

Lehrbuch der Technischen Mechanik

für Ingenieure und Physiker

Zum Gebrauche bei Vorlesungen
und zum Selbststudium

von

Dr.-Ing. Theodor Pöschl

o. Professor an der Technischen Hochschule
in Karlsruhe

Zweite
vollständig umgearbeitete Auflage

Mit 249 Textabbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1930

ISBN 978-3-662-37131-2 ISBN 978-3-662-37844-1 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-37844-1

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1930 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg
Originally published by Julius Springer in Berlin in 1930.
Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 1930

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Die Mechanik nimmt im technischen Unterrichte eine Mittelstellung ein zwischen den vorbereitenden Gegenständen — Mathematik, darstellender Geometrie und Physik — und den eigentlich technischen, den verschiedenen Ausgangsfächern. Ihr Studium bereitet erfahrungsgemäß dem Anfänger gewisse Schwierigkeiten, die sich insbesondere dann einstellen, wenn der Studierende in die Lage kommt, selbständig mechanische Aufgaben von der Art, wie sie die technische Praxis stellt, lösen zu müssen. Und gerade hierbei kann sich erst erweisen, ob die Lehren der Mechanik in ihrer ganzen Bedeutung erfaßt worden sind oder nicht. Mit der Aneignung und Wiedergabe der allgemeinen Sätze ist es nicht getan; so einfach diese Sätze auch scheinen mögen, so schwierig ist es für den Anfänger, ihre Tragweite zu erfassen und sie auf die mannigfachen Fragen, die die Natur und die technische Praxis stellt, richtig anwenden zu lernen; wenn irgendwo, so gilt hier das alte Leibnizsche Wort, daß die Natur zwar einfach in ihren Prinzipien, aber unermesslich reich in deren Anwendung ist.

Zur Überwindung der hierbei auftauchenden Schwierigkeiten soll das vorliegende Buch einen Weg weisen. Es will in knapper Form unter Vermeidung alles irgend Entbehrlichen und unter fortgesetzter Bezugnahme auf die Anwendungen die einfachsten und wichtigsten Lehren der Mechanik in einem Umfange darbieten, wie sie (ungefähr) von den Studierenden unserer technischen Hochschulen verlangt werden. Auf die axiomatische Begründung des Gegenstandes ist dabei bewußt vollständig verzichtet worden. Zur weiteren Pflege der Anwendungen und zur Einübung des Lehrstoffes möchte ich hier auch auf die im gleichen Verlage erschienenen „Aufgaben aus der technischen Mechanik“ (drei Bände) von F. Wittenbauer hinweisen. Eine Übersicht über die Literatur, die eine ausführlichere Behandlung der in diesem Buche oft nur in knappen Worten gestreiften Einzelfragen enthält, ist am Schlusse zusammengestellt.

Große Sorgfalt wurde auf die genaue Formulierung der Lehrensätze und Angabe ihrer Geltungsbereiche angewendet. Um die Brücken zu den Anwendungen zu schlagen, sind vielfach, meist unter Anführung der verschiedenen auftretenden Möglichkeiten, Hinweise für den Ansatz von einfachen Aufgaben eingeschaltet worden. Ich habe mich nicht gescheut, bei solchen Angaben auch scheinbar selbstverständliche Dinge auszusprechen, wenn dadurch eine Förderung des Verständnisses für die Anwendbarkeit der entwickelten Lehren erwartet werden konnte. Was der Ingenieur von einer „Mechanik“, die ihm von Nutzen sein soll, verlangt, sind Regeln und Anweisungen,

die ihm zeigen, wie er im einzelnen Falle vorzugehen hat; mit solchen ist in diesem Buche nicht gespart worden.

In dem ganzen Buche sind ferner die rechnerischen und zeichnerischen Methoden — alle sind praktischen Bedürfnissen entsprungen — unter Angabe ihrer Anwendungsbereiche nebeneinander behandelt worden. Das Verständnis der sachlichen Gleichwertigkeit der Aussagen in beiden Darstellungsarten zu erreichen, ist eine für den Unterricht in der Mechanik wichtige Frage.

Die Bezeichnung für die heute in dieser Wissenschaft verwendeten Begriffe ist keineswegs einheitlich — die hier verwendeten sind im Einklang mit den auch sonst meist in Gebrauch stehenden und wenigstens bis zu einem gewissen Grade eingebürgerten gewählt worden.

Die Lehren der Mechanik können am einfachsten und natürlichsten in die Gesamtheit unseres Wissens eingeordnet werden, wenn man sich auf den Boden einer vernünftigen realistischen Weltansicht stellt, die im Grunde, ob ausgesprochen oder nicht, die ganze Naturwissenschaft beherrscht und besonders für die Technik als unentbehrlich bezeichnet werden darf. Trotz aller begründeten erkenntnistheoretischen Bedenken und Einwände halte ich es für ausgeschlossen, die einführende Vorlesung aus der technischen Mechanik auf Grund eines anderen Standpunktes praktisch erfolgreich zu entwickeln.

Was die Gliederung des Stoffes anlangt, so wurde insbesondere im Hinblick auf die Bedürfnisse unserer technischen Hochschulen die althergebrachte Einteilung in Statik, Kinematik und Dynamik beibehalten. Für die Auswahl und die Art der Darstellung war — unter Ausschaltung aller persönlichen Ansprüche — vorwiegend der eine Gesichtspunkt maßgebend, unserer studierenden Jugend nützlich zu sein, für die dieses Buch als Ergänzung der an der Hochschule gehörten Vorlesungen und Übungen in erster Linie bestimmt ist. Wegen des überwiegend praktischen Inhaltes wendet es sich jedoch auch an die fertigen Ingenieure, denen es für eine Reihe von Fragen, die sich mit den einfachen Mitteln der „starrten“ Mechanik lösen lassen, die hierzu notwendigen Lehrsätze und Methoden in gedrängter Kürze darbieten will.

Prag, am 16. November 1922.

Th. Pöschl.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die günstige Aufnahme, die das „Lehrbuch der Technischen Mechanik“ bei seinem ersten Erscheinen gefunden hat, ließ erkennen, daß seine Herausgabe die Anforderungen und Bedürfnisse des Mechanikunterrichtes an den technischen Hochschulen im wesentlichen zutreffend beurteilt hat. Die zweite Auflage ist vollständig umgearbeitet und durch Ausschaltung manches Unzureichenden und durch mancherlei Ergänzungen — wie ich annehmen darf — auch verbessert worden.

Von dem Hilfsmittel der Vektorrechnung ist jetzt in stärkerem Maße Gebrauch gemacht als bei der ersten Auflage. Einige Abschnitte sind neu geschrieben worden, wie die über Kinematik der ebenen Bewegung, und einige sind ganz neu hinzugekommen, wie die über die Mayor-Misessche Abbildung und ihre Anwendung in der Raumstatik, über Schwingungen und Stabilität und über dynamische Kräftepläne. Diese Dinge haben übrigens auch bei der Bearbeitung der inzwischen im gleichen Verlage erschienenen sechsten Auflage der „Aufgaben aus der Technischen Mechanik“ Bd. I von F. Wittenbauer, auf die schon im Vorwort zur ersten Auflage als ergänzenden Übungsbehef hingewiesen wurde, entsprechende Berücksichtigung erfahren.

Den vielen Kollegen und Fachgenossen, die mich für diese Neuauflage auf wünschenswerte Ergänzungen und Verbesserungen aufmerksam gemacht haben, sage ich auch an dieser Stelle aufrichtigen Dank. Auch aus den Kreisen der jungen Kommilitonen, für die dieses Buch in erster Linie bestimmt ist, ist mir eine Reihe von Äußerungen und Wünschen zugegangen, die ebenfalls, soweit dies irgend möglich war, Berücksichtigung fanden.

Die unausgesetzt fortschreitende Entwicklung unseres technischen Hochschulwesens enthält als einmütige Forderung die weitere Ausgestaltung und Vertiefung des Unterrichtes in der technischen Mechanik als der für die gesamte Technik grundlegenden Wissenschaft. Möge das vorliegende Werk in seiner neuen Auflage dieser Forderung für den Bereich, den es zu erfassen sucht, gerecht werden und den Studierenden und Ingenieuren bei der Erlernung der grundlegenden Probleme und Methoden ein zuverlässiger Führer sein!

Karlsruhe, Neujahr 1930.

Th. Pöschl.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.		Seite
I. Allgemeines und Grundbegriffe		1
1. Mechanik als Naturwissenschaft S. 1. — 2. Bewegung, Bezugssystem, Koordinaten S. 1. — 3. Aufgabe der Mechanik S. 2. — 4. Einteilung der Mechanik S. 3. — 5. Grundeinheiten, Dimensionen, Maßsysteme S. 4. — 6. Das technische Maßsystem, Kilogramm als Kräfteinheit S. 5. — 7. Das dynamische Grundgesetz, Masse, Gewicht S. 6. — 8. Das physikalische Maßsystem, Kilogramm als Masseneinheit S. 9. — 9. Über das Messen von Massen und Kräften S. 10. — 10. Zusammenstellung der Dimensionen und Einheiten im technischen und physikalischen Maßsystem S. 11. — 11. Trägheitsgesetz, Inertialsysteme S. 11. — 12. Arten der Kräfte, Wechselwirkung S. 13. — 13. Bemerkung über die Beschaffenheit der Aufgaben der Mechanik und ihrer Behandlung S. 15.		
II. Vektoralgebra		16
14. Skalare, Vektoren, Beiwerte S. 16. — 15. Addition und Subtraktion von Vektoren, Zerlegung S. 17. — 16. Projektionssatz S. 19. — 17. Multiplikation von Vektoren, Arbeits- und Momentenprodukt S. 21. — 18. Anwendungen S. 24. — 19. Produkte von drei Vektoren S. 27.		
Erster Teil.		
Statik der starren Körper.		
I. Kräftegruppe durch einen Punkt		29
20. Mittelkraft und Gleichgewicht, Auflagerkraft S. 29. — 21. Seileck als Gleichgewichtsfigur S. 33. — 22. Parabolische Kettenlinie S. 35. — 23. Gemeine Kettenlinie S. 37. — 24. Beispiele S. 39.		
II. Ebene Kräftegruppen		41
25. Summe einer ebenen Kräftegruppe S. 41. — 26. Methode des Seilecks S. 42. — 27. Kräftepaar und Moment S. 43. — 28. Zeichnerische Bedingungen für Gleichgewicht S. 44. — 29. Mannigfaltigkeit der Seilecke für eine bestimmte Kräftegruppe S. 45. — 30. Seileck durch drei Punkte S. 46. — 31. Rechnerische Bedingungen für das Gleichgewicht einer ebenen Kräftegruppe S. 48. — 32. Eindeutige Zerlegungsaufgaben S. 49. — 33. Auflagerkräfte, Formen der Auflager S. 51. — 34. Beispiele S. 52. — 35. Biegemoment und Querkraft S. 54. — 36. Mehrere Körper S. 59.		
III. Ebene Fachwerke		62
37. Bedingungen für die Starrheit eines Fachwerkes. Cremonaplan S. 62. — 38. Einfache Fachwerke S. 65. — 39. Rittersche Schnittmethode S. 69. — 40. Fachwerke mit belasteten Innenknoten. S. 69. — 41. Zusammengesetzte Fachwerke S. 71. — 42. Stabvertauschung S. 73. — 43. Wackelige Fachwerke S. 74.		
IV. Räumliche Kräftegruppen		75
44. Summe einer räumlichen Kräftegruppe S. 75. — 45. Gleichgewicht einer räumlichen Kräftegruppe S. 77. — 46. Arten der Stützungen, Beispiele S. 78. — 47. Eindeutige Zerlegungsaufgaben S. 80. — 48. Abbildung räumlicher Kräftegruppen auf die Ebene S. 83. — 49. Anwendungen S. 85. — 50. Bemerkungen über Raumbachwerke S. 87.		

	Seite
V. Massenmittelpunkt	88
51. Mittelpunkt paralleler Kräfte S. 88. — 52. Hilfssätze S. 90. — 53. Mittelpunkt von Linien S. 92. — 54. Mittelpunkt von Flächen S. 93. — 55. Mittelpunkt von Körpern S. 98.	
VI. Theorie der Reibung.	99
56. Einführung der Reibungskraft S. 99. — 57. Hauptergebnisse der Versuche über die Reibung S. 105. — 58. Einige technische Reibungsprobleme S. 109. — 59. Roll- und Bohrreibung S. 117.	
VII. Das Prinzip der virtuellen Arbeiten	118
60. Aussage des Prinzips für die Kräftegruppe durch einen Punkt S. 118. — 61. Begründung des Prinzips für starre Körper S. 120. — 62. Form des Prinzips für Gewichte als eingeprägte Kräfte S. 123. — 63. Anwendungen S. 123.	

Zweiter Teil.

Kinematik der starren Körper.

I. Bewegung des Punktes	128
64. Geschwindigkeit in Cartesischen Koordinaten, Geschwindigkeitsplan S. 128. — 65. Beschleunigung S. 130. — 66. Die Bewegungsgleichungen der Punktmechanik S. 131. — 67. Geradlinige Bewegung des Punktes S. 133. — 68. Weitere integrable Bewegungsaufgaben S. 143. — 69. Krummlinige Bewegung in der Ebene in Cartesischen Koordinaten S. 148. — 70. Natürliche Zerlegung: Tangential- und Normalbeschleunigung S. 149. — 71. Geschwindigkeit und Beschleunigung in Polarkoordinaten, Flächengeschwindigkeit S. 152. — 72. Zusammenstellung der bisher erhaltenen Formeln S. 154. — 73. Zentralbewegung, die Keplerschen Gesetze S. 154. — 74. Anwendungen S. 158. — 75. Gezwungene oder geführte Bewegung des Punktes S. 160. — 76. Anwendungen S. 162.	
II. Ebene Bewegung.	165
77. Schiebung und Drehung S. 166. — 78. Geschwindigkeitszustand der Scheibe, Geschwindigkeitsplan S. 168. — 79. Beschleunigungszustand der Scheibe, Beschleunigungsplan S. 170. — 80. Rechnerische Herleitung der Ergebnisse von 78 und 79 S. 174. — 81. Arten der zwangläufigen Führungen S. 176. — 82. Polkurven, Umkehrung der Bewegung S. 177. — 83. Beispiele und Anwendungen S. 179.	
III. Bewegung des Körpers im Raume	187
84. Bewegung einer Körpers um einen festen Punkt S. 187. — 85. Schraubenbewegung S. 189.	
IV. Zusammensetzung von Bewegungen.	191
86. Zusammensetzung von Schiebungen S. 191. — 87. Zusammensetzung von Drehungen S. 192. — 88. Die Eulerschen Winkel und die Eulerschen kinematischen Gleichungen S. 196. — 88a. Die Zusammensetzung von Schraubungen S. 198.	
V. Relative Bewegung	199
89. Kennzeichnung der Probleme S. 199. — 90. Freie Relativbewegung S. 201. — 91. Ableitung der Gleichung für die Relativbeschleunigung in vektorieller Darstellung S. 206. — 92. Anwendungen auf die Getriebelehre S. 207. — 93. Gezwungene Relativbewegung S. 212. — 94. Beispiele und Anwendungen S. 213. — 95. Die relative Bewegung von Körpern S. 216.	

Dritter Teil.

Dynamik der starren Körper.

I. Arbeit, Leistung, Wucht	218
96. Arbeit S. 218. — 97. Leistung, Wirkungsgrad S. 220. — 98. Die kinetische Energie S. 224. — 99. Der Energiesatz für den einzelnen Massenpunkt S. 224.	

	Seite
II. Trägheitsmomente	228
100. Allgemeine Sätze über Trägheitsmomente S. 228. — 101. Rechnerische Ermittlung von Trägheitsmomenten S. 233. — 102. Zeichnerische Ermittlung von Trägheits- und Deviationsmomenten ebener Flächen S. 235.	
III. Das Prinzip d'Alemberts.	239
103. Allgemeine Aussage des Prinzips S. 239.	
IV. Schwingungen von Systemen mit einem und zwei Freiheitsgraden. Stabilität	243
104. Ansatz der Bewegungsgleichungen, Eigenschwingungen S. 243. — 105. Anwendungen S. 246. — 106. Stabilität eines Gleichgewichtszustandes S. 248. — 107. Stabilität eines stationären Bewegungszustandes S. 250.	
V. Dynamik der ebenen Bewegung des Körpers	252
108. Bewegungsgleichungen S. 252. — 109. Energieintegral S. 255. — 110. Impuls und Drall S. 257. — 111. Drehung um eine feste Achse S. 259. — 112. Anwendungen S. 260. — 113. Zwangsläufige Bewegung des einzelnen Körpers S. 265.	
VI. Zwangsläufige Bewegung verbundener Systeme, Schwungradberechnung	266
114. Aufgabe dieses Kapitels S. 266. — 115. Die Lagrangesche Form der Bewegungsgleichung S. 267. — 116. Die Bewegungsgleichung für Maschinen mit Schubkurbelgetriebe S. 270. — 117. Die Reduktion der Massen und Kräfte S. 273. — 118. Die Arbeits-Massen-Linie S. 277. — 119. Dynamische Schwungradberechnung S. 278. — 120. Angenäherte Schwungradberechnung S. 280. — 121. Dynamische Kräftepläne S. 282.	
VII. Schwerpunktsatz und Flächensatz	285
122. Formulierung des d'Alembertschen Prinzips mit Hilfe des Prinzips der virtuellen Arbeiten S. 285. — 123. Der Satz von der Bewegung des Massenmittelpunkts für einen Punkthaufen S. 286. — 124. Flächensatz oder Satz von der Erhaltung des Dralles S. 289.	
VIII. Bewegung eines Körpers um einen festen Punkt. Kreisel.	291
125. Die Eulerschen Bewegungsgleichungen S. 291. — 126. Die kräftefreie Bewegung um den festen Punkt S. 294. — 127. Moment der Kreiselwirkung S. 296.	
IX. Stoß fester Körper	298
128. Hilfsannahme zur Behandlung des Stoßvorganges S. 298. — 129. Stoß auf freie Körper von endlicher Ausdehnung S. 301. — 130. Stoß auf geführte Körper S. 305.	
X. Mechanische Ähnlichkeit	307
131. Dimensionsbetrachtungen S. 307. — 132. Beispiele und Anwendungen S. 309.	
Literaturübersicht.	312
Namen- und Sachverzeichnis	315