

Lernzettel Werkstoffkunde

10. Januar 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Werkstoffkunde	3
2	Kapitel 1: Werkstoffkunde - Grundlagen	5
3	Werkstoffkunde	5
3.1	Aufbau der Materie	5
3.2	Eigenschaften von Werkstoffen	5
3.3	Werkstoffklassen	5
4	Kapitel 2: Werkstoffkunde - Vertiefung	6
5	Werkstoffkunde - Aufbau und Gefüge	7
5.1	Mikrostrukturen	7
5.2	Methoden zur Gefügeanalyse	7
5.3	Einfluss des Gefüges auf die mechanischen Eigenschaften . . .	7
6	Kapitel 4: Werkstoffprüfung	9
6.1	Teil A: Zugversuch	9
6.2	Messung der Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung .	9
6.3	Spannungs-Dehnungs-Diagramme und ihre Interpretation . . .	9
7	Teil B: Zugversuch (diskontinuierlich) und Verformungsmechanismen	10
7.1	Diskontinuierliche Deformation und Effekte wie Lüders-Dehnungen	10
7.2	Mechanismen der plastischen Verformung	10

8 Teil C: Härteprüfung, Kerbschlagbiegeversuch, Kriechversuch	11
8.1 Härteprüfverfahren	11
8.2 Kerbschlagbiegeversuch	11
8.3 Kriechverhalten	11
9 Teil D: Thermophysikalische und elektrische Werkstoffeigenschaften	12
9.1 Thermische Leitfähigkeit und Ausdehnung von Werkstoffen . .	12
9.2 Elektrische Leitfähigkeit	12
10 Teil E: Elektrische Werkstoffeigenschaften und Halbleiter	13
10.1 Werkstoffe für elektronische Anwendungen	13
10.2 Dotierungsmechanismen und Bandstrukturen in Halbleitern .	13
11 Kapitel 5: Metallische Werkstoffe	15
11.1 Teil A: Allgemeine metallische Werkstoffe	15
11.2 Eigenschaften und Anwendungen von Metallen	15
11.3 Legierungsbildung und Phasendiagramme	15
12 Teil B: Stahl	16
12.1 Klassifizierung	16
12.2 Wärmebehandlung	16
13 Teil C: NE-Metalle	17
14 Klausurhinweise und Tipps	18
14.1 Zusätzliche Tipps	19

1 Einführung in die Werkstoffkunde

- Bedeutung der Werkstoffkunde in Technik und Industrie.
- Ziele: Entwicklung neuer Werkstoffe mit spezifischen Eigenschaften.
- Anwendungsgebiete: Maschinenbau, Elektronik, Bauwesen, Luft- und Raumfahrt.

Was ist Werkstoffkunde? Die Werkstoffkunde beschäftigt sich mit Materialien und ihren Eigenschaften. Sie ist die Grundlage für die Entwicklung neuer Produkte und die Verbesserung bestehender. Werkstoffe sind entscheidend für die Leistung und Zuverlässigkeit von Produkten. Neue Materialien ermöglichen Innovationen und Fortschritte in Technik und Industrie. Warum ist sie wichtig?

- Innovation: Neue Materialien ermöglichen neue Produkte und Technologien.
- Optimierung: Bestehende Produkte können durch bessere Materialien effizienter und langlebiger werden.
- Anpassung: Materialien können an spezifische Anforderungen angepasst werden (z.B. Leichtbau, hohe Festigkeit).

Wo wird sie angewendet?

- Maschinenbau: Entwicklung von Motoren, Fahrzeugen, etc.
- Elektronik: Herstellung von Chips, Displays, etc.
- Bauwesen: Entwicklung von Baustoffen für Häuser, Brücken, etc.
- Luft- und Raumfahrt: Entwicklung von Materialien für Flugzeuge und Raumschiffe.
- Medizintechnik: Entwicklung von Implantaten und medizinischen Geräten.

Ziele der Werkstoffkunde:

- Neue Materialien: Entwicklung von Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften.
- Verbesserung bestehender Materialien: Steigerung der Leistung und Reduzierung der Kosten.
- Nachhaltigkeit: Entwicklung von umweltfreundlichen Materialien.

B eispiele für Werkstoffe:

- Metalle: Eisen, Aluminium, Kupfer
- Keramiken: Keramik, Glas
- Polymere: Kunststoffe
- Verbundwerkstoffe: Kombination verschiedener Materialien (z.B. Kohlefaser-verstärkter Kunststoff)

2 Kapitel 1: Werkstoffkunde - Grundlagen

3 Werkstoffkunde

3.1 Aufbau der Materie

Atome sind die kleinsten Bausteine der Materie. Sie bestehen aus einem Atomkern (Protonen und Neutronen) und einer Elektronenhülle. Chemische Bindungen halten Atome zusammen und bestimmen die Eigenschaften eines Stoffes.

3.2 Eigenschaften von Werkstoffen

Mechanische Eigenschaften: Festigkeit, Dehnung, Härte, Zähigkeit, Elastizität, Plastizität. Thermische Eigenschaften: Wärmeleitfähigkeit, Wärmeausdehnung, spezifische Wärmekapazität. Elektrische Eigenschaften: Elektrische Leitfähigkeit, elektrischer Widerstand, Dielektrizitätskonstante.

3.3 Werkstoffklassen

- Metalle: Gute elektrische und thermische Leitfähigkeit, duktil, metallische Bindung.
- Polymere: Große Moleküle, leicht, flexibel, kovalente Bindung.
- Keramiken: Anorganisch, nichtmetallisch, hart, spröde, ionische oder kovalente Bindung.
- Verbundwerkstoffe: Kombination verschiedener Materialien.

4 Kapitel 2: Werkstoffkunde - Vertiefung

Tabelle 1: Eigenschaften verschiedener Kristallgitter

Gittertyp	Koordinationszahl	Beispiele
Kubisch flächenzentriert (fcc)	12	Kupfer, Aluminium, Gold
Hexagonal dichtest gepackt (hcp)	12	Magnesium, Titan

Die Abbildung 1 zeigt schematisch die Struktur eines kubisch flächenzentrierten Gitters.

Die Dichte ρ eines Kristalls kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$\rho = \frac{n \cdot m}{V} \quad (1)$$

wobei n die Anzahl der Atome pro Einheitszelle, m die Masse eines Atoms und V das Volumen der Einheitszelle ist.

Wichtige Eigenschaften von Kristallgittern:

1. Hohe Packungsdichte
2. Anisotropie
3. Defekte

Typische Gitterfehler:

- Punktfehler
- Linienfehler
- Flächenfehler

5 Werkstoffkunde - Aufbau und Gefüge

5.1 Mikrostrukturen

- **Körner:** Mikroskopische Kristalle in Metallen und Legierungen, die die grundlegende Struktur eines Werkstoffs bilden.
- **Korngrenzen:** Grenzflächen zwischen den Körnern, die die mechanischen Eigenschaften und das Verhalten eines Werkstoffs stark beeinflussen.
- **Phasengrenzen:** Trennen verschiedene Phasen innerhalb eines Werkstoffs, jede mit unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften.

5.2 Methoden zur Gefügeanalyse

- **Lichtmikroskopie:**
 - Verwendet sichtbares Licht zur Abbildung von Proben.
 - Ermöglicht die Beobachtung von Mikrostrukturen bis zu einer Auflösung von etwa 0,2 Mikrometern.
- **Rasterelektronenmikroskopie (REM):**
 - Verwendet Elektronenstrahlen zur Abbildung von Probenoberflächen.
 - Ermöglicht eine höhere Auflösung (bis zu einigen Nanometern) und tiefere Einblicke in die Mikrostruktur.

5.3 Einfluss des Gefüges auf die mechanischen Eigenschaften

- **Festigkeit:**
 - Gefügeparameter wie Korngröße und Phasenzusammensetzung beeinflussen die Festigkeit eines Werkstoffs.
 - Feinkörnige Gefüge erhöhen in der Regel die Festigkeit aufgrund der Hall-Petch-Beziehung.
- **Zähigkeit:**

- Die Zähigkeit wird durch die Verteilung und Größe der Körner sowie durch die Anwesenheit von Defekten wie Poren und Einschlüsse beeinflusst.
- Eine homogene und feinkörnige Mikrostruktur trägt zu einer höheren Zähigkeit bei.

6 Kapitel 4: Werkstoffprüfung

6.1 Teil A: Zugversuch

Der Zugversuch ist eine wichtige Methode zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften eines Materials. Dabei werden die Zugfestigkeit, die Streckgrenze und die Bruchdehnung gemessen.

6.2 Messung der Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung

- **Zugfestigkeit** (σ_{\max}): Das ist die maximale Spannung, die das Material aushält, bevor es bricht.
- **Streckgrenze** (σ_y): Die Spannung, bei der das Material dauerhaft plastisch verformt wird.
- **Bruchdehnung** (ϵ_{br}): Die Dehnung, die das Material bei Bruch erträgt, ausgedrückt als prozentuale Veränderung der ursprünglichen Länge.

6.3 Spannungs-Dehnungs-Diagramme und ihre Interpretation

Ein Spannungs-Dehnungs-Diagramm zeigt den Zusammenhang zwischen der Spannung (Stress) und der Dehnung (Strain) eines Materials während des Zugversuchs. Hier sind einige wichtige Punkte:

- **Elastischer Bereich:** In diesem Bereich verhält sich das Material elastisch, d.h., es kehrt nach der Entlastung in seine ursprüngliche Form zurück.
- **Plastischer Bereich:** Hier zeigt das Material plastische Verformung, d.h., es bleibt verformt, nachdem die Belastung entfernt wurde.
- **Bruchpunkt:** Der Punkt, an dem das Material bricht.

7 Teil B: Zugversuch (diskontinuierlich) und Verformungsmechanismen

Diskontinuierliche Deformation tritt auf, wenn die Deformation nicht gleichmäßig im Material verläuft. Ein Beispiel hierfür sind Lüders-Dehnungen, die typischerweise bei niedrig legierten Stählen auftreten.

7.1 Diskontinuierliche Deformation und Effekte wie Lüders-Dehnungen

- **Lüders-Dehnungen:** Diese treten auf, wenn sich Lüders-Bänder, Bereiche plastischer Verformung, durch das Material ausbreiten. Dies führt zu sprunghaften Veränderungen in der Dehnung, die als Diskontinuitäten im Spannungs-Dehnungs-Diagramm sichtbar sind.

7.2 Mechanismen der plastischen Verformung

Plastische Verformung in Materialien kann durch verschiedene Mechanismen verursacht werden, darunter:

- **Versetzungsbewegung:** Die Bewegung von Versetzungen durch das Kristallgitter ist der primäre Mechanismus der plastischen Verformung in vielen Metallen.
- **Zwillingsbildung:** Dies tritt auf, wenn eine Region innerhalb eines Kristalls eine spiegelbildliche Orientierung zu einer angrenzenden Region annimmt. Zwillingsbildung kann zur plastischen Verformung beitragen, besonders in Materialien mit hexagonal dichtestgepackten Gitterstrukturen.
- **Korn(grenze)gleiten:** In polykristallinen Materialien können ganze Körner oder Korngrenzen relativ zueinander gleiten, was zur plastischen Verformung beiträgt.

8 Teil C: Härteprüfung, Kerbschlagbiegeversuch, Kriechversuch

8.1 Härteprüfverfahren

Es gibt verschiedene Härteprüfverfahren, darunter:

- **Vickers-Härteprüfung:** Ein pyramidenförmiger Diamant indenter wird in die Oberfläche des Materials gedrückt, und die Härte wird durch die Größe des bleibenden Eindrucks bestimmt.
- **Brinell-Härteprüfung:** Eine Hartmetallkugel wird mit einer definierten Kraft auf die Materialoberfläche gedrückt, und der Durchmesser des bleibenden Eindrucks wird gemessen.
- **Rockwell-Härteprüfung:** Ein konischer oder kugelförmiger Eindringkörper wird in die Materialoberfläche gedrückt, und die Härte wird anhand der Eindringtiefe bestimmt.

8.2 Kerbschlagbiegeversuch

Der Kerbschlagbiegeversuch bestimmt die Kerbzähigkeit eines Materials und seine Übergangstemperatur zwischen sprödem und zähem Verhalten. Eine genormte Probe mit einem Kerb wird mit einem Pendelschlagwerk geprüft, und die absorbierte Energie beim Bruch wird gemessen.

8.3 Kriechverhalten

Das Kriechverhalten beschreibt die zeitabhängige Deformation eines Materials unter konstanter Spannung bei hohen Temperaturen. Es gibt drei Phasen des Kriechens:

- **Primäres Kriechen:** Verlangsamende Deformationsrate.
- **Sekundäres Kriechen:** Konstante Deformationsrate.
- **Tertiäres Kriechen:** Beschleunigende Deformationsrate, bis zum Bruch.

9 Teil D: Thermophysikalische und elektrische Werkstoffeigenschaften

9.1 Thermische Leitfähigkeit und Ausdehnung von Werkstoffen

- **Thermische Leitfähigkeit:** Die Fähigkeit eines Materials, Wärme zu leiten. Materialien wie Metalle haben hohe thermische Leitfähigkeiten, während nichtmetallische Materialien wie Keramiken geringere Leitfähigkeiten aufweisen.
- **Thermische Ausdehnung:** Die Änderung der Abmessungen eines Materials mit der Temperatur. Die thermische Ausdehnung wird durch den linearen Ausdehnungskoeffizienten charakterisiert.

9.2 Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit eines Materials hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter:

- **Temperatur:** In Metallen nimmt die Leitfähigkeit mit steigender Temperatur ab, während sie in Halbleitern zunimmt.
- **Dotierungen:** Die Einführung von Fremdatomen (Dotierung) kann die Leitfähigkeit von Halbleitern erheblich verändern.

10 Teil E: Elektrische Werkstoffeigenschaften und Halbleiter

10.1 Werkstoffe für elektronische Anwendungen

Elektronische Anwendungen erfordern verschiedene Werkstoffe, darunter:

- **Leiter:** Materialien wie Kupfer und Aluminium, die eine hohe elektrische Leitfähigkeit besitzen und für Leitungen und Verbindungen verwendet werden.
- **Halbleiter:** Materialien wie Silizium und Germanium, deren Leitfähigkeit durch Dotierung und Temperatur beeinflusst werden kann. Sie sind die Grundlage für die meisten modernen elektronischen Bauelemente.
- **Isolatoren:** Materialien wie Glas und Keramik, die eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit besitzen und dazu verwendet werden, unerwünschte elektrische Ströme zu verhindern.

10.2 Dotierungsmechanismen und Bandstrukturen in Halbleitern

Halbleiter können durch Dotierung modifiziert werden, um ihre elektrische Leitfähigkeit zu verändern. Dabei werden Fremdatome in das Kristallgitter eingeführt:

- **n-Dotierung:** Einführung von Atomen mit einem Elektron mehr als das Halbleitermaterial, z.B. Phosphor in Silizium, um freie Elektronen bereitzustellen.
- **p-Dotierung:** Einführung von Atomen mit einem Elektron weniger als das Halbleitermaterial, z.B. Bor in Silizium, um Löcher (fehlende Elektronen) zu erzeugen.

Die Bandstruktur eines Halbleiters ist entscheidend für seine elektrischen Eigenschaften:

- **Valenzband:** Das höchste vollständig gefüllte Elektronenband bei niedrigen Temperaturen.
- **Leitungsband:** Das nächsthöhere Band, das bei ausreichender Energie durch Elektronen besetzt werden kann.

- **Bandlücke:** Der energetische Abstand zwischen Valenz- und Leitungsband. Ein kleinerer Abstand bedeutet leichtere Anregung der Elektronen und somit höhere Leitfähigkeit.

11 Kapitel 5: Metallische Werkstoffe

11.1 Teil A: Allgemeine metallische Werkstoffe

11.2 Eigenschaften und Anwendungen von Metallen

Metalle zeichnen sich durch verschiedene Eigenschaften aus, die sie für unterschiedliche Anwendungen geeignet machen:

- **Gute Verformbarkeit:** Metalle können leicht in verschiedene Formen gebracht werden, was sie ideal für Bauteile und Konstruktionen macht.
- **Hohe Leitfähigkeit:** Sowohl die elektrische als auch die thermische Leitfähigkeit sind bei Metallen hoch, weshalb sie in Elektronik und Wärmeübertragung verwendet werden.

11.3 Legierungsbildung und Phasendiagramme

Die Eigenschaften von Metallen können durch die Bildung von Legierungen verändert werden. Ein Phasendiagramm zeigt die Phasenzusammensetzung eines Legierungssystems in Abhängigkeit von Temperatur und Zusammensetzung.

- **Legierungsbildung:** Durch das Mischen verschiedener Metalle oder Metalle mit anderen Elementen können Legierungen mit spezifischen Eigenschaften hergestellt werden.
- **Phasendiagramme:** Diese Diagramme helfen, die Phasen und Mikrostrukturen zu verstehen, die bei unterschiedlichen Temperaturen und Zusammensetzungen auftreten.

12 Teil B: Stahl

12.1 Klassifizierung

Stähle werden basierend auf ihrer Zusammensetzung und Verwendung klassifiziert:

- **Baustahl:** Wird hauptsächlich im Bauwesen für Strukturen und Tragwerke verwendet.
- **Werkzeugstahl:** Enthält Legierungselemente, die die Härte und Verschleißfestigkeit verbessern, und wird für Werkzeuge und Schneidgeräte genutzt.
- **Hochlegierte Stähle:** Enthalten hohe Anteile von Legierungselementen wie Chrom und Nickel, die Korrosionsbeständigkeit und mechanische Eigenschaften verbessern.

12.2 Wärmebehandlung

Durch verschiedene Wärmebehandlungen können die Eigenschaften von Stahl modifiziert werden:

- **Härten:** Erhitzen und schnelles Abkühlen, um die Härte zu erhöhen.
- **Anlassen:** Erhitzen auf eine niedrigere Temperatur nach dem Härten, um die Zähigkeit zu verbessern.
- **Vergüten:** Kombination aus Härten und Anlassen, um ein Gleichgewicht zwischen Härte und Zähigkeit zu erreichen.

13 Teil C: NE-Metalle

Nicht-Eisen-Metalle (NE-Metalle) bieten spezielle Eigenschaften, die sie für bestimmte Anwendungen geeignet machen:

- **Aluminium:** Leicht, korrosionsbeständig und hohe Leitfähigkeit, weit verbreitet in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Verpackungsindustrie.
- **Kupfer:** Hervorragende elektrische und thermische Leitfähigkeit, häufig in elektrischen Leitungen und Wärmetauschern verwendet.
- **Titan:** Hohe Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit und geringes Gewicht, ideal für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Medizintechnik.

14 Klausurhinweise und Tipps

- **Verständnis grundlegender Mechanismen und Eigenschaften**
 - **Konzeptuelles Lernen:** Stelle sicher, dass du die grundlegenden Konzepte und Mechanismen verstehst, anstatt nur Fakten auswendig zu lernen. Dies hilft dir, das Wissen auf verschiedene Situationen anwenden zu können.
 - **Verknüpfungen herstellen:** Versuche, Verbindungen zwischen verschiedenen Themen herzustellen, um ein tieferes Verständnis zu entwickeln.
- **Fokus auf Prüfverfahren und deren Interpretation**
 - **Verfahrensschritte lernen:** Verstehe die Schritte und die Reihenfolge der Prüfverfahren. Dies hilft dir nicht nur bei der Durchführung, sondern auch bei der Interpretation der Ergebnisse.
 - **Beispielanalysen durchführen:** Übe das Interpretieren von Diagrammen und Ergebnissen aus verschiedenen Prüfverfahren. Versuche, typische Fehlerquellen und deren Auswirkungen zu identifizieren.
- **Wichtige Diagramme und Tabellen**
 - **Diagramme und Tabellen studieren:** Lerne, wie man Phasendiagramme, Spannungs-Dehnungs-Diagramme und andere wichtige Diagramme interpretiert. Achte auf kritische Punkte wie Übergangsphasen und Bruchpunkte.
 - **Visualisierungstechniken:** Visualisiere die Diagramme, um besser zu verstehen, was in verschiedenen Phasen und Zuständen passiert.
- **Bearbeiten von Beispielaufgaben und Vertrautheit mit technischen Begriffen**
 - **Beispielaufgaben lösen:** Bearbeite so viele Beispielaufgaben wie möglich, um dich mit den verschiedenen Fragestellungen und Anforderungen vertraut zu machen.
 - **Technische Begriffe lernen:** Stelle sicher, dass du die Fachbegriffe verstehst und korrekt verwenden kannst. Dies ist besonders wichtig bei der Interpretation und Erklärung von Ergebnissen.

14.1 Zusätzliche Tipps

- **Lerngruppen:** Arbeiten in Gruppen kann sehr hilfreich sein, um verschiedene Perspektiven zu bekommen und schwierige Konzepte besser zu verstehen.
- **Regelmäßige Pausen:** Überanstreng dich nicht. Regelmäßige Pausen und ausreichend Schlaf sind wichtig, um Informationen effektiv zu verarbeiten und zu behalten.
- **Prüfungsumgebung simulieren:** Übe unter realistischen Prüfungsbedingungen, um dich an den Zeitdruck und die Umgebung zu gewöhnen.