

# HANSER



## Leseprobe

zu

## Werkstofftechnik-Praktikum

von Frank Hahn

Print-ISBN: 978-3-446-47210-5

E-Book-ISBN: 978-3-446-47238-9

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446472105>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Ziel des Praktikums</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Theoretische Voraussetzungen</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>10</b>
	4.1 Zähigkeit und Sprödigkeit .....	10
	4.2 Der Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy .....	13
	4.3 Sprödes Werkstoffverhalten beim KBV .....	16
	4.4 Duktiles Werkstoffverhalten beim KBV .....	18
	4.5 Der Bruch beim KBV .....	20
	4.5.1 Sprödbruch (Spaltbruch) .....	20
	4.5.2 Verformungsbruch .....	23
	4.5.3 Mischbruch .....	25
	4.6 Einflüsse auf die Zähigkeit .....	26
	4.7 Das Temperaturkonzept .....	28
<b>5</b>	<b>Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung</b> .....	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Geräte und Hilfsmittel</b> .....	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>Versuchsdurchführung</b> .....	<b>33</b>
<b>8</b>	<b>Praktikumsauswertung</b> .....	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>Modelllösungen</b> .....	<b>38</b>
<b>10</b>	<b>Lösungen der Kontrollfragen zur Praktikumsvorbereitung</b> ...	<b>40</b>
	<b>Index</b> .....	<b>42</b>



# 1

## Einleitung

Neben der Festigkeit, der Verformbarkeit und der Härte ist die Zähigkeit des Werkstoffs eine entscheidende Eigenschaft, die bei der Werkstoffauswahl im Allgemeinen und bei Konstruktionswerkstoffen im Besonderen berücksichtigt werden muss. Konstruktionswerkstoffe haben die Aufgabe, Kräfte und Momente zu übertragen. Unabhängig von der konkreten Aufgabe dürfen solche Materialien im Überlastfall niemals spröde versagen, sondern müssen in der Lage sein, plötzlich auftretende Spannungsspitzen durch plastische Verformung oder andere Formen der Energiedissipation abzubauen. Diese Eigenschaft wird als Zähigkeit bezeichnet. Ob ein Werkstoff spröde oder zäh ist, hängt aber nicht nur vom Werkstoffzustand (chemische Zusammensetzung, Struktur, Gefüge, Verformungs- und Wärmebehandlungszustand) ab, sondern wird u. a. auch von der Bauteilgeometrie (Kerben/Übergangsradien), Defekten (Risse, nichtmetallische Einschlüsse), der Belastungsgeschwindigkeit und nicht zuletzt von der Temperatur beeinflusst. Wird z. B. ein Stahl für den Stahlbau S235JR bei unterschiedlichen Temperaturen geprüft, kann er bei Temperaturen unter  $0^{\circ}\text{C}$  ohne plastische Verformung spröde versagen, während er sich bei über  $20^{\circ}\text{C}$  duktil verhält.

Der Kerbschlagbiegeversuch KBV nach Charpy bietet die Möglichkeit, die Sprödebruchneigung eines Werkstoffs zu untersuchen. Beim KBV wird eine gekerbte Biegeprobe mit einem Pendelhammer zerschlagen und die verbrauchte Schlagenergie (alt: Kerbschlagarbeit) gemessen. In Abhängigkeit von der verbrauchten Schlagenergie und dem Bruchbild (Spröde-, Verformungs- oder Mischbruch) kann auf die Zähigkeit bei den gegebenen Bedingungen geschlossen werden. Führt man an einem Baustahl mehrere Kerbschlagbiegeversuche bei verschiedenen Temperaturen durch, lässt sich mithilfe von verbrauchte Schlagenergie-Temperatur-Kurven (*KV-T-Kurve*, Temperaturkonzept) auf die möglichen Einsatztemperaturen schließen. Deshalb ist der KBV ein wichtiger Abnahmeversuch in der metallurgischen Industrie. Im Gegensatz zu anderen Zähigkeitsuntersuchungen (bruchmechanische Werkstoffuntersuchungen) ist er einfach und schnell durchzuführen. Der Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy ist in DIN EN ISO 148-1 standardisiert.

# 2

## Ziel des Praktikums

Ziel des Praktikums ist es, zunächst die Werkstoffeigenschaft „Zähigkeit“ mithilfe des Kerbschlagbiegeversuchs zu verstehen. Diese Eigenschaft wird eigentlich erst dann gebraucht, wenn eine Konstruktion bzw. ein Bauteil überlastet wird, also eine Beanspruchung eintritt, die eigentlich nicht vorgesehen war. Die Zähigkeit entscheidet darüber, ob im Überlastfall ein Bauteil plötzlich und ohne Vorankündigung spröde bricht oder ob das Versagen durch plastische Verformung einsetzt, sich erst später ein Riss bildet und eine Materialtrennung (= Bruch) nur dann eintritt, wenn die wirkenden Spannungen weiter ansteigen.

Der KBV bietet eine einfache Möglichkeit, qualitative Aussagen zur Zähigkeit zu treffen. Sie werden im Rahmen des Praktikums mit dem Ablauf des Versuchs, der Probengeometrie, der Bestimmung der verbrauchten Schlagarbeit und der Bruchbewertung vertraut gemacht. Es werden die Vor- und Nachteile des KBV herausgearbeitet.

Das Praktikum soll zeigen, dass es zahlreiche Einflüsse auf die Zähigkeit gibt. Diese Einflüsse können in konstruktive, fertigungs- und belastungsbedingte sowie werkstoffabhängige Einflüsse unterteilt werden.

Als konstruktiver Einfluss auf die Zähigkeit kann die Kerbform betrachtet werden. Durch den Vergleich von Bruchbild und verbrauchter Schlagenergie von Proben mit unterschiedlichem Kerbradius aber gleicher Kerbtiefe, kann der Einfluss der Spannungsverteilung bzw. veränderter Spannungsspitzen auf das Versagensverhalten untersucht werden.

Das Versagensverhalten eines Stahls kann sich bei einer niedrigeren Temperatur plötzlich ändern. Mit dem Temperaturkonzept wird am Beispiel eines warmgewalzten Stahls für den Stahlbau S235JR gezeigt, dass sich das Bruchverhalten vom Verformungs- zum Sprödebruch innerhalb eines engen Temperaturbereichs verändern kann. Für diesen Stahl wird die Übergangstemperatur  $T_1$  bestimmt. Der Zähigkeitsverlust mit sinkender Temperatur ist typisch für krz-Metalle. Ein austenitischer Stahl verhält sich in der Regel anders. Zum Vergleich wird bei der niedrigsten Prüftemperatur ( $-20\text{ °C}$ ) eine Probe aus X5CrNi18-10 geprüft.

Auch der Wärmebehandlungszustand hat enormen Einfluss auf die Zähigkeit und das Versagensverhalten. Der unlegierte, untereutektoide Stahl C45 wird in den Zuständen

- normalgeglüht
- wassergehärtet
- wassergehärtet + angelassen bei  $200\text{ °C}$
- wassergehärtet + angelassen bei  $450\text{ °C}$
- wassergehärtet + angelassen bei  $550\text{ °C}$
- wassergehärtet + angelassen bei  $650\text{ °C}$

geprüft, die verbrauchte Schlagenergie und die Bruchbilder werden verglichen. Im Gespräch sind die Ergebnisse im Vergleich mit den zur Verfügung gestellten Werkstoffkennwerten aus der Härteprüfung und dem Zugversuch zu diskutieren. Es sind Schlussfolgerungen für den Werkstoffzustand bei einer spanenden Bearbeitung und bei der Verwendung des Materials zu ziehen.

# 3

## Theoretische Voraussetzungen

Für das Praktikum sind Vorkenntnisse erforderlich, die mithilfe von Lehrunterlagen oder von Fachliteratur überprüft werden können. Um Ihnen die Vorbereitung zu erleichtern, wird in Klammern das betreffende Kapitel aus

Seidel, W. W.; Hahn, E: Werkstofftechnik. – 11. Auflage (2018) – Carl Hanser Verlag München angegeben.

Überprüfen Sie Ihr Wissen zu folgenden Punkten:

- Kristallgitter von Metallen (1.1.2)
- Gleitebenen, Gleitrichtungen, Gleitsysteme bei kubisch-flächenzentrierten und kubisch-raumzentrierten Gittern (1.1.2.4)
- Gitterbaufehler (1.1.2.3)
- Festigkeit, Zähigkeit (12.1.1)
- elastische und plastische Verformung (1.3)
- Verfestigungsmechanismen (1.3.3)
- Wärmebehandlung von Stählen - Normalglühen und Vergüten (4.2.1.; 4.2.2; 4.2.3)

# Index

## A

Anrissbildung 22  
Ausdehnung, seitliche 24

## B

Biegung 15

## G

Gewaltbruch 20

## H

Hochlage 28

## I

instabiler Rissfortschritt 18  
interkristalliner Sprödbruch 22

## K

Kerbschlagbiegeversuch 7

## M

Mischbruch 25

## P

Pendelschlagwerk 14

## R

Rissfortschritt, instabiler 18  
-, stabiler 19

## S

Schlagenergie, verbrauchte 13  
Schlagenergie-Temperatur-Diagramm 28  
seitliche Ausdehnung 24  
Spaltbruch 20 f.  
Spannungsspitze 11  
Sprödbruch 18, 20  
-, interkristalliner 22  
-, transkristalliner 22  
Sprödigkeit 10  
stabiler Rissfortschritt 19  
Stufenversetzung 20

## T

Temperaturkonzept 28  
Tiefelage 28  
transkristalliner Sprödbruch 22  
Trennfestigkeit 17

## U

Übergangstemperatur 28

## V

verbrauchte Schlagenergie 13  
Verformungsbruch 23  
Verformungsbruchanteil 34  
Verformungswaben 23  
Versetzungsbewegung 18

## Z

Zähigkeit 7, 10, 12, 26 f.