

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen der klassischen Festigkeitslehre	5
2.1	Einführung	5
2.2	Modellbildung und mechanische Modelle	6
2.3	Schnittgrößen am Balken	8
2.4	Spannungszustände und Gleichgewichtsbeziehungen	14
2.4.1	Räumlicher Spannungszustand	16
2.4.2	Ebener Spannungszustand	20
2.4.3	Spannungstransformation	22
2.5	Verzerrungen und Verformungen	24
2.5.1	Räumlicher Verzerrungszustand	25
2.5.2	Kompatibilitätsbeziehungen	27
2.6	Stoffgesetz	28
2.6.1	Verallgemeinertes Hookesches Gesetz	31
2.6.2	Hookesches Gesetz für den Ebenen Spannungszustand	32
2.7	Statische Unbestimmtheit	33
2.8	Zusammenfassung	37
2.9	Verständnisfragen	38
3	Biegebalken bei linearer Längsspannungsverteilung	39
3.1	Einführung	39
3.2	Linearer Längsspannungsansatz	43
3.3	Flächenmomente	52
3.3.1	Grundlegende Profilformen	53
3.3.2	Translation der Bezugsachsen und zusammengesetzte Profile	55
3.3.3	Rotation des Koordinatensystems - Hauptachsensystem	60
3.4	Biegelinie des schubstarren Balkens	64
3.4.1	Gerade Biegung	64
3.4.2	Schiefe Biegung	71

3.5	Leichtbaugerechte Vereinfachungen	75
3.5.1	Dünnwandige Profile	75
3.5.2	Hohe versteifte Kastenträger	80
3.5.3	Ersatzmodelle und Verschmierung	82
3.6	Zusammenfassung	85
3.7	Verständnisfragen	87
4	Torsion dünnwandiger Profile	89
4.1	Einführung	89
4.2	Wölbspannungsfreie Torsion nach de Saint-Venant	92
4.2.1	Kreisringzylinder	92
4.2.2	Einzellige Hohlquerschnitte	99
4.2.3	Mehrzellige Querschnitte	105
4.2.4	Offene Querschnitte	112
4.3	Wölbfreiheit und Verwölbung	120
4.3.1	Geschlossene Profile	121
4.3.2	Offene Profile	127
4.4	Wölbkrafttorsion	134
4.5	Zusammenfassung	142
4.6	Verständnisfragen	144
5	Querkraftschub	145
5.1	Einführung	145
5.2	Dünnwandige offene Querschnitte	147
5.2.1	Symmetrische Vollquerschnitte	147
5.2.2	Querschnitte mit beliebig geformter Profilmittellinie	151
5.2.3	Schubmittelpunkt	160
5.3	Dünnwandige geschlossene Querschnitte	164
5.3.1	Einzellige Querschnitte	166
5.3.2	Mehrzellige Querschnitte	175
5.4	Absenkung des schubweichen Balkens	179
5.4.1	Elastizitätsgesetz der Querkraft und Querschubzahl	182
5.4.2	Differentialgleichung des schubweichen Balkens	184
5.5	Zusammenfassung	188
5.6	Verständnisfragen	190
6	Kombinierte Beanspruchung	191
6.1	Einführung	191
6.2	Superpositionsprinzip	193
6.2.1	Flächenschwerpunkt und Flächenträgheitsmomente	194
6.2.2	Schubmittelpunkt des offenen Profils	196
6.2.3	Schnittreaktionen	197
6.2.4	Normalspannungsbeanspruchung	200
6.2.5	Schubspannungsbeanspruchung	200
6.2.6	Überlagerter Spannungszustand	202

6.3	Festigkeithypothesen	203
6.3.1	Räumliche Spannungstransformation	205
6.3.2	Normalspannungshypothese	210
6.3.3	Schubspannungshypothese	212
6.3.4	Gestaltänderungsenergiehypothese	214
6.4	Zusammenfassung	217
6.5	Verständnisfragen	217
7	Arbeits- und Energiemethoden	219
7.1	Einführung	219
7.2	Äußere Arbeit und Formänderungsenergie	221
7.3	Spezifische Formänderungsenergie	226
7.4	Die Sätze von Betti und Maxwell	228
7.5	Die Sätze von Castigliano	233
7.6	Prinzip der virtuellen Kräfte	243
7.6.1	Statisch bestimmte Systeme	245
7.6.2	Statisch unbestimmte Systeme - Verschiebungsbeiwerte	250
7.7	Zusammenfassung	261
7.8	Verständnisfragen	263
8	Stabilität	265
8.1	Einführung	265
8.2	Knicken gerader stabförmiger Strukturen	272
8.2.1	Elastisches Biegeknicken nach Euler	273
8.2.2	Biegeknicken imperfekter Strukturen	280
8.2.3	Inelastisches Biegeknicken	284
8.2.4	Drillknicken und Biegedrillknicken	289
8.3	Kippen von Biegeträgern	297
8.4	Beulen	301
8.4.1	Ebene Hautfelder unter Druckbelastung	308
8.4.2	Ebene Hautfelder unter Schubbelastung	317
8.4.3	Dünnwandige Profilstäbe	321
8.5	Zusammenfassung	324
8.6	Verständnisfragen	326
9	Schubwand- und Schubfeldträger	327
9.1	Einführung	327
9.2	Schubwandträger mit parallelen Gurten	329
9.2.1	Offene Schubwandträger mit zwei Gurten	330
9.2.2	Offene Schubwandträger mit mehreren Gurten	336
9.2.3	Geschlossene Schubwandträger	340
9.3	Ebene Schubfeldträger	343
9.3.1	Statisch bestimmte Schubfeldträger	344
9.3.2	Statisch unbestimmte Schubfeldträger	361
9.4	Zusammenfassung	364
9.5	Verständnisfragen	365

10 Ergänzungen und weiterführende Theorien	367
10.1 Linearisierung der Taylor-Reihenentwicklung	367
10.2 Weiterführende Torsionstheorie	370
10.3 Ergänzung zu Querkraftschub bei Rechteckprofilen	377
10.4 Äußere Arbeit eines Momentes	383
Anhang: Hinweise zu den Verständnisfragen	385
Literatur	387
Ergänzungsliteratur	389
Sachverzeichnis	391