

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	1
<b>2</b>	<b>Grundlagen der klassischen Festigkeitslehre</b>	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
<b>3</b>	<b>Biegebalken bei linearer Längsspannungsverteilung</b>	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
<b>4</b>	<b>Torsion dünnwandiger Profile .....</b>	<b>89</b>
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	Wölkrafttorsion .....	134
4.5	Zusammenfassung .....	142
4.6	Verständnisfragen .....	144
<b>5</b>	<b>Querkraftschub .....</b>	<b>145</b>
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
<b>6</b>	<b>Kombinierte Beanspruchung .....</b>	<b>191</b>
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	Festigkeitshypothesen . . . . .	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	<b>Arbeits- und Energiemethoden</b> . . . . .	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 Castiglano . . . . .	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	<b>Stabilität</b> . . . . .	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	<b>Schubwand- und Schubfeldträger</b> . . . . .	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

<b>10 Ergänzungen und weiterführende Theorien</b> .....	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
<b>Anhang: Hinweise zu den Verständnisfragen</b> .....	385
<b>Literatur</b> .....	387
<b>Ergänzungsliteratur</b> .....	389
<b>Sachverzeichnis</b> .....	391