

# Technische Mechanik: Die Grundlagen



## In diesem Kapitel ...

- ▶ Was ist Technische Mechanik?
- ▶ Die Teilgebiete der Technischen Mechanik
- ▶ Wozu braucht man Technische Mechanik?
- ▶ Übersicht über den Inhalt des Buches

---

**D**ieses Buch beschäftigt sich mit der Technischen Mechanik. Sein Ziel ist es, Sie mit den Aufgaben dieses ingenieurwissenschaftlichen Teilgebiets vertraut zu machen, Ihnen seine wichtigsten Themen vorzustellen und vor allem auch, die Arbeitsweise der Technischen Mechanik zu erläutern, die sich deutlich von der der klassischen Mechanik unterscheidet. Ein weiteres wichtiges Ziel dieses Buches ist es natürlich, Ihr Interesse an der Technischen Mechanik zu wecken oder, falls es schon vorhanden ist (würden Sie sonst dieses Buch lesen?), zu erhalten und zu erweitern.

Zu Beginn müssen natürlich einige grundlegende Fragen geklärt werden: Was ist Technische Mechanik? Welche Themen werden in der Technischen Mechanik behandelt? In welchen Bereichen kann man die Technische Mechanik anwenden? Diese Fragen werden in den folgenden Abschnitten beantwortet.

## Technische Mechanik: Eine eigenständige Wissenschaft

Die *Technische Mechanik* ist einerseits ein Teilgebiet der Ingenieurwissenschaften; andererseits basiert sie auf der klassischen Mechanik, die ihrerseits eines der wichtigsten Grundgebiete der Physik ist.

Die *Mechanik* ist das Teilgebiet der Physik, das sich mit der Bewegung von Körpern und der Wirkung von Kräften beschäftigt. Sie beschreibt in der *Bewegungslehre* (Kinematik) die Bewegungen von Körpern mit den Begriffen Weg, Zeit, Geschwindigkeit und Beschleunigung. In der *Dynamik* stellt sie den Zusammenhang von Bewegungen und Kräften sowie Drehmomenten her. Die moderne Mechanik schließt in gewisser Weise auch die Relativitätstheorie und die Quantenmechanik ein; die Technische Mechanik beschränkt sich dagegen auf die Themen und Methoden der klassischen Mechanik.

Aufgabe der Technischen Mechanik ist es, auf der klassischen Mechanik beruhende theoretische Berechnungsverfahren und Beschreibungsmethoden für andere Ingenieurwissenschaften zur Verfügung zu stellen, etwa für das Bauingenieurwesen, den Maschinenbau oder die Werkstoffkunde (Materialwissenschaften). Insofern kann man die Technische Mechanik als eine Wissenschaft bezeichnen, die vor allem Methoden, Verfahren und Grundlagen zur Verfügung stellt, die dann in anderen Bereichen zu konkreten Ergebnissen führen. Insofern kann

man sie mit der Mathematik vergleichen, die ebenfalls vor allem Arbeitsmittel zur Verfügung stellt. Manchmal wird die Technische Mechanik daher als »Hilfswissenschaft« bezeichnet, aber die Bezeichnung »Grundlagenwissenschaft« erscheint sehr viel angemessener.

## ***Eine Wissenschaft, viele Themen***

Die Themen der Technischen Mechanik liegen fest; in welches Lehrbuch man auch blickt, man findet stets den gleichen Inhalt. Davon weicht auch dieses Buch nicht ab. Abbildung 1.1 gibt einen Überblick über die im Rahmen dieses Buches behandelten Themen.

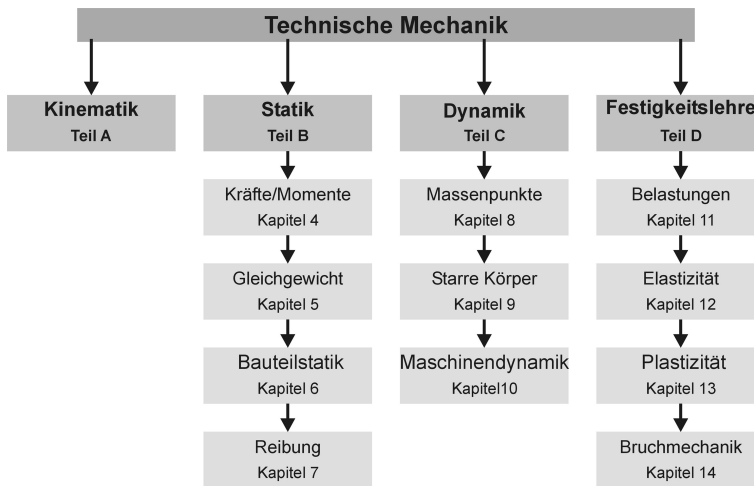


Abbildung 1.1: Die Technische Mechanik und ihre Teilgebiete

Der Abbildung zufolge kann man die Mechanik und damit auch die Technische Mechanik in insgesamt vier Teilgebiete einteilen, die dementsprechend auch in diesem Buch behandelt werden. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen dadurch, dass in jedem dieser Gebiete nur ausgewählte Aspekte der uns umgebenden Welt betrachtet werden, andere aber einfach ausgeblendet werden:

- ✓ Die **Kinematik** oder **Bewegungslehre** beschreibt die Bewegung von dimensionslosen Massepunkten. Weder die Ursache der Bewegung noch die Form der Körper spielt eine Rolle.
- ✓ Die **Statik** beschäftigt sich mit ruhenden, realen ausgedehnten Körpern, die sich im Gleichgewicht befinden. Sie fragt nach den Kräften und Drehmomenten, die auf einen Körper wirken, und beschreibt seine Gleichgewichtsbedingungen.
- ✓ Die **Dynamik** beschäftigt sich mit den Gründen für die Bewegung und Beschleunigung von Körpern. Man kann sie noch in zwei Teilgebiete unterteilen:
  - Die Dynamik von Massepunkten
  - Die Dynamik von starren Körpern

- ✓ **Die Kontinuumsmechanik** oder **Festigkeitslehre** schließlich berücksichtigt, dass sich reale Körper unter dem Einfluss äußerer Kräfte nicht nur bewegen, sondern auch verformen oder gar völlig versagen können.

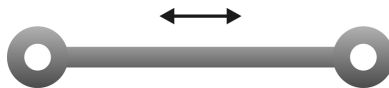
Dieses Buch folgt dieser Einteilung. Die Kinematik wird in Kapitel 3 im Teil I behandelt, die Teile II bis IV sind dann jeweils der Statik, der Dynamik und der Festigkeitslehre gewidmet (Abbildung 1.1).

Manchmal werden auch die Thermodynamik sowie die Strömungslehre (Fluidmechanik) zur Mechanik gezählt. Sie gelten aber nicht als Teilgebiete der Technischen Mechanik und werden infolgedessen auch nicht in diesem Buch betrachtet.

Die obige Darstellung macht auch deutlich, dass es drei verschiedene Weisen gibt, Körper in der Technischen Mechanik zu beschreiben:

- ✓ als dimensionslosen Massepunkt,
- ✓ als ausgedehnten, aber starren Körper,
- ✓ als realen, deformierbaren Körper.

Nehmen Sie als Beispiel eines realen Körpers eine Stange, die eine Bewegung zwischen zwei Maschinenteilen übertragen soll (Abbildung 1.2).



*Abbildung 1.2: Eine Stange zur Übertragung von Bewegungen*

Die Kinematik versucht, die Bewegung der Stange von links nach rechts und wieder zurück zu beschreiben. Deren Form und Abmessungen spielen dabei keine Rolle. Die Aufgabe der Statik ist es, die auf die Stange wirkenden Kräfte und Momente zu bestimmen, sodass man ihre Dimensionen entsprechend auslegen kann. In der Dynamik wird dargestellt, wie man die Bewegung des Gesamtkörpers beschreibt. Die Kontinuumsmechanik schließlich untersucht, wie man dieses Bauteil auslegen muss, ohne dass es zu dauerhafter, das heißt plastischer Verformung oder gar zum völligen Versagen, etwa zum Bruch, kommt.

### ***Eine Wissenschaft, viele Anwendungen***

Die Technische Mechanik ist – wie oben ausgeführt – eine Grundlagenwissenschaft, die als Basis für eine ganze Reihe von Ingenieurwissenschaften dient, in denen sie angewendet wird. Zu diesen Gebieten zählen unter anderem:

- ✓ Bauingenieurwesen,
- ✓ Maschinenbau,
- ✓ Materialwissenschaften oder Werkstoffkunde,
- ✓ Verfahrenstechnik,
- ✓ Feinwerktechnik.

In Kapitel 15 werden die zehn wichtigsten dieser Anwendungsgebiete der Technischen Mechanik näher vorgestellt; dabei wird erläutert, welche Rolle die Technische Mechanik jeweils in diesen Bereichen spielt und welche Themen der Technischen Mechanik dabei besonders wichtig sind.

## ***Teil I: Mathematische und physikalische Grundlagen***

In diesem ersten Teil des Buches werden die erforderlichen mathematischen und physikalischen Grundlagen, die Sie unbedingt kennen sollen, noch einmal kurz wiederholt.

### ***Alles über Winkel und Richtungen***

Die Physik, aber auch die Mechanik, ist ohne Mathematik nicht vorstellbar. Die Mathematik hilft, die Gedanken der Physik und der Mechanik zu sortieren und in eine Form zu bringen, mit der man wirklich arbeiten kann. Obwohl die Mathematik in diesem Buch relativ einfach gehalten ist, geht es nicht völlig ohne sie. Sie sollten zumindest in den folgenden drei Bereichen Grundkenntnisse aufweisen:

- ✓ Algebra,
- ✓ Vektorrechnung,
- ✓ Geometrie und Trigonometrie.

Im zweiten Kapitel dieses Buches werden daher die wichtigsten Grundlagen der Vektorrechnung und der Trigonometrie noch einmal kurz zusammengefasst, soweit sie für dieses Buch benötigt werden. Man muss kein Mathematikprofi sein, um mit der Technischen Mechanik umzugehen, aber ohne jegliche Mathematikkenntnisse ist es unmöglich. Aber es gibt auch eine gute Nachricht für Sie: Die Differentialrechnung spielt in diesem Buch keine Rolle.

### ***Alles über Bewegungen***

Kapitel 3 ist eine kurze Zusammenfassung der Bewegungslehre oder *Kinematik*. Es gibt zwei Grundformen der Bewegung der oben vorgestellten Massepunkte, nämlich die gradlinige Bewegung (Translationsbewegung) und die Kreisbewegung. Erstere kann man mithilfe der Größen Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung beschreiben, während für die Kreisbewegung der überstrichene Winkel, die Winkelgeschwindigkeit und die Winkelbeschleunigung besser zur Beschreibung geeignet sind.

Zudem werden in diesem Kapitel noch zwei wichtige Gesetze eingeführt, die für die Technische Mechanik und damit für das gesamte Buch von großer Bedeutung sind: der Impulserhaltungssatz und der Energieerhaltungssatz.

## ***Teil II: Fest und unverrückbar: Die Statik***

Die *Statik* ist eines der vier Standbeine der (Technischen) Mechanik (Abbildung 1.1). Ihr Thema ist das Gleichgewicht von ruhenden (oder sich unbeschleunigt bewegenden) Körpern. Damit ein Körper in Ruhe verbleibt, muss die Summe aller auf ihn wirkenden Kräfte und Drehmomente null sein. Daraus ergeben sich die *Gleichgewichtsbedingungen* der Statik. Die Ergebnisse, die man dabei erhält, bilden dann die Grundlage für die Auslegung und Dimensionierung von Bauteilen und größeren Konstruktionen wie etwa Brücken.

Aus dieser Definition ergeben sich auch die Themen der ersten drei Kapitel dieses Teils. In Kapitel 4 werden Kräfte und Drehmomente definiert; es wird gezeigt, wie man Kräfte identifiziert und wie man mit ihnen rechnen kann. Im folgenden Kapitel werden dann die Gleichgewichtsbedingungen vorgestellt. Dabei spielen auch Begriffe wie Freiheitsgrade, Schwerpunkte oder Standfestigkeit eine große Rolle. In Kapitel 6 werden diese Kenntnisse auf zwei spezielle Bauteile, Lager und Balken, sowie eine spezielle Konstruktionsweise angewendet, das Fachwerk. Das Thema des letzten Kapitels dieses Teils überrascht Sie vielleicht: die *Reibung*. Aber auch Reibungskräfte gehören mit zur Kräftebilanz eines Körpers und müssen entsprechend berücksichtigt werden.

### ***Mit frischen Kräften***

Die Statik beschäftigt sich mit der Wirkung von Kräften und Drehmomenten auf ruhende, ausgedehnte, starre Körper. Deshalb muss zunächst geklärt werden, was Kräfte und Drehmomente sind, wie sie wirken und wie man sie darstellt und mit ihnen rechnet. Das sind die Themen von Kapitel 4.

Am Anfang stehen die Definition der *Kraft* und ihre graphische und mathematische Darstellung. Wirken mehrere Kräfte auf einen Punkt, muss man die Gesamtkraft oder Resultierende berechnen. Auf der anderen Seite ist es manchmal äußerst hilfreich, Kräfte in ihre Bestandteile zu zerlegen. Beide Verfahren werden in diesem Kapitel erläutert.

Wenn Kräfte auf einen ausgedehnten Körper wirken, können sie auch Drehungen hervorrufen. Zu deren Beschreibung ist der Begriff des *Drehmoments* erforderlich, der deshalb auch in diesem Kapitel eingeführt wird. Schließlich werden noch komplexe *Kräfteysteme* vorgestellt. Es wird gezeigt, wie man derartige Systeme klassifiziert, wie man mit ihnen rechnet und welche Wirkungen sie hervorrufen können.

### ***Immer in Ruhe bleiben: Schwerpunkt und Gleichgewicht***

Schwerpunkt und Gleichgewicht sind die Themen dieses zentralen Kapitels über die Statik. Zunächst werden zwei wichtige Begriffe eingeführt, die für die Diskussion des *statischen Gleichgewichts* notwendig sind. Zunächst wird der *Schwerpunkt* eines Körpers definiert und ausführlich dargestellt, wie man ihn berechnen oder, falls dies nicht möglich ist, experimentell bestimmen kann. In diesem Zusammenhang werden auch Größen wie der Flächenschwerpunkt und der Linienschwerpunkt eingeführt.

Im Zusammenhang mit der Stabilität eines Körpers ist auch die Anzahl seiner *Freiheitsgrade* von Bedeutung, die seine Bewegungsmöglichkeiten beschreibt. Schließlich wird dargestellt, dass man für jeden Freiheitsgrad eines Körpers eine Gleichgewichtsbedingung aufstellen kann, die besagt, dass für einen in Ruhe befindlichen Körper die Summe aller Kräfte oder Drehmomente in Bezug auf diesen Freiheitsgrad gleich null sein muss.

### ***Statik angewandt: Lager, Balken und Fachwerke***

Im sechsten Kapitel werden die in diesem Teil über die Statik bislang erworbenen Kenntnisse auf zwei äußerst wichtige Bauteile, *Lager* (und Gelenke) und *Balken*, sowie auf eine immer noch äußerst wichtige Konstruktionsweise angewendet, das *Fachwerk*. Lager und Gelenke werden bezüglich ihrer Wertigkeit klassifiziert, wobei die Wertigkeit angibt, wie viele Kräfte ein Lager aufnehmen kann. Zudem wird dargestellt, wie man die von Lagern ausgeübten Stützkkräfte berechnen kann. Balken sind Tragwerke (oder Teile von Tragwerken). Im Zusammenhang mit der Diskussion der Statik von Balken wird der äußerst wichtige Begriff der *statischen Bestimmtheit* eingeführt. Fachwerke schließlich sind ebene Tragwerke, die aus Stäben und Knoten bestehen. Es wird dargestellt, wie man die statische Bestimmtheit von Fachwerken ermittelt und wie man entweder rechnerisch oder zeichnerisch die auf die einzelnen Stäbe eines Fachwerks wirkenden Zug- oder Druckkräfte berechnen kann.

### ***Sich aneinander reiben***

Reibung bringt man zunächst automatisch mit der Bewegung von Körpern in Verbindung, also mit der Dynamik. Reibung spielt aber auch in der Statik eine äußerst wichtige Rolle, da die sogenannte Haftreibung das Wegrutschen von Körpern verhindert (denken sie zum Beispiel an eine Leiter). Reibungskräfte müssen daher unbedingt in den Kräftebilanzen der Statik berücksichtigt werden. In Kapitel 7 werden zunächst die verschiedenen Arten der Reibung vorgestellt, etwa die Haftreibung, die Gleitreibung, die Rollreibung und der Luftwiderstand. Zudem werden die zur Beschreibung der Reibung notwendigen Begriffe eingeführt und die erforderlichen Gleichungen entwickelt. Schließlich wird anhand einer Reihe von Beispielen dargestellt, dass die Reibung zwar auf der einen Seite Bewegungen behindert und dabei zu Verlusten führt (denken Sie etwa an die Arbeit von Maschinen), dass aber auf der anderen Seite Reibung auch in vielen Fällen vorteilhaft ausgenutzt werden kann, wobei das einfachste Beispiel das Gehen eines Menschen ist: Auf Eisflächen, auf denen es keine Reibung gibt, ist es nahezu unmöglich.

## ***Teil III: Endlich etwas Bewegung: Dynamik***

Die Dynamik beschäftigt sich mit der Bewegung von Körpern. Ursachen von Bewegungen, seien es geradlinige Translationsbewegungen oder Rotationsbewegungen, sind entweder Kräfte oder Drehmomente. Allerdings spielt die Form der Körper eine wichtige Rolle bei der Beschreibung dynamischer Prozesse. Demzufolge ist dieser Teil über die Dynamik dreigeteilt, wobei die in den jeweiligen Kapiteln betrachteten Körper und Systeme immer komplexer werden:

- ✓ Thema von Kapitel 8 ist die Dynamik von Massepunkten.
- ✓ Thema von Kapitel 9 ist die Dynamik ausgedehnter starrer Körper.
- ✓ Thema von Kapitel 10 ist die Dynamik spezieller Bauteile oder Maschinen, die sogenannte Maschinendynamik.

### ***Klein, aber beweglich: Die Dynamik von Massepunkten***

Massepunkte können sich zwar nicht drehen, aber sie können sich bewegen und beschleunigt werden. Der zentrale Begriff der Dynamik von Massepunkten ist die Kraft, die Beschleunigungen, das heißt Bewegungsänderungen hervorruft. Die entscheidenden Gesetze, um die Wirkung von Kräften auf die Bewegung von Körpern zu beschreiben, sind die drei Newton'schen Gesetze, die in Kapitel 8 ausführlich vorgestellt werden.

Weitere wichtige Größen zur Beschreibung von Translations- und Kreisbewegungen von Massepunkten sind Arbeit, Energie, Leistung und Wirkung. All diese Begriffe werden in diesem Kapitel definiert und anhand von Beispielen erläutert. Zudem wird dargestellt, wie diese Größen zusammenhängen und wie man mit ihrer Hilfe physikalische und technische Problemstellungen lösen kann.

### ***Einerseits starr, andererseits beweglich: Die Dynamik starrer Körper***

Während Massepunkte nur Translations- oder Kreisbewegungen ausführen können, gibt es bei ausgedehnten Körpern eine völlig neue Bewegungsart: Sie können um eine oder auch mehrere Achsen rotieren. Zur Beschreibung derartiger Bewegungen muss die dynamische Bewegungsgleichung  $F = ma$  (das zweite Newton'sche Gesetz) durch eine völlig neue Beziehung ersetzt werden, die berücksichtigt, dass bei Rotationsbewegungen der Abstand der Kraft oder auch eines beliebigen Massenelements von der Drehachse eine wichtige Rolle spielt:

$$\tau = I$$

Dabei gibt es allerdings eine direkte Analogie zwischen den Größen dieser Gleichung und denen des zweiten Newton'schen Gesetzes:

- ✓ Die Kraft  $\mathbf{F}$  wird durch das Drehmoment  $\tau$  ersetzt.
- ✓ Die Masse  $m$  wird durch das Trägheitsmoment  $I$  ersetzt.
- ✓ Die Beschleunigung  $\mathbf{a}$  wird durch die Winkelbeschleunigung  $\alpha$  ersetzt.

Diese Größen werden in Kapitel 9 erläutert. Dabei wird sich zeigen, dass Translations- und Rotationsbewegungen durch zwei eigenständige Sätze von Größen beschrieben werden können, von denen jede ihre Entsprechung im anderen Satz hat. Mit anderen Worten heißt dies: Drehbewegungen bieten nichts grundsätzlich Neues, sie müssen nur anders beschrieben werden.

## **Alles schwingt und rotiert: Die Maschinendynamik**

Das Hauptthema dieses Kapitels sind *Schwingungen*, die zu den wichtigsten Bewegungsformen der Mechanik und der Technik gehören. Zunächst werden anhand der sogenannten harmonischen Schwingungen (zum Beispiel Federpendel, Fadenpendel) die Begriffe und Größen eingeführt, mit denen man Schwingungen beschreiben kann. Harmonische Schwingungen sind der Idealfall. In einem nächsten Schritt werden reale Schwingungen betrachtet, die beispielsweise gedämpft, angeregt oder auch resonant sein können. Schwingungsfähige Systeme können mehr als eine Schwingung gleichzeitig ausführen oder auch gekoppelt sein. Dies wird im dritten Abschnitt dieses Kapitels dargestellt. Im letzten Abschnitt wird dieser Aspekt noch erweitert: Ausgedehnte Körper (zum Beispiel Stäbe) bestehen aus einer unendlich großen Anzahl schwingungsfähiger Massen, die, da sie miteinander gekoppelt sind, gemeinsam eine Anzahl sogenannter Fundamentalschwingungen ausführen können, die ebenfalls erläutert werden.

## **Teil IV: Unter Druck gesetzt: Festigkeitslehre**

In den drei vorangegangenen Teilen dieses Buches werden Körper als *starr* angenommen. Das heißt, sie bewegen sich, können sich zudem drehen, ändern aber ihre Form und Ausdehnung nicht. Das ist in der Realität nicht der Fall. Dies ist das Thema der sogenannten *Festigkeitslehre*, die auch *Kontinuumsmechanik* genannt wird. Der letztere Name deutet an, dass auch hier wiederum eine Näherung angewandt wird: Ein Körper wird als homogenes Kontinuum betrachtet; sein innerer atomarer Aufbau spielt (fast) keine Rolle.

Die Antwort eines Körpers auf eine äußere Belastung erfolgt in drei Schritten:

- ✓ Der Körper verformt sich zunächst elastisch, also reversibel. Nach Ende der Belastung nimmt er wieder seine ursprüngliche Form an.
- ✓ Bei größeren Belastungen verformt sich der Körper plastisch, also irreversibel. Nach Ende der Belastung bleibt ein Teil der Verformung zurück.
- ✓ Der Körper versagt schließlich völlig, das heißt er bricht, reißt, platzt und so weiter.

Diese drei Antworten von Körpern auf Belastungen werden in den Kapiteln 12 bis 14 behandelt. Zuvor werden jedoch in Kapitel 11 einige grundlegende Begriffe eingeführt, mit denen man die auf einen Körper wirkenden Belastungen beschreiben kann.

## **Ziehen, drücken oder biegen: Die Grundbegriffe**

In Kapitel 10 wird zunächst gezeigt, dass man zur Beschreibung der Verformung von Körpern besser mit Spannungen (also Kräften pro Fläche) arbeitet als mit den Kräften selbst. Es gibt drei fundamentale mechanische Spannungen: Zug-, Druck- und Schubspannungen.

Danach wird dargestellt, dass es fünf grundlegende Beanspruchungsarten gibt:

- ✓ Zugbeanspruchung,
- ✓ Druckbeanspruchung,



- ✓ Schub- oder Scherbeanspruchung,
- ✓ Biegebeanspruchung,
- ✓ Torsionsbeanspruchung.

Es wird erläutert, welche Spannungen und Drehmomente in jedem dieser Fälle wirken; zudem wird gezeigt, dass ein Körper auch mehreren dieser Belastungen gleichzeitig unterworfen sein kann.

### ***Wieder in Form kommen: Elastische Verformung***

Wenn die Belastungen nicht zu groß sind, reagieren Materialien elastisch, das heißt reversibel. Nach Ende der Belastung nimmt der Körper seine ursprüngliche Form wieder an. In diesem Bereich gilt das *Hooke'sche Gesetz*, demzufolge die Verformung proportional zur Belastung ist. Das Verhalten der Materialien wird durch vier *elastische Konstanten* beschrieben:

- ✓ Der Elastizitätsmodul beschreibt den Widerstand gegen eine eindimensionale Zugbelastung.
- ✓ Der Kompressionsmodul beschreibt den Widerstand gegen einen isostatischen Druck.
- ✓ Der Schubmodul beschreibt den Widerstand gegen eine eindimensionale tangentielle Schubbeanspruchung.
- ✓ Die Poissonzahl beschreibt, wie sich der Querschnitt eines Körpers verringert, wenn man ihn in die Länge zieht.

Diese Konstanten sind nicht unabhängig voneinander. In Kapitel 12 werden sie definiert und erläutert; zudem wird gezeigt, wie sie untereinander zusammenhängen.

### ***Die Form ändern: Plastische Verformung***

Wenn die Belastungen zu groß werden, werden die Körper plastisch verformt, das heißt, ein Teil der Verformung bleibt auch nach Ende der Belastung zurück. Dies ist das Thema von Kapitel 13. Zunächst werden die auftretenden Effekte anhand von Spannungs-Dehnungs-Kurven erläutert, wobei vor allem zwei technologisch wichtigen Fragen nachgegangen wird:

- ✓ Wann setzt die plastische Verformung eines Körpers ein?
- ✓ Wie weit reicht der plastische Bereich oder wann kommt es zum Bruch?

In einem zweiten Schritt wird auf die Mechanismen der plastischen Verformung eingegangen. Es wird gezeigt, dass plastische Verformung auf dem Gleiten atomarer Ebenen gegeneinander beruht und dass dabei Fehler im Kristallaufbau, die sogenannten Versetzungen, eine wichtige Rolle spielen.

Schließlich wird in diesem Kapitel noch eine weitere Materialeigenschaft eingeführt, die *Härte*, die auch auf plastischer Verformung beruht und angibt, wie weit man die Oberfläche eines Materials eindrücken kann.

## **Marmor, Stein und Eisen bricht: Bruchmechanik und andere Versagensmechanismen**

Kein Material ist unzerstörbar. Mit anderen Worten: Wenn die äußeren Beanspruchungen groß genug sind, wird jedes Material versagen. Bei dreidimensionalen Körpern nennt man dieses Versagen *Bruch*. Abhängig von der Art des Materials können Brüche allerdings völlig verschiedene Formen annehmen:

- ✓ Spröder Bruch,
- ✓ Verformungsbruch (duktiler Bruch),
- ✓ Ermüdungsbruch.

Diese Bruchmechanismen sowie die Frage, bei welchen Materialien sie auftreten und wie man sie beschreiben kann, sind Thema des 14. und letzten Kapitels über die Festigkeitslehre. In diesem Kapitel wird noch ein weiterer Versagensmechanismus eingeführt, der nicht einen dreidimensionalen Körper als Ganzes betrifft, sondern nur seine Oberfläche. *Verschleiß* ist ein Volumen- oder Massenabtrag von einer Oberfläche; er tritt auf, wenn sich zwei Oberflächen unter Belastung gegeneinander bewegen.

## **Teil V: Top-Ten-Teil**

Der Top-Ten-Teil besteht aus zwei Kapiteln:

- ✓ In Kapitel 15 werden zehn wichtige Anwendungsgebiete der Technischen Mechanik vorgestellt. Dabei wird dargelegt, welche Zielsetzungen diese Fachgebiete haben und welche Aspekte der Technischen Mechanik dabei eine wichtige Rolle spielen.
- ✓ In Kapitel 16 werden zehn Internetseiten vorgestellt, die Ihnen bei Ihrer Beschäftigung mit der Technischen Mechanik durchaus weiterhelfen können.