

# Technische Mechanik Formel- und Tabellensammlung

Statik, Dynamik, Festigkeitslehre

Bearbeitet von  
Horst Herr

1. Auflage 2007. Broschüren im Ordner. 72 S.

ISBN 978 3 8085 5225 4

Format (B x L): 15,2 x 21,5 cm

Gewicht: 106 g

schnell und portofrei erhältlich bei

  
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](http://beck-shop.de) ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



Bibliothek des technischen Wissens

Horst Herr

# Technische Mechanik

## Formel- und Tabellensammlung

STATIK

DYNAMIK

FESTIGKEITSLEHRE

5. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 52212

**Autor:**

Horst Herr, VDI, Dipl.-Ing., Fachoberlehrer  
65779 Kelkheim/Taunus

**Umschlaggestaltung:**

M. Wosczyzna, Bonn  
Michael M. Kappenstein, Frankfurt/Main

**Bildbearbeitung:**

Petra Gladis-Toribio  
65779 Kelkheim/Taunus

Das vorliegende Buch wurde auf der **Grundlage der neuen amtlichen Rechtschreibregeln** erstellt.

5. Auflage 2007

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert.

ISBN 978-3-8085-5225-4

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2007 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

Satz und Druck: Tutte Druckerei GmbH, Salzweg-Passau

## Vorwort, Hinweise für die Benutzung

Die Zusammenhänge zwischen den messbaren und berechenbaren Größen in Naturwissenschaft und Technik werden fast immer in ihrer kürzesten Ausdrucksweise, durch **Formeln** repräsentiert. Es versteht sich von selbst, dass Techniker und Ingenieure die Zusammenhänge dieser Formeln und ihre zugehörigen Einheiten verstanden haben sollten, denn andernfalls ist eine sichere Arbeit – auch mit der besten Formelsammlung – nicht möglich.

Damit ist nicht gesagt, dass man jede Formel abrufbereit im Kopf haben muss, wegen der großen Anzahl der in der Berechnungsarbeit des Technikers notwendigen Informationen ist dies einfach auch nicht möglich. Hier hat die Formelsammlung ihren Platz!

Neben den vielfältigen Formeln benötigt der Techniker in der Technischen Mechanik auch umfangreiche **Tabellen**, meist in der Form von **DIN-Blättern**. Bitte beachten Sie hierzu den Hinweis nach dem Inhaltsverzeichnis auf Seite 6.

Im oben genannten Sinn fasst diese

### Formel- und Tabellensammlung Technische Mechanik

die Lehrinhalte des von mir verfassten Unterrichtswerkes „Technische Mechanik“ Europa-Nr.: 5021X kurz und knapp zusammen. So ist ein gutes Hilfsmittel für die Arbeit im Beruf des Technikers, aber auch für schriftliche Arbeiten und Prüfungen entstanden. Es ist sichergestellt, dass alle erforderlichen Tabellenwerte für die im Lehrbuch sehr zahlreich vorhandenen Muster-, Übungs- und Vertiefungsaufgaben zur Verfügung stehen.

Die Formel- und Tabellensammlung Technische Mechanik ist – entsprechend dem Lehrbuch – in die drei Teile

#### STATIK      DYNAMIK      FESTIGKEITSLEHRE

unterteilt. Dies wird durch den **Randdruck der Seiten** besonders hervorgehoben.

Die Hauptüberschriften sind durchgehend von 1 bis 80 nummeriert. Diese Nummerierung entspricht der Lektionnummer im Lehrbuch. Für Lektion 81 im Lehr- und Aufgabenbuch existieren keine Formeln! Die Nummern der Hauptüberschriften sind über einen Pfeil mit weiteren (kleiner gedruckten) Nummern verbunden. Diese sind als Hinweise auf Hauptüberschriften, unter denen weitere diesbezügliche Informationen zu finden sind, zu verstehen.

**Beispiel:**

**52** → 58 62 69 72

Unter diesen Hauptüberschriften sind weitergehende oder im Zusammenhang weitere wichtige Informationen oder Formeln zu finden.

Nummer der Hauptüberschrift, identisch mit der Lektionnummer im Lehrbuch, ab 4. Auflage.

Mit dieser Systematik erhöht sich der Gebrauchswert der Formel- und Tabellensammlung erheblich und fördert damit den Einsatz des Unterrichtswerkes „Technische Mechanik“.

Hinweise auf andere Hauptüberschriften sind ebenfalls innerhalb des Textes zu finden.

**Beispiel:** → 17

Natürlich kann diese Formel- und Tabellensammlung auch unabhängig vom Unterrichtswerk „Technische Mechanik“ verwendet werden.

Ich wünsche Ihnen beim Umgang mit dieser Formel- und Tabellensammlung viel Freude und Erfolg. Hinweise zur Verbesserung nehme ich gerne entgegen.

Kelkheim im Taunus, Frühjahr 1996

Horst Herr

## Vorwort zur 2. und 3. Auflage

Die Berücksichtigung der aktuellen Normung machte es erforderlich, in Lektion 74 das Omega-Verfahren durch das Kappa-Verfahren zu ersetzen. Bedingt durch die neuen Normen (E-Normen) mussten auch die **Werkstoffbezeichnungen** aktualisiert werden. Bitte beachten Sie hierzu Seite 58!

Neben Fehlerkorrekturen in sehr geringem Umfang wurde in dieser Auflage auf die neue deutsche Rechtschreibung umgestellt.

Sommer 2000/2002

Der Autor

## Vorwort zur 4. und 5. Auflage

Die 4. und 5. Auflage erscheinen mit Bezug auf die aktuelle Normung und mit wenigen kleinen Korrekturen.

Sommer 2007

Der Autor

<b>STATIK</b> .....	<b>7 bis 26</b>
Grundlagen der Statik .....	7 bis 9
1 Die Verknüpfung von Physik und Technik .....	7
2 Kraft und Kraftmoment .....	7
3 Freiheitsgrade .....	8
4 Freimachen der Bauteile .....	9
Das zentrale Kräftesystem .....	10 bis 12
5 Kräfte auf derselben Wirkungslinie .....	10
6 Resultierende zweier Kräfte, deren WL sich schneiden (zeichnerische Lösung) .....	10
7 Zerlegung einer Kraft in zwei Kräfte .....	11
8 Zusammensetzen von mehr als zwei in einem Punkt angreifenden Kräfte .....	11
9 Erste Gleichgewichtsbedingung der Statik .....	11
10 Bestimmung unbekannter Kräfte im zentralen Kräftesystem .....	12
Das allgemeine Kräftesystem .....	13
11 Zeichnerische Ermittlung von $F_r$ im allgemeinen Kräftesystem .....	13
12 Seileckverfahren (zwei oder mehr Einzelkräfte) .....	13
Drehung von Körpern .....	14 bis 15
13 Kräfte als Ursache einer Drehbewegung .....	14
14 Rechnerische Ermittlung von $F_r$ im allgemeinen Kräftesystem (Momentensatz) .....	15
15 Auflagerkräfte beim Träger auf zwei Stützen (Stützträger) .....	15
Der Schwerpunkt .....	15 bis 18
16 Bestimmung von Schwerpunkten mittels Momentensatz .....	15
17 Bestimmung von Schwerpunkten mittels Seileckkonstruktion .....	17
18 Gleichgewicht und Kippen .....	18
19 Die Regeln von Guldin .....	18
Fachwerke .....	18 bis 20
20 Das statisch bestimmte ebene Fachwerk .....	18
21 Zeichnerische Stabkraftermittlung mittels Krafteck .....	19
22 Zeichnerische Stabkraftermittlung mittels Cremonaplan .....	19
23 Zeichnerische Stabkraftermittlung mittels Culmann'schem Schnittverfahren .....	20
24 Rechnerische Stabkraftermittlung mittels Ritter'schem Schnittverfahren .....	20
Reibung .....	20 bis 26
25 Die Reibungskräfte .....	20
26 Reibung auf der schiefen (geneigten) Ebene .....	21
27 Reibung an Geradführungen .....	23
28 Reibung in Gleitlagern .....	23
29 Gewindereibung .....	24
30 Seilreibung .....	25
31 Reibungsbremsen und Reibungskupplungen .....	25
32 Rollreibung .....	26

<b>DYNAMIK</b> .....	27 bis 41
Kinematik der geradlinigen Bewegung .....	27 bis 29
33 Gleichförmige geradlinige Bewegung .....	27
34 Ungleichförmige geradlinige Bewegung .....	27
Überlagerung verschiedener Bewegungen .....	29 bis 30
35 Zusammensetzen von Geschwindigkeiten .....	29
36 Freie Bewegungsbahnen .....	29
Kraft und Masse .....	30 bis 31
37 Trägheit der Körper .....	30
38 Prinzip von d'Alembert .....	30
39 Kurzzeitig wirkende Kräfte .....	31
Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad .....	32 bis 34
40 Arbeit und Energie .....	32
41 Mechanische Leistung .....	33
42 Reibungsarbeit und Wirkungsgrad, Reibleistung .....	34
43 Wirkungsgrad wichtiger Maschinenelemente und Baugruppen .....	34
Kinematik und Dynamik der Drehbewegung .....	35 bis 39
44 Drehleistung .....	35
45 Rotationskinematik .....	35
46 Rotationsdynamik .....	37
47 Kinetische Energie rotierender Körper .....	37
Übersetzungen .....	40 bis 41
48 Übersetzungsverhältnis beim Riementrieb .....	40
49 Übersetzungen beim Zahntrieb .....	40
Umwandlung von Rotation in Translation und umgekehrt .....	41
50 Der Kurbeltrieb .....	41
<b>FESTIGKEITSLEHRE</b> .....	42 bis 62
Grundlagen der Festigkeitslehre .....	42
51 Aufgaben der Festigkeitslehre .....	42
52 Spannung und Beanspruchung .....	42
Die einfachen statischen Beanspruchungen .....	42 bis 44
53 Beanspruchung auf Zug und Druck .....	42
54 Flächenpressung und Lochleibung .....	43
55 Beanspruchung auf Abscherung .....	44
Verformungen infolge von Beanspruchungen .....	44 bis 47
56 Das Hooke'sche Gesetz für Zug und Druck .....	44
57 Querkontraktion .....	45
58 Belastungsgrenzen .....	45
59 Wärmespannung und Formänderungsarbeit .....	47
60 Verformung bei Scherung und Flächenpressung .....	47

Biegung .....	48 bis 55
61 Auf Biegung beanspruchte Bauteile .....	48
62 Die Biegespannung .....	48
63 Rechnerische Ermittlung von Trägheits- und Widerstandsmomenten .....	48
64 Schiefe Biegung .....	51
65 Biegemomenten- und Querkraftverlauf beim Freitragler .....	52
66 Biegemomenten- und Querkraftverlauf beim Stützträger .....	52
67 Träger gleicher Biegespannung .....	53
68 Verformung bei Durchbiegung .....	54
Torsion .....	55 bis 56
69 Torsionsspannung .....	55
70 Verformung bei Torsion .....	55
Beanspruchung auf Knickung .....	56 bis 59
71 Knickfestigkeit .....	56
72 Knickspannung bei elastischer Knickung (Eulerknickung) .....	56
73 Unelastische Knickung (Tetmajer-Knickung) .....	57
Normen .....	58
Werkstoffbezeichnungen .....	58
74 Knickstäbe im Stahlbau .....	58
Mehrere gleichzeitige Beanspruchungen .....	59 bis 60
75 Beanspruchung auf Biegung und Zug oder Druck .....	59
76 Beanspruchung auf Zug und Schub, Druck und Schub, Biegung und Schub .....	59
77 Beanspruchung auf Biegung und Torsion .....	59
Dynamische Beanspruchungen .....	60 bis 62
78 Dauerstandfestigkeit, Schwellfestigkeit, Wechselfestigkeit .....	60
79 Dauerfestigkeit und Zeitfestigkeit .....	60
80 Gestaltfestigkeit .....	61
Tabellen-Anhang .....	63 bis 70
T1 Ausgewählte Gewindetabellen .....	63 bis 65
T2 Thermische Längenausdehnungskoeffizienten .....	65
T3 Ausgewählte Formstahltabellen .....	66 bis 70
Sachwortverzeichnis .....	71 bis 73

Das **Inhaltsverzeichnis** erlaubt lediglich einen groben Überblick in dieser Formel- und Tabellensammlung. Zur eigentlichen Orientierung ist das umfangreiche **Sachwortverzeichnis** zu verwenden. Dabei ist zu beachten:

**Die Zahlenangaben im Sachwortverzeichnis sind Seitenzahlen!**

**DIN-Normen** und Auszüge aus solchen sind wiedergegeben mit Erlaubnis des **DIN** Deutsches Institut für Normung e.V. Maßgebend für das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

## Grundlagen der Statik

# 1

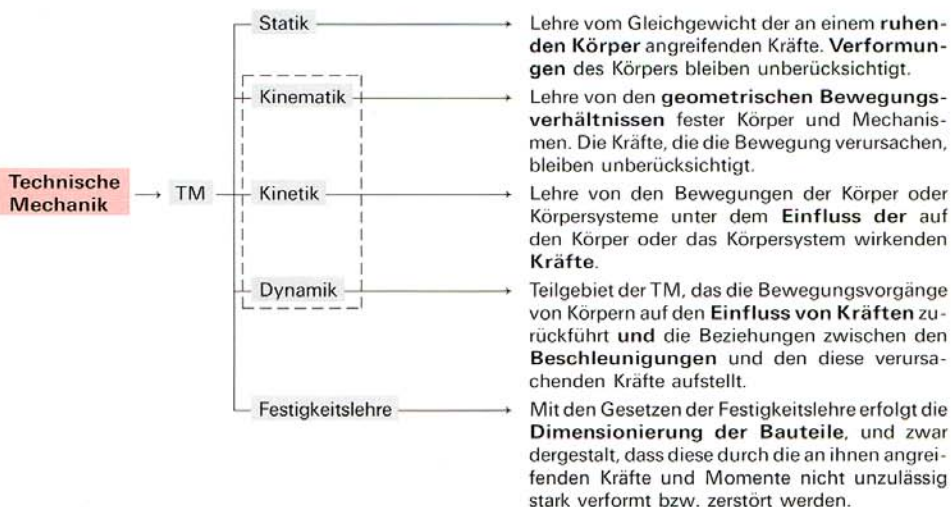
### Die Verknüpfung von Physik und Technik

#### 1.1 Aufgabe der Technischen Mechanik → 5 51

Die **Technische Mechanik**, (kurz **TM**) ist ein spezielles Teilgebiet der **Technischen Physik**. Sie ermöglicht es, mit den von ihr bereitgestellten Regeln und Gesetzen verbindliche Aussagen über die **erforderlichen Abmessungen**, d. h. der **Dimensionen** von Bauteilen und Bauwerksteilen sowie der **Bewegungsabläufe** von und in Maschinen, Apparaten und technischen Anlagen zu machen.

#### 1.2 Gliederung der Technischen Mechanik

##### 1.2.1 Physikalische Gliederung



##### 1.2.2 Ingenieurwissenschaftliche (technische) Gliederung



#### 1.3 Berechnungsverfahren der Statik

- 1.3.1 Rechnerische (analytische) Verfahren } Ermittlung der **Stützkräfte**, die den Körper zusammen mit den **Belastungskräften** im Gleichgewicht halten.
- 1.3.2 Zeichnerische (grafische) Verfahren }

## 2 Kraft und Kraftmoment

→ 5 ... 12 13 14 18 28 29 31 37 44 45 62 65 66 69

#### 2.1 Basisgrößen und Basiseinheiten → SI: Système International d'Unités

SI-Basisgröße	Formelzeichen	SI-Basiseinheit	Einheitenzeichen
Länge } <b>Größen der Mechanik</b> Masse } Zeit }	$l, s$ $m$ $t$	Meter } <b>Einheiten der Mechanik</b> Kilogramm } Sekunde }	m kg s
elektrische Stromstärke	$I$	Ampere	A
thermodynamische Temperatur	$T$	Kelvin	K
Stoffmenge	$n$	Mol	mol
Lichtstärke	$I_v$	Candela	cd



## 2.2 Einheit der Kraft → 37

$$[F] = [m] \cdot [a] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \quad \text{Krafteinheit}$$

$$1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ Newton} = 1 \text{ N}$$

Ein Newton ist gleich der Kraft, die einem Körper mit der Masse  $m = 1 \text{ kg}$  die Beschleunigung  $a = 1 \text{ m/s}^2$  erteilt.

$F$ Kraft	N
$m$ Masse	kg
$a$ Beschleunigung	$\text{m/s}^2$

1 daN = 1 Dekanewton = 10 N	} je nach Größenordnung der Kraft.
1 kN = 1 Kilonewton = $10^3 \text{ N}$	
1 MN = 1 Meganewton = $10^6 \text{ N}$	

## 2.3 Merkmale einer Kraft → Bild 1

**Größe** → Dies ist der **Betrag der Kraft**, der in Verbindung mit einem **Kräftemaßstab KM** messbar ist.

**Richtung** → Diese entspricht der Lage der **Wirkungslinie WL**. Sie ist durch einen Winkel festgelegt.

**Angriffspunkt** → Ort, an dem die Kraft  $F$  am Körper angreift.

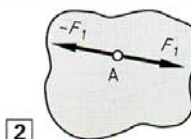
**Sinn** → z. B. **Zugkraft** oder **Druckkraft**. Festlegung mittels **Vorzeichen** → 5



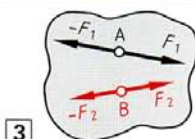
1

## 2.4 Erweiterungssatz → 11

Bei einem **Kräfteystem** (Bild 2) dürfen Kräfte hinzugefügt oder weggenommen werden, wenn sie gleich groß und entgegengesetzt gerichtet sind und auf derselben WL liegen (Bild 3).



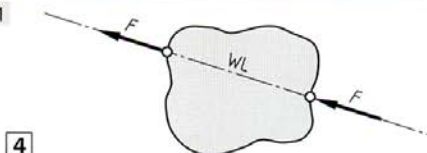
2



3

## 2.5 Längsverschiebungssatz → 6 11

Eine Kraft darf auf ihrer WL verschoben werden (Bild 4). Dadurch ändert sich ihre Wirkung auf den Körper nicht.



4

## 2.6 Kraftmoment → 13 14 18 28 29 31 44 45 62 65 66 69

DIN 1304: **Kraftmoment**  $M$  gleich Produkt aus Kraft  $F$  und ihrem **senkrechten Abstand**  $r$  bis zu einem bestimmten Punkt. (Bilder 5 u. 6)

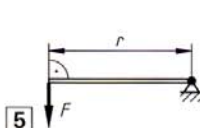
$$M = F \cdot r \quad \text{Kraftmoment:}$$

Drehmoment  $M_d$  → 13 14 44 45

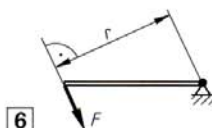
Biegemoment  $M_b$  → 62 65 66

Torsionsmoment  $M_t$  → 69 70

$$F \perp r$$



5



6

$M$ Kraftmoment	$\text{N} \cdot \text{m} = \text{Nm}$
$F$ Kraft	N
$r$ Abstand (senkrechter Hebelarm)	m

## 3 Freiheitsgrade

→ 4 35 38

Jede **Bewegungsmöglichkeit** (Translation und Rotation) wird als **Freiheitsgrad** bezeichnet.

**Körper in der Ebene** → drei Freiheitsgrade (zwei Translationen, eine Rotation)

**Körper im Raum** → sechs Freiheitsgrade (drei Translationen, drei Rotationen)

**Einzelbewegungen** können zu einer **Gesamtbewegung** zusammengesetzt werden. → 35 38