

Vorlesungsserie

## **Mechanik fester Körper**

bestehend aus

**400.001 Mechanik IA**

**400.008 Mechanik IB**

**400.006 Mechanik II**

**Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Thomas Antretter**

Institut für Mechanik, Montanuniversität Leoben, 8700 Leoben

## Vorwort:

Die Mechanik behandelt die Wirkung von Kräften auf Körper. Diese Kräfte können Bewegungen, Deformationen, Körperempfindungen etc. hervorrufen. Die Aufgabe des Ingenieurs besteht darin, diese Kräfte sowie die aus Ihnen resultierenden Konsequenzen für Bauteile oder für die Bewegung von Körpern auf Basis fundamentaler Naturgesetze zu ermitteln.

Die Mechanik ist ein Teilgebiet der Physik, dementsprechend werden Sie viele Parallelitäten zu den Inhalten der Physik Vorlesung entdecken. Allerdings ist das Ziel der Vorlesungen aus Mechanik IA, IB und II, Ihnen die Technische Mechanik näherzubringen, welche die Brücke zu den Ingenieur Anwendungen schlägt, denen Sie im Berufsleben begegnen werden. In der Literatur findet man unterschiedliche Unterteilungen der Technischen Mechanik. Eine Übersicht der gängigen Kategorisierungen finden Sie in nachstehender Abbildung. Die Vorlesung aus Mechanik IA befasst sich nach diesem Schema zunächst mit der Statik starrer Körper. Im weiteren Verlauf der Vorlesung wird auch die Statik deformierbarer Körper oder „Festigkeitslehre“, thematisiert, die dann im Wintersemester in der Vorlesung Mechanik IB ihre Fortsetzung findet. Der größere Teil der Mechanik IB widmet sich dann allerdings der Dynamik fester Körper. Das Institut für Mechanik lehrt auch die Mechanik der Fluide oder „Strömungslehre“. Diese ist aber nicht mehr Teil der vorliegenden Unterlagen.

Die Unterlagen sind aus didaktischen Gründen bewusst nicht bis ins letzte Detail ausformuliert. Wir empfehlen Ihnen, die Vorlesungen zu besuchen und Notizen zu machen. Das steigert den Lerneffekt. Zusätzlich stehen Ihnen zum Lernen Videocasts der Vorlesung zur Verfügung auf der Lernplattform [moodle.unileoben.ac.at](https://moodle.unileoben.ac.at) zur Verfügung.

Um Ihnen die Strukturierung der Inhalte beim Lernen etwas zu erleichtern, verwenden wir in diesen Unterlagen folgende Farbcodierung: rot eingerahmte Gleichungen sind tatsächlich zu lernen (manche sogar für das ganze Leben), gelb eingerahmte müssen Sie nicht unbedingt auswendig lernen. Sie müssen diese allerdings anwenden können, wenn man sie Ihnen angibt. Gelegentlich finden Sie eine grün eingerahmte Gleichung. Diese dient zu Ihrer Information. Sie sollten dann nur wissen, was die Gleichung und die darin vorkommenden Symbole für eine Bedeutung haben. Die Inhalte der Technischen Mechanik werden gemeinhin als schwierig empfunden. Ich möchte Ihnen daher ein paar Tipps auf den Weg geben, die dazu dienen sollen, häufig beobachtete Fehler zu vermeiden und die Lerneffizienz zu steigern.

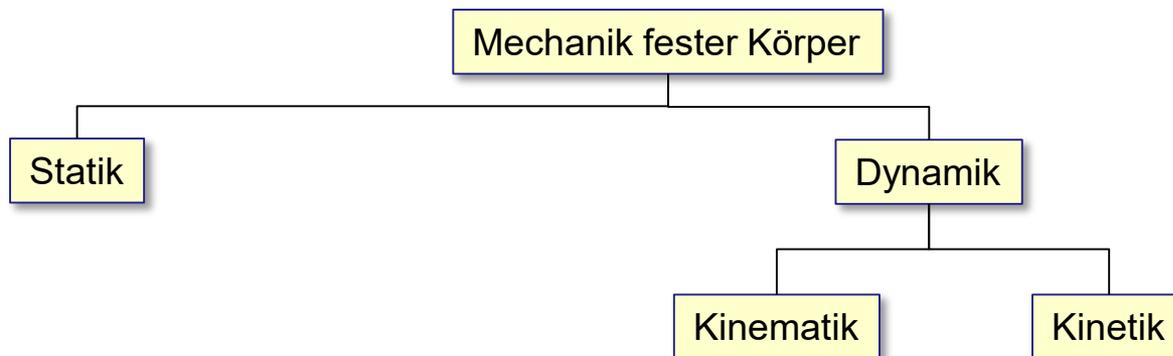
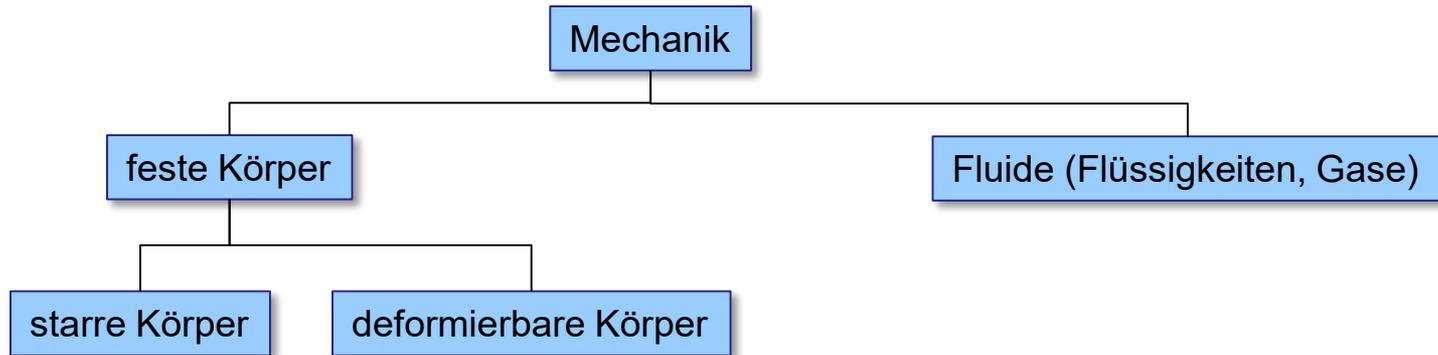
- Lernen Sie zunächst ein Theoriekapitel, bevor Sie sich an die Bearbeitung einzelner Beispiele machen. Lesen Sie die Theorie noch einmal kritisch durch, nachdem Sie schon einige Beispiele dazu gerechnet haben.
- Erliegen Sie nicht der Versuchung, bereits vorhandene, durchgerechte Beispiele einfach nur durchzulesen. Der Schlüssel zum Bestehen der Prüfung besteht darin, neue Beispiele, denen Sie erstmals gegenüberstehen, zu bearbeiten, auch wenn Ihnen das nicht gleich auf Anhieb gelingt. Benutzen Sie dazu auch die Beispiele mit personalisierter Angabe auf der Lernplattform Moodle.
- Überspringen Sie beim Lernen keine Kapitel. Der Theorieteil der Prüfung deckt immer alle Kapitel ab.
- Geben Sie nicht zu schnell auf, wenn Sie bei einem Beispiel nicht weiterkommen. Das Nachforschen und Recherchieren bei schwierigen Fragestellungen bringt den größten Lerneffekt.
- Besprechen Sie offene Fragen im Kreis Ihrer Kolleginnen und Kollegen. Nutzen Sie auch die Unterstützungsangebote der Mitarbeiter des Instituts für Mechanik in den Sprechstunden.

Die Entstehung dieser Unterlagen sowie des Zusatzmaterials auf Moodle war nicht ohne Unterstützung möglich. Ich möchte mich daher an dieser Stelle bei unseren Studienassistent\*innen Jakob Bialowas, Benjamin Ralph, Philipp Hammer, Anna Paulik und Marcel Ruetz für die sorgfältige Erstellung der Abbildungen bedanken. Besonderer Dank gilt Anna Paulik für die humorvollen Illustrationen der Einzelkapitel sowie Marcel Ruetz für die Ausarbeitung der personalisierten Self-Assessment Beispiele auf Moodle. Für die saubere Reinschrift der Unterlagen, aber auch für die Erstellung von Abbildungen waren die Damen des Sekretariats von wertvoller Hilfe und verdienen daher besondere Erwähnung: Eine großes Dankeschön an Anita Fandler, Carina Habenbacher, Andrea Hackl und Bianca Neumair.

Abschließend wünsche ich Ihnen, geschätzte Studierende, viel Erfolg und vielleicht auch Spaß beim Lernen, nicht nur im Fach Mechanik, sondern im gesamten Verlauf Ihres Studiums!

Thomas Antretter, Leoben am 7. Jänner 2021

## Einteilung



## 1. Kraftbegriff

- 1.1 Kraftvektor
- 1.2 Kraftangriffspunkt
- 1.3 Ortsvektor
- 1.4 Vektorprodukte
- 1.5 Momentenvektor
- 1.6 Kraftsysteme

## 2. Gleichgewicht

- 2.1. Gleichgewichtsbedingungen
- 2.2 Freikörperbild
- 2.3 Dreigelenkbogen

## 3. Fachwerke

- 3.1 Grundbegriffe
- 3.2 Berechnungsverfahren
- 3.3 Nullstäbe

## 4. Reibung

- 4.1 Grundbegriffe
- 4.2 Grafische Interpretation
- 4.3 Beispiele
- 4.4 Seilreibung

## 5. Schnittgrößen

- 5.1 Schnittprinzip
- 5.2 Schnittgrößen für stabförmige Körper
- 5.3 Schnittgrößen für Stäbe mit geraden Achsen
- 5.4 Schnittgrößen für gekrümmte Stäbe

## 6. Schwerpunkt

- 6.1 Definitionen
- 6.2 Teilschwerpunktsatz
- 6.3 Regeln von Pappus-Guldin

## 7. Flächenmomente

- 7.1 Definition Flächenmoment
- 7.2 Flächenmomente 2. Grades
- 7.3 Transformation auf parallele Bezugsachsen
- 7.4 Transformation auf verdrehte Bezugsachsen
- 7.5 Hauptträgheitsmomente

## 8. Spannungszustand

- 8.1 Spannungstensor
- 8.2 Spannungsvektor
- 8.3 Hautnormalspannungen
- 8.4 Mohrscher Spannungskreis

## 9. Verzerrungszustand

- 9.1 Verzerrungen und Verschiebungen
- 9.2 Verzerrungstensor
- 9.3 Transformation des Verzerrungstensors

## 10. Stoffgesetze

- 10.1 Grundbegriffe
- 10.2 Hookesches Gesetz
- 10.3 Linearisierte Elastizitätstheorie
- 10.4 Ebene Probleme

## 11. Verzerrungsenergie

- 11.1 Grundbegriffe
- 11.2 Vergleichspannungshypothesen
- 11.3 Kesselgleichungen

## 12. Der gerade Stab

- 12.1 Zusammenhang zwischen Spannungen und Schnittgrößen
- 12.2 Beanspruchung durch Normalkraft
- 12.3 Beanspruchung auf Biegung
- 12.4 Differentialgleichung der Biegelinie
- 12.5 Biegung mit Längskraft
- 12.6 Biegung von Stäben mit beliebigem Querschnitt
- 12.7 Verbundträger

## 13. Torsion des geraden Stabs

- 13.1 Grundbegriffe
- 13.2 Torsion dünnwandiger, offener Profile
- 13.3 Torsion dünnwandiger, geschlossener Profile

## 14. Einfluss der Querkraft

- 14.1 Schubspannungen zufolge einer Querkraft
- 14.2 Schubmittelpunkt
- 14.3 Einfluss der Querkraft auf die Biegung

## 15. Energiemethoden

- 15.1 Die Ergänzungsenergie des geraden Stabes
- 15.2 Satz von Castigliano
- 15.3 Satz von Menabrea

## 16. Knicken

- 16.1 Stabilität des axial gedrückten Stabs
- 16.2 Eulersche Knickfälle

## 17. Punktkinematik

- 17.1 Grundbegriffe
- 17.2 Beschreibung in unterschiedlichen Koordinatensystemen
- 17.3 Beispiele

## 18. Kinematik des starren Körpers

- 18.1 Grundlegende Zusammenhänge
- 18.2 Ebene Bewegung des starren Körpers

## 19. Massenmomente 2. Grades

- 19.1 Massenträgheitsmoment, Massendeviationsmoment
- 19.2 Massenmomente für parallelverschobene Achsen
- 19.3 Trägheitstensor für verdrehte Koordinatenachsen
- 19.4 Trägheitshauptachsen
- 19.5 Trägheitsellipsoid

## 20. Schwerpunktsatz

- 20.1 Historische Grundlagen
- 20.2 Dynamisches Grundgesetz

## 21. Drallsatz

- 21.1 Herleitung
- 21.2 Spezialisierung auf starre Körper
- 21.3 Der Drallsatz im bewegten Koordinatensystem

## 22. Schwingungen

- 22.1 Schwingungsgleichung
- 22.2 Freie Schwingung
- 22.3 Krafterregte Schwingung

## 23. Relativkinematik

- 23.1 Grundbegriffe
- 23.2 Beispiele

## 24. Kreiseltheorie

- 24.1 Grundgleichungen
- 24.2 Sonderfälle
- 24.3 Kreiselkompass
- 24.4 Stabilität des momentenfreien, dreiachsigen Kreisels

## 25. Arbeit, Energie, Leistung

- 25.1 Arbeit, Leistung
- 25.2 Bewegungsenergie
- 25.3 Potentielle Energie

## 26. d'Alembertsches Prinzip

- 26.1 Allgemeine Formulierung
- 26.2 Prinzip der virtuellen Arbeit
- 26.3 Prinzip der virtuellen Arbeit für deformierbare Körper

## 27. Lagrange Gleichungen

- 27.1 Herleitung
- 27.2 Beispiel

## 28. Stoßvorgänge

- 28.1 Idealisierung und Grundbegriffe
- 28.2 Reibungsfreier zentrischer Stoß
- 28.3 Reibungsfreier, schiefer zentrischer Stoß
- 28.4 Reibungsfreier exzentrischer Stoß
- 28.5 Stoß mit Verhakung an der Stoßstelle

## 29. Stabilität von Gleichgewichtslagen

- 29.1 Stabilität von Systemzuständen
- 29.2 Dynamische Methode
- 29.3 Energiemethode
- 29.4 Gleichgewichtsmethode