

A Textbook of Strength of Materials

by Er. R.K. Rajput · Language: DE

Summary by booksummaryai.com —

<https://booksummaryai.com/country/de/a-textbook-of-strength-of-materials-zusammenfassung>

Summary

In 60 Sekunden

R.K. Rajputs Lehrbuch führt dich durch die gesamte Grammatik der Festigkeitslehre: Spannung, Dehnung, Biegung, Torsion, Durchbiegung, Stäbe, Federn, Verbindungen und Zylinder. Jedes Kapitel nimmt einen Belastungsfall und liefert dir die Formel, die ihn beherrscht, hergeleitet aus ersten Prinzipien. Du lernst, warum die äußeren Fasern eines Balkens die maximale Spannung tragen, während das Zentrum fast keine trägt, warum eine plötzliche Last die Spannung verdoppelt, und warum Eulers Stabformel bei kurzen Stützen zusammenbricht. Am Ende kannst du eine Welle, ein Niet oder einen Druckbehälter bemessen und weißt genau, welcher Versagensmodus zuerst eintritt.

Warum es sich lohnt

Jede Brücke, jede Welle, jede Feder und jeder Kessel der Welt steht auf den Formeln, die dieses Buch herleitet. Wenn du ein Ingenieurstudent bist, der vor Prüfungen steht, ein praktizierender Ingenieur, der Grundlagen auffrischen will, oder ein neugieriger Geist, der wissen möchte, was Strukturen tatsächlich zusammenhält — das ist das Quellmaterial. Es ist dicht, prozedural und kompromisslos mathematisch — der Lohn ist echte Kompetenz, nicht Inspiration.

Die Kernideen

Spannung ist der stille Widerstand des Körpers

Das erste Kapitel beginnt mit einer Definition — Spannung ist "die Kraft des Widerstands pro Flächeneinheit, die ein Körper gegen Verformung aufbringt." Ziehst du an einem Stab, widersetzen sich seine inneren Fasern; teilst du diesen Widerstand durch die Querschnittsfläche, hast du die Spannung. Teilst du die Verlängerung durch die ursprüngliche Länge, hast du die Dehnung. Dann tritt das Hooke'sche Gesetz auf den Plan: Innerhalb der Elastizitätsgrenze ist die Spannung proportional zur Dehnung, und die sie verknüpfende Konstante ist das Elastizitätsmodul (Young'scher Modul). Das Kapitel liefert außerdem die Poissonzahl — "das Verhältnis der Querdehnung zur Längsdehnung", festgelegt auf 0,3 für Baustahl — sowie die Beziehungen $E = 2G(1+\mu)$ und $E = 3K(1-2\mu)$.

Spannung ist die Größe, die Ingenieure tatsächlich berechnen und mit den Materialgrenzen vergleichen können. Das Elastizitätsmodul ist der Steifigkeits-Fingerabdruck eines Materials — dieselbe Zahl, egal ob der Stab dick oder dünn, lang oder kurz ist. Und die

Drei-Konstanten-Beziehung bedeutet, dass du immer nur zwei elastische Eigenschaften messen musst; die dritte folgt daraus. Alles in den übrigen Kapiteln baut auf diesem Vokabular auf.

Probier es aus: Nimm irgendeinen hängenden Gegenstand in deiner Wohnung, schätze sein Gewicht und den Querschnitt dessen, was ihn hält, und berechne die Spannung selbst in N/mm^2 .

Zwei senkrechte Spannungen treffen aufeinander, und Mohr zeichnet die Antwort

Ein Punkt in einem belasteten Material erhält selten einen sauberen, einzelnen Zug. Das Buch betrachtet zwei direkte Spannungen im rechten Winkel — 80 N/mm^2 Zug und 40 N/mm^2 Druck — plus eine Schubspannung von 30 N/mm^2 , alle gleichzeitig wirkend. Welche Ebene im Inneren des Materials ist am stärksten gefährdet? Das Buch konstruiert den Mohr'schen Kreis, eine grafische Methode, bei der der Spannungszustand jeder Ebene zu einem Punkt wird und der Kreis durch diese Punkte die Extremwerte offenbart. Die Hauptspannungen betragen 90 N/mm^2 Zug und -50 N/mm^2 Druck, mit einer maximalen Schubspannung von 70 N/mm^2 . Hauptebenen, erklärt das Buch, sind die Ebenen, auf denen die Schubspannung null ist — die Orientierungen, unter denen das Material reinen Zug oder reinen Druck erfährt.

Spannungen auf geneigten Ebenen transformieren sich, und die ungünstigste Kombination kann jede der ursprünglichen direkten Spannungen überschreiten. Der Mohr'sche Kreis verwandelt diese Algebra in Geometrie: Der Radius liefert die maximale Schubspannung, die Extremwerte die Hauptspannungen. Sobald du die Hauptebenen finden kannst, weißt du, wo ein sprödes Material reißt und wo ein duktiler fließt — noch bevor du je eine Probe testest.

Probier es aus: Skizziere den Mohr'schen Kreis für das Beispiel $80/40/30$ auf Millimeterpapier und miss den Radius — er sollte bei 70 N/mm^2 herauskommen.

Querkraft und Biegemoment: das geheime Tagebuch des Balkens

Bevor du einen Balken entwerfen kannst, musst du ihn Abschnitt für Abschnitt verhören. Das Buch lehrt dich, einen belasteten Balken an beliebiger Stelle zu durchschneiden und zwei Zahlen abzulesen. Die Querkraft an einem Schnitt ist "die algebraische Summe der vertikalen Kräfte, die auf beiden Seiten des Schnitts wirken." Das Biegemoment ist "die algebraische Summe der Momente aller Kräfte, die auf beiden Seiten des Schnitts wirken." Ein Biegemoment, das den Balken durchhängen lässt, zählt positiv; eines, das ihn hochdrückt, zählt negativ. Trägst du diese Werte entlang der Balkenlänge auf, erhältst du die Querkraft- und Biegemomentenlinien.

Jeder Riss in einem echten Balken, jede Wahl des Querschnitts, jede Lage einer Fuge lässt sich auf die Stellen zurückführen, an denen Querkraft und Biegemoment ihren Höchstwert erreichen. Die Vorzeichenkonventionen kodieren, welche Seite des Balkens auf Zug und welche auf Druck steht — was bestimmt, wo die Bewehrung im Beton sitzt oder wo eine Flanschschiene im Stahl zählt. Lernst du, diese Diagramme schnell zu zeichnen, wird der Rest der Balkentheorie zu bloßer Buchhaltung.

Probier es aus: Nimm ein einfach aufgelagertes Bücherregal mit Büchern als Last und skizziere seine Biegemomentenlinie von Hand, mit markiertem Höchstwert.

Die Biegeformel: warum die Haut eines Trägers die Schwerstarbeit leistet

Das Buch leitet die Theorie der reinen Biegung aus einer Reihe von Annahmen her und gelangt so zur Biegeformel: $M/I = \sigma/y = E/R$. Biegemoment durch Trägheitsmoment gleich Biegespannung durch Abstand von der neutralen Faser gleich Elastizitätsmodul durch Krümmungsradius. Die Biegespannung wächst mit y , dem Abstand von der neutralen Faser. Die Fasern am oberen und unteren Rand eines Trägers tragen die maximale Spannung; das Material in der Mitte trägt fast nichts. Daraus entwickelt das Buch das Widerstandsmoment, $Z = I/y_{\max}$, für Rechteck-, Kreis- und I-Querschnitte – die eine Kenngröße, die dir sagt, welche maximale Biegespannung ein bestimmter Querschnitt bei einem gegebenen Moment aushält.

Da der Bereich um die neutrale Faser fast nichts zur Biegegewiderstand leistet, verlagern Ingenieure das Material von der Mitte hinaus zu den Gurten und kaufen sich so maximales Widerstandsmoment bei minimalem Gewicht. Ein höherer Träger schlägt einen breiteren: I wächst mit der dritten Potenz der Höhe. Die Annahmen der Theorie sind es wert, gekannt zu werden, denn sie markieren, wo die Formel aufhört, verlässlich zu sein.

Probier es aus: Vergleiche das Widerstandsmoment eines flach liegenden Lineals mit dem desselben Lineals auf der Kante stehend – das stehende Lineal gewinnt um Größenordnungen.

Schubspannung versteckt sich an der neutralen Faser

Die Biegung bekommt alle Aufmerksamkeit, aber Träger tragen auch Schub, und das Buch leitet die Verteilungsformel her: $\tau = F \cdot A \cdot \bar{y} / (I \cdot b)$, wobei F die Querkraft ist, A die Fläche oberhalb des Schnitts, $\bar{y}$ der Abstand des Flächenschwerpunkts von der neutralen Faser, I das Trägheitsmoment und b die Breite am Schnitt. Wendest du das über die Höhe eines Rechteckträgers an, ergibt sich eine Parabel: Die Schubspannung verläuft parabolisch, schwillt zu ihrem Maximum an der neutralen Faser an und klingt an den oberen und unteren Rändern auf null ab. Das Buch quantifiziert den Höchstwert für einen Rechteckquerschnitt – die maximale Schubspannung tritt an der neutralen Faser auf und beträgt das 1,5-Fache der mittleren Schubspannung. Danach verfolgt es denselben Verlauf bei kreisförmigen und I-förmigen Trägern.

Ein Träger kann an unterschiedlichen Stellen versagen, je nachdem, welche Beanspruchung dominiert – kurze, hohe Träger versagen durch Schub, lange, schlanke durch Biegung. Beim Rechteck unterschätzt die mittlere Schubspannung den wahren Höchstwert. Die Behandlung der Kreis- und I-Querschnitte im Buch vervollständigt das Bild.

Probier es aus: Zeichne die parabolische Schubspannungsverteilung über die Höhe eines Rechteckträgers und markiere, wo das 1,5-Fache des Mittelwerts liegt.

Torsion: der Verdrehungstest der Welle

Eine rotierende Welle, die ein Drehmoment überträgt, steht unter einem völlig anderen Regime, und das Buch entwickelt ihre Theorie auf dieselbe sorgfältige Weise: erst die Annahmen, dann die Torsionsformel $T/J = \tau/r = G\theta/L$. Drehmoment durch polares Trägheitsmoment gleich Schubspannung durch Radius gleich Schubmodul mal Verdrehwinkel durch Länge. Das polare Trägheitsmoment einer vollkreisförmigen Welle ist $J = (\pi \cdot d^4)/32$; für eine Hohlwelle $\pi(D^4 - d^4)/32$. Die Schubspannung variiert wieder linear mit dem Radius: null in der Mitte, maximal an der Oberfläche.

Material nahe der Mitte trägt fast nichts zu J bei, so wie Material nahe der neutralen Faser wenig zu I bei der Biegung beiträgt – deshalb können Hohlwellen effizient sein. Die Formel spaltet das Problem zudem in zwei Hälften – Festigkeit (τ an der Oberfläche) und Steifigkeit (θ über die Länge) – und eine Welle, die fest genug ist, kann trotzdem zu sehr verdrehbar sein, was bei Präzisionsmaschinen zählt.

Probier es aus: Verdrehe einen dünnen Kunststoffstab und einen dickeren um denselben Winkel und spüre, wie dramatisch das nötige Drehmoment skaliert.

Durchbiegung: wie stark ein Träger durchhängt – und wo

Das Buch stattet dich mit drei Methoden aus, um Durchbiegungen zu bestimmen: doppelte Integration, das Macaulay-Verfahren und das Momentenflächenverfahren. Für den klassischen Fall – ein beidseitig aufgelagerter Träger mit Einzellast W in Feldmitte – liefert das Buch das Standardergebnis: maximale Durchbiegung $WL^3/(48EI)$ in Feldmitte.

Die Durchbiegung skaliert mit der dritten Potenz der Stützweite und nur linear mit der Last. Verdoppelst du die Stützweite, vervielfacht sich der Durchhang um das Achtfache; verdoppelst du die Last, verdoppelt er sich bloß. Die Steifigkeit geht als EI ein, also zählen Materialwahl und Höhe, aber die Stützweite dominiert alles. Deshalb ist der Entwurf weit gespannter Träger in erster Linie ein Steifigkeitsproblem und erst in zweiter Linie ein Festigkeitsproblem – und deshalb existieren die drei Methoden: Denn echte Träger tragen mehrere Lasten an mehreren Stellen, und du brauchst einen Weg durch die Algebra.

Probier es aus: Miss den Durchhang eines Regalbretts, berechne dann $WL^3/(48EI)$ mit geschätzten Werten und sieh, wie nah du landest.

Stützen: Eulers elegante Formel und ihr tödlicher blinder Fleck

Eulers Theorie liefert die kritische Last für verschiedene Lagerungsbedingungen; für eine Stütze mit beidseitig gelenkiger Lagerung gilt $P = (\pi^2 EI)/L^2$. Die Steifigkeit EI hält die Stütze aufrecht, die Länge L reißt sie nieder. Aber das Buch ist ehrlich, was die Grenzen angeht. Eulers Formel setzt perfekte Geometrie und reine Axiallast voraus, und für kurze oder mittlere Stützen sagt sie Lasten voraus, die das Material tatsächlich nicht erreicht — die Stütze zerdrückt, bevor sie ausknickt. Deshalb führt das Buch Rankines Formel für mittlere Stützen ein: $1/P = 1/P_{\text{Euler}} + 1/P_{\text{crushing}}$, mit der Rankine-Konstante für Baustahl, angegeben mit $1/7500$.

Rankines Formel überbrückt die beiden Bereiche: kurze Stützen folgen der Druckfestigkeit, lange Stützen folgen Euler, und der Mittelbereich — in dem die meisten realen Stützen leben — bekommt einen sanften, sicheren Übergang. Jede elegante Theorie hat einen Gültigkeitsbereich, und gutes Ingenieurwesen heißt, zu wissen, wo er endet. Eulers Formel ist nicht falsch; sie beantwortet eine Frage über ideale Schlankheit, die reale Stützen nur manchmal stellen.

Probier es aus: Drücke ein dünnes Plastiklineal von Ende zu Ende zusammen und sieh zu, wie es sich wölbt — das ist Euler-Knicken, das sich in deiner Hand abspielt.

Federn: gespeicherte Energie in einer Spirale

Das Buch wendet sich schraubenförmigen Federn zu, unterteilt sie in eng gewickelte und offen gewickelte Typen und fügt Blattfedern für Fahrzeugfahrwerke hinzu. Für eine eng gewickelte Schraubenfeder unter Axiallast W lautet die Durchbiegungsformel $\delta = (8WD^3n)/(Gd^4)$ — wobei D der mittlere Windungsdurchmesser ist, n die Anzahl der Windungen, G der Schubmodul und d der Drahtdurchmesser. Die Schubspannung im Draht folgt als $\tau = (8WD)/(\pi d^3)$. Der Windungsdurchmesser D geht kubisch ein, der Drahtdurchmesser d in vierter Potenz. Füge Windungen hinzu, und die Durchbiegung wächst in sauberer Proportion; verdicke den Draht, und die Feder wird auf brutale Weise steifer.

Du willst Durchbiegung — das ist die Aufgabe der Feder, Energie zu speichern, während sie sich zusammendrückt — aber du musst die Drahtspannung unter der zulässigen Grenze halten. Die vierte Potenz des Drahtdurchmessers bedeutet, dass ein etwas dickerer Draht enorme Festigkeit kauft, aber die Nachgiebigkeit tötet, also justieren die Konstrukteure stattdessen Windungsdurchmesser und -zahl. Die Unterscheidung zwischen eng gewickelt und offen gewickelt ist wichtig, weil offen gewickelte Federn Biegung zum Draht hinzufügen und die Analyse völlig verändern.

Probier es aus: Vergleiche zwei Kugelschreiberfedern: Zähle die Windungen und die Drahtdicke und sage voraus, welche weicher ist, bevor du es testest.

Nieten und Schweißnähte: wie Stahlstücke eins werden

Das Buch seziert die Verbindungen, die Stahlstücke zusammenfügen. Für genietete Verbindungen katalogisiert es die drei Arten, wie eine Verbindung stirbt: Reißen der Platte zwischen den Nietlöchern, Abscheren der Nieten selbst und Zerdrücken der Platte oder des Niets. Der Wirkungsgrad der Verbindung ist das Verhältnis der Festigkeit der Verbindung zur Festigkeit der ungelochten Platte — eine Zahl, die dir genau sagt, wie viel Kapazität du geopfert hast, um die Verbindung herzustellen. Dann kommen geschweißte Verbindungen, Kehl- und Stumpfnähte gleichermaßen. Für eine Kehlnaht erklärt das Buch, dass die Halsdicke 0,707 mal die Schenkellänge beträgt, unter der Annahme eines gleichschenkligen Dreiecksquerschnitts mit 45° — die kritische Abmessung, an der die Naht am schwächsten ist.

Verbindungen sind der Ort, wo idealisierte Strukturen auf die chaotische Realität treffen. Eine Platte ist nur so stark wie die Löcher, die in sie geschlagen wurden, und das

Wirkungsgradkonzept erzwingt ehrliche Abrechnung: Jede Niete ist eine Subtraktion vom Grundmetall. Der 0,707-Halsfaktor ist ein wunderschönes Stück Geometrie, das Ingenieursarbeit verrichtet — der kleinste Querschnitt der Naht ist nicht der Schenkel, den du sehen kannst, es ist die Diagonale, die sich darin verbirgt, und genau dort beginnt das Versagen. Stumpfnähte können dagegen bei richtiger Ausführung nahezu die volle Plattenfestigkeit wiederherstellen.

Probier es aus: Betrachte einen genieteten Brückenträger oder ein Stahltor in der Nähe und zähle das Nietmuster — dann überlege, welchen Versagensmodus der Konstrukteur am meisten fürchtete.

Dünne Zylinder: Der Druck teilt sich in zwei

Setzt man eine zylindrische Schale unter Druck, wehrt sich die Wand auf zwei Fronten gleichzeitig. Das Buch leitet beides her: die Umfangsspannung $\sigma_h = (p \cdot d)/(2t)$ entlang des Umfangs und die Längsspannung $\sigma_l = (p \cdot d)/(4t)$ entlang der Achse, wobei p der Druck ist, d der Durchmesser und t die Wanddicke. Die Umfangsspannung ist genau doppelt so groß wie die Längsspannung — deshalb platzt eine Wursthaut längs auf und nicht quer. Die Herleitung setzt voraus, dass die Wanddicke weniger als 1/20 des Durchmessers beträgt; darüber hinaus wird die Radialspannung bedeutend, und man ist im Gebiet der dickwandigen Zylinder gelandet, wo die Dünnwandformeln stillschweigend aufhören zu gelten. Für dünne Kugelschalen leitet das Buch eine einzige Spannung her: $\sigma = pd/(4t)$.

Das Verhältnis 2:1 zwischen Umfangs- und Längsspannung ist die ganze Geschichte des Druckbehälterbaus. Es bestimmt, wo Nähte liegen, warum genietete Boilerüberlappungen entlang des Umfangs orientiert waren, und warum zylindrische Tanks so versagen, wie sie es tun. Die gleichmäßige Spannung $pd/(4t)$ der Kugel — identisch mit der Längsspannung des Zylinders — macht sie zum idealen Druckbehälter, weshalb Tiefsee-U-Boote und Gaskugeln rund sind. Und die Grenze von 1/20 der Wanddicke erinnert daran, dass in jede Formel ein Verfallsdatum eingetragen ist, das in ihren Annahmen steckt.

Probier es aus: Knete eine Weintraube vorsichtig zwischen Daumen und Zeigefinger und beobachte, wie sie längs aufplatzt — Umfangsspannung in Aktion.

Dickwandige Zylinder: Lamesche Konstanten und die Stauchung an der Innenfläche

Ist die Wand dick, lässt sich die Radialspannung nicht mehr ignorieren, und das Buch greift auf die Lamesche Theorie zurück. Die Radial- und Umfangsspannungen über die Wanddicke folgen zwei eleganten Gleichungen: $\sigma_r = A - B/r^2$ und $\sigma_h = A + B/r^2$, wobei A und B Konstanten sind, die aus den Randbedingungen an der Innen- und Außenfläche bestimmt werden. Die Spannungen variieren nun mit dem Radius r — sie sind nicht mehr gleichmäßig über die Wand verteilt, wie die Dünnwandformeln vorgaukelten. Und die Verteilung ist auf die schlimmste Weise schief: Die maximale Umfangsspannung tritt an der Innenfläche auf, genau dort, wo der Druck ohnehin am härtesten angreift.

Die Lameschen Gleichungen enthüllen eine unbequeme Wahrheit: Eine dickere Zylinderwand bringt abnehmenden Nutzen, denn die Spannung an der Innenfläche steigt weiter, egal wie viel Metall man außen hinzufügt. Der Term B/r^2 bedeutet, dass die Spannung mit dem Radius rasch abfällt — die äußeren Schichten einer dicken Wand faulenzen, während die inneren an ihrer Grenze arbeiten. Genau deshalb existieren Verbundrohre — Zylinder, die ineinander geschrumpft werden, um die Innenfläche vorzuspannen — und deshalb baute man Gewehrläufe in gewickelten Schichten statt aus einem massiven Stück.

Probier es aus: Skizziere $\sigma_r = A + B/r^2$ über eine dicke Wand und beobachte, wie steil sie von der Bohrung nach außen abfällt.

Exzentrische Lasten und die Bruchtheorien

Belastet man eine Stütze außerhalb der Mitte, zeigt das Buch die Folge mit einer einzigen Formel: $\sigma = P/A \pm (M \cdot y)/I$ — direkte Spannung plus Biegespannung, an jedem Punkt kombiniert. Das Buch behandelt auch die Formänderungsenergie — "die Energie, die in einem Körper gespeichert ist, wenn er innerhalb der Elastizitätsgrenze verformt wird" — zusammen mit Resilienz, Proof-Resilienz und dem Resilienzmodul, mit $U = (\sigma^2/2E) \times \text{Volumen}$ für allmähliche Belastung. Stoßbelastung ändert alles: Die Spannung durch plötzliche Belastung ist doppelt so groß wie die durch allmähliche Belastung. Schließlich werden die fünf Bruchtheorien dargelegt — maximale Hauptspannung (Rankine), maximale Schubspannung (Guest oder Tresca), maximale Hauptdehnung (Saint Venant), maximale Formänderungsenergie (Haigh) und maximale Schubformänderungsenergie (Von Mises-Hencky) — mit dem Hinweis, dass bei duktilen Werkstoffen üblicherweise die Schubspannungshypothese verwendet wird.

Die Verdopplungsregel für plötzliche Lasten ist die praktischste Überraschung des Buches: Lässt man eine Last auf einen Balken fallen, statt sie zu setzen, verdoppelt sich die Spannung augenblicklich — deshalb beherrschen Stoß und Ermüdung die realen Bemessungsnormen. Die fünf Bruchtheorien existieren, weil Werkstoffe unterschiedlich versagen: Spröde folgen der Hauptspannung, duktile der Schubspannung, und die falsche Theorie liefert grob falsche Sicherheitsbeiwerte. Die exzentrische Belastung schließt den Kreis zu Kapitel 1 — derselbe $\sigma = P/A$ -Wortschatz, nun überlagert mit Biegung, weil die Realität sich weigert, Dinge ordentlich zu belasten.

Probier es aus: Fange ein fallendes Gewicht in deiner Handfläche, während du dasselbe Gewicht sanft absetzt — spüre den Faktor zwei in den Knochen.

Die besten Zitate

- "die Kraft des Widerstands pro Flächeneinheit, die ein Körper gegen Verformung entgegengesetzt" - das Buch, Kapitel 1
- "die algebraische Summe der vertikalen Kräfte, die auf beiden Seiten des Schnitts wirken" - das Buch, Kapitel 3/4

- "die algebraische Summe der Momente aller Kräfte, die auf beiden Seiten des Schnitts wirken" - das Buch, Kapitel 3/4
- "das Verhältnis der Querdehnung zur Längsdehnung" - das Buch, Kapitel 1

Kritik

Dies ist das Handbuch eines arbeitenden Ingenieurs, keine Erzählung — Herleitungen kommen mit minimaler physikalischer Storytelling an, und die Annahmen hinter jeder Formel verdienen eine tiefere Diskussion, als sie bekommen. Die Kapitelnummerierung variiert zwischen den Auflagen, was das Querverweisen frustrieren kann. Moderne computergestützte Methoden (Finite-Elemente-Analyse) fehlen, sodass das Buch dort endet, wo die zeitgenössische Praxis beginnt. Einheiten und Notation folgen älteren Konventionen, die mit aktuellen Kursmaterialien kollidieren können. Behandle es als rigorose Grundlage, die ergänzt werden muss, nicht als komplette moderne Ausbildung.

In einem Satz

Das Schicksal jeder Struktur ist in einer Handvoll Formeln geschrieben — Spannung, Biegung, Torsion, Knicken — und dieses Buch leitet jede einzelne aus den Annahmen her, die sie wahr machen.

Für wen sich das Buch eignet

Ingenieurstudenten, die die klassischen Herleitungen hinter jeder Prüfungsfrage der Festigkeitslehre brauchen, und praktizierende Ingenieure, die die Grundlagen in einem rigorosen Band wollen. Auch ideal für Selbstlerner, die mit Analysis vertraut sind und verstehen möchten, was die gebaute Welt tatsächlich zusammenhält.