Rissprüfung mit dem Magnetpulververfahren	141
4.1	Physikalische Grundlagen	142
4.1.1	<i>Die Größen des magnetischen Feldes</i>	142
4.1.2	<i>Magnetischer Streufluss</i>	145
4.2	Die verschiedenen Verfahren der Magnetpulverprüfung	146
4.2.1	<i>Die Verfahren der Stromdurchfutung</i>	146
4.2.2	<i>Die Verfahren der Polmagnetisierung</i>	150
4.2.3	<i>Vollständige Rissprüfung mit dem kombinierten Verfahren</i>	151
4.2.4	<i>Das Stromstoßverfahren</i>	153
4.3	Die Feldverteilung	154
4.4	Wahl der Stromart	154
4.5	Anzeigemittel	155
4.6	Dokumentation des Prüfergebnisses	157
4.7	Entmagnetisierung	158
5	Oberflächenrissprüfung mit dem Farbeindringverfahren (Penetrationsverfahren) 161	
5.1	Allgemeines	161
5.2	Die Farbeindringverfahren	161
5.3	Anwendungsmöglichkeiten der Farbeindringverfahren	162
5.4	Vorteile der Farbeindringverfahren	162
5.5	Sprüh- oder Streichtechnik	162
6	Schallemissionsprüfung	165
6.1	Übersicht	165
6.2	Wie Schallemission entsteht	165
6.3	Die Schallemissionsprüfung – ein integrales Prüfverfahren	166
6.4	Die Schallemissionsprüfung – ein passives Prüfverfahren	167
6.5	Die Schallemissionsprüfung – ein dynamisches Echtzeit Prüfverfahren	167
6.6	Prinzipschema der Schallemissionsprüfung	167
6.7	Transiente und kontinuierliche Signale	168
6.8	AE-Merkmale	169

6.9	Die Schallemissionsmesskette	170
6.10	Ortung nach Zeitdifferenzen	172
6.11	Ortungsdarstellung.	173
6.12	Schluss	174
7	Radioskopie	177
7.1	Allgemeines	177
7.1.1	<i>Abbildungsbedingungen</i>	177
7.2	Detektoren.	178
7.3	Bildverbesserung	180
7.4	Anwendungsgebiete	180
7.5	Computertomographie.	181
7.5.1	<i>Einleitung</i>	181
7.5.2	<i>Aufnahme</i>	182
7.5.3	<i>Rekonstruktion</i>	183
7.5.4	<i>Visualisierung und Datenanalyse</i>	184
7.5.5	<i>Artefakte</i>	184
7.5.6	<i>Anwendungen</i>	185
8	Thermografie – Grundlagen und Anwendungen.	189
8.1	Einführung.	189
8.2	Elektromagnetische Strahlung	189
8.3	Strahlungsgesetze.	190
8.3.1	<i>Kirchhoffsches Strahlungsgesetz</i>	190
8.3.2	<i>Plancksches Strahlungsgesetz</i>	191
8.3.3	<i>Wien'sches Verschiebungsgesetz</i>	191
8.3.4	<i>Stefan-Boltzmann-Gesetz</i>	192
8.3.5	<i>Transmissionsgrad der Atmosphäre</i>	193
8.4	Kameratechnik	194
8.5	Passive Thermografie.	196
8.5.1	<i>Instandhaltung und Wartungsthermografie</i>	196
8.5.2	<i>Bauthermografie</i>	197
8.6	Aktive Thermografie	198
8.6.1	<i>Anwendung CFK</i>	199
8.6.2	<i>Anwendung Metall</i>	202
8.6.3	<i>Verschiedene Konzepte zur thermischen Anregung von Metallen</i>	203
9	Werkstoffprüfer für zerstörungsfreie Methoden – Beruf mit Zukunft!	205
9.1	Die Geschichte der ZfP in Österreich	206
9.2	Was ist Zerstörungsfreie Prüfung?	207
9.3	Wie qualifiziere ich mich für diesen Beruf? Wie werde ich ein „ZfP-Prüfer“?.	208

Die Autoren



Dipl.-Ing. Leopold Schöggel

Seit 1991 beim TÜV AUSTRIA

Leiter des Bereiches Werkstoffprüfung, Werkstofftechnik und Schweißtechnik (im Ruhestand)



KR Ing. Gerhard Aufricht

Sachverständiger

Stufe 3 Prüfer für 5 Verfahren

Geschäftsführer der MITTLI KG

Geschäftsführer der ÖGzFP



Ing. Gerd Kunes (†)

Stellvertretender Leiter des Geschäftsbereichs Werkstoffprüfung und Schweißtechnik der TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH



DI Dr. Robert Kutschej

Österreichische Akademie der Wissenschaften, Professor an der HTL Ferlach für Fertigungs- und Waffentechnik, bis 2002 Direktor der HTL Zeltweg für Maschinenbau und Bautechnik, beedeter Ziviltechniker für Werkstoffwissenschaften



DI Gerald Lackner

„Institut für technische Physik“ der TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH



Ing. Johannes Salcher

ZFP- und Schweißüberwachung, TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH



Ing. Jochen Richter

ZfP- und Schweißüberwachung, TÜV AUSTRIA SERVICES
GMBH



DI Jakov Škelja

Lecturer „NDT Methods“ on different Universities in Austria and for
„Austrian society for NDT“ (ÖGfZP)
Head of Quality Inspection, GKN Aerospace Munich, NDT Level 3
Head of Quality Assurance, GKN Aerospace Munich



Ing. Michael Jagschitz

Werkstoffingenieur
Leiter Werkstofflabor und Metallographie TVFA TÜV AUSTRIA



DI Dr. Georg Geier

Leiter Engineering und Entwicklung bei Siempelkamp Giesserei
GmbH.



Ing. Harald Laa

TÜV AUSTRIA SERVICES GMBH
Level 3 AT, UT
Experte für Phased Array, TOFD, Acoustic emission testing



Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Norbert Enzinger

Leiter der Gruppe Fügetechnik am Institut für Werkstoffkunde,
Fügetechnik und Umformtechnik der TU Graz



Teil A:

**Methoden der
zerstörenden
Werkstoffprüfung**

I. Festigkeitsprüfung bei ruhender Beanspruchung (statische Prüfungen)

Mit der Belastung eines metallischen Werkstoffes ist in jedem Falle eine Formänderung verbunden und umgekehrt ist zu jeder Formänderung eine Kraft notwendig. Der Werkstoff setzt also seiner Verformung einen Widerstand entgegen, der überwunden werden muss. Die Versuche werden bis zur Erreichung bestimmter Verformungen bzw. bis zur Zerstörung des Werkstoffes fortgesetzt. Dabei werden die Kräfte als Spannungen auf die Flächeneinheit des beanspruchten Querschnittes, die Formänderung als spezifische Verformung auf die Längen- oder Querschnittseinheiten bezogen. Je nach der Art der angreifenden Kräfte und den dabei auftretenden Formänderungen wird zwischen Zug-, Druck-, Biege-, Torsions- und Scherversuchen unterschieden. Die wirksamen Kräfte erzeugen Normal- und Schubspannungen. Die Formänderungen werden in elastische oder plastische unterteilt. Elastische Formänderungen sind meistens klein und gehen nach der Krafteinwirkung wieder vollständig in die ursprüngliche Form zurück.

In der Werkstoffprüfung ist es gebräuchlich, die mechanisch technologischen Festigkeitswerte in der Weise anzugeben, dass die äußeren Kräfte auf die Ausgangsabmessungen der Probe bezogen werden. Die auf die Ausgangsabmessungen der Probe bezogene Höchstbelastung bringt uns je nach Art der Beanspruchung die Zug-, Druck-, Biege-, Torsions- oder Scherfestigkeit. Die Belastungsübertragung erfolgt bei den statischen Festigkeitsprüfungen langsam, gleichmäßig und stoßfrei. Die auf die Probe wirkenden Kräfte werden von „Null“ bis zur Höchstlast gemessen.

Die genannten Versuche werden im Allgemeinen bei Raumtemperatur durchgeführt. Ist es notwendig, den Einfluss der Temperatur und die Beanspruchungszeit zu erfassen, dann sind eigene Versuche erforderlich (z. B. Warmzugversuch, DVM-Kriechgrenze, Zeitstandversuch, Kerbschlag-Biegeversuch bei tiefen Temperaturen u. dgl.).

1 Der Zugversuch

Der Zugversuch nach EN ISO 6892 dient zur Ermittlung des Werkstoffverhaltens unter einachsiger, über dem Querschnitt gleichmäßig verteilter Zugbeanspruchung. Beim Zugversuch wird eine Zugprobe einer langsamen und stetig zunehmenden Dehnung unterworfen und die dazu erforderliche Kraft F gemessen.

Bei den Metallzugversuchen wird in der Normung zwischen vier Temperaturbereichen, in denen die Zugversuche durchgeführt werden, unterschieden: der Raumtemperatur, der erhöhten Temperatur, der tiefen Temperatur und der Temperatur von flüssigem Helium. Die unterschiedlichen Temperaturbereiche und das Medium des flüssigen Heliums stellen ganz unterschiedliche Anforderungen an die Prüfsysteme und an das Prüfverfahren inklusive der vorzubereitenden Proben. Daher gliedert sich die internationale ISO-Norm in vier unterschiedliche Teile, die jeweils die obengenannten Temperaturbereiche adressieren:

- ✓ ISO 6892-1 Prüfverfahren bei Raumtemperatur
- ✓ ISO 6892-2 Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur
- ✓ ISO 6892-3 Prüfverfahren bei tiefen Temperaturen
- ✓ ISO 6892-4 Prüfverfahren in flüssigem Helium

Neben diesen international gültigen Normen finden auch nationale Normen internationale Anwendung wie die der amerikanischen ASTM, europäischen EN, japanischen JIS und der chinesischen GB/T. Für spezielle Anwendungsfelder, z. B. der Luftfahrt, können weitere spezifische Normen wichtig bzw. erforderlich sein.

Zugversuch bei Raumtemperatur

Für den Zugversuch an metallischen Werkstoffen werden hauptsächlich die DIN EN ISO 6892-1 und die ASTM E 8 zugrunde gelegt. Beide Normen legen Probenformen und deren Prüfung fest. Ziel der Normen ist es, das Prüfverfahren so zu beschreiben und festzulegen, dass selbst bei Einsatz unterschiedlicher Prüfsysteme die zu ermittelnden Kennwerte vergleichbar und richtig bleiben. Das heißt auch, dass die normativen Anforderungen auf wichtige Einflussfaktoren eingehen und Forderungen allgemein formulieren, sodass ausreichender Spielraum für technische Realisationen und Innovationen bleibt.

Wichtige Kenngrößen aus dem Zugversuch sind:

- ✓ die **Streckgrenze**, genauer die obere und untere Streckgrenze (ReH und ReL)
- ✓ die **Dehngrenze**, in aller Regel bei 0,2 % plastischer Dehnung als „Ersatzstreckgrenze“ bestimmt ($Rp0.2$)

- ✓ die **Streckgrenzen-Dehnung**, genauer die Streckgrenzen-Extensometer-Dehnung, weil sie nur mit Hilfe eines Extensometers bestimmt werden kann (A_e)
- ✓ die **Zugfestigkeit** (R_m)
- ✓ die **Gleichmaßdehnung** (A_g)
- ✓ die **Bruchdehnung** (A), wobei die normativen Festlegungen in Bezug auf die Messlänge von entscheidender Bedeutung sind.

Für die Bestimmung von Streckgrenze und Zugfestigkeit ist nur eine präzise Kraftmessung erforderlich, während für alle anderen Kenngrößen eine (automatische) Dehnungsmessung mit einem Extensometer während des Versuches oder eine manuelle Dehnungsmessung nach Entnahme der Probe/Probenreste erforderlich ist.

1.1 Ausführung der Zugproben nach DIN 50125

DIN 50125 definiert Proben mit kreisförmigem Querschnitt (Form A, B, C, D), rechteckigem Querschnitt (Form E) und Proben von Flacherzeugnissen (Form H, Bruchdehnung A50 bzw. A80).

Die Zugprobe wird für einen Zugversuch je nach Norm als Schulter-, Rund- oder Stabprobe hergestellt. Um Kerbwirkung und damit ein Verfälschen des Ergebnisses zu vermeiden, wird die Oberfläche des Prüflings feinstgedreht oder sogar poliert. Die Messlänge steht in einem definierten Verhältnis zum Durchmesser. Aufgrund des Querschnitts der Probe kann die Spannung errechnet werden, diese wird in einem Spannungs-Dehnungs-Diagramm dargestellt und ausgewertet.

Proportionalstäbe:

Bei Proportionalstäben stehen die Messlänge und der Durchmesser d_0 der Probe in einem festen Verhältnis zueinander, z. B. $L_0 = 5 \cdot d_0$ beim kurzen oder $L_0 = 10 \cdot d_0$ beim langen Proportionalstab.

Es gibt auch „nicht proportionale Zugproben“. Die Messlänge steht nicht in einem bestimmten Verhältnis zum d_0 , z. B. bei Formstahl, Bandstahl u. dgl.

Am häufigsten werden Rundproben verwendet, die in einer Werkstätte aus den zu untersuchenden Metallen (z. B. Stahl, Al, Cu und deren Legierungen u. dgl.) spanabhebend hergestellt werden, z. B. Rundproben mit glatten Zylinderköpfen zum Einspannen in Reißbacken.

Zugproben Form B

Rundproben mit Gewindeköpfen

Zugprobe DIN 50125-B14⁷⁰

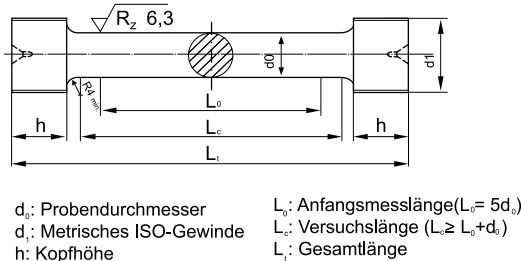


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Rundzugprobe

Zugproben können verschieden groß sein (siehe Normtabelle DIN 50125). An den Köpfen kann ein Gewinde eingeschnitten sein, welches in die entsprechenden Probenhalter der Zugprüfmaschine eingeschraubt wird.

Bezeichnung einer Zugprobe der Form B mit Probendurchmesser $d_0 = 14$ mm und Anfangsmesslänge $L_0 = 70$ mm: Zugprobe DIN 50125 – B14 \times 70

Werden Bleche, Bänder u. dgl. untersucht, werden Flachproben (Form H) verwendet, z. B. Flachprobe mit Köpfen für Beißkeile.

Zugproben Form E

Flachproben mit rechteckigem Querschnitt und Köpfen für Spannkeile. Die üblicherweise verwendete Probendicke beträgt 5 mm, kann aber auch kleiner sein. Es besteht eine Abhängigkeit zwischen Probendicke, Probenbreite und Anfangsmesslänge.

Neben Proben aus Walzprodukten können auch Proben aus Gusswerkstoffen verwendet werden.

Zugprobe DIN 50125-E5-16-50

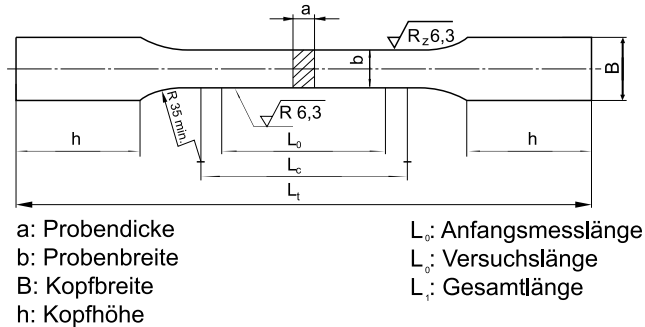


Abb. 2: Schematische Darstellung einer Flachzugprobe – sog. „kurzer Proportionalstab“:
 Proportionalitätsfaktor $k = 5,65$

Bezeichnung einer Zugprobe Form E mit Probendicke $a = 5$ mm, Probenbreite $b = 16$ mm und Anfangsmesslänge $L_0 = 50$ mm:

Zugprobe DIN 50125 – E5 × 16 × 50

Weiters gibt es noch Kerbzug-, Rohrkerbzug- und Kerbzugfaltproben, die zur Beurteilung von schmelzgeschweißten Stumpf- und Kehlnähten dienen.

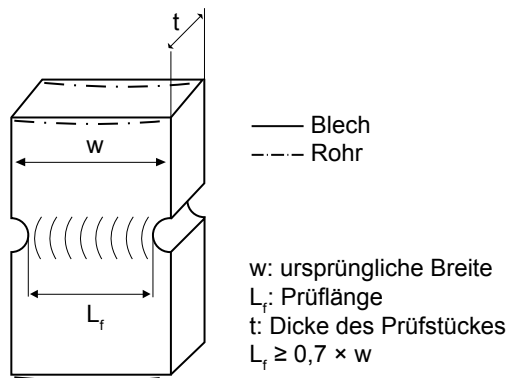


Abb. 3: Schematische Darstellung einer Kerbzugprobe

Durch die Probenform wird der Bruch in der Schweißnaht erzwungen, damit daraus das Bruchaussehen in der Schweißnaht beurteilt und die Kerbzugfestigkeit an dieser Stelle ermittelt werden kann.