

Inhaltsverzeichnis

1. Kinematik		1.7. Aufgaben A 1.1. bis A 1.8 und Lösungen	51
1.1. Punktkinematik	13		
1.1.1. Beispiel: Die Wurfparabel im homogenen Schwerfeld	16	2. Statik. Kräfte. Kraftdichte. Spannungen. Kräftegruppen. Hydrostatik	
1.1.2. Beispiel: Punktbewegung auf Führungsbahnen	17	2.1. Kräfte, Kraftdichte, Spannungen, Gleichgewicht	57
1.1.3. Das begleitende Dreibein der Bahnkurve	18	2.1.1. Mittlere Normalspannung und deviatorische Spannungen	67
1.2. Kinematik des starren Körpers	19	2.2. Kräftegruppen	69
1.2.1. Sonderfälle der Kinematik des starren Körpers	22	2.2.1. Die ebene Kräftegruppe, Rechnerische und graphische Reduktion, Gleichgewichtsbedingungen	73
1.3. Kinematik des verformbaren Körpers	25	2.2.2. Zur Symmetrie des Spannungstensors	76
1.3.1. Dehnung und Gleitung	28	2.2.3. Die parallele Kräftegruppe, Kräftemittelpunkt, Schwerpunkt, Statische Momente	76
1.3.2. Dilatation und deviatorische Verzerrungen	30	2.3. Hydrostatik	80
1.3.3. Stromlinien und Stromröhre, Lokale und konvektive Beschleunigung	31	2.3.1. «Schwere» Flüssigkeit	81
1.3.4. Kinematische Randbedingungen	35	2.3.2. «Gepreßte» Flüssigkeit	83
1.4. Ergänzungen und Beispiele zur Punkt- und Starrkörperkinematik	36	2.3.3. Das Druckfeld schwerer Flüssigkeiten auf Behälterwände	86
1.4.1. Der Geschwindigkeitsplan bei ebener Bewegung	36	2.3.4. Der hydrostatische Auftrieb	91
1.4.2. Zur Kinematik des Planetengetriebes	37	2.4. Flächenträgheitsmomente und ihre Transformationseigenschaften	95
1.4.3. Das Kardangelenk	38	2.5. Statik der Linientragwerke	98
1.4.4. Die Zentralbewegung, Polarkoordinaten	39	2.5.1. Zur Stabstatik	99
1.5. Ergänzungen und Beispiele zur Verformungskinematik	41	2.5.2. Fachwerke	121
1.5.1. Die einachsige homogene Deformation	41	2.5.3. Seile	126
1.5.2. Die natürlichen Koordinaten der Stromlinie	42	2.6. Aufgaben A 2.1 bis A 2.15 und Lösungen	129
1.5.3. Zum Verzerrungstensor, Der ebene Verzerrungszustand	43		
1.6. Satz von der Erhaltung der Masse, Kontinuitätsgleichung	46	3. Arbeit, Leistung, Potentielle Energie	
1.6.1. Stationäre Strömung durch ein konisches Rohr, Eulersche und Lagrangesche Darstellung	50	3.1. Arbeit, Leistung einer Einzelkraft und eines Kräftepaares	143
		3.1.1. Beispiel: Zur Arbeitsleistung von Einzelkräften	144

3.1.2.	Beispiel: Zur Arbeitsleistung eines Kräftepaares	145	5.5.	Aufgaben A 5.1 bis A 5.3 und Lösungen	211
3.2.	Leistungsdichte. Stationäres und drehungsfreies Kraftfeld. Potentielle Energie	145	6.	Ausgewählte Kapitel der Elastostatik	
3.3.	Potential der äußeren Kräfte	147	6.1.	Kontinuumstheorie der linearisierten Elastostatik . .	215
3.3.1.	Homogenes paralleles Schwerfeld. Gewichtspotential	147	6.1.1.	Thermoelastische Verschiebungen	218
3.3.2.	Kugelsymmetrisches Potentialkraftfeld	148	6.1.2.	Das Prinzip von <i>de Saint Venant</i>	223
3.4.	Potential der inneren Kräfte	149	6.1.3.	Anstrengungshypothesen . .	223
3.4.1.	Das elastische Potential (Federpotential) des <i>Hooke-</i> <i>schen Körpers</i>	151	6.2.	Der gerade Stab	225
3.4.2.	Die barotrope Flüssigkeit . .	154	6.2.1.	Schubspannungen und Schubdeformationen zufolge Querkraft	227
3.5.	Die <i>Lagrangesche</i> Darstellung der Formänderungsarbeit. <i>Kirchhoffscher</i> Spannungstensor	154	6.2.2.	Ermittlung der Biegelinie mit Hilfe der «Momentenbelastung»	232
3.6.	Aufgabe A 3.1 und Lösung . .	156	6.2.3.	Wärmespannungen	237
4.	Materialgleichungen		6.2.4.	Torsion	240
4.1.	Der elastische Körper. Das <i>Hookesche</i> Gesetz	158	6.3.	Durchlaufträger und Rahmen	259
4.1.1.	Der linear elastische Körper. <i>Hookesches</i> Gesetz	158	6.3.1.	Der ebene Stockwerksrahmen	263
4.1.2.	Eine Bemerkung zur Anisotropie	166	6.4.	Eben gekrümmte Stäbe . . .	264
4.1.3.	Eine Bemerkung zur Nichtlinearität	167	6.4.1.	Schwach gekrümmte Stäbe .	268
4.2.	Der viskoelastische Körper . .	170	6.5.	Scheiben	271
4.2.1.	<i>Newtonsche</i> Flüssigkeit . . .	170	6.5.1.	Wärmespannungen	278
4.2.2.	Lineare Viskoelastizität . . .	173	6.6.	Platten	279
4.2.3.	Ein nichtlineares viskoelastisches Materialgesetz . .	178	6.6.1.	Wärmespannungen	283
4.3.	Der zähplastische Körper . .	180	6.7.	Rotationsschalen	285
4.3.1.	Der starr-plastische Körper . .	181	6.7.1.	Wärmespannungen	291
4.3.2.	Der ideal elastisch-plastische Körper	183	6.8.	Kontaktprobleme (<i>Hertzsche</i> <i>Pressung</i>)	292
4.3.3.	Der visko-plastische Körper .	186	6.9.	Spannungsfreie Temperaturfelder. Das <i>Fouriersche</i> <i>Wärmeleitgesetz</i>	296
4.4.	Aufgabe A 4.1 und Lösung . .	187	6.10.	Zur elastisch-viskoelastischen Analogie	297
5.	Prinzip der virtuellen Arbeit		6.11.	Aufgaben A 6.1 bis A 6.21 und Lösungen	300
5.1.	Beispiel: Der Dreigelenkbogen	191	7.	Dynamik fester und flüssiger Körper. Impulssatz (Schwerpunktsatz) und Drallsatz (Drehimpuls- oder Impulsmomentensatz) für materielle Volumina und Kontrollvolumina	
5.2.	Einflußlinien statisch bestimmter Tragsysteme . . .	193	7.1.	Impulssatz	319
5.3.	Konservative Systeme . . .	195	7.2.	Drallsatz (Drehimpuls- bzw. Impulsmomentensatz)	322
5.4.	Prinzip der virtuellen komplementären Arbeit . . .	201	7.3.	Anwendungen auf (durchströmte) Kontrollvolumina . .	325
5.4.1.	Der Satz von <i>Castigliano</i> und <i>Menabrea</i>	202			
5.4.2.	Die <i>Bettische</i> Methode	208			
5.4.3.	Die Transformation der Prinzipie am Beispiel des <i>Bernoulli-Euler-Balkens</i> . . .	210			

7.4.	Anwendungen auf starre Körper	331	8.6.	Eine Bemerkung zum ersten Hauptsatz der Thermodynamik (Energiesatz) . . .	392
7.4.1.	Rollendes Rad (bei Vernachlässigung der «Rollreibung») . .	333	8.7.	Aufgaben A 8.1 bis A 8.5 und Lösungen	393
7.4.2.	Seiltrieb	334			
7.4.3.	Dynamik der Kollermühle . .	335			
7.4.4.	Drehkran mit Ausleger . . .	336	9.	Stabilitätsprobleme	
7.4.5.	Auswuchten von Rotoren . .	337	9.1.	Stabilität einer Gleichgewichtslage	398
7.4.6.	Der Kreiselkompaß	337	9.1.1.	Beispiel: Das Balanceproblem starrer Zylinder . . .	402
7.4.7.	Der lineare Schwinger	338	9.1.2.	Beispiel: Ein Ausweichproblem (Knicken)	404
7.4.8.	Nichtlineare Schwinger . . .	347	9.1.3.	Beispiel: Zur Stabilität eines flachen Dreigelenkbogens . .	407
7.4.9.	Lineare Schwingerketten . .	354	9.1.4.	Beispiel: Knickung des elastischen Stabes (<i>Eulerstab</i>)	409
7.5.	Biegeschwingungen eines elastischen Balkens	358	9.1.5.	Die Plattenbeulung	414
7.6.	Schallwellen im linear elastischen Körper	361	9.2.	Stabilität der Grundbewegung. Beispiel: Fliehkraftregler . .	415
7.7.	Aufgaben A 7.1 bis A 7.12 und Lösungen	362	9.2.1.	Beispiel: Stabilität des dreiachsigen momentenfreien Kreisels	418
8.	Erstintegrale des dynamischen Grundgesetzes. Arbeits- und Energiesatz der Mechanik		9.3.	Stabilitätsgrenze einer Gleichgewichtslage bei elastoplastischem Materialverhalten: Die Traglast . . .	419
	Kinetische Energie		9.3.1.	Beispiel: Die Traglast eines einfachen Rahmens	424
8.1.	Arbeitssatz	374	9.4.	Zur Stabilität der Grundbewegung bei elasto-plastischem Materialverhalten: Die <i>Melanschen</i> Einspielsätze . .	426
8.2.	Energiesatz der Mechanik . .	375	9.5.	Zur Stabilität der Kanalströmung mit Gefälle. Schießen und Strömen . . .	428
8.3.	Die kinetische Energie des starren Körpers	376	9.6.	Zur Flatterinstabilität	431
8.4.	Einige Anwendungen auf Systeme mit einem Freiheitsgrad	377	9.7.	Aufgaben A 9.1 bis A 9.7 und Lösungen	433
8.4.1.	Stoß auf einen linearen Schwinger	377			
8.4.2.	Zur Grundschiwingung eines linear elastischen Balkens . .	378			
8.4.3.	Beschleunigung eines Motorfahrzeuges	379	10.	Die Lagrangeschen Bewegungsgleichungen	
8.4.4.	Umkehrlagen eines Reibungsschwingers	379	10.1.	Freie Schwingungen eines elastisch gelagerten Fundamentes	440
8.5.	Die <i>Bernoulli</i> -Gleichung der Hydromechanik	380	10.2.	Pendel mit beweglichem Aufhängepunkt	443
8.5.1.	<i>Torricellische</i> Ausflußformel .	384	10.3.	Ein Dreimassenschwinger mit Saite	446
8.5.2.	Umströmung eines ruhenden starren Körpers	385	10.4.	Ein Zweimassenschwinger mit Balken	447
8.5.3.	Wandströmung	385	10.5.	«Rahmensystem» mit Dämpfung	449
8.5.4.	Standrohrdruckmessung an einer Rohrleitung	386			
8.5.5.	<i>Prandtlrohr</i> und Staurohr . .	386			
8.5.6.	Flüssigkeitsschwingung in einem U-Rohr	388			
8.5.7.	Druckanstieg bei Rohrerweiterung	390			
8.5.8.	<i>Bernoulli</i> -Gleichung in rotierenden Bezugssystemen .	390			

12	<i>Inhaltsverzeichnis</i>	
10.6.	Der Unwuchterreger	450
10.7.	Aufgaben A 10.1 bis A 10.3 und Lösungen	452
11.	Einige Näherungsverfahren der Dynamik und Statik	
11.1.	Das <i>Rayleigh-Ritz-Galerkinsche</i> Näherungs- verfahren	455
11.2.	Beispiele: Linearisierte elastische Systeme vom Typ «Schwere Masse» — «Weiche Feder». Ersatzsystem mit einem Freiheitsgrad	459
11.2.1.	Längsschwingung	460
11.2.2.	Biegeschwingung	461
11.2.3.	Torsionsschwingung	462
11.2.4.	Stockwerksrahmen	463
11.2.5.	Schwere Masse auf dünner elastischer Kreisplatte	465
11.3.	Beispiele: Elastische Systeme mit «abstrakten» Ersatz- systemen	465
11.3.1.	Biegeschwingungen eines vor- gespannten Balkens	465
11.3.2.	Knicklast eines elastisch gebetteten <i>Eulerstabes</i>	467
11.3.3.	Der Drillwiderstand eines elastischen Stabes mit Recht- eckquerschnitt	468
11.4.	Die Methode der finiten Elemente (FEM)	469
11.4.1.	Ein Balkenelement	469
11.4.2.	Ein Scheibenelement	473
11.5.	Linearisierung nichtlinearer Bewegungsgleichungen	476
11.6.	Numerische Integration einer nichtlinearen Bewegungs- gleichung	478
11.7.	Aufgaben A 11.1 bis A 11.10 und Lösungen	480
12.	Stoßvorgänge	
12.1.	Stoßgleichungen	493
12.1.1.	Beispiel: Stoß auf ein starres Plattenpendel	494
12.1.2.	Beispiel: Längsstoß auf einen verformbaren (elastischen) Stab	495
12.2.	<i>Lagrangesche</i> Stoßgleichungen	496
12.2.1.	Beispiel: Stoß auf eine Stab- kette	497
12.2.2.	Querstoß auf einen verform- baren (elastischen) Balken	498
12.3.	Vollkommen elastischer und unelastischer Stoß	499
12.3.1.	Stoß zweier Punktmassen	500
12.4.	Das «ballistische» Pendel und der Stoßmittelpunkt	502
12.5.	Plötzliche Fixierung einer Achse	503
12.6.	Ergänzung zum Längs- und Querstoß auf den elastischen Stab	504
12.7.	Stoß auf einen elastischen dünnen Stab. Wellen- ausbreitung	505
12.8.	Druckstoß in einer geraden Rohrleitung	507
12.9.	Aufgaben A 12.1 bis A 12.3 und Lösungen	511
13.	Ergänzungen zur Hydro- mechanik	
13.1.	Zirkulation und Wirbelvektor	514
13.2.	Der hydrodynamische Auftrieb	517
13.3.	Die <i>Navier-Stokes-</i> Gleichungen. Ähnlichkeits- strömungen	521
13.3.1.	Viskose Rohrströmung	523
13.3.2.	Eine laminare Grenzschicht	525
13.4.	Potentialströmungen. Singularitätenmethode	527
13.4.1.	Beispiele	528
13.4.2.	Singularitätenmethode	530
13.4.3.	Kräfte in ebener, stationärer Strömung. Formeln von <i>Blasius</i>	533
13.4.4.	<i>v.-Kármánsche</i> Wirbelstraße. <i>Strouhalzahl</i>	535
13.4.5.	Die hydrodynamische Druck- funktion an einer bewegten ebenen Behälterwand	536
13.4.6.	Ausströmen eines Gases aus einem Überdruckkessel	538
13.5.	Aufgaben A 13.1 bis A 13.4 und Lösungen	540
	Anhang: Richtwerte mecha- nischer Eigenschaften	545
	Literaturhinweise	546
	Sachwortverzeichnis	551