**Peter Gummert
Karl-August Reckling**

MECHANIK

Peter Gummert
Karl-August Reckling

MECHANIK

Mit 368 Abbildungen

Friedr. Vieweg & Sohn Braunschweig / Wiesbaden

1986

Alle Rechte vorbehalten

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig 1986

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1986

Die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder, auch für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, gestattet das Urheberrecht nur, wenn sie mit dem Verlag vorher vereinbart wurden. Im Einzelfall muß über die Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums entschieden werden. Das gilt für die Vervielfältigung durch alle Verfahren einschließlich Speicherung und jede Übertragung auf Papier, Transparente, Filme, Bänder, Platten und andere Medien. Dieser Vermerk umfaßt nicht die in den §§ 53 und 54 URG ausdrücklich erwähnten Ausnahmen.

Satz: Vieweg, Braunschweig

ISBN-13: 978-3-528-08904-7 e-ISBN-13: 978-3-322-87610-2

DOI: 10.1007/978-3-322-87610-2

Vorwort

Im Vorwort eines Buches ist es üblich und sinnvoll, etwas über das Ziel sowie über die Auswahl und den Aufbau seines Inhalts zu sagen.

Eines der Ziele ist zweifellos, den Stoff „Mechanik“ so aufzubereiten, daß er „begreifbar“ wird. Hiermit sind im besonderen beim Studium der Mechanik erfahrungsgemäß Schwierigkeiten verbunden, die überwunden werden müssen und auch können. Eine geeignete Methodenauswahl, eine entsprechende Systematik sowie ein didaktischer Aufbau des Stoffes sind dabei von entscheidender Bedeutung. Es stellt sich also die Frage, ob man in der systematischen Darstellung mit dem leichter Einsehbaren, dem gegebenenfalls Anschaulicheren und dem dadurch zwangsläufig Speziellen beginnt und dann – auf induktivem Wege – zum Allgemeinen gelangt; oder ob man einige wenige allgemeingültige Aussagen zum Ausgangspunkt nimmt und daraus die Vielzahl der Spezialfälle – auf deduktivem Wege – unter Zuhilfenahme mathematischer Methoden ableitet. Berücksichtigt man hierbei die in einem gewissen Gegensatz zur historischen Vorgehensweise stehende Lösungsstrategie mechanischer Probleme durch

- Bildung eines mechanischen Modells (Abbildung der technischen Realität auf ein mathematisch-physikalisches Ideal-System),
- Mathematische Beschreibung des mechanischen Modells,
- Lösung des mathematischen Problems mit mathematischen Methoden,
- Lösung des mechanischen Problems durch Übertragung der mathematischen Lösung unter Berücksichtigung der physikalischen Vorgaben (Anpassung an Rand- und Anfangsbedingungen, experimentelle Kontrolle usw.),
- Lösung des technischen Problems einschließlich der Konsequenzen für die Realisierung der gestellten technischen Aufgabe

und geht von dem heutigen Stand der Ingenieurwissenschaften und deren Entwicklung aus, so spricht vieles für die deduktive Methode – sie ist dann auch die Grundlage für dieses Buch. Dem Einwand, daß darunter Anschauung und Plausibilität leiden, wird durch zahlreiche Beispiele mit Lösungen in jedem Kapitel begegnet.

Diese sind Anwendungen der Mechanik in allen ihren Bereichen. Insofern ist auch der allgemeine Titel „Mechanik“ gewählt worden, der damit bewußt nicht von einer „Technischen Mechanik“, „Allgemeinen Mechanik“ oder „Theoretischen Mechanik“ abgrenzen soll. Im Gegenteil – durch eine weitgehend übergeordnete Darstellung, durch eine geschlossene mathematische Schreibweise, durch einen axiomatischen Aufbau und durch eine von vornherein kontinuumsmechanische Sicht soll die Mechanik als Ganzes systematisch erfaßt und die Gemeinsamkeiten aller ihrer Teilgebiete und der in ihnen verwendeten Methoden beschrieben werden. Gestützt wird diese Auffassung durch das Echo der Studierenden aller Fachrichtungen auf Vorlesungen der Verfasser zur Mechanik an der Technischen Universität Berlin. Insofern darf von einem bereits erfolgreich erprobten Konzept gesprochen werden. Offenbar kann einem Lernenden der Wunsch, sich alles „vorstellen“ zu wollen, auch im Wege stehen – und dies besonders dann, wenn bei

komplexeren Problemen die so dringend benötigte Vorstellungskraft oder die Plausibilitäts-erklärung ohnehin versagt. Hier ist dann eine formale, mathematische Ableitung oder Berechnung unter Verwendung einer Vektor- und Tensorrechnung in koordinateninvarianter, symbolischer Schreibweise von großem Vorteil – abgesehen von der damit verbundenen Ästhetik.

Hierzu schreibt G. HAMEL schon im Vorwort zu seiner „Elementaren Mechanik“ aus dem Jahre 1912 über die Notwendigkeit z.B. der symbolischen Vektorrechnung:

„... Für Leser, welche in der Vektorrechnung noch wenig bewandert sind, ist eine Skizze dieses überaus bequemen Hilfsmittels angeschlossen. Ich bediene mich, abgesehen von einer geringfügigen Modifikation, der Bezeichnungsweise Heuns ... (gemeint ist eine symbolische Schreibweise; die Verfasser) ... die mir für die Mechanik die zweckmäßigste zu sein scheint, weil sie in Druck, Schrift und Sprache gleich einfach und anschaulich ist. Ich konnte auf die Vektorrechnung nicht verzichten, weil Geschwindigkeit und Beschleunigung, Kraft und Momente Vektoren sind. Aber die Vektorrechnung ist nur soweit verwendet, als es nötig war.“

Dieses Zitat trifft in sinngemäßer Erweiterung auch auf die im folgenden verwendete Tensorrechnung zu, die sich zum Erreichen der genannten Ziele als sehr nützlich erweist.

Darüber, ob die Mechanik von vornherein aus kontinuumsmechanischer Sicht betrachtet werden sollte, schreibt G. HAMEL: „... zunächst die Grundlagen einer allgemeinen Mechanik: strenge Ableitung des Schwerpunktsatzes und des Momentensatzes für beliebige Systeme auf Grund der Mechanik des Volumenelementes. Nicht also aus der sogenannten Punktmechanik, die überhaupt (...) aus diesem Buche verbannt ist. Daß unsere Lehrbücher sonst noch immer die Punktmechanik traktieren, ist ein seltsamer Anachronismus: Punktmechanik paßte ausgezeichnet ins 18. Jahrhundert, aber nicht mehr in unsere Zeit, für die weder das Planetenproblem die einzige eines Mathematikers würdige Aufgabe der Mechanik ist, noch auch das Molekel die Quintessenz einer naturwissenschaftlichen Weltanschauung. Man wende mir auch nicht ein, daß die Ableitung der beiden Hauptsätze der Mechanik durch die Auflösung des Körpers in diskrete Punkte leichter wird: die in diesem Buche angestellten Überlegungen sind doch alle dann nötig, wenn man sich der sogenannten Mechanik der Kontinua zuwendet, d.h. der Mechanik deformierbarer Medien. Man hat bei dem üblichen Lehrgang nur die intellektuelle Unreinlichkeit mit in Kauf zu nehmen, daß man Sätze, die für Punktsysteme bewiesen sind, ohne weiteres auf Kontinua übertragen muß. Da ist es schon einfacher, man beschäftigt sich gleich mit stetig ausgedehnten Körpern und nennt das neue nötige Grundgesetz der Mechanik (...) offen und ehrlich.“

Diesen auch heute noch uneingeschränkt gültigen Sätzen HAMELS haben die Verfasser nichts hinzuzufügen und insofern sehen sie dieses Buch auch als konsequente Fortführung der mit G. HAMEL, M. WEBER, W. KUCHARSKI und I. SZABÓ sowie R. TROSTEL verbundenen Entwicklung der „Berliner Schule“ auf dem Gebiet der Mechanik, zu der auch die Bücher MECHANIK I bis III des zweiten Verfassers gehören.

Der Leser wird dadurch beim Studium des Buches eine stärkere Mathematisierung in der Darstellung des Stoffes feststellen als sie in vielen anderen Lehrbüchern zur Mechanik noch üblich ist. Die Verfasser meinen, daß dies der stetig wachsenden Bedeutung der Angewandten Mathematik und ihrer Numerischen Methoden angemessen ist und dem Leser bei der späteren Anwendung solcher Methoden helfen wird.

Auf der Basis dieses Konzepts enthält die vorliegende „Mechanik“ folgende Inhalte: Nach einem kurzen Abriß der geschichtlichen Entwicklung der Mechanik folgen im ersten Kapitel eine Übersicht über die wichtigsten benötigten mathematischen Hilfsmittel und Methoden (Infinitesimalrechnung, Vektoralgebra, Vektoranalysis und Tensoralgebra) sowie eine Definition der Grundbegriffe und Grundgrößen der Mechanik.

Im zweiten Kapitel ist die Geometrie der Bewegungen – die sog. Kinematik – als Anwendung der Vektor- und Tensorrechnung auf diese Grundgrößen dargestellt.

Das dritte Kapitel klärt den Spannungsbegriff bzw. die Größen Kraft und Moment.

In einem kurzen, vierten Kapitel werden die Axiome der Mechanik dargelegt.

Hieraus ergeben sich dann folgerichtig vier Spezialfälle, nämlich die

- Statik starrer Systeme
- Statik deformierbarer Systeme
- Kinetik starrer Systeme
- Kinetik deformierbarer Systeme (Elastokinetik, Fluidmechanik)

die in dieser Reihenfolge dann die Inhalte der Kapitel 5, 6, 7 und 8 bilden.

Im Kapitel 9 wird eine Einführung in die Variationsrechnung und ihre Anwendung auf die Analytische Mechanik (Energieprinzipien) gegeben. Dann werden nochmals in obiger Reihenfolge die entsprechenden Fälle der Statik und Kinetik bei starren und deformierbaren Körpern untersucht.

Am Schluß des Buches findet der Leser neben dem Stichwortverzeichnis eine größere Auswahl verschiedener Bücher zur Mechanik und Mathematik, von denen einige zur Vertiefung, Ergänzung oder zum Weiterstudium empfohlen werden.

An dieser Stelle sei allen Mitarbeitern herzlich gedankt. Insbesondere die Herren Dr. rer. nat. S. IMER, Dr.-Ing. W. JARZAB, Dr.-Ing. R. HARTMANN und Dipl.-Ing. G. SILBER waren uns durch wertvolle Diskussionsbeiträge und Anregungen beim Abfassen des Buches und beim Lesen der Korrekturen eine sehr große Hilfe. Frau K. JUST danken wir vielmals für die sorgfältige und zügige Erstellung der Reinschrift des Manuskriptes und Frau M. HECK für die Anfertigung der zahlreichen Abbildungen.

Dem Verlag gilt unsere Anerkennung für die Berücksichtigung unserer Wünsche, die gute Zusammenarbeit und die sorgfältige Ausführung dieses Buches.

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen	1
1.1 Einführung	1
1.1.1 Ursprung, Aufgaben und Forschungsmethoden der Mechanik	1
1.1.2 Klassifizierung der Mechanik	3
1.1.3 Einteilung nach der Verformbarkeit der Körper	3
1.1.4 Einteilung nach dem Bewegungszustand	6
1.1.5 Zur geschichtlichen Entwicklung der Mechanik	7
1.2 Grundbegriffe und Grundgrößen der Mechanik	10
1.2.1 Allgemeines	10
1.2.2 Raum	11
1.2.3 Zeit	18
1.2.4 Körper	18
1.2.5 Masse	19
1.2.6 Lage, Bewegung	20
1.2.7 Freiheitsgrade	22
1.3 Mathematische Grundlagen der Mechanik	24
1.3.1 Funktion, Definition und Eigenschaften	24
1.3.2 Integral und Differential einer Funktion einer Variablen	27
1.3.3 Integral und Differential einer Funktion mehrerer Variablen	31
1.3.4 Mittelpunkte	34
1.3.5 TAYLOR-Entwicklungen	39
1.3.6 Vektoralgebra	43
1.3.7 Vektoranalysis	58
1.3.8 Tensoralgebra	71
2 Kinematik	80
2.1 Allgemeines	80
2.2 Kinematik des materiellen Punktes	81
2.2.1 Ortsvektor und Verschiebungsvektor	81
2.2.2 Geschwindigkeit	82
2.2.3 Beschleunigung	84
2.2.4 Darstellungen von Geschwindigkeit und Beschleunigung in verschiedenen Bezugssystemen	86
2.2.5 Verallgemeinerte Darstellung von Geschwindigkeit und Beschleunigung	103
2.3 Kinematik des starren Körpers	110
2.3.1 Allgemeines	110
2.3.2 Geschwindigkeit	112
2.3.3 Die Bewegungsschraube	122
2.3.4 Beschleunigung	124
2.4 Kinematik des deformierbaren Körpers	130

3 Grundlagen der Dynamik	140
3.1 Spannungsvektor	140
3.2 Allgemeiner Spannungszustand	143
3.3 Ebener Spannungszustand	151
3.4 Kraftdichte – Kraft	158
3.5 Momentendichte – Moment	166
3.6 Systeme von Kräften und Momenten	172
3.7 Impuls	179
3.8 Drall (Drehimpuls, Impulsmoment)	182
4 Die Axiome der Mechanik	186
4.1 Allgemeines	186
4.2 Das erste Axiom der Mechanik (AXIOM I)	186
4.3 Das zweite Axiom der Mechanik (AXIOM II)	188
4.4 Folgerungen aus den Axiomen	189
4.4.1 Die Aussage für ein Element	189
4.4.2 Die Aussage für einen beliebig bewegten Bezugspunkt	194
4.4.3 Die Aussage für den beliebig bewegten Massenmittelpunkt	196
5 Statik starrer Systeme	200
5.1 Grundlagen	200
5.2 Gleichgewichtsbedingungen	201
5.3 Auflager- und Bindungsreaktionen	208
5.4 Schnittlasten	217
5.5 Äquivalenzbedingungen	226
5.6 Schnittlasten-Differentialgleichungen	228
5.7 Statik spezieller Systeme	233
5.7.1 Ebener, gerader Balken	233
5.7.2 Gelenkträger (Gerberträger)	238
5.7.3 Rahmen	241
5.7.4 Ebene Fachwerke	243
5.7.5 Seile und Ketten	252
6 Statik deformierbarer Systeme	266
6.1 Grundgleichungen	266
6.2 Materialgleichungen	269
6.3 Zug/Druck (elementare Stabtheorie)	279
6.3.1 Spannungen	279
6.3.2 Verzerrungen	283
6.3.3 Verschiebungen	284
6.3.4 Beispiele	285
6.4 Biegung (elementare Balkentheorie)	289
6.4.1 Spannungen	289
6.4.2 Momente ebener Flächen	294

6.4.3	Spannungen (Fortsetzung)	302
6.4.4	Verzerrungen	309
6.4.5	Verschiebungen	310
6.4.6	Biegelinien-Verfahren	315
6.4.7	Beispiele	322
6.5	Zug/Druck und Biegung (Biegung mit Längskräften)	331
6.6	Schub (Biegung mit Querkraften)	336
6.6.1	Spannung	336
6.6.2	Verzerrungen	357
6.6.3	Verschiebungen	358
6.7	Torsion (elementare Theorie)	362
6.7.1	Spannungen	362
6.7.2	Verzerrungen	366
6.7.3	Verschiebungen	367
6.8	Zusammenstellung der Ergebnisse der elementaren Theorien	370
6.9	Zug/Druck (erweiterte Theorie)	372
6.9.1	Membrantheorie	372
6.9.2	Rotationssymmetrische Membranschalen	374
6.10	Biegung (erweiterte Theorie)	377
6.10.1	Biegung gekrümmter Balken	377
6.10.2	Biegung brettformiger Balken	382
6.10.3	Balken auf elastischer Unterlage	385
6.11	Torsion (erweiterte Theorie)	391
6.11.1	Torsion dünnwandiger geschlossener Querschnitte	391
6.11.2	Torsion dünnwandiger offener Querschnitte	397
6.12	Elementare Energiemethoden der Elastostatik	402
6.12.1	Innere Energie, Formänderungsenergie	402
6.12.2	Zug/Druck	409
6.12.3	Biegung	410
6.12.4	Schub	412
6.12.5	Torsion	413
6.12.6	Energiesatz der Elastostatik	414
6.12.7	Sätze von MAXWELL und BETTI	418
6.12.8	Sätze von CASTIGLIANO	421
6.12.9	Gestaltänderungsenergie, Beanspruchungshypothese, Vergleichsspannung	426
6.13	Stabilitätsprobleme der Elastostatik	430
6.13.1	Grundbegriffe	430
6.13.2	Differentialgleichung des Knickstabes	433
6.13.3	Der Knickstab mit verschiedenen Randbedingungen	437
6.13.4	Konsequenzen für die Anwendungen in der Ingenieurpraxis	443

7 Kinetik starrer Systeme	450
7.1 Grundgleichungen	450
7.2 Bewegungsgrößen – Massenbeschleunigungen	453
7.2.1 Allgemeines	453
7.2.2 Massenmomente 2. Grades (Definition)	454
7.2.3 Darstellung von Impuls und Drall	462
7.3 Kraftgesetze	468
7.3.1 Vorbemerkungen	468
7.3.2 Spezielle Kraftgesetze	469
7.3.3 Gleitreibung und Haftung	471
7.4 Abgeleitete Sätze der Kinetik	483
7.4.1 Erhaltungssätze	484
7.4.2 Arbeitssatz	486
7.4.3 Energiesatz	498
7.5 Bewegung mit reiner Translation	503
7.6 Bewegung um eine raumfeste Achse (reine Rotation)	522
7.7 Bewegung in der Ebene	526
7.8 Bewegung um einen raumfesten Punkt	539
7.8.1 Bewegungsgleichungen	539
7.8.2 Der momentenfreie Kreisel (Bewegungszustand und Drehstabilität)	543
7.8.3 Der momentenfreie, symmetrische Kreisel	546
7.8.4 Der nicht-momentenfreie, symmetrische Kreisel	550
7.8.5 Der „geführte“ Kreisel. Auswuchten von Rotoren	554
7.9 Stoß fester Körper	557
7.9.1 Grundgleichungen	558
7.9.2 Gerader, zentraler Stoß	561
7.9.3 Allgemeine Stoßvorgänge	567
7.9.4 Plötzliche Fixierung	569
7.9.5 Querstoß auf einen elastischen Balken	571
7.10 Schwingungen mit einem Freiheitsgrad	573
7.10.1 Vorbemerkungen	573
7.10.2 Bewegungsgleichung	574
7.10.3 Freie, gedämpfte Schwingung	577
7.10.4 Freie, ungedämpfte Schwingung	583
7.10.5 Harmonisch fremderregte, gedämpfte Schwingung	593
7.10.6 Nicht-harmonisch fremderregte, gedämpfte Schwingung	600
7.10.7 Anwendungen	604
7.11 Schwingungen mit mehreren – speziell zwei – Freiheitsgraden	610
7.11.1 Vorbemerkungen	610
7.11.2 Bewegungsgleichung	611

8 Kinetik deformierbarer Systeme	618
8.1 Grundgleichungen	618
8.2 Schwingungen elastischer Körper (Kontinuum-Schwingungen)	620
8.2.1 Bewegungsgleichungen der freien, ungedämpften Schwingungen	620
8.2.2 Lösung nach d'ALEMBERT	627
8.2.3 Lösung nach D. BERNOULLI	631
8.2.4 Näherungsweise Berechnung der ersten Eigenfrequenz nach RAYLEIGH	639
8.3 Bewegung idealer Fluide (Fluidmechanik)	642
8.3.1 Stoffgesetz	642
8.3.2 Bewegungsgleichungen	644
8.3.3 Kontinuitätsgleichung	647
8.3.4 Spezielle Zustandsgleichung	649
8.3.5 Statik der Fluide (Hydrostatik)	650
8.3.6 Stromfadentheorie (BERNOULLISCHE Gleichung)	655
8.3.7 Impulssatz und Impulsmomentensatz für inkompressible, stationäre Strömungen	663
8.3.8 Potentialströmung idealer Fluide	667
8.3.9 Ebene Potentialströmung	671
9 Prinzipien der Mechanik (Einführung in die Analytische Mechanik)	686
9.1 Allgemeines	686
9.2 Grundlagen der Variationsrechnung	687
9.3 Die Prinzipien (Ableitung)	691
9.4 Folgerungen	694
9.5 Statik starrer Systeme	701
9.6 Statik deformierbarer Systeme	711
9.6.1 Prinzipien der Elastostatik	711
9.6.2 Spezielle Anwendung der Elastostatik	717
9.6.3 Beispiele	729
9.7 Kinetik starrer Systeme	734
9.7.1 Prinzip von d'ALEMBERT in LAGRANGEScher Fassung	734
9.7.2 Prinzip von HAMILTON-LAGRANGESche Bewegungsgleichungen	740
9.7.3 Beispiele	744
9.8 Kinetik deformierbarer Systeme	748
Literaturverzeichnis	759
Sachwortverzeichnis	763

Verzeichnis der verwendeten Symbole

A. Allgemeine Notation

$a, b, c, \dots$ $A, B, C, \dots$ $\alpha, \beta, \gamma, \dots$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Skalare, Tensoren 0. Stufe, Größen} \\ \geq 0 \\ \leq 0 \end{array} \right.$
$a, b, c, \dots$ A, B, C ω, σ_n, z	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Vektoren, Tensoren 1. Stufe, Pfeilvektoren} \end{array} \right.$
$\underline{a}, \underline{b}, \underline{c}, \underline{x}, \underline{y}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Elemente des (verallgemeinerten) Vektorraumes} \end{array} \right.$
$\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \dots$	Tensoren, Tensoren 2. Stufe
$\mathcal{A}, \mathcal{B}, \mathcal{C}, \dots$	Mengen, Räume, Gebiet
$[L]$	Dimension der Größe L , z.B. $[L] = m$, $[K] = N$
$[\mathbf{e}_i] = [\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3]$	Basis (hier: dreidimensional)
(x_1, x_2, x_3)	Koordinaten bzgl. einer vereinbarten Basis
$ \mathbf{a} $	Betrag von $\mathbf{a}$ $\mathbf{a} = \pm \mathbf{a} \mathbf{e}_a = a \mathbf{e}_a$
$a b$	algebraisches Produkt von Skalaren
$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}$ $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ $\mathbf{a} \mathbf{b}$ $(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c})$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{skalares} \\ \text{vektorielles} \\ \text{dyadisches} \\ \text{Spat-} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{Produkt von Vektoren}$
$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$ $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ $\mathbf{A} \mathbf{B}$ $\mathbf{A} \cdot \cdot \mathbf{B}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{einfach-skalares} \\ \text{vektorielles} \\ \text{dyadisches} \\ \text{doppelt-skalares} \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{Produkt von Tensoren 2. Stufe}$
$\otimes$	beliebiges Produkt (algebraisch, skalar, vektoriell, dyadisch usw.)
$\frac{d}{d\alpha} (\cdot), (\cdot)', (\cdot)^{\cdot}$	vollständige (LEIBNIZ-) Ableitung nach α
$\frac{\partial}{\partial \alpha} (\cdot)$	partielle Ableitung

$\frac{D}{D\alpha}(\cdot)$	konvektive Ableitung
$\frac{d_r}{d\alpha}(\cdot)$	Relativ- oder Größenableitung
$\frac{d_s}{d\alpha}(\cdot)$	System- oder Richtungsableitung
$\delta(\cdot)$	Variations-Operator
$\nabla(\cdot)$	NABLA-Operator
$\Delta(\cdot)$	LAPLACE-Operator
$\text{grad}(\cdot)$	Gradient von $(\cdot)$
$\text{div}(\cdot)$	Divergenz von $(\cdot)$
$\text{rot}(\cdot)$	Rotation von $(\cdot)$
$\frac{d^n}{d\alpha^n}, \frac{\partial^n}{\partial \alpha^n}, \frac{d_r^n}{d\alpha^n}, \dots$	entsprechende n-fache Ableitungen

B. Spezielle Notation

$x_1, x_2, x_3, \dots$	Raumkoordinaten
$x, y, z, \dots$	Ort
t	Zeit
ρ	Dichte
m	Masse
s	Linie, Bogenlänge
A	Fläche
V	Volumen
p	Druck
F, P, K	Kraftgrößen
$E, G, \nu, \dots$	Materialkonstanten
S_α	statisches Moment bzgl. der α -Achse

$I_\alpha, I_{\alpha\alpha}$	Flächenträgheitsmoment bzgl. der α -Achse
$I_{\alpha\beta}$	Flächen-Deviationsmoment bzgl. der α - und β -Achse
$\Theta_{\alpha\alpha}$	Massenträgheitsmoment bzgl. der α -Achse
$\Theta_{\alpha\beta}$	Massen-Deviationsmoment bzgl. der α - und β -Achse
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ $\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{33}$	} Normalspannungen
$\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ $\sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{23}$	
$\sigma_I, \sigma_{II}, \sigma_{III}$	Haupt-Normalspannungen
α, β, γ	Winkel
ξ, η, ζ	Koordinaten
$f(x); f(x, t); f(\mathbf{x}, t)$ $\varphi(z), \psi(z)$	Funktionen (Hydromechanik: φ : Potentialfunktion ψ : Stromfunktion)
z	komplexe Zahl
$\bar{z}$	konjugiert komplexe Zahl
$\operatorname{Re} z$ $\operatorname{Im} z$	} von z Realteil Imaginärteil
A^a, A	
A^i	äußere Energie, Arbeit der äußeren Lasten
A^i	innere Energie
E	kinetische Energie
U	potentielle Energie
W	Formänderungsenergie
W^*	Ergänzungsenergie
Z	Energiefunktional (beliebige Energieform)
A^*	Ergänzungsarbeit
B	Arbeit der Massenbeschleunigungen
P	Impulsleistung
V	potentielle Gesamtenergie (elastisches Potential)
$L = E - U$	LAGRANGESche Funktion

H	HAMILTONsche Funktion (Wirkung)
K = E - V	erweiterte LAGRANGESche Funktion (kinetisches Gesamtpotential)
G	erweiterte HAMILTONsche Funktion (elasto-kinetische Wirkung)
$\mathbf{e}_\alpha$	Einheitsvektor in α -Richtung
r	Ortsvektor
u	Verschiebungsvektor
n, m	Normalen-Einheitsvektoren
t	Tangenten-Einheitsvektor
v	Geschwindigkeitsvektor
ω	Winkelgeschwindigkeitsvektor
a	Beschleunigungsvektor
σ_n	Spannungsvektor bzgl. eines Flächenelementes mit dem Stellungsvektor n
f	Kraftdichte
F, P, K, G	Kraftvektoren
M_P	Momentenvektor bzgl. Punkt P
I	Impulsvektor
D_P	Drallvektor bzgl. Punkt P
q	Streckenlastvektor
$F_s = (N, Q_2, Q_3)$	Schnittkraftvektor (Koordinaten: Normalkraft, Querkräfte)
$M_s = (M_T, M_2, M_3)$	Schnittmomentenvektor (Koordinaten: Torsionsmoment, Biegemomente)
E	Einheitstensor
S	Spannungstensor (EULER oder CAUCHY)
H	Verschiebungsgradient
D	Deformator (infinitesimaler Verzerrungstensor)
W	Drehgeschwindigkeitstensor
Q	Drehtensor (Versor)

Θ	Massenträgheitstensor
$\text{Sp } \mathbf{T} = T_I$	Spur eines Tensors 2. Stufe (1. Invariante des Tensors $\mathbf{T}$)
T_{II}	2. Invariante von $\mathbf{T}$
T_{III}	3. Invariante von $\mathbf{T}$
δ_{ij}	Distributions-Symbol (KRONECKER) (vgl. S. 49)
ϵ_{ijk}	Permutations-Symbol (LEVI) (vgl. S. 53)
$\mathcal{R}$	Menge der reellen Zahlen
$\mathcal{C}$	Menge der komplexen Zahlen
$\mathcal{V}_n$	Vektorraum der Dimension n
$\mathcal{G}$	Gebiet
$\mathcal{B}$	Bereich
$\mathcal{K}$	Körper
$\in$	Element aus
$\subset$	Untermenge von