

Zugversuch, Kerbschlagbiegeversuch

Inhalt

1	Zugversuch.....	1
1.1	Einführung.....	1
1.2	Grundlagen	1
1.3	Versuchsdurchführung	6
1.4	Versuchsauswertung.....	7
1.5	Kontrollfragen zum Zugversuch	7
2	Kerbschlagbiegeversuch	9
2.1	Einführung.....	9
2.2	Grundlagen	9
2.3	Kenngrößen eines Pendelschlagwerkes	10
2.4	Kenngrößen des Kerbschlagbiegeversuches	11
2.5	Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurve	13
2.6	Versuchsdurchführung	13
2.7	Versuchsauswertung.....	14
2.8	Kontrollfragen zum Kerbschlagbiegeversuch.....	14

Name: _____
Matrikelnr.: _____

Vorname: _____
Testat: _____

Nomenklatur**Lateinische Zeichen**

A	Bruchdehnung
A_g	Gleichmaßdehnung
A_{pot}	potentielles Arbeitsvermögen (Schlagarbeit)
A_o	überschüssige Schlagarbeit
A_5	Bruchdehnung einer kurzen Proportionalprobe
a_k	Kerbschlagzähigkeit
d_o	Ausgangsprobendurchmesser
dl'	inkrementale Längenänderung
d_u	Durchmesser der Einschnürung nach dem Bruch
E	Elastizitätsmodul
F	Zugkraft, Gewichtskraft des Pendels im Massenschwerpunkt
F_m	maximale Kraft
F_1	Beschleunigungskraft des waagrecht liegenden Pendels im Abstand I von der Drehachse (F_1 wird aus einer Wägung des Kerbschlagpendels in horizontaler Lage ermittelt)
g	Erdbeschleunigung
h_1	Fallhöhe des Kerbschlagpendels
h_2	Steighöhe des Kerbschlagpendels nach durchschlagen der Probe
KV	umgesetzte Kerbschlagarbeit
k	Proportionalitätsfaktor
k_f	Fließspannung
l	Momentanlänge der Zugprobe
l'	aktuelle Messlänge
Δl	Längenänderung
l_0	Ausgangsmesslänge
L_{E0}	Messbasis des Dehnungsaufnehmers
ΔL_E	gemessene Längenänderung des Dehnungsaufnehmers
l_u	Messlänge nach dem Bruch
R_e	Streckgrenze
R_{eH}	Obere Streckgrenze
R_{eL}	Untere Streckgrenze
R_m	Zugfestigkeit
$R_{p0,2\%}$	Dehngrenze
S	Momentanquerschnitt
SB	seitliche Breitung
S_o	Anfangsquerschnitt
S_u	Querschnitt der Einschnürung nach dem Probenbruch (Bruchquerschnittsfläche)
$T_{\dot{U}}$	Übergangstemperatur
V	Volt
v	Auftreffgeschwindigkeit
Z	Brucheinschnürung

Griechische Zeichen

α_1	Fallwinkel des Kerbschlagpendels
α_2	Steigwinkel des Kerbschlagpendels nach dem Durchschlagen der Probe
ε	technische Dehnung
ε_L	Lüdersdehnung
ε_W	wahre Dehnung
σ	technische Spannung
σ_W	wahre Spannung
φ	Umformgrad

1 Zugversuch

1.1 Einführung

Der Zugversuch gehört zu den Standardversuchen in der Werkstoffprüfung und dient zur Untersuchung und Beurteilung des einsinnigen Spannungs-Dehnungsverhaltens unter homogener, einachsiger Zugspannung. Hieraus ergeben sich wichtige Werkstoffkennwerte der Festigkeit und des Formänderungsvermögens, welche die Grundlage für eine sichere Bauteilauslegung bilden. Um die Reproduzierbarkeit und die Vergleichbarkeit der Messergebnisse verschiedener Prüfstellen zu sichern, ist das Prüfverfahren durch eine Reihe von Vorschriften genormt (DIN EN 10002, DIN 50145, DIN 50125,...). In diesen Normen sind neben Vorgaben zur Versuchsdurchführung und Definitionen der Werkstoffkenngrößen auch Vorschriften zur Probengeometrie aufgeführt. Gebräuchliche Probenformen sind Proportionalstäbe, bei denen zwischen der Ausgangsmesslänge l_0 und dem Anfangsquerschnitt S_0 die Beziehung $l_0 = k \cdot \sqrt{S_0}$ gilt. Bei kurzen Proportionalstäben mit rundem Durchmesser beträgt nach Norm das Verhältnis der Anfangsmesslänge zum Durchmesser $l_0/d_0 = 5$.

- k Proportionalitätsfaktor
d₀ Ausgangsprobendurchmesser

1.2 Grundlagen

Im Zugversuch wird ein Prüfstab mit der Messlänge l_0 und der Querschnittsfläche S_0 mit konstanter Vorschubgeschwindigkeit einachsig bis zum Bruch gedehnt. Dabei wird die Zugkraft F als Funktion der Längenänderung Δl aufgezeichnet. Die Längenänderung ergibt sich dabei nach Gleichung 1.1.

$$\Delta l = l - l_0 \quad (1.1)$$

- l Momentanlänge

Zur Dokumentation und Auswertung eines Zugversuches wird aus dem Kraft- und dem Längenänderungssignal ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm erstellt. Hierbei wird die technische Spannung über der technischen Dehnung aufgetragen. Bei der Bestimmung der technischen Größen wird davon ausgegangen, dass sich der Probenquerschnitt nicht verändert (Probendurchmesser bleibt konstant). Insbesondere bei großen Verformungsgraden und bei einer Probeneinschnürung entspricht dies nicht der Realität. Dennoch ist es sinnvoll in der Praxis mit technischen Spannungen und technischen Dehnungen zu arbeiten, da dies Berechnungen vereinfacht und für Bauteile ohnehin nur kleine Dehnungen zugelassen werden. Die technische Spannung σ ergibt sich somit nach Gleichung 1.2 aus der anliegenden Kraft F und dem Ausgangsquerschnitt S_0 .

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad (1.2)$$

Die technische Dehnung ε ergibt sich aus Gleichung 1.3.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (1.3)$$

Abhängig vom Werkstoffverhalten werden die folgenden vier charakteristischen Verläufe der Spannungs-Dehnungskurven unterschieden.

In Abbildung 1 ist der charakteristische Verlauf eines duktilen Werkstoffes ohne ausgeprägte Streck-

grenze dargestellt. Es ist ein kontinuierlicher Übergang von der elastischen zur plastischen Verformung zu erkennen. Ein solches Verhalten zeigen beispielsweise Aluminium- und Nickellegierungen.

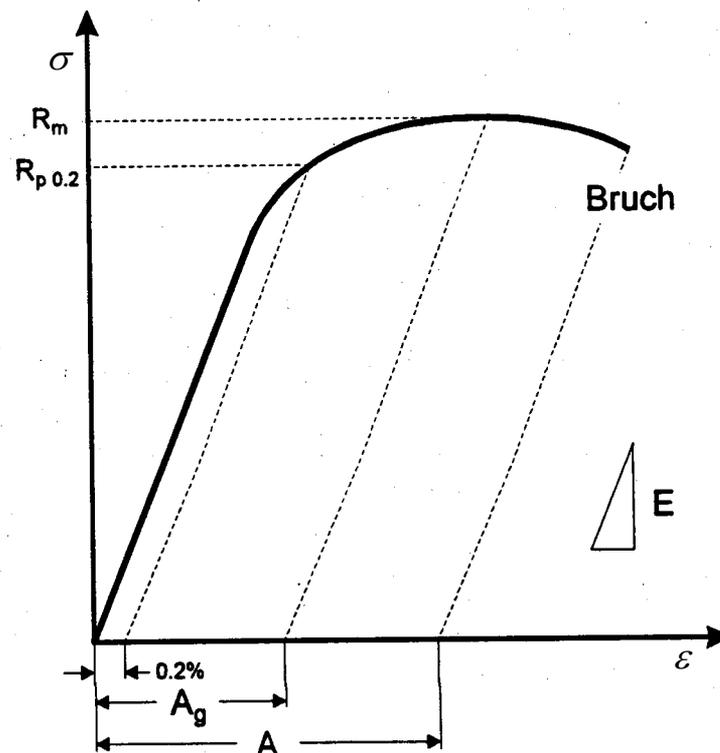


Abb. 1: Spannungs-Dehnungs-Kurve eines duktilen Werkstoffes ohne ausgeprägte Streckgrenze.

Der charakteristische Spannungs-Dehnungs-Verlauf eines duktilen Werkstoffes mit ausgeprägter Streckgrenze ist in Abbildung 2 dargestellt. Nach der elastischen Verformung folgt ein diskontinuierlicher Übergang zur plastischen Verformung. Die plastische Verformung erfolgt hierbei zunächst ohne Spannungserhöhung. In diesem Bereich, der als Lüdersdehnung bezeichnet wird, verläuft die Verformung inhomogen. Die plastische Verformung beginnt lokalisiert in einem eng begrenzten Probenbereich bei sonst weitgehend elastischem Verhalten der übrigen Probenlänge. Die Deformationszone breitet sich bei fortschreitender Probenverlängerung aus und hinterlässt einen umverformten Bereich. Die Grenzfläche zwischen diesem und dem elastischen Probenbereich ist die sog. Lüdersfront, die während der Verformung um über die Messlänge hinwegläuft. Erst nach Abschluss dieses Prozesses steigt die Spannung mit zunehmender Dehnung weiter an.

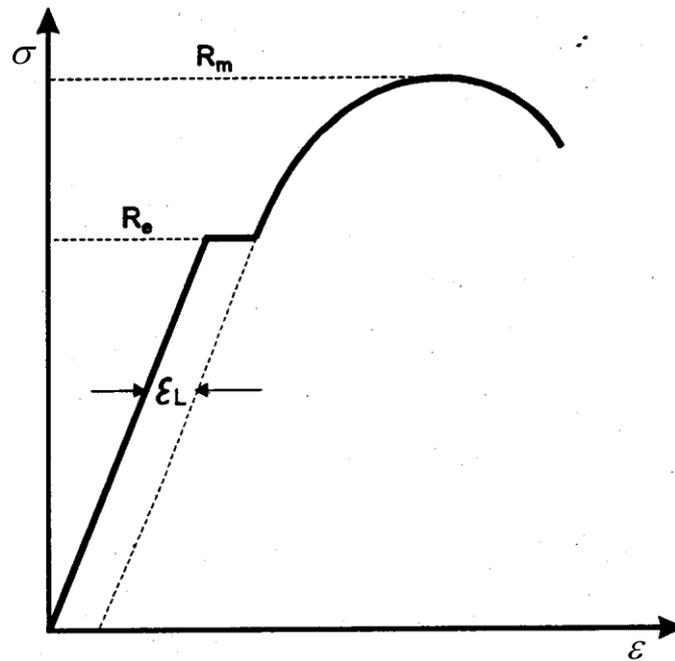


Abb. 2: Spannungs-Dehnungs-Kurve eines duktilen Werkstoffes mit ausgeprägter Streckgrenze.

Der in Abbildung 3 gezeigte Spannungs-Dehnungs-Verlauf entspricht dem eines duktilen Werkstoffes mit ausgeprägter oberer und unterer Streckgrenze. Im Gegensatz zu dem in Abbildung 2 dargestellten Verlauf zeigt sich jedoch keine konstante Spannung während der Lüdersdehnung. Dieses Verhalten kommt durch interstitiell gelöste C-Atome zustande, welche die Versetzungen verankern und somit eine plastische Verformung blockieren. Erst durch eine Spannungsüberhöhung können sich einige Versetzungen losreißen (Streckgrenze) und damit größere plastische Verformungen und eine Versetzungsvervielfachung einleiten. Ein duktilen Werkstoffverhalten mit ausgeprägter Streckgrenze zeigen beispielsweise ferritische Stähle mit nicht zu hohem C-Gehalt.

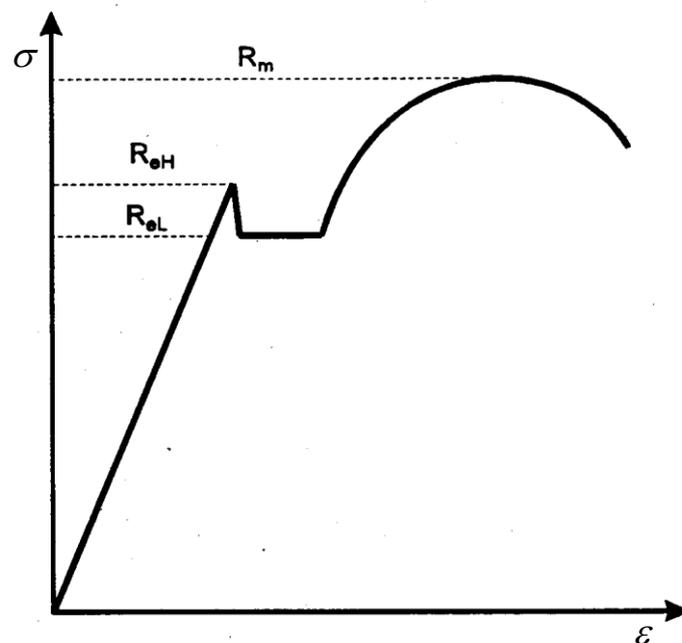


Abb. 3: Spannungs-Dehnungs-Kurve eines duktilen Werkstoffes mit ausgeprägter oberer und unterer Streckgrenze.

Der Spannungs-Dehnungs-Verlauf eines spröden Werkstoffes bis zum Bruch ist in Abbildung 4 dargestellt. Er ist gekennzeichnet durch eine eingeschränkte plastische Verformung und dem Fehlen eines Scheitelpunktes der technischen Spannung. Ein sprödes Werkstoffverhalten zeigt beispielsweise Glas.

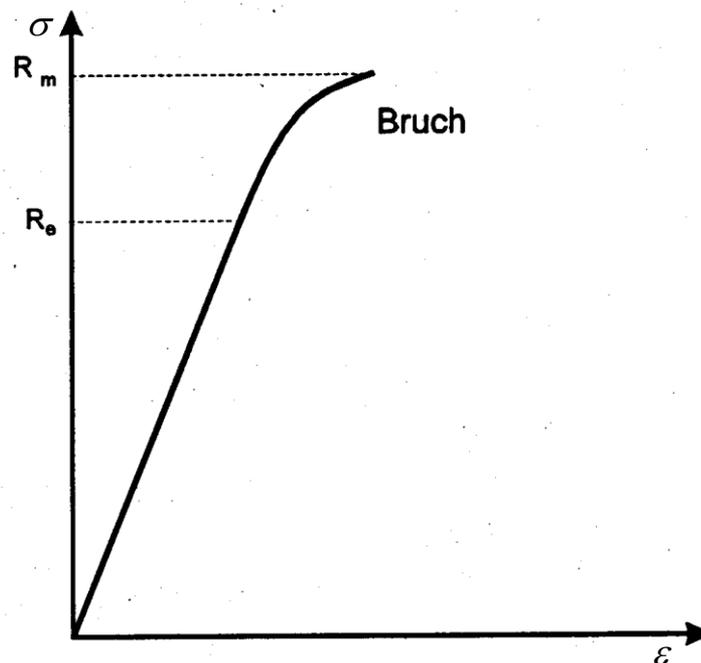


Abb. 4: Spannungs-Dehnungs-Kurve eines spröden Werkstoffes ohne ausgeprägte Streckgrenze.

- Kenngrößen des Zugversuches

Bei kleinen Dehnungen verformt sich der Prüfkörper rein elastisch entsprechend dem Hookeschen Gesetz:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (1.4)$$

E Elastizitätsmodul

Damit lässt sich aus dem geraden Anfangsteil der Spannungs-Dehnungs-Kurve der Elastizitätsmodul E bestimmen. Überschreitet die Spannung die sogenannte Elastizitätsgrenze, kommt zur elastischen (reversiblen) eine plastische (bleibende) Dehnung hinzu. Verläuft dieser Übergang, wie in Abbildung 1 dargestellt stetig, so wird eine plastische Dehngrenze bestimmt. Üblicherweise wird hierfür die 0,2%-Dehngrenze $R_{p0,2}$ benutzt. Hierbei wird durch Parallelverschiebung der elastischen Geraden die Spannung bestimmt, bei der sich eine plastische Dehnung von 0,2% ergibt.

Die sich der elastischen Verformung anschließende plastische Verformung ist zunächst durch einen weiteren Anstieg der technischen Spannung gekennzeichnet, d.h. der Formänderungswiderstand bezogen auf den Anfangsquerschnitt nimmt mit fortschreitender Dehnung zu (Verfestigung) bis hin zu einem maximalen Wert (der Zugfestigkeit R_m).

$$R_m = F_m / S_0 \quad (1.5)$$

F_m maximale Kraft

Bei der Zugfestigkeit beginnt sich der Prüfquerschnitt merklich einzuschnüren. Der bis dahin erreichte

plastische Verformungsanteil heißt Gleichmaßdehnung A_g .

$$A_G = \varepsilon - (R_m / E) \quad (1.6)$$

Bei weiterer Verlängerung über die Zugfestigkeit hinaus verliert die Probe kontinuierlich an Widerstandskraft, bis es schließlich zum Bruch kommt. Der Kennwert der Bruchdehnung A beschreibt den beim Bruch vorliegenden plastischen Dehnungsanteil und ist wie folgt definiert:

$$A = \frac{(l_u - l_0)}{l_0} \quad (1.7)$$

l_u Messlänge nach dem Bruch

Neben A wird als weitere Kenngröße für das Formänderungsvermögen die Brucheinschnürung Z herangezogen. Sie ergibt sich aus der Anfangs- und der Bruchquerschnittsfläche nach Gleichung 1.8.

$$Z = \frac{(S_0 - S_u)}{S_0} \quad (1.8)$$

S_u Bruchquerschnittsfläche

Neben den bisher behandelten Formen der Spannungs-Dehnungs-Kurven, bei denen die technische Spannung über der technischen Dehnung aufgetragen wird, ist es in vielen Fällen sinnvoll die wahren Spannungen über den wahren Dehnungen zu betrachten. Dies erscheint insbesondere wichtig hinsichtlich der physikalischen Bewertung des Verformungs- bzw. Festigkeitsverhaltens. So entsprechen z.B. die wahre Spannung σ_w und die wahre Dehnung ε_w den in der Umformtechnik gebräuchlichen Kennwerten der Fließspannung k_f und des Umformgrades φ .

Zur Bestimmung der wahren Dehnungen wird die Längenänderung dl' auf die aktuelle Messlänge dl' bezogen und die wahre Dehnung ergibt sich aus der Integration von der Ausgangslänge bis zur aktuellen Messlänge l' nach Gleichung 1.9.

$$\varepsilon_w = \int_{l_0}^l l/l' \cdot dl' = \ln(l/l_0) = \ln\left(\frac{\Delta l + l_0}{l_0}\right) = \ln(1 + \varepsilon) \quad (1.9)$$

Unter der Annahme der Volumenkonstanz bei plastischer Verformung bis zur Einschnürung gilt dann für den Momentanquerschnitt S

$$S = S_0 \cdot \frac{l_0}{l} \quad (1.10)$$

und mit $l = l_0 + \Delta l$ folgt aus Gleichung 1.11 die wahre Spannung.

$$\sigma_w = \frac{F}{S} = \frac{F}{S_0} \cdot \left(\frac{\Delta l + l_0}{l_0}\right) = \sigma(1 + \varepsilon) \quad (1.11)$$

Wird der Verlauf der wahren Spannung an der meist beanspruchten Probenstelle betrachtet, so ergibt sich im Gegensatz zum Verlauf der technischen Spannung kein Scheitelpunkt. Der Werkstoff verfestigt kontinuierlich bis zum Bruch (Kaltverfestigung). Ein Vergleich der Verläufe

der wahren und der technischen Spannung ist in Abbildung 5 dargestellt.

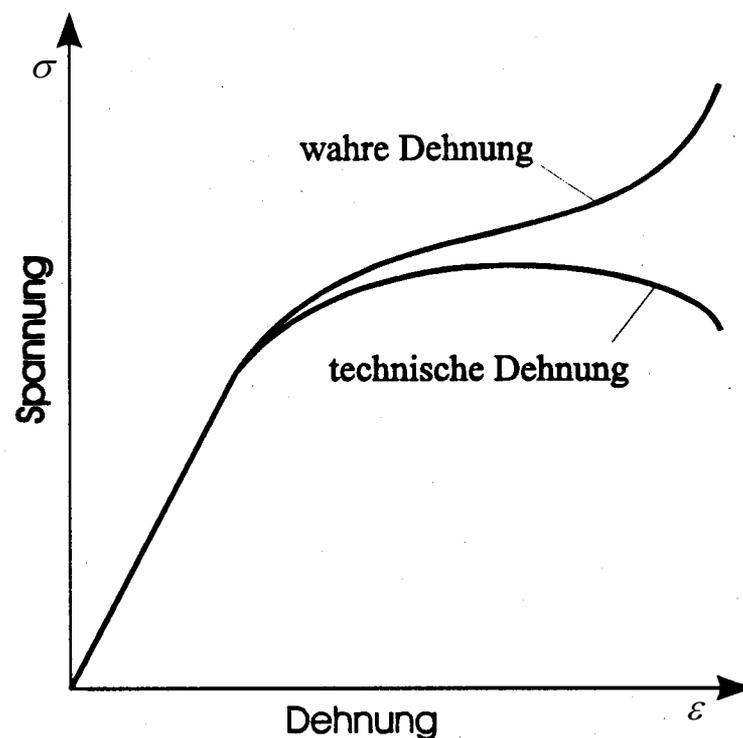


Abb. 5: Vergleich der Verläufe der wahren und der technischen Spannung

1.3 Versuchsdurchführung

Es sollen Zugversuche an Proben aus einer Aluminiumlegierung (AlMgSi1) und einem Stahl (Ck45) durchgeführt werden. Die Probengeometrie entspricht nach DIN 50 125 runden kurzen Proportionalstäben mit Gewindeköpfen. Das Verhältnis von Messlänge zum Durchmesser entspricht hierbei dem Faktor 5.

Für den Zugversuch steht eine Universalprüfmaschine der Fa. Wolpert mit Spindeltrieb zur Verfügung. Während des Versuchs werden die aktuelle Kraft und die aktuelle Längenänderung analog auf x-y-Schreiber aufgezeichnet, sodass sich Kraft-Längenänderungs-Verläufe ergeben, welche in Spannungs-Dehnungs-Diagramme umskaliert werden können. Hierbei wird ein Schreiber zum Aufzeichnen der Spannungs-Dehnungskurve bis zu einer Dehnung von 0,5 % verwendet und ein zweiter Schreiber zeichnet die Spannungs-Dehnungskurve bis zum Bruch auf.

Die installierte Kraftmessdose mit Messverstärker liefert proportional zu Belastungen von ± 100 kN elektrische Spannungen von ± 10 V. Zur Messung der Feindehnungen bis zu 0,5 % wird ein induktiver Dehnungsaufnehmer mit einer Messbasis L_{E0} von 25 mm verwendet. Der Dehnungsaufnehmer mit Messverstärker liefert bei Längenänderungen von ± 1 mm eine Ausgangsspannung von ± 10 V. Die Umrechnung der gemessenen Längenänderung ΔL_E in eine prozentuale Probendehnung ist in Gleichung 1.12 dargestellt.

$$\varepsilon[\%] = \frac{\Delta L_E}{L_{E0}} \cdot [100\%] \quad (1.12)$$

Da der Dehnungsaufnehmer in seinem Messbereich begrenzt ist und durch die schlagartig auftretende Entlastung beim Probenbruch Schaden nehmen kann, wird er nach Erreichen einer Dehnung von 0,5 %

von der Probe entfernt.

Zur Aufzeichnung des Spannungs-Dehnungsverlaufes bis zum Bruch auf einem zweiten Schreiber dient das oben beschriebene Kraftsignal der Kraftmessdose und ein inkrementaler Traversenwegaufnehmer, welcher für einen Traversenverfahrweg (Längenänderung der Probe) von 32 mm eine Spannung von 10 V liefert.

Zur Bestimmung der Bruchdehnung werden die Proben vor dem Versuch mit Referenzpunkten markiert und nach dem Probenbruch die Bruchdehnung aus der Abstandsänderung dieser Punkte bestimmt. Hierzu werden die beiden Bruchflächen aneinandergesetzt und die Referenzpunkte vermessen.

1.4 Versuchsauswertung

Die in diesem Versuch zu ermittelnden Kennwerte sind:

- E E-Modul
- A_5 Bruchdehnung bei Proportionalprobe $l_0 = 5 \cdot d_0$
- Z Brucheinschnürung
- $R_{p0,2\%}$ 0,2%-Dehngrenze
- R_{eL} Untere Streckgrenze
- R_{eH} Obere Streckgrenze
- R_m Zugfestigkeit

1.5 Kontrollfragen zum Zugversuch

- Welche Kenngrößen liefert der Zugversuch und wozu werden sie benötigt?
- Wie wird die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sichergestellt und was ist ein kurzer Proportionalstab?
- Wie wird ein Zugversuch durchgeführt? Was kennzeichnet einen Zugversuch? Kurze Beschreibung!
- Was bedeutet technische Spannung, technische Dehnung?
- Wann sind die Abweichungen zur wahren Spannung, Dehnung groß?
- Welche charakteristischen Spannungs-Dehnungs-Verläufe gibt es?
- Worauf ist eine ausgeprägte Streckgrenze zurückzuführen?
- Was ist die $R_{p0,2}$ -Grenze und welche technische Relevanz besitzt sie? Wie ist Zugfestigkeit, Bruchdehnung, (Gleichmaßdehnung) definiert?
- Was ist die wahre Spannung, wahre Dehnung und wie sieht ein typischer wahre Spannung- wahre Dehnung -Verlauf aus?
- Welches Spannungs-Dehnungsverhalten wird für AlMgSi1 und Ck45 erwartet?

Zugversuch nach EN 10002

Probengeometrie:

Prüftemperatur:

AlMgSi1:

Wärmebehandlung	:	
Ausgangsdurchmesser d_0	:	[mm]
Ausgangsquerschnitt S_0	:	[mm ²]
Ausgangslänge l_0	:	[mm]
Ausgangslänge Dehnungsaufnehmer L_{E0}	:	[mm]
Durchmesser der Einschnürung nach Bruch d_u	:	[mm]
Querschnitt der Einschnürung nach Bruch S_u	:	[mm ²]
Länge nach Bruch l_u	:	[mm]

E [MPa]	A ₅ [%]	Z [%]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [Mpa]

Ck45

Wärmebehandlung	:	
Ausgangsdurchmesser d_0	:	[mm]
Ausgangsquerschnitt S_0	:	[mm ²]
Ausgangslänge l_0	:	[mm]
Ausgangslänge Dehnungsaufnehmer L_{E0}	:	[mm]
Durchmesser der Einschnürung nach Bruch d_u	:	[mm]
Querschnitt der Einschnürung nach Bruch S_u	:	[mm ²]
Länge nach Bruch l_u	:	[mm]

E [MPa]	A ₅ [%]	Z [%]	R _{eL} [MPa]	R _{eH} [MPa]	R _m [MPa]

2 Kerbschlagbiegeversuch

2.1 Einführung

In der technischen Praxis treten häufig mehrachsige Beanspruchungen schlagartig auf, die von einem Werkstoff ohne Bruch ertragen werden müssen. Zur Beurteilung des Werkstoffverhaltens unter diesen Bedingungen sind die im Zugversuch ermittelten Werkstoffkenngrößen nicht oder nur bedingt geeignet. Man hat dies frühzeitig erkannt und Prüfverfahren entwickelt, die es gestatten das Werkstoffverhalten unter schlagartiger Beanspruchung zu erfassen und zu beurteilen.

Unter den verschiedenen Schlagversuchen der Werkstoffprüfung hat sich der Kerbschlagbiegeversuch wegen seiner Einfachheit und Reproduzierbarkeit durchgesetzt. Der Kerbschlagbiegeversuch wurde um 1900 von GEORGE CHARPY in England entwickelt.

Mit diesem nach EN 10045 und DIN 50115 genormten Prüfverfahren kann das Zähigkeitsverhalten von metallischen und polymeren Werkstoffen untersucht werden. So ist es z.B. möglich, durch die schlagartige Beanspruchung und die Verwendung gekerbter Proben das verformungsarme Trennbruchverhalten von Stählen zu untersuchen und eine Übergangstemperatur vom Spröbruch zum Verformungsbruch zu ermitteln.

Die Verwendung von kleinen, relativ einfach herzustellenden Proben und die kurze Versuchsdauer tragen mit dazu bei, dass der Kerbschlagbiegeversuch ein kostengünstiges Prüfverfahren ist.

2.2 Grundlagen

Der Kerbschlagbiegeversuch, dessen Prinzip aus den Abbildungen 6 und 7 hervorgeht, wird mit Hilfe eines Pendelschlagwerkes durchgeführt. Der Pendelhammer trifft mit einer vorgegebenen kinetischen Energie auf eine gekerbte Biegeprobe und ruft dort eine dynamische mehrachsige Beanspruchung hervor. Als Maß für die Zähigkeit des Werkstoffes wird die Arbeit angesehen, die beim Bruch der Probe umgesetzt wird. Sie wird in der Regel durch einen Schleppzeiger direkt angezeigt.

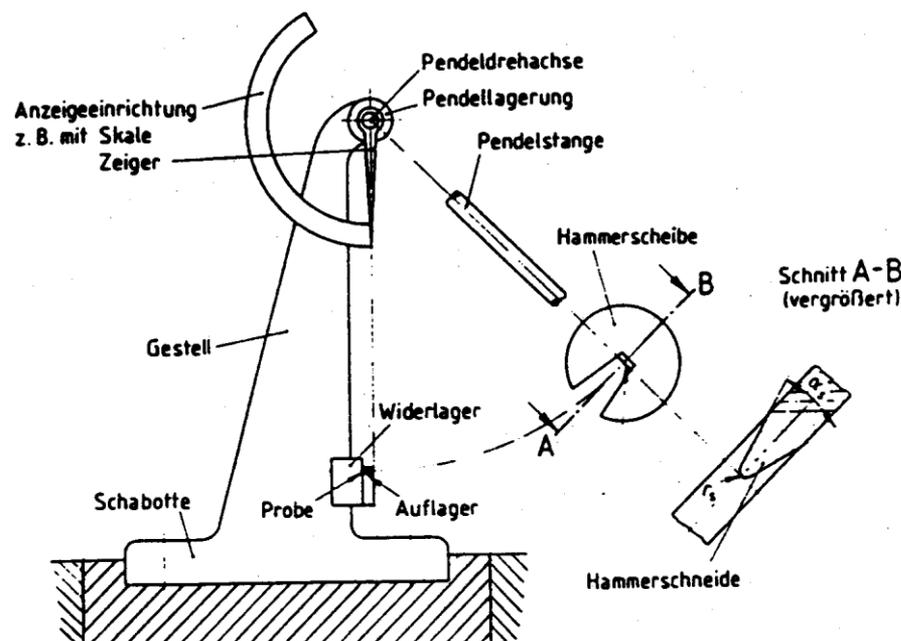


Abbildung 6: Pendelschlagwerk (nach EN 10045)

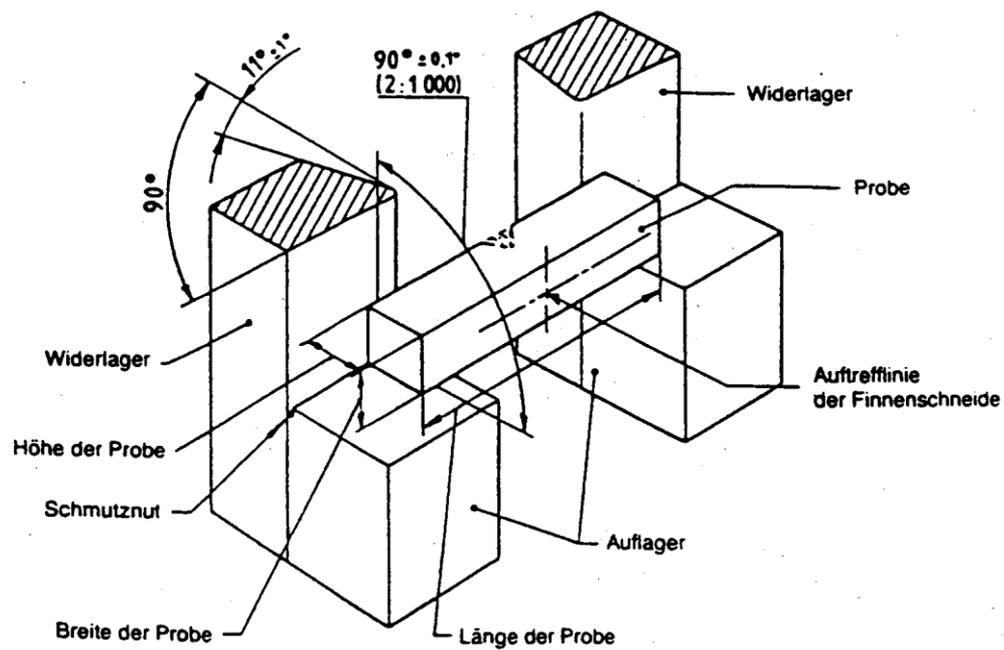


Abbildung 7: Anordnung der Probe, Auflager und Widerlager

2.3 Kenngrößen eines Pendelschlagwerkes

Die Kenngrößen eines Pendelschlagwerkes sind das potentielle Arbeitsvermögen A_{pot} (Schlagarbeit) und die Auftreffgeschwindigkeit v des Pendelhammers.

Die Schlagarbeit A_{pot} errechnet sich aus der Gewichtskraft F im Massenschwerpunkt des Pendels und der Fallhöhe h_1 bzw. des Fallwinkels α_1 des Pendels nach Gleichung 2.1, siehe auch Abbildung 7.

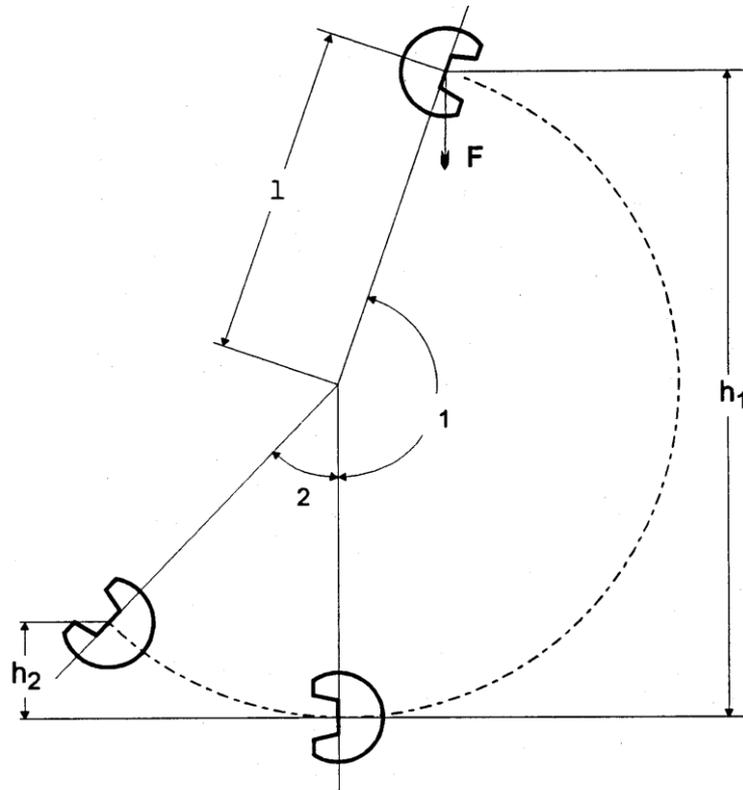


Abbildung 8: Beziehungen zur Berechnung der Schlagarbeit

Es gilt:

$$A_{pot} = F \cdot h_1 = F_1 \cdot l(1 - \cos \alpha_1) \quad (2.1)$$

- F Gewichtskraft des Pendels
 h₁ Fallhöhe des Pendels
 l Pendellänge
 α₁ Fallwinkel des Pendels
 F₁ Beschleunigungskraft des waagrecht liegenden Pendels im Abstand l von der Drehachse (F₁ wird aus einer Wägung des Pendels in horizontaler Lage ermittelt)

Die Auftreffgeschwindigkeit v des Pendelhammers auf die Probe errechnet sich vereinfacht nach Gleichung 2.2. Hierbei wird die kinetische Energie gleich der umgesetzten potentiellen Energie gesetzt und die Rotationsenergie des Pendels um den Auftreffpunkt vernachlässigt.

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} = \sqrt{2 \cdot g \cdot l(1 - \cos \alpha_1)} \quad (2.2)$$

- g Erdbeschleunigung (g=9,81 m/s²)

2.4 Kenngrößen des Kerbschlagbiegeversuches

Die aus Kerbschlagbiegeversuchen zu ermittelten Größen sind insbesondere die umgesetzte Schlagarbeit KV (Kerbschlagarbeit) und die Kerbschlagzähigkeit a_k.

KV ist der Unterschied zwischen dem potentiellen Arbeitsvermögen A_{pot} und der überschüssigen Arbeit A_ü.

$$KV = A_{pot} - A_{ü} \quad (2.3)$$

Die überschüssige Arbeit ist das Produkt aus der Gewichtskraft F und der Steighöhe h_2 nach dem Durchschlagen der Probe, siehe auch Abbildung 7.

$$A_{ii} = F \cdot l(1 - \cos \alpha_2) \quad (2.4)$$

α_2 Steigwinkel des Pendels nach dem Durchschlagen

Als Kerbschlagzähigkeit a_k bezeichnet man die auf den Prüfquerschnitt S bezogene Kerbschlagarbeit KV , siehe Abbildung 8.

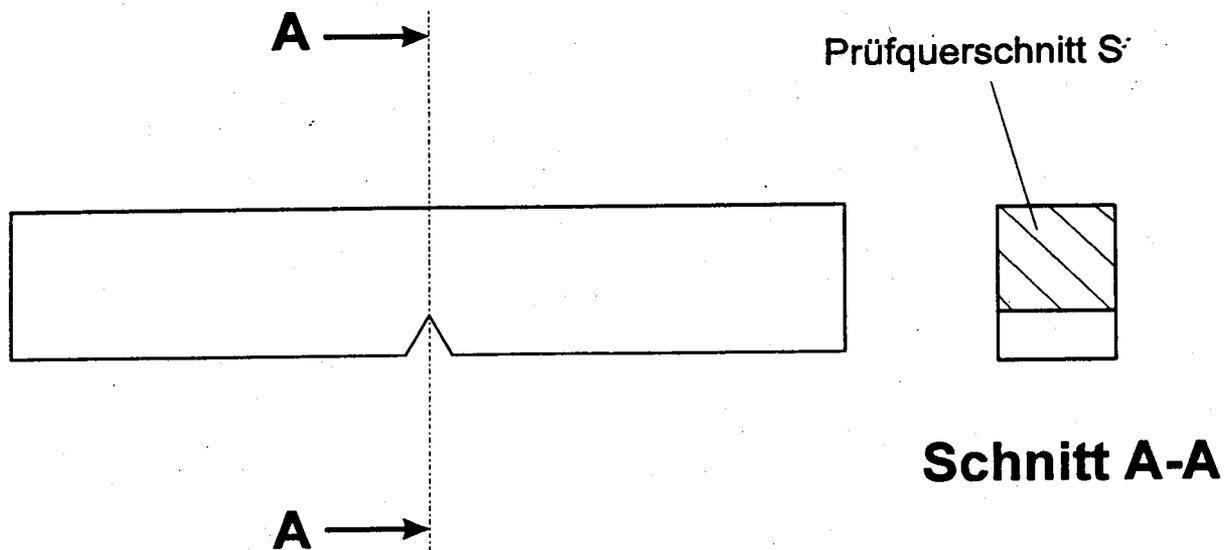


Abbildung 9: Probengeometrie und Prüfquerschnitt

$$a_k = \frac{KV}{S} \quad (2.5)$$

KV Kerbschlagarbeit
S Prüfquerschnitt

Die Kerbschlagzähigkeit und die Kerbschlagarbeit finden im Gegensatz zu den Werkstoffkennwerten, die beispielsweise im Zug-, Druck- oder Dauerschwingversuch ermittelt werden, keinen Eingang in die Berechnung und Dimensionierung von Bauteilen.

Zur Beurteilung der Zähigkeit eines Werkstoffes kann neben der zahlenmäßigen Angabe der Kerbschlagarbeit bzw. der Kerbschlagzähigkeit die Bruchfläche der Probe dienen. Abhängig vom Bruchaussehen werden zwei Grenzfälle unterschieden:

- Verformungsbruch
- Trennbruch

Bei reinem Verformungsbruch ist die Bruchfläche zerklüftet und an den Rändern sind starke Verformungen festzustellen. Dies ist ein Indiz für Zähigkeit. Bei reinem Trennbruch liegt eine fast ebene Bruchfläche mit glatten Rändern vor und gilt als bezeichnend für Sprödigkeit. Die Bestimmung des Scherbruchanteils erfolgt im Regelfall unter Verwendung von Richtreihen (z. B. nach ASTM A 370-88a)

2.5 Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurve

In der Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurve ist die benötigte Schlagarbeit in Abhängigkeit der Prüftemperatur dargestellt. Hierfür wird eine Reihe von Kerbschlagbiegeversuchen eines Werkstoffes bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt und die einzelnen Messpunkte durch eine Ausgleichskurve verbunden.

Der sich ergebende Kurvenverlauf und die Streuung der Versuchswerte sind abhängig vom Werkstoff, der Probenlänge, der Probenform und der Schlaggeschwindigkeit. Bei einem Kurvenverlauf mit Steilabfall wird zwischen Hochlage, Übergangsgebiet (Steilabfall) und Tieflage unterschieden (siehe Abb. 9).

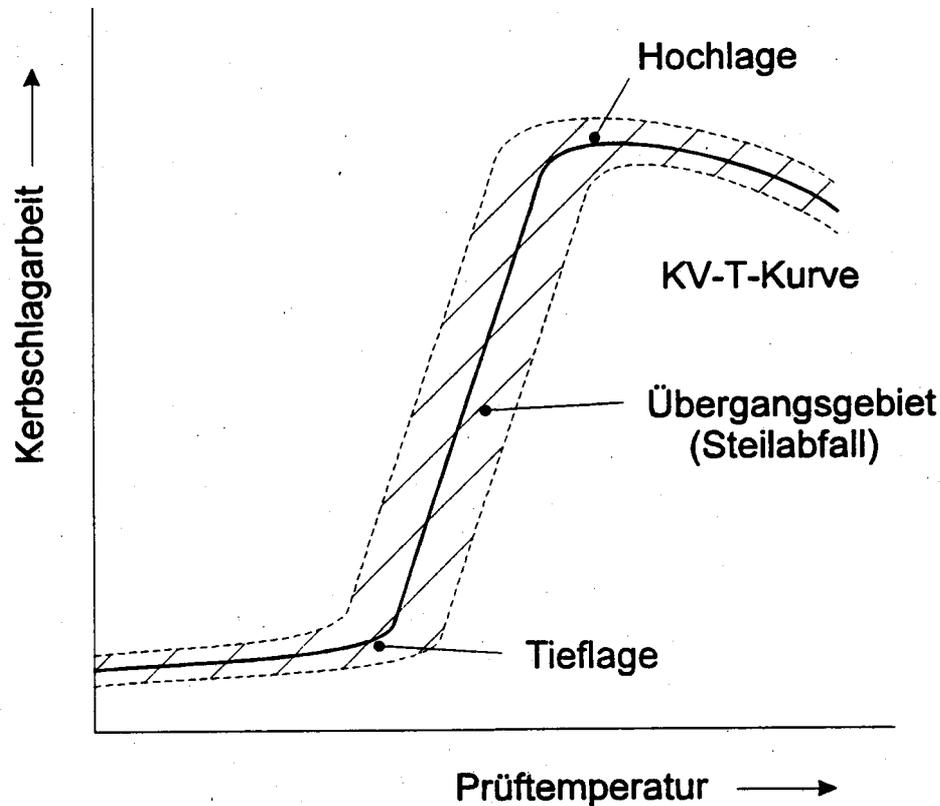


Abbildung 10: Schematische Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurve

Die Übergangstemperatur $T_{\ddot{u}}$ kennzeichnet die Lage des Steilabfalls in der Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurve und trennt die Bereiche in denen überwiegend Spröd- bzw. Verformungsbruch auftritt. Da sich das Streuband im Bereich des Steilabfalls meistens über einen größeren Temperaturbereich erstreckt, existieren verschiedene Kriterien zur Bestimmung der Übergangstemperatur (z.B. ein bestimmter Wert der Kerbschlagarbeit oder ein definierter Anteil an Waben- oder Spaltbruchflächen).

2.6 Versuchsdurchführung

Bei der Versuchsdurchführung werden Kerbschlagproben mit dem Kurzzeichen ISO- V nach EN 10045 aus St 37 bei verschiedenen Temperaturen (-180°C , -25°C , 0°C , $+20^{\circ}\text{C}$, $+300^{\circ}\text{C}$) geschlagen. Die Probe wird an den Widerlagern des Pendelschlagwerkes so fixiert, dass die Hammerscheibe in der Probenmitte auftrifft.

Das Schlagpendel wird gehoben und eingeklinkt. Die Anzeigevorrichtung wird auf Null gestellt und das Schlagpendel aus der Verriegelung gelöst. Nach dem Bruch der Probe wird die umgesetzte Schlagarbeit an der Anzeigevorrichtung am Schleppzeiger abgelesen.

Die Bestimmung der seitlichen Breitung SB erfordert ein Ausmessen beider Probenstücke auf beiden

Seiten.

Zur Vorbereitung der Messung werden etwaige Grade an den Bruchflächenkanten entfernt. Dies geschieht z.B. mit feinem Schleifpapier, wobei darauf zu achten ist, dass die Aufstauhungen nicht verändert werden. Anschließend werden die beiden Aufstauhungen jedes Probenbruchstücks mit einem geeigneten Messgerät vermessen, siehe Abbildung 10.

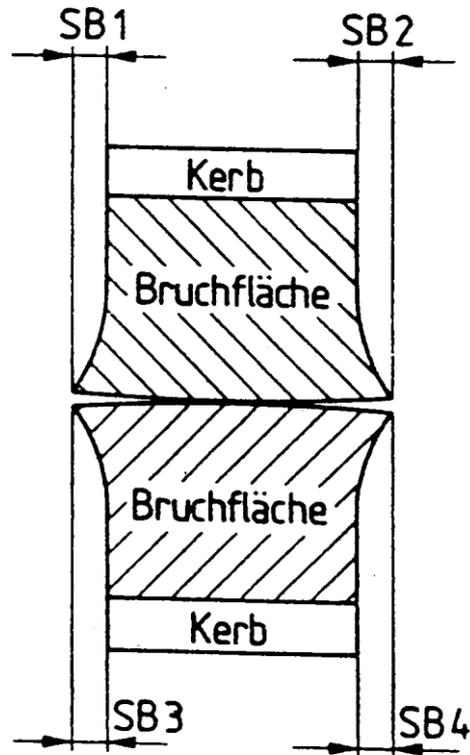


Abbildung 11: Bestimmung der seitlichen Breite SB an gebrochenen Kerbschlagbiegeproben

Von den 4 Messwerten SB 1 bis SB4 werden die größten Messwerte jeder Seite, d. h. der größere Wert von SB1 und SB3 und der größere Wert aus SB2 und SB4 miteinander addiert.

2.7 Versuchsauswertung

Die in diesem Versuch zu ermittelten Kennwerte sind:

- verbrauchte Kerbschlagarbeit KV,
- Kerbschlagzähigkeit a_k ,
- Scherbruchanteil,
- Breitung.

Weiterhin ist aus den ermittelten Werten der Kerbschlagarbeit eine Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurve zu erstellen.

2.8 Kontrollfragen zum Kerbschlagbiegeversuch

Welche Werkstoffkenngrößen liefert der Kerbschlagbiegeversuch und wozu dienen diese Kenngrößen?
Welche Brucharten können auftreten und wodurch sind sie charakterisiert?

Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurve

