

Glossar

A

Abscherbeanspruchung (shearing stress) 4.2

Eine der fünf Grundbeanspruchungsarten aus der Festigkeitslehre, bei der zum Beispiel beim Scherschneiden zwei gleich große gegensinnige Kräfte quer zur Stabachse eines Bauteils wirken. Die im Bauteil auftretende Spannung heißt Abscher- oder Schubspannung. Zum Beispiel Niete, Passstifte und -schrauben werden auf Abscheren beansprucht.

Abscherfestigkeit τ_{ab} (shear strength) 4.2

Diejenige Abscher- oder Schubspannung in N/mm^2 , bei der der Querschnitt eines Probestabs bleibend voneinander getrennt wird (Bruch).

Abscherhauptgleichung (shear principal equation) 4.2

Dient der Berechnung der Abscherspannung eines auf Abscheren beanspruchten Bauteils. Die Abscherspannung ist der Quotient aus der auf ein Bauteil wirkenden Querkraft und der Querschnittsfläche, ist gleichmäßig über den Bauteilquerschnitt verteilt und darf nur über die das Bauteil belastende Querkraft ermittelt werden.

Absoluter Druck p_{abs} (absolute pressure) 6.4

Der in einem abgeschlossenen Raum (z. B. Dampfkesselraum) herrschende Druck: absoluter Druck = äußerer Luftdruck $\hat{=}$ Atmosphärendruck + Überdruck.

Abtriebsleistung P_n (output power) Antriebsleistung P_a (input power) 2.17

Die Abtriebs- oder Nutzleistung in kW, W oder Nm/s an der Abtriebswelle eines Motors, eines Getriebes oder einer Kraft- oder Arbeitsmaschine (z. B. einer Werkzeugmaschine). Die Abtriebsleistung lässt sich über die Wirkungsgradgleichung $\eta = \text{Nutzleistung}/\text{Antriebsleistung}$ berechnen. Die Antriebsleistung ist zum Beispiel die auf den Leistungsschildern angegebene Nennleistung eines Elektromotors.

Abtriebsmoment M_n (output torque) Antriebsmoment M_a (input torque) 2.20

Drehkraftwirkung in Nm an der Abtriebswelle, z. B. eines Zahnradgetriebes. Das Abtriebsmoment ist über den Wirkungsgrad und die Übersetzung des Getriebes mit dem erforderlichen Antriebsmoment verbunden. Das Antriebsmoment lässt sich aus der Antriebsleistung und der Antriebsdrehzahl ermitteln.

Analogieschluss (analogy deduction) 2.25

In der Physik die Übernahme physikalischer Gesetzmäßigkeiten (Definitionsgleichungen, Formeln, Gesetze) in einen gleichartigen physikalischen Vorgang. Zum Beispiel entspricht die Gleichung für die Geschwindigkeit

bei geradliniger (translatorischer) Bewegung der Gleichung für die Winkelgeschwindigkeit bei der kreisförmigen (rotatorischen) Bewegung.

Analytische Lösung (analytical solution) 1.7

In der Technischen Mechanik die rechnerische Ermittlung von beispielsweise noch unbekanntem Stützkräften und -momenten, die das Gleichgewicht eines Systems herstellen sollen.

$$\Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0 \text{ und } \Sigma M = 0.$$

Anlaufreibung (starting-up friction) 1.20

Physikalischer Zustand in einem Gleitlager kurz vor Drehung der Welle. Vor dem Anlaufen einer Welle muss das Wellendrehmoment die an der Berührungsstelle Welle/Lager auftretende Haftreibung und damit das entstehende Haftreibungsmoment überwinden.

Anformung (forming) 4.15

Der Querschnittsverlauf eines Bauteils (meist: Biegeträger) wird so gestaltet, dass in jedem Querschnitt (x) die gleiche Biegespannung $\sigma_{b(x)}$ auftritt. Ergebnis: Werkstoffeinsparung, Gewichtsverminderung (Fahrzeugbau).

Anstrengungsverhältnis α_0 (strain relation) 4.9

Verhältnis der zulässigen Biegespannung zur zulässigen Torsionsspannung in Abhängigkeit vom Belastungsfall I, II, III. Wird zur Berechnung der Vergleichsspannung bei zusammengesetzter Beanspruchung aus Biegung und Torsion gebraucht, meist bei Wellenberechnungen.

Anzugsmoment M_A (tightening torque) 1.18

Drehmoment, mit dem eine Befestigungsschraube angezogen werden muss, um eine lockerungssichere Schraubenverbindung herzustellen, z. B. mit einem Drehmomentenschlüssel an Flanschen, Zylinderköpfen an Verbrennungsmotoren, Fahrzeugrädern.

Arbeit W (work) 2.16

Produkt aus der konstanten Verschiebekraft und dem Verschiebeweg eines Körpers. Die Wirklinie der Verschiebekraft und der Verschiebeweg des Körpers müssen übereinstimmen.

Auflagereibungsmoment M_{ra} (support friction torque) 1.18

Dieses Moment muss beim Anziehen einer Befestigungsschraube vom Anzugsmoment überwunden werden. Das Auflagereibungsmoment ist abhängig von der Schraubenlängskraft, der Reibungszahl an der Mutterauflagefläche und dem Wirkabstand der Reibungskraft von der Schraubenachse.

Auftriebskraft F_a (buoyancy force) 3.1

Die zum Eintauchen eines Körpers in ein Fluid (z. B. Wasser, Öl, flüssiges Metall) erforderliche Kraft. Die Auftriebskraft ist gleich der Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeitsmenge.

Ausflussgeschwindigkeit v (outflow velocity) 3.3

Geschwindigkeit, mit der ein Fluid (z. B. Wasser, Öl, Luft) aus einem Behälter ausströmt.

Ausflusszahl μ (outflow coefficient) 3.3

Faktor, um den sich beim Ausfluss eines Fluids aus einem Gefäß der theoretische Volumenstrom \dot{V} verringert.

B**Backenbremse (shoe brake) 1.22**

Bremsvorrichtung, bei der die Bremskraft auf die Bremsrommel radial über die Bremsbacke aufgebracht wird. In der Fördertechnik und im Fahrzeugbau werden meist Doppelbackenbremsen verwendet, bei denen sich die Radialkräfte auf die Bremsrommel ausgleichen.

Backenbremse mit tangenalem Drehpunkt (travel brake) 1.22

Bremse, bei der die Bremswirkung in beiden Drehrichtungen gleich groß ist.

Das wird erreicht, wenn der Drehpunkt des Bremshebels tangential zur Bremsscheibe liegt (auf der Wirklinie der tangential an der Bremsscheibe angreifenden Reibungskraft). Dadurch sind Bremskraft und Bremsmoment in beiden Drehrichtungen gleich groß.

Bandbremse (band brake) 1.22

Bremssystem, bei dem die Bremsrommel von einem Bremsband umschlungen und über einen Zughebel an die Bremsrommel angepresst wird. Die entstehende Seilreibung erzeugt das Bremsmoment.

Beanspruchung (stress) 4.1–4.7

Spannungszustand im Werkstoffgefüge eines durch äußere Kräfte oder Kraftmomente belasteten Bauteils, z. B. in einer drehmomentenbelasteten Getriebewelle (Beanspruchung: Torsion). Man unterscheidet zwischen Beanspruchung und Belastung. Das Werkstoffgefüge des Bauteils wird durch innere Kräfte *beansprucht*, das Bauteil selbst durch äußere Kräfte *belastet*. Die Höhe der Beanspruchung wird durch die Spannung gekennzeichnet.

Beanspruchungsart und Festigkeit (type of stress and resistance) 4.1–4.7

Abhängigkeit der Festigkeitswerte (z. B. Zug-, Druck-, Biegefestigkeit) von der Spannungsart (Normal- oder Schubspannung) und der Spannungsverteilung über dem Querschnitt (gleichmäßig wie bei Zug/Druck oder linear wie bei Biegung und Torsion).

Bernoulli'sche Gleichung (Bernoulli's equation) 3.2

Aus dem Energieerhaltungssatz hergeleitete Grundgleichung für strömende Fluide nach dem Schweizer Mathematiker Daniel Bernoulli (1700–1782). Danach ist in einem strömenden Fluid die Summe aus dem statischen Druck, dem kinetischen Druck (Geschwindigkeitsdruck) und dem geodätischen Druck konstant.

Beschleunigte Bewegung (accelerated movement) 2.1, 2.2, 2.4, 2.5

Zeitlicher Ordnungsbegriff für den Bewegungszustand eines Körpers, gekennzeichnet durch die Zu- oder Abnahme der Geschwindigkeit ($v \neq \text{konstant}$). Man unterscheidet zwischen gleichmäßig beschleunigter Bewegung ($v \neq \text{konstant}$, $a = \text{konstant}$) und ungleichförmiger Bewegung ($v \neq \text{konstant}$, $a \neq 0$).

Beschleunigung a (acceleration) 2.1, 2.2, 2.4, 2.5

Ändert sich die Geschwindigkeit eines Körpers in einem zugehörigen Zeitintervall, dann wird er beschleunigt (positive Beschleunigung) oder verzögert (negative Beschleunigung).

Beschleunigungsarbeit W_a (acceleration work) 2.21

Diejenige Arbeit, die zum Beschleunigen (oder Verzögern) eines Körpers erforderlich ist. Wird ein Körper mit der Masse m durch eine resultierende Kraft F_{res} gleichförmig ($a = \text{konstant}$) längs eines Wegabschnitts Δs von der Geschwindigkeit v_1 auf die Geschwindigkeit v_2 beschleunigt (oder verzögert), dann ist dazu die Beschleunigungsarbeit W_a erforderlich. W_a ist gleich der Änderung der kinetischen Energie ΔE_{kin} des Körpers. Für die Drehbewegung (Rotation) ist für die Masse m das Massenträgheitsmoment J und für die Geschwindigkeit v die Winkelgeschwindigkeit ω einzusetzen.

Bewegungslehre (Kinematik) (kinematics) 2.1

Beschreibung des Bewegungszustands eines Körpers ohne Berücksichtigung der an ihm angreifenden Kräfte und Kraftmomente.

Mit den physikalischen Größen Zeit und Weg werden Geschwindigkeit und Beschleunigung eines Körpers zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem bestimmten Ort im Raum oder in der Ebene mit mathematischen Gleichungen beschrieben.

Biegehauptgleichung (bending principal equation) 4.6

Dient der Berechnung der Biegespannung eines auf Biegung beanspruchten Trägers. Die Biegespannung ist linear über den Trägerquerschnitt verteilt und ist abhängig vom dem den Träger belastenden Biegemoment und dem axialen Widerstandsmoment.

Biegemoment M_b (bending moment) 4.6

Statische Größe im inneren Kräftesystem, das Biegespannungen (Normalspannungen) z. B. in einem Biegeträger hervorruft.

Biegespannung σ_b (bending stress) 4.6

Vom Querschnitt eines Bauteils aufzunehmende Kraft je Flächeneinheit bei der Beanspruchungsart Biegung.

Am belasteten, durchgebogenen Biegeträger stellen sich zwei vorher parallele Querschnitte schräg gegeneinander. Die neutrale Faserschicht ist unverkürzt, sie geht durch den Querschnittsschwerpunkt. Die Randschicht des Querschnitts erhält die stärkste Beanspruchung, und ist spannungsfrei (lineare Spannungsverteilung).

Biegeträger (bending girder) 4.12

Bezeichnung solcher Bauteile, die durch das äußere Kräftesystem hauptsächlich auf Biegung beansprucht werden.

Biegung (bending) 4.6

Grundbeanspruchungsart, bei der der Querschnitt des Bauteils durch ein Biegemoment und eine Querkraft beansprucht wird, z. B. bei Radachsen und Profilstahlträgern im Stahlhochbau.

Biegung und Torsion (bending and torsion) 4.9

Zusammengesetzte Beanspruchung, die hauptsächlich bei Wellen auftritt (Beispiel: Zahnrad-Getriebewelle).

Biegung und Zug/Druck (bending and tension/pressure) 4.9

Eine der zusammengesetzten Beanspruchungsarten, die hauptsächlich bei außermittigem Kraftangriff entsteht, z. B. wenn (im Stahlbau) die Kraft über ein am Träger angeschweißtes Knotenblech eingeleitet wird.

Das innere Kräftesystem besteht dann aus dem Biegemoment (erzeugt Biegespannungen) und der Normalkraft (erzeugt Zugspannungen). Beide werden zur resultierenden Spannung zusammengesetzt.

Bodenkraft F_b (bottom pressure force) 3.1

Belastung der Bodenfläche eines Flüssigkeitsbehälters durch den hydrostatischen Druck.

Die Flüssigkeit drückt mit der Bodenkraft auf den waagerechten Behälterboden und ist abhängig von der Dichte der Flüssigkeit, der Fallbeschleunigung und der Flüssigkeitshöhe, nicht dagegen von der Gefäßform.

C**Culmann'sche Gerade (Culmann's straight line) 1.5**

Basiert auf der Erkenntnis, dass die zwei Resultierenden eines aus vier nicht parallelen Kräften bestehendes Kräftesystem gleich groß, entgegengesetzt gerichtet und auf einer Wirklinie liegen müssen – der Culmann'schen Geraden (Karl Culmann, 1821–1881).

D**Dauerfestigkeit σ_D (fatigue strength) 4.11**

Oberbegriff für den größten Spannungswert, den ein glatter, polierter Probestab bei dynamischer Belastung „dauernd“ ohne Bruch oder unzulässige Verformung aushält.

Man unterscheidet:

- a) Dauerstandfestigkeit bei ruhender (statischer) Belastung (Belastungsfall I),
- b) Schwellfestigkeit bei schwellender Belastung, d. h. die Belastung schwankt dauernd zwischen null und einem Höchstwert (Belastungsfall II),
- c) Wechselfestigkeit bei wechselnder Belastung, d. h. die Belastung schwankt dauernd zwischen einem gleich großen positiven und negativen Höchstwert (Belastungsfall III).

Die Dauerfestigkeitswerte für dynamische Belastung werden im Dauerversuch nach DIN 50100 ermittelt (Dauerschwingversuch).

Dehnung ε (strain) 4.1

Quotient aus der Verlängerung eines zugbeanspruchten (gespannten) Bauteils (Stabs) und seiner Ursprungslänge im ungespannten Zustand.

Die Verlängerung ist die Differenz aus der Stablänge im gespannten und ungespannten Zustand. Als Verhältnis zweier Längen hat die Dehnung die Einheit eins.

Dichte ρ (density) 2.13

Quotient aus der Masse eines Stoffs und dem zugehörigen Volumen.

Differenzbremse (difference brake) 1.22

Bauart der Bandbremse, bei der nur in einer Drehrichtung ein Bremsmoment aufgebracht werden kann.

Drehbewegung (circular motion) 2.3

Ortsveränderung eines Punktes auf einer Kreisbahn, meist betrachtet bei der Drehung eines Körpers (Welle, Zahnrad, Schleifscheibe).

Die dabei wichtigen Größen heißen Kreisgrößen. Kennt man die Gesetze der geradlinigen Bewegung (Translation), lassen sich durch Analogiebetrachtungen die Gesetze der Kreisbewegung (Rotation) erkennen.

Beispielsweise entspricht die geradlinige Geschwindigkeit bei der Translation der Winkelgeschwindigkeit bei der Rotation.

Drehimpuls (angular momentum) 6.4

Produkt aus dem Trägheitsmoment J eines Körpers, z. B. einer Kupplung, und seiner Winkelgeschwindigkeit ω .

Der Drehimpuls wird auch als Drall bezeichnet.

Drehimpulsänderung (angular momentum modification) 2.18

Die Änderung des Drehimpulses eines Körpers ist gleich dem Momentenstoß des resultierenden Drehmoments M_{res} während eines Zeitabschnitts Δt .

Drehmoment M (torque) 2.18, 6.4

Produkt aus der Kraft und deren Wirkabstand von einer Bezugsachse oder Produkt aus dem Trägheitsmoment eines Körpers und seiner Winkelbeschleunigung.

Drehmomentgleichgewichtsbedingung (torque equilibrium condition) 1.7

Eine der drei Gleichgewichtsbedingungen der Statik zur Berechnung unbekannter Kräfte oder Kraftmomente.

Ein am Körper wirkendes Kräftesystem ist dann im Gleichgewicht, d. h. der Körper befindet sich im Ruhezustand oder im Zustand der gleichförmig geradlinigen Bewegung, wenn die Summe aller Kräfte F und die Summe aller Kraftmomente (Drehmomente) M gleich null ist).

Drehzahl n (rotational speed) 2.8

Quotient aus der Anzahl der Umdrehungen und dem zugehörigen Zeitabschnitt. Die Anzahl der Umdrehungen, z. B. 1500, hat die Einheit eins. Der Zeitabschnitt, z. B. 5 min, die Einheit Minuten. Einheit der Drehzahl 1/min oder min^{-1} .

Drei-Kräfte-Verfahren (three forces method) 1.4

Zeichnerisches Verfahren zur Ermittlung unbekannter Kräfte in ebenen Kräftesystemen.

Drei nicht parallele Kräfte sind im Gleichgewicht, wenn sich die Wirklinien der Kräfte in einem Punkt schneiden und das Kräfteck sich schließt.

Druckausbreitungsgesetz (pressure-propagation law) 3.1

Von Blaise Pascal (1623–1662) aufgestellter Satz über die Druckverteilung in einer Flüssigkeit ohne Berücksichtigung ihrer Schwerkraft (Gewichtskraft). Danach breitet sich der Druck, der auf irgendeinen Teil einer abgesperrten Flüssigkeit ausgeübt wird, nach allen Richtungen hin gleichmäßig aus. Bei hohen Drücken braucht der Druck infolge der Schwerkraft der Flüssigkeit nicht berücksichtigt zu werden.

Druckbeanspruchung (pressure loading) 4.1

Eine der fünf Grundbeanspruchungsarten aus der Festigkeitslehre, bei der durch äußere Druckkräfte zwei benachbarte Querschnitte des beanspruchten Bauteils einander näher gebracht werden: der Stab wird verkürzt.

Druckhöhe h (pressure (height)) 3.1

Diejenige Flüssigkeitshöhe, die in einer Flüssigkeit infolge der eigenen Schwerkraft (Gewichtskraft) einen bestimmten Druck erzeugt.

Druckkraft F auf gewölbte Böden (pressure force on convex bottom) 3.1

Diejenige Kraft, die einen Kessel oder ein Rohr infolge des herrschenden Innendrucks stark belasten kann.

Druckstäbe (Eulerian columns, compression struts) 4.7

Im Hoch-, Kran- und Brückenbau und in Fachwerken auf Druck (Knickung) beanspruchte Bauteile (Stützen).

Günstig gegenüber Knicken sind alle Querschnitte, deren Trägheitsradien für alle Knickachsen gleich groß sind, am besten beim Rohrquerschnitt verwirklicht.

Durchbiegungsgleichung (deflection equation) 4.12

Ergebnis der mathematischen Untersuchung der elastischen Verformung eines Biegeträgers. Die mathematische Entwicklung führt zur Differentialgleichung der elastischen Linie. Mit dieser Differentialgleichung werden die Durchbiegungsgleichungen für technisch wichtige Belastungsfälle an Biegeträgern hergeleitet.

Dynamisches Grundgesetz (dynamic basic law) 2.12

Zweites Newton'sches Axiom, wonach die auf die Masse eines Körpers einwirkende resultierende Kraft gleich dem Produkt aus der Masse und der Beschleunigung (Verzögerung) des Körpers ist.

E

Einwertiges Lager (single-valued bearing) 1.4

Bauart einer Lagerung, die nur eine rechtwinklig zur Stützfläche wirkende Kraft (Normalkraft) aufnimmt, jedoch kein Kraftmoment.

Diese Lagerart wird verwendet, um die Wärmeausdehnung nicht zu behindern, z. B. an Brückenträgern und Wellen (Loslager).

Elastische Verformung (elastic deformation) 4.1

Diejenige Formänderung, die nach Wegnahme der äußeren Kräfte und Kraftmomente keine bleibende Verformung des Bauteils hinterlässt.

Beispielsweise erhält ein bei Belastung durchgebogener Träger nach der Entlastung wieder seine ursprüngliche Form. Grund: Die bei der Verformung auftretende Höchstspannung in allen Querschnitten des Bauteils war kleiner als die Dehngrenze des Werkstoffs.

Elastizitätsmodul E (elastic modulus, Young's modulus) 4.1

Durch Dehnversuche an Probestäben ermittelte Werkstoffkonstante.

Zugversuche mit Probestäben (z. B. nach DIN EN 10002-1) zeigen, dass bei vielen Werkstoffen die Dehnung mit der Spannung im gleichen Verhältnis (proportional) wächst, z. B. bleibt für Stahl in den für die Praxis wichtigen Spannungsgrenzen das Verhältnis Spannung/Dehnung konstant. Das Verhältnis ist der Elastizitätsmodul (kurz: E -Modul).

Energie E (energy) 2.21

Fähigkeit der Körper, die vorher an ihm aufgebrachte Arbeit wieder abzugeben (Energie gleich Arbeitsfähigkeit).

Beispielsweise verformt der herabfallende Bär eines Fallhammers das Schmiedestück, verrichtet also Verformungsarbeit (Formänderungsarbeit). In seiner oberen Ruhelage hatte der Bär (potentielle) Energie, also gespeicherte Arbeitsfähigkeit.

Energieerhaltungssatz (principle of energy conservation) 2.18

Sagt aus, dass die Energie am Ende eines technischen Vorgangs gleich der Energie am Anfang des Vorgangs ist

– vermehrt um die während des Vorgangs zugeführte und vermindert um die abgeführte Arbeit.

Euler'sche Zahl e (Euler's number) 1.19

Bei der Seilreibung wächst die Seilzugkraft mit der am anderen Seilende wirkenden Zugkraft exponentiell mit dem Produkt aus der Reibungszahl und dem Umschlingungswinkel. Diese Berechnungsgleichung hat zuerst Euler entwickelt; deshalb heißt „ e “ die Euler'sche Zahl (Leonhard Euler, 1707–1783).

F

Fachwerk (framework) 1.8

Tragkonstruktion aus Profilstäben, die Massivträger bei geringerem Werkstoffaufwand ersetzt.

Die Profilstäbe werden als Zweigelenstäbe angesehen und über Knotenbleche miteinander verbunden (genietet, geschraubt oder geschweißt). Als Zweigelenstäbe können sie nur Zug- oder Druckkräfte aufnehmen. Einfachstes Fachwerk ist der Dreiecksverband mit 3 „Stäben“ und 3 „Knoten“. Das Dreieck ist die einfachste „starre“ Figur, deshalb schließt man weitere Stäbe in gleicher Weise an.

Fahrwiderstand F_w (driving resistance, tractional resistance) 1.24

Kraft, die zum Fortbewegen eines Fahrzeugs auf ebener Bahn mit konstanter Geschwindigkeit erforderlich ist, um den Rollwiderstand an den Rädern und den Reibungswiderstand in den Lagern zu überwinden.

Fallbeschleunigung g (gravitational acceleration) 2.2

Geschwindigkeitszunahme eines frei fallenden Körpers ohne Berücksichtigung des Luftwiderstands.

In der Technik wird mit $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ gerechnet. Die Normfallbeschleunigung g_n ist international festgelegt mit $g_n = 9,80665 \text{ m/s}^2$, gilt annähernd für 45° geographischer Breite und Meeresspiegelhöhe.

Federarbeit W_f (spring work) 2.16

An einer Feder beim Spannen aufgebrauchte mechanische Arbeit (Formänderungsarbeit). Sie entspricht dem Flächeninhalt unter der Kennlinie im Federkraft-Federweg-Diagramm (F, s -Diagramm).

Steht z. B. eine Schraubenzugfeder unter einer Vorspannkraft und soll sie um einen bestimmten Federweg weiter gedehnt werden, ist dazu eine stetig wachsende Kraft aufzubringen. Der Graph $F(s)$ im F, s -Diagramm heißt Federkennlinie, sie ist bei vielen Federn eine Gerade (lineare Kennlinie).

Federrate R (spring rate) 2.16

Mechanische Kenngröße einer Feder. Die Federrate, auch Federkonstante oder Richtgröße gibt das Verhältnis der auf eine Feder wirkenden Kraft zur dadurch bewirkten Auslenkung an.

Festigkeit (strength) 4.16–4.18

Oberbegriff in der Festigkeitslehre für diejenige mechanische (Gegensatz: elektrische) Spannung, die ein Probestab bei bestimmten Beanspruchungsarten (z. B. Biege- oder Zugbeanspruchung) erträgt, bevor er zu Bruch geht oder sich unzulässig bleibend verformt.

Festigkeitslehre (strength of materials) 4.1–4.7

Lehre von den inneren Kräfte- und Spannungssystemen, die durch äußere Belastungen aller Art hervorgerufen werden.

Für die Konstruktions- und Entwurfspraxis stellt die Festigkeitslehre Gleichungen zur Verfügung, mit deren Hilfe für technische Bauteile (Achsen, Wellen, Träger usw.)

- a) der erforderliche Querschnitt,
- b) die maximal zulässige Belastung,
- c) die vorhandene Spannung und
- d) die Verformung des Bauteils ermittelt werden können.

Flächenmoment 2. Grades I (area moment) 4.4

Mathematische (geometrische) Größe, die sich bei der Herleitung der Biege- und Torsionshauptgleichung ergibt.

Man unterscheidet axiale Flächenmomente für Biege- und Knickberechnungen und polare Flächenmomente für Torsionsberechnungen. Für technisch wichtige Querschnittsformen wurden Berechnungsgleichungen entwickelt und in Tabellen zusammengestellt.

Flächenpressung p (contact pressure (per unit area)) 4.3

Beanspruchung in den Berührungsflächen (Oberflächen) zweier gegeneinander gedrückter Bauteile, zum Beispiel zwischen Zahnflanken von Zahnrädern.

Flächenschwerpunkt S (centroid of an area) 1.11

Derjenige Punkt auf der Schwerebene eines Blechs, in dem das abgestützte oder aufgehängte Blech in jeder beliebigen Lage in Ruhestellung bleibt.

Die Lage des Flächenschwerpunkts wird mit dem Momentensatz für Flächen berechnet.

Formänderungsarbeit W_f (deformation work) 4.1

Steigt die Belastung in Zug- und Druckstäben proportional zur Längenänderung an, verrichtet diese Kraft auf dem Weg der Verlängerung eine mechanische Arbeit: die Formänderungsarbeit.

Freier Fall (free fall) 2.2

Durch die Erdanziehung gleichmäßig beschleunigte Bewegung eines frei fallenden Körpers.

Im luftleeren Raum, z. B. in einer luftleer gepumpten Glasröhre, fallen alle Körper gleich schnell mit der Fallbeschleunigung. Bei Berechnungen muss festgelegt werden, ob der Luftwiderstand berücksichtigt werden soll.

Freitragger (cantilever beam) 4.12

Bezeichnung aus der Statik für alle Maschinenelemente oder sonstige Bauteile, die einseitig gelagert sind, z. B. die Pedalachse am Fahrrad.

G**Geschwindigkeitsdruck q (dynamic pressure) 3.2**

Der vom Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit abhängige Teil des Gesamtdrucks in einem strömenden Fluid (kinetischer Druck, auch Staudruck genannt).

Gewindereibungsmoment M_{RG} (thread friction torque) 1.18

Beim Anziehen einer Schraubenverbindung in den Gewindegängen zwischen Bolzen- und Muttergewinde auftretendes Reibungsmoment bei der Gewindereibungszahl des Gewindes (z. B. $\mu' = 0,1$ für metrisches Spitzgewinde, leicht geölt).

Gleichgewichtsbedingungen (equilibrium conditions) 1.7

Rechenregeln der Statik zur Ermittlung unbekannter Kräfte oder/und Kraftmomente (Drehmomente) an Bauteilen, die sich im Gleichgewichtszustand befinden sollen, exakt gültig nur für sogenannte starre Körper.

Gleichgewichtszustand (equilibrium state) 1.7

Der Zustand eines Körpers, in dem keine resultierende Kraft auf ihn einwirkt ($\Sigma F = 0$ oder $F_{res} = 0$).

In diesem Zustand ist der Körper entweder in Ruhe oder in gleichförmig geradliniger Bewegung. Beide Zustände sind gleichwertig.

Gleitreibungskraft F_R (dynamic friction force) 1.14

Tangential zwischen zwei gegeneinander bewegten Körpern auftretende Widerstandskraft.

Die Gleitreibungskraft ist abhängig von der Normalkraft zwischen beiden Körpern und der Gleitreibungszahl der Stoffpaarung. Sie versucht den schnelleren Körper zu verzögern, den langsameren (oder still stehenden) Körper zu beschleunigen. Ruhen beide Körper, bestimmt der zu erwartende Bewegungszustand den Richtungssinn der Reibungskraft.

Guldin'sche Regeln (Guldin's rules) 1.13

Von Paul Guldin (1577–1643) aufgestellte Gleichungen zur Volumen- und Oberflächenberechnung von Rotationskörpern.

H**Haftreibungskraft F_{RO} (static friction force) 1.14**

Tangential zwischen zwei ruhenden Körpern wirkende größte Widerstandskraft, die bei dem Versuch auftritt, den einen Körper gegenüber dem anderen zu verschieben.

Haftreibung (static friction) 1.14

Widerstand gegenüber der Relativbewegung zwischen zwei aneinandergesetzten festen Körpern.

Harmonische Schwingung**(harmonic oscillation) 2.26**

Läuft ein Punkt auf einer Kreisbahn gleichförmig mit der Winkelgeschwindigkeit um, dann entspricht ein Umlauf einer Auf- und Abwärtsbewegung des projizierten Punkts auf einer Projektionsfläche. Die so entstandene Bewegung heißt harmonische Schwingung.

Hertz'sche Gleichungen (Hertzian equations) 4.3

Von dem deutschen Physiker Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894) entwickelte Gleichungen zur Berechnung der Flächenpressung zwischen Körpern mit gekrümmten Oberflächen (Kugel/Ebene, 2 Kugeln, Zylinder/Ebene, 2 Zylinder). In Wälzlagern (Kugellager, Kegelrollenlager, usw.) tritt eine solche Beanspruchung zwischen Wälzkörpern (Kugeln, Walzen, Tonnen, Nadeln) und Laufringern auf.

Höhenenergie (vertical energy) 2.21

Der Masse eines Körpers durch Heben auf ein höheres Niveau potentielle Energie vermitteln.

Hooke'sches Gesetz (Hooke's law) 4.1

Von dem englischen Physiker Robert Hooke (1635–1703) entwickelte Beziehung zwischen der mechanischen Spannung und der dadurch auftretenden Dehnung eines zugbeanspruchten metallischen Stabs.

Hubarbeit W_h (lifting work) 2.16

Von Kranen oder anderen Senkrechtförderern aufgebrauchte Arbeit, um Lasten mit der Masse m von der Höhe h_1 auf die Höhe h_2 zu heben.

Hydraulischer Hebebock (hydraulic lifting jack) 3.1

Mit Öl gefüllter Behälter, an den zwei Zylinder mit unterschiedlichen Durchmessern angeschlossen sind, in denen Kolben gleiten. Hat der Druckkolben den kleineren Durchmesser, lassen sich mit kleiner Druckkraft größere Lasten heben. Es gilt das Druckausbreitungsgesetz. Die Kolbenkräfte verhalten sich zueinander wie die Kolbenflächen, die Kolbenwege verhalten sich umgekehrt zueinander wie die Quadrate der Kolbendurchmesser.

Hydrostatischer Druck p (hydrostatic pressure) 3.1

Quotient der im Inneren oder von außen auf das Fluid wirkenden Kraft und der gepressten Fläche.

Der hydrostatische Druck wird auch kurz mit Druck bezeichnet. Er entspricht in der Festigkeitslehre der Druckspannung. Die Einheit „Newton je Quadratmeter (N/m^2)“ hat den Einheitenamen Pascal mit dem Kurzzeichen Pa: $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ nach Blaise Pascal, 1623–1662.

I**Impulserhaltungssatz (conservation of momentum) 3.2**

In einem abgeschlossenen System bleibt die vektorielle Summe aller Einzelimpulse konstant. Physikalischer Satz von grundlegender Bedeutung wie der Energieerhaltungssatz.

J**Joule J (joule) 6.4**

Gesetzliche und internationale Einheit (SI-Einheit) der Energie und der Arbeit ist das Joule (J), benannt nach dem Physiker J. P. Joule (1818–1889).

K**Keilreibungszahl μ' (wedge friction coefficient) 1.17**

Der Quotient aus der Reibungszahl und dem Sinus des halben Keilwinkels ergibt die Keilreibungszahl, die damit immer größer ist als die Reibungszahl auf einer ebenen Fläche.

Kerbquerschnitt (notch cross-section) 4.10

Bauteilquerschnitt, der durch schroffe Querschnittsänderung (Kerben) wie Bohrungen, Naben, Wellenabsätze, Keilnuten geschwächt wird.

Klemmbedingung (clamping condition) 1.16

Geometrische Voraussetzung für Führungen an beweglichen Maschinenteilen, die entweder reibungsarm gleiten (Pressenstößel, Ziehschlitten) oder ungeklemmt sicheren Halt gewährleisten sollen (Bohrmaschinen-tische).

Knickung (buckling) 4.7, 4.8

Bei Druckbeanspruchung schlanker Stäbe (Kolbenstangen, Säulen, Stößeln, Lochstempeln usw.) auftretender Sonderfall der Druckbeanspruchung, bei dem das Bauteil plötzlich seitlich „ausknickt“. Dies geschieht, obwohl der Stab genau in Richtung seiner Achse gedrückt wird und die Druckspannung unterhalb der Proportionalitätsgrenze liegt. Knickung ist daher kein Spannungs- sondern ein Stabilitätsproblem. Man unterscheidet:

- elastische Knickung, für die der Mathematiker und Physiker Leonhard Euler (1707–1783) eine Gleichung entwickelt hat (Eulergleichung oder Euler'sche Knickungsgleichung),
- inelastische Knickung, für die Ludwig von Tetmajer (1850–1905) besondere Gleichungen entwickelt hat.

Kommunizierende Röhren (communicating tubes) 3.1

Röhrensystem mit zwei oder mehr oben offenen Röhren, die an den unteren Enden miteinander verbunden sind. Enthält das System nur eine Flüssigkeit, steht sie in allen Röhren gleich hoch, unabhängig von Form und Größe der Röhren. Der Flüssigkeitsspiegel steht immer waagrecht. Enthält das System zwei Flüssigkeiten unterschiedlicher Dichte, steht bei Gleichgewicht die leichtere Flüssigkeit in einem Rohr höher als die schwerere Flüssigkeit im anderen Rohr.

Konsolträger (console beam) 4.15

Einseitig angeschweißtes, angeschraubtes oder angenietetes Tragteil aus Profilstahl oder Blech, das zur Werkstoffersparnis meistens angeformt ist.

Kontinuitätsgleichung (continuity equation) 3.2

Gesetzmäßigkeit, nach der durch unterschiedliche Querschnitte einer Leitung in einer Zeiteinheit (z. B. 1 s) das

gleiche Flüssigkeitsvolumen fließen muss (Massenerhaltungssatz).

Kontraktion (contraction) 3.3

Einschnürung eines Flüssigkeitsstrahls durch Umlenkung der Stromfäden infolge einer Querschnittsverengung. Der Strahlquerschnitt verringert sich dann um den Faktor der Kontraktionszahl (< 1).

Kräfteplan (forces plan) 1.1

Maßstabs- und richtungsgerechte Darstellung aller an einem Bauteil angreifenden Kräfte.

Kraftmoment M (moment of force) 4.5

In der Statik die Bezeichnung für das Produkt aus einer Einzelkraft und ihrem Wirkabstand von einer Bezugsachse.

Wirkabstand heißt: rechtwinklig zur Wirklinie gemessen. Bewirkt das Kraftmoment eine Drehbewegung, nennt man es Drehmoment. Wirkt das Kraftmoment biegend auf einen Körper, heißt es in der Festigkeitslehre Biegemoment, wirkt es tordierend (verdrehend), nennt man es Dreh- oder Torsionsmoment. Der Drehsinn des Kraft- (Dreh)moments wird durch das Vorzeichen angegeben: (+) = Linksdrehsinn, (–) = Rechtsdrehsinn (im Uhrzeigersinn).

Kraftstoß (force collision) 2.15

Produkt aus der auf einen Körper einwirkenden resultierenden Kraft und dem zugehörigen Zeitabschnitt. Der Kraftstoß ist gleich der Änderung des Impulses während des betrachteten Zeitabschnitts.

L**Lageplan (site plan) 1.1**

Maßstäbliche Darstellung eines Bauteils mit allen Wirklinien der gegebenen und gesuchten Kräfte.

Längenausdehnungskoeffizient α_l (coefficient of linear expansion) 4.1

Verlängerung eines metallischen Stabs bezogen auf 1 m Länge und 1 K ($1\text{ }^\circ\text{C} = 1\text{ K}$).

Für Stahl zum Beispiel ist $\alpha_l = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$, d.h., ein Stahlstab mit 1 m Länge verlängert sich bei Erwärmung um $1\text{ K} = 1\text{ }^\circ\text{C}$ um $12 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,012 \text{ mm}$.

Lastfall (loading case) 4.22

Vorgeschriebene Bezeichnung der Belastungsannahmen (Kräfte, die von außen auf ein Stahlbausystem einwirken) für Festigkeitsrechnungen von Stahlbauten (Hochbau, Brückenbau, Kranbau), z. B. Lastfall H für Hauptlasten, Lastfall Z für Zusatzlasten, Lastfall S für Sonderlasten. Hauptlasten (H) sind z. B. Eigenlast, Verkehrslast, Schneelast, Massenkkräfte. Zusatzlasten (Z) sind z. B. Windlast und Wärmeeinwirkungen. Sonderlasten (S) sind z. B. unvorhersehbarer Anprall (Stoß) und Einwirkungen von Baugrundbewegungen.

Reibungskegel (friction cone) 1.16

Mit bekanntem Reibungswinkel gezeichneter Kegelman-
tel zur zeichnerischen Lösung von Reibungsaufgaben.
Der skizzierte Körper bleibt so lange in Ruhe, wie die
Resultierende aller äußeren Kräfte innerhalb des Rei-
bungskegels liegt.

Reibungsmoment (friction torque) 1.20, 1.21

Dreht ein Wellendrehmoment einen ruhenden Trag- oder
Spurzapfen, wirkt das Reibungsmoment der Drehbewe-
gung entgegen.

Reibungswinkel ϱ (angle of friction) 1.14

Winkel im Kräfteplan zwischen Normalkraft und der aus
Gewichtskraft und Verschiebekraft gebildeten Ersatz-
kraft.

Reibungszahl μ (friction coefficient) 1.14

Durch Versuche ermittelte Reibungswinkel ϱ und ϱ_0 erge-
ben die Reibungszahlen für verschiedene Werkstoffpaa-
rungen. Die Ergebnisse sind Mittelwerte aus mehreren
Versuchen.

Reißlänge l_r (tearing length, breaking length) 4.1

Länge, bei der ein frei hängendes Seil allein unter seiner
Eigengewichtskraft reißt.

Reißlängen einiger Werkstoffe:

Für Stahl S235JR mit Zugfestigkeit $R_m = 360 \text{ N/mm}^2$ und
Dichte $\varrho = 7850 \text{ kg/m}^3$ ist $l_r = 4,713 \text{ km}$; für Federstahl
mit $R_m = 1800 \text{ N/mm}^2$ ist $l_r = 22,93 \text{ km}$.

Reynold'sche Zahl Re (Reynold's number) 3.2

Mit Hilfe dieser Zahl kann für ein gerades Rohr mit
kreisförmigem Querschnitt festgestellt werden, ob eine
laminare oder eine turbulente Strömung vorliegt.

Auch die Rohrreibungszahl und die kritische Übergangs-
geschwindigkeit von laminarer zu turbulenter Strömung
werden über die Reynold'sche Zahl ermittelt (Osborn
Reynolds, 1842–1912).

Richtungswinkel α (direction angle) 1.1

Der Winkel, den die Wirklinie einer Kraft mit der posi-
tiven x -Achse eines rechtwinkligen Achsenkreuzes ein-
schließt: $0 \leq \alpha \leq 360^\circ$.

Ritter'sches Schnittverfahren (Ritter's cut process) 1.9

Dieses Verfahren ist dazu geeignet, an statisch bestimm-
ten Fachwerkträgern einzelne Stabkräfte rechnerisch zu
ermitteln. Grundlage der Stabberechnung ist der gedank-
liche Ritter'sche Schnitt durch drei Stäbe und die Auf-
stellung und mathematische Verarbeitung der drei Mo-
menten-Gleichgewichtsbedingungen (Georg Dietrich
Ritter, 1826–1908).

Rollbedingung (rolling condition) 1.24

Die zum Rollen eines Rads erforderliche Bedingung, die
ein Gleiten verhindert.

Damit sich die Räder eines Fahrzeugs auf seiner Unterlage
drehen, muss die Haftreibungskraft größer sein als der

Fahrwiderstand. Daraus ergibt sich die Rollbedingung:
Haftreibungszahl \geq Fahrwiderstandszahl. Bei Haftrei-
bungszahl = Fahrwiderstandszahl gleiten die Räder auf der
Fahrbahn.

Rollenzug (set of pulleys) 1.27

Kombination fester und loser Rollen als Übersetzungs-
mittel zwischen einer zu hebenden Gewichtskraft (Last)
und der dazu erforderlichen Zugkraft.

Rollreibung (rolling friction) 1.23

Das durch geringfügige elastische Formänderung (Ein-
drücken) fortwährend ablaufende „Kippen“ um eine
Kippachse, das zum Rollvorgang führt.

Rotationsarbeit W_{rot} (rotational work) 2.20

Produkt aus dem an einer Kurbelwelle wirkenden Dreh-
moment und dem beim Drehen der Kurbel überstrichenen
Drehwinkel.

Rotationsleistung P_{rot} (rotational power) 2.20

Produkt aus dem z. B. an einer Kurbelwelle wirkenden
Drehmoment und der Winkelgeschwindigkeit, mit der die
Kurbelwelle umläuft.

S**Schiebung γ (shift) 4.2**

Werden die beiden Schnitrufer einer Schubfeder durch
eine Kraft gegeneinander verschoben, neigen sich beide
Seitenflächen um den Winkel γ , der als Schiebung oder
Winkelverzerrung genannt wird.

Schlankheitsgrad λ (degree of slenderness)

Zeigt als Quotient aus der freien Knicklänge zum Träg-
heitsradius über den Grenzschlankheitsgrad auf, ob bei
der Knickbeanspruchung die Eulerbedingung gilt oder
die Knickspannung nach den Tetmajer – Gleichungen
berechnet werden muss.

Schräger Wurf (inclined throw) 2.7

Bewegungsablauf eines mit der Abwurfgeschwindigkeit
unter dem Abwurfwinkel schräg nach oben oder schräg
nach unten abgestoßenen Körpers ohne Berücksichtigung
des Luftwiderstands.

Schlusslinienverfahren (closing line process) 1.6

Baut auf dem zeichnerischen Momentensatz auf (1.3).
Über die Konstruktion der Schlusslinie im Lageplan
können im Kräfteplan zum Beispiel unbekannte Lager-
kräfte zeichnerisch ermittelt werden.

Schubmodul G (shear modulus) 4.17, 4.18

Durch Schubversuche an Probestäben der meisten Werk-
stoffe ermittelte Werkstoffkonstante.

Der Schubmodul für Stahl beträgt zum Beispiel
 $G_{\text{Stahl}} = 80.000 \text{ N/mm}^2 = 8 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$.

Schwerpunkt S (centre of mass) 1.10

Derjenige körperfeste Punkt, in dem der Körper – abge-
stützt oder aufgehängt – in jeder beliebigen Lage in Ruhe
bleibt (sich im Gleichgewicht befindet). Für kompliziert

aufgebaute technische Körpersysteme, z. B. eine Werkzeugmaschine, wird die Lage des Schwerpunkts durch Versuche ermittelt. Für einfachere Bauteile, z. B. ebene Blechteile, benutzt man den Momentensatz für zwei rechtwinklig zueinander stehende Lagen.

Seilreibung (cable friction) 1.19

Widerstand, der beim Ziehen eines Seils über einen walzenförmigen Körper überwunden werden muss. Die Seilzugkraft wächst nach Euler und Eytelwein linear mit der am anderen Seilende wirkenden Zugkraft und exponentiell (e-Funktion) mit dem Produkt aus Reibungszahl und Umschlingungswinkel.

Seitenkraft F_s (side force) 3.1

Seitenwandbelastung eines Flüssigkeitsbehälters. Der Druck in einer Flüssigkeit breitet sich nach allen Seiten hin gleichmäßig aus.

Selbsthemmung (self-locking) 1.22

In der Statik die Bezeichnung für einen Vorgang, bei dem ein System ohne Krafteinwirkung zur Ruhe kommt oder durch Krafteinwirkung nicht bewegt werden kann. Beim Schraubgetriebe (z. B. Wagenheber) zum Beispiel hält nach einem Hub die Reibung im Schraubengewinde allein die Last auf der erreichten Hubhöhe. Selbsthemmungsbedingung:

Reibungswinkel $>$ Gewindesteigungswinkel (gilt auch für Spindelpressen und schiefe Ebenen).

Spannungsarten (stress types) 4.1–4.6

Unterscheidung der im Querschnitt eines belasteten Bauteils wirkenden mechanischen Spannung nach Ursache und Richtung.

Die Normalspannung, hervorgerufen durch die Normalkraft, steht rechtwinklig auf der Querschnittsfläche.

Die Schubspannung, hervorgerufen durch die Querkraft, liegt in der Querschnittsfläche.

Spurzapfen (pintle) 1.21

Konstruktiv als Lagerung (Längslager) ausgebildetes Wellenende, das Axialkräfte aufnehmen soll.

Die Reibungszahlen für Spur- und Traggapfenlagerung (Quer- und Längslager) werden aus Versuchen bestimmt.

Steiner'scher Verschiebesatz (Steiner's displacement law) 4.4

Hat eine Teilfläche eine Schwerachse, die nicht mit der Schwerachse der Gesamtfläche zusammen fällt, dann muss zu deren Flächenmoment das Produkt aus der Teilfläche und dem Quadrat des Abstands der Teilschwerachse zur Gesamtschwerachse hinzu addiert werden (Jakob Steiner, 1796–1863).

Stoß (impact) 2.22

Physikalischer Vorgang, wenn sich zwei Körper während eines sehr kleinen Zeitabschnitts Δt berühren und dabei ihren Bewegungszustand ändern.

Stoßzahl (coefficient of restitution) 2.22

Die Stoßzahl beschreibt das Verhältnis der Relativgeschwindigkeiten v und c zueinander.

Stützträger (support beam) 4.12

Bezeichnung aus der Statik für alle Maschinenelemente oder sonstige Bauteile, die beidseitig gelagert sind.

T

Tangentialkraft F_a (tangential force) 2.20

Die in Richtung der Tangente an einen zylinderförmigen Körper (Welle, Zahnrad, Walze) wirkende Kraft oder Kraftkomponente.

Tetmajer – Gleichungen (Tetmajer's equations) 4.7

Nur wenn die Nachrechnung des Schlankheitsgrads mit gegebenen oder festgelegten (Entwurfs-) Abmessungen einen Wert ergibt, der *kleiner* ist als der Grenzschlankheitsgrad, liegt unelastische Knickung vor. Dann gelten zur Ermittlung der Knickspannung statt der Eulergleichung die Tetmajer-Gleichungen.

Torsion (torsion) 4.5

Grundbeanspruchungsart, bei der zwei benachbarte Querschnitte durch ein Torsionsmoment gegeneinander verdreht werden (typische Wellenbeanspruchung). Das Torsionsmoment erzeugt im Querschnitt die Torsionsspannung.

Torsionshauptgleichung (principal equation of torsion) 4.5

Dient der Berechnung der Torsionsspannung z. B. einer auf Torsion beanspruchten Welle. Die Torsionsspannung ist linear über den Wellenquerschnitt verteilt und ist abhängig vom dem die Welle belastenden Torsionsmoment und dem polaren Widerstandsmoment.

Torsionsmoment M_T (torsional moment) 4.5

Statische Größe (Kräftepaar) im inneren Kräftesystem, die Torsionsspannungen (Schubspannungen) hervorruft.

Torsionsspannung τ (torsion stress) 4.5

Vom Querschnitt einer Welle aufzunehmende Spannung bei der Beanspruchungsart Torsion. Die Randfasern der Welle erhalten die stärkste Beanspruchung, die Wellenachse ist spannungsfrei, sie bleibt unverformt (lineare Spannungsverteilung). Zweckmäßig sind daher Hohlwellen (Leichtbau).

Trägheitsgesetz (law of inertia) 2.12

Jeder Körper beharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmig geradlinigen Bewegung, solange keine (resultierende) Kraft auf ihn einwirkt.

Diese Körpereigenschaft heißt Trägheit oder Beharrungsvermögen. Das Gesetz wird nach dem englischen Physiker und Begründer der Mechanik Isaac Newton (1642–1726) auch als erstes Newton'sches Axiom (Trägheitsaxiom) bezeichnet.

Trägheitsradius i (radius of inertia) 2.18

In der Festigkeitslehre die Wurzel des Quotienten aus dem axialen Flächenmoment und der Querschnittsfläche. Für häufig gebrauchte Querschnittsformen und Profilstähle in Tabellen angegeben.

In der Dynamik ist der Trägheitsradius die Wurzel des Quotienten aus dem Trägheitsmoment und der Masse.

Trägerarten (types of beam) 4.12

In der Technik gebräuchliche Bezeichnung für meist biegebeanspruchte Bauteile.

Man unterscheidet Freitragler und Stützträger. Freitragler sind alle einseitig befestigten, tragenden Bauteile, z. B. angeschweißte, geschraubte oder genietete Konsolbleche. Stützträger sind alle zwei- oder mehrfach an den Trägerenden gelagerte Achsen oder Wellen. Kragträger sind Stützträger, die mit einem oder mit beiden Enden über die Lagerstelle hinausragen.

Tragzapfen (pivot) 1.20

Konstruktiv als Lagerung (Längslager) ausgebildetes Wellenende, das Radialkräfte aufnehmen soll.

Die Reibungszahlen für Trag- und Spurzapfenlagerung (Längs- und Querlager) werden aus Versuchen bestimmt.

U**Überlagerungsprinzip (superposition principle) 2.26**

Häufig angewendetes Verfahren zur Analyse und Ermittlung resultierender Wirkungen bei sich überlagernden Vorgängen oder Zuständen (Superpositionsverfahren).

Überlagerung von skalaren Größen: Ist die Durchbiegung eines Biegeträgers unter der Belastung mehrerer Einzelkräfte zu berechnen, ermittelt man die Durchbiegung durch jede Einzellast und addiert die ermittelten Beträge zur resultierenden Gesamtdurchbiegung.

Überlagerung von vektoriellen Größen: Ist die Momentangeschwindigkeit eines Körpers beim schrägen Wurf zu berechnen, ermittelt man die Geschwindigkeit des Körpers in waagerechter Wurfriechtung und in senkrechter Richtung und addiert beide geometrisch zur resultierenden Geschwindigkeit.

Übersetzung i (transmission) 2.9

Quotient (Verhältnis) aus der Antriebsdrehzahl (Antriebs-Winkelgeschwindigkeit) eines Getriebes zur Abtriebsdrehzahl (Abtriebs-Winkelgeschwindigkeit).

Hinweis: Die Drehzahlen (Winkelgeschwindigkeiten) eines Getriebes verhalten sich umgekehrt wie die Baugrößen (z. B. Durchmesser von Riemenscheiben).

Umfangsgeschwindigkeit v_u (circumferential speed) 2.8

Geschwindigkeit eines Punktes am Umfang eines rotierenden Bauteils (Rad, Schleifscheibe, Fräser, Bohrer, Lagerzapfen).

Für Berechnungen an Werkzeugmaschinen mit umlaufendem Werkstück oder Werkzeug wird die Umfangsgeschwindigkeit als Schnittgeschwindigkeit bezeichnet.

V**Verdrehwinkel φ (torsion angle) 4.5**

Formänderungsgröße bei Torsionsbeanspruchung in Abhängigkeit vom eingeleiteten Torsionsmoment und der Torsionsstablänge.

Der Verdrehwinkel ist unabhängig von der Stahlgüte, weil der Schubmodul für alle Stahlsorten gleich groß ist.

Vergleichsmoment M_v (comparison torque) 4.9

Für die zusammengesetzte Beanspruchung Biegung und Torsion entwickelte Momentenbeziehung.

Mit dem Vergleichsmoment lässt sich der erforderliche Wellendurchmesser (Voll- oder Rohrquerschnitt) berechnen.

Verzögerung a (delay) 2.2

Es gilt die Grundgleichung der Beschleunigung – wird auch als negative Beschleunigung bezeichnet. Zum Beispiel gibt die Bremsverzögerung an, wie stark ein Körper (Fahrzeug, Schiff usw.) abgebremst wird.

W**Waagerechter Wurf (horizontal throw) 2.6**

Bewegungsablauf eines horizontal abgestoßenen Körpers ohne Berücksichtigung des Luftwiderstands.

Wärmespannung σ_θ (thermal stress) 4.1

Mechanische Normalspannung, die durch eine Temperaturänderung (Temperaturdifferenz) in eingespannten Bauteilen auftritt. Dabei ist die Wärmespannung unabhängig von den Abmessungen des Bauteils.

Widerstandsmoment W (section modulus) 4.6

Geometrische Rechengröße für Festigkeitsberechnungen bei Biegung, Knickung und Torsion.

Das Widerstandsmoment ist der Quotient aus dem jeweiligen Flächenmoment des Querschnitts und dem äußeren Randfaserabstand von der Querschnittsachse. Entsprechend unterscheidet man zwischen axialen und polaren Widerstandsmomenten. Wie für die Flächenmomente 2. Grades sind auch für die Widerstandsmomente Berechnungsgleichungen für technisch wichtige Querschnittsformen entwickelt und in Tabellen zusammengestellt worden.

Wirkungsgrad η (work ratio factor) 2.17

In einem technischen Vorgang das Verhältnis aus Nutzarbeit (oder Nutzleistung) und aufgewendeter Arbeit (oder Leistung P_a).

Die bei jedem Vorgang unvermeidliche Reibungsarbeit wird in Wärme umgewandelt, die zu einem Teil für den eigentlichen Zweck verloren geht. Daher gilt immer: Wirkungsgrad < 1 . Der Gesamtwirkungsgrad einer Maschine, einer Anlage oder eines physikalischen Vorgangs ist das Produkt der Einzelwirkungsgrade.

Wirkungsgrad η für Schraubgetriebe (work ratio factor for screw gear) 1.18

Wie bei der Definition des Wirkungsgrads allgemein (2.17) das Verhältnis der Nutzarbeit zur aufgewendeten Arbeit. Bei einer Schraubenumdrehung ist die Nutzarbeit das Produkt aus der Schraubenlängskraft und der Steigungshöhe (Hubarbeit). Die aufgewendete Arbeit ist das Produkt aus der Umfangskraft und dem Flankenumfang.

Z

Zentrales Kräftesystem (central force system) 1.1

In der Statik die an einem Bauteil angreifenden Kräfte, deren Wirklinien sich in einem gemeinsamen Angriffspunkt schneiden.

Solche Kräftesysteme sind dann im Gleichgewicht, wenn zwei Gleichgewichtsbedingungen erfüllt sind: $\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$.

Zentripetalbeschleunigung a_z (centripetal acceleration) 2.24

Bei einer Drehbewegung muss ein umlaufender Körper dauernd in Richtung zum Mittelpunkt hin abgelenkt werden. Dazu ist eine Beschleunigung des Körpers erforderlich – die Zentripetalbeschleunigung.

Zentripetalkraft F_z (centripetal force) 2.24

Zum Mittelpunkt einer Bogenbahn (z. B. Kreisbogen) gerichtete Beschleunigungskraft. Die entgegengesetzt gerichtete gleichgroße Kraft heißt Fliehkraft oder Zentrifugalkraft.

Die Zentripetalkraft ist nach dem dynamischen Grundgesetz die Ursache für die Zentripetalbeschleunigung.

Zugbeanspruchung (tensile stress) 4.1

In der Festigkeitslehre eine der fünf Grundbeanspruchungsarten, bei der durch das äußere Kräftesystem zwei benachbarte Querschnitte des beanspruchten Bauteils voneinander entfernt werden – der Stab wird verlängert.

Zughauptgleichung (tensile principle equation) 4.1

Dient der Berechnung der Zugspannung eines auf Zug beanspruchten Bauteils. Die Zugspannung ist der Quotient aus der auf ein Bauteil wirkenden Normalkraft und der Querschnittsfläche, ist gleichmäßig über den Bauteilquerschnitt verteilt und darf nur über die das Bauteil belastende Zugkraft ermittelt werden.

Zweigelenkstäbe (double jointed bar) 1.9

In der Statik Bezeichnung für alle Bauteile, die an nur zwei Punkten gelenkig mit Nachbarbauteilen verbunden sind und auch nur dort Kräfte aufnehmen.

Die Gelenke werden als reibungsfrei angesehen, so dass die Bauteile (Stäbe genannt) nur Zug- oder Druckkräfte aufnehmen können. In diesem Sinn sind Fachwerke aus Zweigelenkstäben aufgebaut. Die Form der Stäbe hat dabei keinen Einfluss, sie können gerade oder gekrümmt sein.

Zweiwertiges Lager (two-valued bearing) 1.4

Bauart einer Lagerung, die eine beliebig gerichtete Kraft, jedoch kein Kraftmoment aufnehmen kann.

Da man die beliebig gerichtete Kraft in einem rechtwinkligen Koordinatensystem in zwei rechtwinklig aufeinander stehende Komponenten zerlegen kann, spricht man von zweiwertiger Lagerung.

Wellen sollen zum Beispiel Drehmomente weiterleiten und Zahnrad- oder Riemenkräfte über Wälz- oder Gleitlager auf das Gehäuse übertragen. Eins der beiden Wellenlager ist konstruktiv als zweiwertiges Lager (Festlager), das andere als einwertiges Lager (Loslager) ausgebildet.

Sachwortverzeichnis

0

0,2-Dehngrenze 72

A

Abminderungsfaktor 50, 52
Abscherbeanspruchung 44
Abscherfestigkeit 44
Abscherhauptgleichung 44
Abtriebsmoment 28
Additionstheorem 86
Amplitude 32
Analytische Lösung 5
Anstrengungsverhältnis 53
Antriebsmoment 28
Anzugsmoment 14
Arbeit 25, 77
 mechanische 25
Arithmetisches Mittel 80
Auftriebskraft 36
Ausbreitungsgeschwindigkeit 34
Ausflussgeschwindigkeit 40, 41
Ausflusszahl 39
Ausflusszeit 40
Auslenkung 32, 34
Axiale Flächenmomente 2. Grades 58, 59, 60

B

Backenbremse 15, 16
Bandbremse 16
Bandbremszaum 17
Basiseinheiten 77
Baustahl 63
Bernoulli'sche Druckgleichung 38
Beschleunigung 19, 24
Beschleunigungsarbeit 29
Betriebsfestigkeitsnachweis 67
Bewegung
 gleichmäßig beschleunigte 19
 gleichmäßig verzögerte 19
Bezugspunkt 2
Bezugsschlankheitsgrad 51
Biegebeanspruchung 48, 62
Biegehauptgleichung 48
Biegemoment 48, 55, 56, 57, 77

Biegeträger 55, 56, 57
Biegung und Torsion 53
Biegung und Zug/Druck 53
Binomische Formel 80
Boden, gewölbter 35
Bodenkraft 36
Bogenhöhe 9, 82
Bogenlänge 82
Bogenmaß 77, 83
Bolzenverbindung 46
Brechungsgesetz 34
Brechungswinkel 34
Bremsband 17
Bremsse 15
Bremsmoment 15, 16, 17
Brems Scheibe 17

C

Celsius-Temperatur 78
Culmann'sche Gerade 4

D

Dauerbruchsicherheit 54
Dauerfestigkeit 54, 64
Dehnung 42
Dichte 25, 36
Differenzbremse 17
Division 80
Doppler-Effekt 34
Drehbewegung 20
Drehimpuls 26, 78
Drehmoment 26, 48, 77
Drehwinkel 20, 21, 23, 24, 48
Dreieck 7, 81
Dreiecksschwerpunkt 7, 9
Drei-Kräfte-Verfahren 3
Druck 35, 46, 47, 77
Druckbeanspruchung 44
Druckmittelpunkt 36
Druckstab 50
Durchbiegung 55, 56, 57
Durchflussgeschwindigkeit 38
Dynamisches Grundgesetz für Rotation 26
Dynamisches Grundgesetz für Translation 24

E

Ebene, schiefe 11, 12
 Eckenmaß 82
 Einfallswinkel 34
 Einheitskreis 83
 Einsatzstahl 64
 Elastischer Stoß 29
 Elastizitätsmodul 63
 Endgeschwindigkeit 19, 20, 21
 Energie 77
 kinetische 29, 31
 potenzielle 28
 Rotations- 30, 31
 Spannungs- 29
 Energieerhaltungssatz 27, 29
 Englergrade, Umrechnung 39
 Erreger 34
 Eulerbedingung 49
 Euler'sche Knickung 49
 Exponent 80

F

Fachwerk 5
 Fachwerkträger 5
 Fahrwiderstand 18
 Fahrwiderstandszahl 18
 Fall, freier 19
 Fallbeschleunigung 19, 21, 24, 36, 43
 Fallhöhe 21
 Faserschicht, neutrale 49
 Federarbeit 26
 Federkraft 26
 Federrate 26, 32, 33
 Federweg 26
 Feinkornbaustahl 63
 Feste Rolle 18
 Festigkeitswerte
 für Gusseisen-Sorten 64
 für Stahlsorten 64
 für Walzstahl 63
 Flächenmoment 70, 72, 73
 Flächenmoment 2. Grades 47
 axiales 58
 geneigte Flächen 45
 Gewinde 45
 gewölbte Flächen 46
 Gleitlager 46
 polares 60
 Flächenschwerpunkt 7
 Flankendurchmesser 14, 44, 74, 75
 Flaschenzug 18

Fluidmechanik 35, 36, 37
 Flüssigkeitssäule 32
 Flüssigkeitsspiegel 27
 Flüssigkeitsvolumen 27
 Formänderungsarbeit 43, 48
 freier Fall 19
 Frequenz 31
 Führungslänge 13
 Fünfeck 81

G

Gangzahl 75
 Geometrisches Mittel 80
 Gesamtwirkungsgrad 26
 Geschwindigkeit 21, 23, 29, 30, 31, 33
 Geschwindigkeitszahl 39
 Gewichtskraft 24, 25, 68, 69, 70, 71
 Gewinde, eingängiges 75
 Gewinde, zweigängiges 75
 Gewindereibungsmoment 14
 Gewindesteigung 45, 74, 75
 Gewindetiefe 74
 Gleichung, quadratische 81
 Gleitreibungszahl 10
 Griechisches Alphabet 79
 Größe, translatorische und rotatorische 31
 Größenbeiwert 54, 66
 Grundfrequenz 34
 Grundgesetz, dynamisches
 für Rotation 26
 für Translation 24
 Guldin'sche Regel 9
 Gusseisen 42, 45, 49, 54, 64

H

Haftreibungskraft 10
 Haftreibungswinkel 10
 Haftreibungszahl 10
 Halbkreisbogen 9
 Halbkreisfläche 8
 Harmonische Schwingung 31
 Harmonische Welle 34
 Hertz'sche Gleichungen 46
 Höhenenergie 28
 Hooke'sches Gesetz 42
 für Schubbeanspruchung 44
 Hubarbeit 25
 Hydraulische Kraftübersetzung 35
 Hydraulische Presse 35
 Hydrostatischer Druck 35

I

Impuls 25, 78
 Impulserhaltungssatz 27
 für Fluide 38
 Impulskraft 38
 Impulsstrom 38

K

Keilreibungszahl 14
 Keilwinkel 14
 Kelvin 78
 Kerbformzahl 54
 Richtwerte 65
 Kerbspannung 54
 Kerbwirkung 54
 Kerbwirkungszahl 64
 Kerndurchmesser 75
 Kernquerschnitt 75
 Kessel- oder Rohrlängsnaht 37
 Kinetische Energie 29
 Bewegungsenergie 29
 Knickbeanspruchung 49
 Knickkraft, Euler 49
 Knicklänge 49
 Knicklängenbeiwert 51
 Knicklinie 51
 Knickspannung 49
 Knickung im Stahlbau 50
 Knotenschnittverfahren 5
 Kohärente Einheit des ebenen Winkels 83
 Kolbendurchmesser 35
 Kolbenfläche 35
 Kolbengeschwindigkeit 24
 Kolbenkraft 35
 Kolbenweg 24, 35
 Kommunizierende Röhren 37
 Kontinuitätsgleichung 37
 Kontraktionszahl 39
 Körper, schwimmender 36
 Kosinus 84
 Kosinussatz 85
 Kraft 77
 Kraffleck 3
 Kräfteplan 2, 3, 4
 Kräftesystem, zentrales 1
 Kreis 82
 Kreisabschnitt 82
 Schwerpunkt 8
 Kreisausschnitt-Schwerpunkt 8
 Kreisbogen-Schwerpunkt 9
 Kreisfrequenz 32

Kreisradius 82
 Kreisring 82
 Kreisringabschnitt 82
 Kreisringausschnitt-Schwerpunkt 8
 Kreissektor 82
 Kreuzschubkurbelgetriebe 23

L

Lagerkraft 3
 einwertige 3
 Lagerpunkt 3
 zweiwertiger 3
 Längenausdehnungskoeffizient 43
 Lastfall 67
 Lastweg 18
 Leistung 77
 Linienschwerpunkt 8
 Lochleibungsdruck 46, 67, 77
 Lose Rolle 18

M

Mach'sche Zahl 39
 Mantelfläche (Oberfläche) 9
 Massenmoment 2. Grades 27
 Massenstrom 37
 Metrisches ISO-Gewinde 74
 Metrisches ISO-Trapezgewinde 75
 Mittelpunktsgeschwindigkeit 22
 Momentanbeschleunigung 32
 Momentangeschwindigkeit 32
 Momentanleistung 26
 Momentengleichgewichtsbedingung 5
 Momentensatz 6
 rechnerisch 2
 zeichnerisch 3
 Momentenstoß 26
 Mutterauflage 14
 Mutterhöhe 45

N

Neigungswinkel 1
 Newton 77
 Niete 67
 Nietlochdurchmesser 73
 Nitrierstahl 64
 Normalkraft 13
 für ausgewählte Walzprofile 52
 Knicksicherheit 50
 Normfallbeschleunigung 24
 Normgewichtskraft 24
 Normzahlen (DIN 323) 76

Nutzarbeit 26
Nutzleistung 26

O

Oberflächenbeiwert 54, 66
Oszillator 34

P

Parallelogramm 81
Parallelogramm-Schwerpunkt 7
Parallelverschiebung 2
Passschrauben 67
Pendelart 33
Pendelgleichungen 33
Pendellänge 32
Periodendauer 31, 33
Phasenwinkel 31
Poisson-Zahl 42
Potenzen 80
Potenzielle Energie 28
Presse, hydraulische 35
Prismenführung 13
 symmetrische 13
Profilumfang 68, 69, 70, 72, 73

Q

Quadrant, Lage 1
Quadratische Gleichung 81
Querdehnung 42
Querschnitt, erforderlicher 42, 44
Querschnittsabmessungen 62, 63
Querschnittswahl 53
Querzahl 42
Quotient 80

R

Radiant 83
Rechter Winkel 83
Regelgewinde 74
Reibung 10
 am Spurzapfen 15
 am Tragzapfen 15
 an der Schraube 14
 auf der schiefen Ebene 11
Reibungsarbeit 25
Reibungskraft 10
Reibungsleistung 15
Reibungsmoment 15
Reibungsradius 14
Reibungswinkel 14
Reibungszahl 10

Reißlänge 43
Resultierende 1, 2
Reynolds'sche Zahl 38
Rhombus 81
Richtgröße 32, 33
Richtungssinn 3
Richtungswinkel 1, 2
Riemengetriebe 23
Ringbreite 82
Ringvolumen 9
Ritter'sches Schnittverfahren 6
Rohnietdurchmesser 73
Rohrlängsnaht 37
Rohrreibungszahl 41
Rollbedingung 18
Rollenzug, Flaschenzug 18
Rollkraft 17
Rollreibung 17
Rotation 26
Rotationsarbeit 28
Rotationsenergie 30
Rotationsleistung 28
Rückstellkraft 32, 33
Rückstellmoment 32, 33

S

Scheitelhöhe 21
Schenkelbreite 68
Schenkeldicke 68
Schieber 16
Schiebeweg 16
Schiebung, Winkelverzerrung 44
Schlankheitsgrad 49, 50
Schlüsselweite 82
Schlusslinie 4
Schlusslinienverfahren 4
Schnittgeschwindigkeit 22
Schraube 14, 67, 72
Schrauben
 für Kranbau 67
 für Stahlhochbau 67
Schraubenfeder 32
Schraubenfederpendel 33
Schraubenlängskraft 14
Schubkurbelgetriebe 24
Schubmodul 48, 64
Schwependel 33
Schwerpunktsbestimmung 6
Schwingung, harmonische 31
Sechseck 82
Sehnenlänge 82

Seileckverfahren 3
 Seilreibung 15
 Seilreibungskraft 15
 Seilstrahl 3
 Seilzugkraft 15
 Seitenkraft 36
 Sekans 84
 Selbsthemmung des Schraubgetriebes 14
 Selbsthemmungsbedingung 15, 16
 Senkrechter Wurf 19
 Sicherheit gegen Knicken 49
 Sinus 84
 Sinussatz 85
 Spannung, vorhandene 48
 Spannungen
 für Kranbauteile 67
 für Stahlbauteile 67
 für Verbindungsmittel 67
 Spannungsenergie 29
 Spannungsquerschnitt 74
 Spannungsverteilung bei Biegebeanspruchung
 73
 Spurzapfenreibungszahl 15
 Stabilität 50
 Stabilitäts-Hauptgleichung 50
 Stabilitätsnachweis 50
 Stabkraft 5
 Stahlbau, Knickung 50
 Stahlbezeichnungen 66
 Stahlhochbau, zulässige Spannungen 67
 Steigung 75
 Steigungswinkel 75
 Steigzeit 21
 Stokes 39
 Stoß
 elastischer 29
 unelastischer 29
 wirklicher 30
 Streckgrenze 63
 Strömung
 laminare 41
 turbulente 41
 Stütze 50
 Stützkraft 55
 Summenbremse 17
 Summenformeln 86
 Systemlänge 51

T

Tangens 84
 Tangentialbeschleunigung 20

Tangentialkraft 28
 Tangentialverzögerung 20
 Teilschwerachse 47
 Temperatur 78
 -intervall 78
 Tetmajer-Gleichungen 49
 Torsion 48
 Torsionshauptgleichung 48
 Torsionsmoment 48, 77
 Torsionspendel 33
 Träger gleicher Biegebeanspruchung 62
 Trägheitsmoment 27, 32, 33, 78
 Trägheitsradius 49, 50, 68, 69, 70, 72, 73
 Tragtiefe 74, 75
 Tragzapfenreibungszahl 15
 Translation 24
 Arbeit, Leistung 25
 Trapez 82
 Trapez-Schwerpunkt 7
 Trigonometrische Funktion 84
 T-Träger 71

U

Überdruck 40
 Überlagerung 32
 Überlagerung stehender Wellen 34
 Übersetzung 23
 allgemein 23
 mehrfache 23
 Riemengetriebe 23
 Zahnradgetriebe 23
 Umfangsgeschwindigkeit 22
 Umfangskraft am Gewinde 14
 Umrechnung zwischen Funktionen 85
 Umschlingungswinkel 15
 U-Stahl 73

V

Verdrängungsschwerpunkt 36
 Verdrehbeanspruchung, Torsion 48
 Verdrehwinkel 48
 Vergleichsmoment 53
 Vergleichsspannung 53
 Vergütungsstahl 64
 Verlängerung 43
 Verschiebekraft 14
 Verschiebesatz von Steiner 27, 47
 Verzögerung 19
 Vieleck 82
 Viereck 81
 Vier-Kräfte-Verfahren 4

Viertelkreisfläche-Schwerpunkt 8
 Vollwinkel 83
 Volumenstrom 37
 Vorsätze 77
 Vorsatzzeichen 76

W

Waagerechter Wurf 21
 Walzstahl, Festigkeitswerte 63
 Wärme 78
 Wärmemenge 78
 Wärmespannung 43
 Wassersäule 77
 Wegabschnitt 19
 Welle
 Auslöschung 34
 harmonische 34
 Schwächung 34
 Verstärkung 34
 Wellendurchmesser 53
 Widerstandsmoment
 axiales 48, 58, 59, 69, 70, 71, 72, 73
 polares 48, 60, 61, 74, 75
 Winkel 83
 ebener 83
 Funktionen 85
 negativer 85
 rechter 83
 Winkeleinheiten 83
 Winkelbeschleunigung 20, 26, 31
 Winkeleinheiten, Umrechnung 83
 Winkelfunktionen 84

Winkelgeschwindigkeit 20, 21, 22, 31, 33
 Winkelstahl 68, 69
 Winkelverzögerung 20
 Wirkabstand 2
 Wirkungsgrad 14, 18, 26, 28, 29
 Wurf 21
 schräger 21
 senkrechter 19
 waagerechter 21
 Wurfweite 21
 Wurfzeit 21
 Wurzel-Definition 80

Z

Zähigkeit, kinematische 38
 Zahnradgetriebe 23
 Zehnerpotenzen 80
 Zeitabschnitt 19, 20, 21
 Zentrales Kräftesystem 1
 Zentripetalbeschleunigung 30
 Zentripetalkraft 30
 Zugbeanspruchung 42
 Zugfestigkeit 63
 Zughauptgleichung 42
 Zugkraft 18
 Zulässige Spannungen
 für Kranbauteile 67
 für Kranbau-Verbindungsmittel 67
 für Stahlbauteile 67
 für Stahlbau-Verbindungsmittel 67
 Zylinderführung 13