
Umrechnungstabellen *Conversion Tables*

Obwohl das Internationale Einheitensystem (SI) als metrisches System in der ganzen Welt verbreitet und in den meisten Industrieländern für den amtlichen und geschäftlichen Verkehr vorgeschrieben ist, werden im Motorsport mitunter auch britische und US-amerikanische Einheiten verwendet. Ebenso sind vereinzelt noch alte, durch das SI-System abgelöste Einheiten in Gebrauch. Die nachfolgenden Tabellen dienen der Umrechnung von britischen oder US-amerikanischen Einheiten sowie veralteten Einheiten in die international gebräuchlichen SI-Einheiten, denn letztere sind Basis dieses Buches. Darüber hinaus werden Einheiten sehr oft auch in Zehner-Potenzen angegeben. Hierfür sind nachfolgend ebenfalls Umrechnungstabellen angegeben.

Tab. A.1 Potenzen zu den Größen

Vorsatz	Abk.	Zehner-Potenz	Zahlenwert
Deka	da	10^1	10
Hekto	h	10^2	100
Kilo	K	10^3	1000
Mega	M	10^6	1.000.000
Giga	G	10^9	1.000.000.000
Tera	T	10^{12}	1.000.000.000.000
Dezi	d	10^{-1}	0,1
Zenti	c	10^{-2}	0,01
Milli	m	10^{-3}	0,001
Mikro	μ	10^{-6}	0,000001
Nano	N	10^{-9}	0,000000001
Piko	p	10^{-12}	0,000000000001

Beispiel: 7 Kilonewtonmeter = 7 kN m = $7 \cdot 10^3$ N m = 7000 N m.

Beispiel: 3 Millimeter = 3 mm = $3 \cdot 10^{-3}$ m = 0,003 m

Tab. A.2 Längen-
umrechnungen

Einheit	Deutsch	Abk.		SI-Größe
inch	Zoll	in.	"	2,54 cm
foot	Fuß	ft.	'	30,48 cm
yard	Schritt	yd.		91,44 cm
mile	Meile	mi., m.		1,609 km

Tab. A.3 Flächenumrechnungen

Einheit	Deutsch	Abk.		SI-Größe
square inch	Quadratzoll	sq.in.	in ²	0,00064516 m ²
square foot	Quadratfuß	sq.ft.	ft ²	0,09290304 m ²
square yard	Quadratyard	sq.yd.	yd ²	0,83612736 m ²

Tab. A.4 Rauminhaltsumrechnungen

Einheit	Deutsch	Abk.	SI-Größe	
cubic inch	Kubikzoll	cu.in.	16,4 cm ³	0,000016387064 m ³
cubic foot	Kubikfuß	cu.ft.	28,3 dm ³	0,028316846592 m ³
perch	Schachtrute		701 dm ³	0,700841953200 m ³
cubic yard	Kubikyard	cu.yd.	765 dm ³	0,764554857984 m ³
fluid ounce	Flüssigunze	fl.oz., f?	2,84 cl	0,028413 l
pint	Pint	fl.pt., pt.	5,68 dl	0,5682612 l
quart	Quart	qt.	1,14 l	1,1365225 l
gallon	Gallone	gal.	4,55 l	4,54609 l

Anmerkung: 1 l = 1 dm³ = $1 \cdot (10^{-1})^3$ m³ = 0,001 m³

Tab. A.5 Massenumrechnungen

Einheit	Deutsch	Abk.	SI-Größe
ounce, ugs. lid	Unze	oz.	28,3495 g
pound	Pfund	lb., pd., lbm.	453,592 g
ton	Tonne	T., to., t.	907,18 kg

Tab. A.6 Kraftumrechnungen

Einheit	Deutsch	Abk.	SI-Größe
pound-force	Pfund	lbf, lb _F	4,4482 N
poundal		pdl	0,1383 N

Tab. A.7 Drehmomentumrechnungen

Einheit	Deutsch	Abk.	SI-Größe
Foot-pound	Pfundfuß	lb-ft, lb _F -ft	1,35581 N m
Inch-pound		lb-in, lb _F -in	0,112985 N m
Inch-ounce		oz-in, oz _F -in	0,00706 N m

Tab. A.8 Druckumrechnungen

Einheit	Deutsch	Abk.	SI-Größe
Pound-force per square inch	PSI	psi, lb _F /in ²	6894,757 Pa
Torr, mmHg	Torr, Millimeter Quecksilbersäule	mmHg, mm _{Hg}	133,3228 Pa

Anmerkung: $1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar} = 10^{-6} \text{ N/mm}^2 = 0,0075 \text{ Torr}$

Tab. A.9 Energieumrechnungen

Einheit	Deutsch	Abk.	SI-Größe
Calorie (15 °C)	Kilokalorie	kcal	4,186 kJ
British thermal unit		Btu, BTU	1,055 kJ

Tab. A.10 Leistungsumrechnungen

Einheit	Deutsch	Abk.	SI-Größe
Horsepower	Pferdestärke	hp, BHP	745,699 W

Tab. A.11 Umrechnungen zwischen Temperaturen

Umrechnung Temperatur T	Zusammenhang
Kelvin [K] nach Celsius [°C]	$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,16$
Celsius [°C] nach Kelvin [K]	$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,16$
Celsius [°C] nach Fahrenheit [F]	$T(\text{F}) = 9/5 \cdot T(^{\circ}\text{C}) + 32$
Fahrenheit [F] nach Celsius [°C]	$T(^{\circ}\text{C}) = 5/9 \cdot (T(\text{F}) - 32)$

Tab. A.12 Umrechnungen alter Einheiten in SI-Einheiten

Größe	alte Einheit	SI-Einheit
Kraft	1 kp	9,8067 N
Drehmoment	1 kpm	9,8067 N m
Druck	1 at 1 Atm = 760 Torr 1 Torr 1 mmWS	0,98067 bar 1,0133 bar 1,3332 mbar 0,09807 mbar = 9,807 Pa
Festigkeit, Spannung	1 kp/mm ²	9,8067 N/mm ²
Energie	1 mkp 1 kcal	9,8067 J 4,187 kJ
Leistung	1 kcal/h 1 kcal/h 1 PS	4,187 kJ/h 1,163 W 0,7355 kW

Tab. A.13 Griechisches Alphabet

<i>A</i>	α	alfa	<i>N</i>	ν	nu
<i>B</i>	β	bèta	Ξ	ξ	xi
Γ	γ	gamma	<i>O</i>	<i>o</i>	omikron
Δ	δ	delta	Π	$\pi\varpi$	pi
<i>E</i>	$\epsilon\epsilon$	epsilon	<i>P</i>	$\rho\rho$	rho
<i>Z</i>	ζ	zèta	Σ	$\sigma\varsigma$	sigma
<i>H</i>	η	èta	<i>T</i>	τ	tau
Θ	$\theta\theta$	thèta	Υ	<i>v</i>	ypsilon
<i>I</i>	<i>i</i>	iota	Φ	$\varphi\phi$	phi
<i>K</i>	$\kappa\kappa$	kappa	<i>X</i>	χ	chi
Λ	λ	lambda	Ψ	ψ	psi
<i>M</i>	μ	mu	Ω	ω	omega

Anhang – Glossar *Glossary*

1D-Simulation *1D simulation*: Eindimensionale Ladungswechselberechnung zur Voroptimierung von Leitungslängen, Behältervolumina und Ventilsteuerzeiten eines Verbrennungsmotors. Basierend auf eindimensionaler instationärer, kompressibler Fadenströmung (akustische Theorie) wird der Motor als System von Rohren und Behältern nachgebildet und Wellenlaufzeiten ermittelt. Über die sich einstellende Zylinderfüllung kann der Drehmomentverlauf über der Drehzahl ermittelt werden. Mit diesem Verfahren können Nockenprofile, Ventilsteuerzeiten, Saugrohrängen, Verteilervolumina, Kanalgeometrien, Auspuffrohrängen und Schalldämpferausführungen ohne vorhandenen Prüfstandsmotor voroptimiert werden. Bekannte Software-Tools gibt es u. a. von AVL, Gamma Technologies, LMS, Lotus oder Ricardo.

ABS *ABS: Anti-Blockier-System (antilock braking system)*. Ein Regelsystem im Hydraulikkreis von Bremsanlagen reduziert den vom Fahrer über das Bremspedal aufgebrachten Druck in der Bremsleitung, sobald ein Rad zu Blockieren droht. Dazu sind unter anderem Sensoren erforderlich, die die Raddrehzahlen erfassen und mit einem aus der Verzögerung errechneten Sollwert vergleichen. Die Hauptfunktion eines ABS ist die Aufrechterhaltung der Lenkbarkeit eines Fahrzeugs. Blockierende Räder können keine brauchbaren Seitenkräfte aufbauen, was vor allem an der Hinterachse zum Stabilitätsverlust führen kann.

Treten links und rechts unterschiedliche Reibwerte auf (μ -split), so muss der Fahrer beim Bremsen gegenlenken. Ein ABS kann den Fahrer hierbei unterstützen, indem am Vorderrad mit mehr Grip die Bremskraft langsamer aufgebaut wird (Giermomenteneinflussung). Das auf das Fahrzeug wirkende Giermoment baut sich so ebenfalls langsamer auf und es bleibt mehr Zeit zum Gegenlenken. Der Bremsweg wird dadurch unvermeidbar länger. Zusätzlich wird an der Hinterachse nach dem Rad auf der Niedrigreihwertseite geregelt (select low) [1].

Eine Erweiterung des ABS-Regelsystems ist das ABSplus oder CBC (Cornering Brake Control). Hierbei erkennt das System die Fahrsituation – insbesondere Kurvenfahrt – durch die Raddrehzahlen und regelt dementsprechend die Bremskräfte an den einzelnen Rädern um das Fahrzeug in der Spur zu halten.

ACO (Automobile Club de L'Ouest): Automobilclub, der das 24-Stundenrennen von Le Mans seit 1923 veranstaltet und das Reglement für die startberechtigten Fahrzeuge herausgibt. Außerdem legt er die Regularien für die ehemalige Europäische (ELMS) und die Amerikanische Le Mans Serie (ALMS) fest.

ALMS: Abkürzung für American Le Mans Series. In dieser amerikanischen Rennserie gilt dasselbe Reglement wie beim berühmten 24-Stunden-Rennen von Le Mans. Die Rennen sind jedoch kürzer und gehen über 2:45 bis 12 Stunden.

Aktuiertes Getriebe *shift by wire*: Manuell betätigte Schaltgetriebe weisen eine mechanische Verbindung (Gestänge, Seile) zwischen dem Schalthebel und der eigentlichen Betätigungseinrichtung am Getriebegehäuse auf. Wird der eigentliche Schaltvorgang über Aktuatoren (Pneumatik- bzw. Hydraulikzylinder, E-Motoren, ...) durchgeführt, kann das Schalten vom Fahrer auf Knopfdruck oder vom Bordrechner (automatisiertes Getriebe) eingeleitet werden.

anisotrop *anisotropic*: Richtungsabhängigkeit von bestimmten Werkstoffeigenschaften, wie z. B. E-Modul, Festigkeit. Das gegenteilige Verhalten heißt isotrop.

Beanspruchung *stress*: Eine äußere Belastung (Kraft, Moment, Drehmoment) ruft im Werkstoffgefüge eines Bauteils einen Spannungszustand hervor. Dieser Spannungszustand ist die Beanspruchung. Sie wird durch (technische) Spannungen (Zugspannung, Drucksp., Schubsp., ...) erfasst.

Beschleunigung *acceleration*: Ist die Rate der Geschwindigkeitsänderung über der Zeit. Sie kann rein physikalisch gesehen positiv oder negativ sein, d. h. die Geschwindigkeit nimmt zu oder ab. Bei Fahrzeugen spricht man im Allgemeinen allerdings von Beschleunigung und Verzögerung.

Bodenabstand *ride height*: Ist der Abstand eines beliebigen fahrzeugfesten Punkts von der Fahrbahn. Beim Set-up wird von einem bestimmten Bodenabstand als Referenzwert ausgegangen und der Wagen höher oder tiefer gestellt. Der Bodenabstand ist also nur eine messtechnische Vereinfachung zur Ermittlung der Bodenfreiheit.

Bodenfreiheit *ground clearance*: Abstand zwischen Fahrzeug-Unterboden und Fahrbahn. Zu unterscheiden davon ist der Bodenabstand.

Bruchdehnung *Aelongation at rupture*: Relative Verlängerung eines Probestabs, bei der der Bruch auftritt. Die B. ist somit ein Maß für die Zähigkeit eines Werkstoffes. Je höher die B., desto günstiger ist das Bruchverhalten eines Werkstoffes, weil sich das Versagen langsam ankündigt.

CAD *CAD*: Abkürzung für Computer Aided Design (Rechnergestütztes Konstruieren). Bauteile und deren Zusammenstellungen werden mithilfe geeigneter Software dreidimensional entworfen. Freigänge und Bewegungsräume können so einfacher kontrolliert werden als am Zeichenbrett, ebenso können numerische Simulationen (Festigkeits-, Strömungsuntersuchungen, ...) durchgeführt werden. Die Daten können teilweise direkt zur Fertigung von realen Bauteilen herangezogen werden. *Siehe auch:* Rapid Prototyping.

CAN *CAN*: Abkürzung für Controller Area Network. Ein zweiadriger Kabelstrang, der anstelle von vielen Leitungen zur Übertragung von Signalen in Fahrzeugen benutzt wird.

Es handelt sich dabei um ein serielles Bus-System, in dem Botschaften von sämtlichen Teilnehmern (ABS-Steuergerät, Motorsteuergerät, Sensoren, Aktuatoren, ...) hintereinander gesendet oder empfangen werden können. Der CAN-Controller steuert diesen Ablauf und gibt die Prioritäten vor, falls mehrere Signale gleichzeitig gesendet werden sollen. Der Kabelstrang in einem Fahrzeug mit CAN ist wesentlich kürzer als bei einem konventionellen System und die Anzahl der Steckverbindungen wird halbiert.

CART: Abkürzung für **Championship Auto Racing Teams**. Amerikanische Formel-Serie, die in Ovalstadien und auf Straßenkursen ausgetragen wurde. Die 2,6-l-V8-Motoren wurden mit Methanol betrieben und beschleunigten die Einsitzer auf 400 km/h. 2003 Insolvenz. Danach Neustart als ChampCar. ChampCar ist mittlerweile (Anfang 2008) aus finanziellen Gründen zunächst mit IRL zu einer Formelserie zusammengegangen und kurz darauf offiziell insolvent geworden.

CFD *computational fluid dynamics* (Numerische Strömungsmechanik): Ähnlich wie bei der Finite-Elemente-Methode (FEM) wird die zu untersuchende Geometrie in kleine Bereiche („Gitter“) zerlegt, für die die Gleichungen zur Beschreibung der Strömung numerisch gelöst werden. Je nach eingesetzter Gleichung (Potenzialgleichung, Euler-Gleichung oder Navier-Stokes-Gleichung) und Rechnerleistung können sogar hydrodynamische Grenzschichten, Turbulenzen und Strömungsablösungen ermittelt werden.

CFK *CFRP*: Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff *carbon-fibre-reinforced-plastic*. Ein Verbundwerkstoff, bei dem Gewebe aus Kohlefaser mit reaktionsfähigen Harzen imprägniert werden und in mehreren übereinander liegenden Schichten zu Formteilen oder mit innen liegenden Wabenkernen zu Sandwichkonstruktionen verarbeitet werden. Die gezielte Anordnung der gerichteten Fasern ermöglicht das mechanische Bauteilverhalten in gewünschter Weise zu beeinflussen.

Chassis *chassis*: Dieser Begriff wird weitläufig von Fahrgestell bis Karosserie verwendet. Wahrscheinlich nicht zuletzt deshalb, weil nicht in jedem Fall eine eindeutige Trennung in unterschiedliche Baugruppen vorgenommen werden kann. In diesem Buch soll darunter die eigentliche, tragende Struktur eines Fahrzeugs verstanden werden, an die Radaufhängungs-, Antriebs- und Außenhautteile angebracht werden. Ein anderer Begriff für C. ist demnach Rahmen. Bei den meisten Pkw ist die Karosserie selbsttragend ausgeführt und somit sind Außenhaut, Rahmen und Bodenplatte zu einer baulichen Einheit zusammengefasst. Eine eindeutige Zuordnung der Begriffe zu jeweils einem Bauteil ist also in dem Fall nicht möglich.

Differenzialbauweise *differential construction*: Konstruktionsprinzip, bei dem ein Funktionsträger (Bauteil) in mehrere Teile zerlegt wird. Jedes Teilstück kann dann für seine Teilfunktion optimiert werden, z. B. mehrteilige Räder. Das Gegenteil stellt die Integralbauweise dar.

Druckwinkel *pressure angle*: Unter diesem Winkel wird bei einem Wälzlager die Kraft von Außenring und Innenring übertragen. Die größte Tragfähigkeit für ein Lager ergibt sich, wenn der Druckwinkel mit dem Winkel der äußeren Lagerkraft zusammenfällt.

DTM: Abkürzung für Deutsche Tourenwagen Masters. Tourenwagenserie, deren Fahrzeuge auf Serien-Pkw mit mindestens vier Sitzplätzen basieren müssen. Die Motoren

müssen Viertakt-Ottomotoren mit acht Zylindern in V-Anordnung mit 90° sein. Der Hubraum ist auf 4 l limitiert.

Dynamischer Reifenradius *dynamic rolling radius*: Beim stehenden Rad ist der Abstand Radmitte zu Aufstandsfläche kleiner als beim rollenden Rad (statischer Reifenradius). Abhängig von der Reifenbauart und der Raddrehzahl nimmt der Abstand mit zunehmender Geschwindigkeit zu. Der dyn. R. als Messwert wird aus dem gemessenen Abrollumfang eines Reifens bei 60 km/h errechnet.

Eigenfrequenz *natural frequency*: Ein schwingungsfähiges Gebilde führt nach einem einmaligen Anstoß sich selbst überlassen eine Schwingung (= eine periodische Bewegung um die Ruhelage) aus. Die dabei auftretende Frequenz ist die Eigenfrequenz. Wird ein solches Gebilde mit einer Frequenz gleich oder nahezu gleich der Eigenfrequenz angeregt, so werden die Schwingausschläge maximal (Resonanz).

Eigenlenkverhalten *self-steering properties*: (siehe auch Fahrverhalten.) Im Grenzbereich der fahrbaren Querbeschleunigung dreht sich das Fahrzeug um seine Hochachse anders als es dem Lenkeinschlag beim reinen Rollen des Reifens entspricht. Die Seitenkräfte wachsen an der Vorder- und Hinterachse (genauer an jedem einzelnen Rad) unterschiedlich stark an. Am gummibereiteten Rad werden Seitenkräfte aber nur übertragen, wenn es schräg zu seiner Ebene abrollt (Schräglauf). Wachsen nun an einem Fahrzeug die Schräglaufwinkel an der Vorderachse schneller als an der Hinterachse an, „schiebt“ der Wagen über die Vorderräder aus der Kurve. Der Fahrer muss stärker einschlagen als er es beim reinen Rollen müsste (untersteuerndes E.). Das umgekehrte Verhalten nennt man Übersteuern. Das Verhalten eines Fahrzeugs mit (annähernd) gleichmäßig anwachsenden Schräglaufwinkeln an allen Rädern wird als neutral bezeichnet. Ein bestimmtes Fahrzeug muss aber nicht über den gesamten fahrbaren Grenzbereich das gleiche Eigenlenkverhalten aufweisen. Es gibt neben Fahrzeugen, die konstantes Verhalten zeigen, auch solche, die bei kleinen Querbeschleunigungen untersteuern, bei höheren Querbeschleunigungen jedoch zum übersteuernden Fahrverhalten wechseln und umgekehrt. Darüber hinaus kommt noch der vor allem bei hohen Motorleistungen nicht unerhebliche Einfluss von Umfangskräften an den Antriebsrädern. So wird ein hinteradgetriebenes Fahrzeug, das sich rollend neutral verhält, beim starken Beschleunigen übersteuern, weil die Antriebskräfte die Reifen seitenweicher werden lassen.

Elastizitätsmodul, kurz E-Modul *Young's Modulus*: Werkstoffkonstante, die durch Dehnversuche an Probestäben ermittelt wird. Bei vielen Werkstoffen bleibt das Verhältnis zwischen der Spannung (Beanspruchung) und der erzielten Dehnung (Verlängerung) gleich. Dieses Verhältnis ist der E-Modul. Man kann den E-Modul auch als (natürlich nur theoretische) Spannung sehen, bei der die Dehnung eines Stabs 100 % beträgt, der Stab also das Doppelte seiner ursprünglichen Länge erreicht hat.

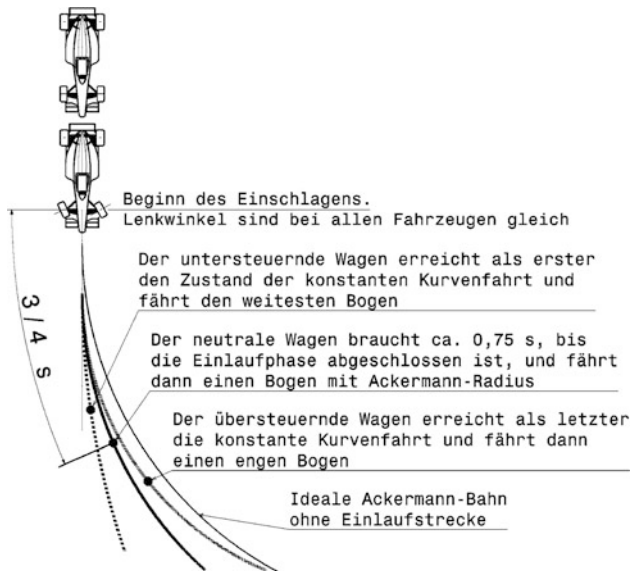
Entwurf *embodiment design*: Phase der Konstruktionstätigkeit, in der die Lösungsvorschläge im wahrsten Sinn des Wortes Gestalt annehmen. Das Suchen der Lösungen vor dem Entwurf ist die Konzeptphase.

ESP *ESP*: Elektronisches Stabilisierungs-Programm (*electronic stability programme*). Regelsystem, das die Fahrstabilität beeinflusst. Sensoren erfassen den Fahrzustand des

Fahrzeugs, insbesondere die Gierbewegung und die Lenkreaktion des Fahrers. Weicht der Zustand des Wagens vom errechneten Sollzustand ab, greift das System über radindividuelle Bremsungen oder Beeinflussung des Motormanagements ein. Ein ESP wirkt beispielsweise stabilisierend bei Panik-Ausweichmanövern, zu schnell gefahrene Kurven oder Reifenplatzern.

Fahrbarkeit *drivability*: Für den menschlichen Fahrer ist ein lineares, vorhersehbares Antwortverhalten eines Systems auf seine Eingaben am besten geeignet. So auch beim Fahrpedal: Eine gute F. bedeutet, dass der Motor beim Gasgeben, so viel Moment abgibt, wie es der Fahrer auf Grund seiner Fußbewegung erwartet. Besonderes Augenmerk liegt auf dem Losbrechverhalten (*tip-in*), also das Öffnen der geschlossenen Drosselklappe. Hierbei soll der Motor sanft sein Drehmoment erhöhen und nicht das Fahrzeug sprungartig nach vorne bewegen. Eine gute F. unterstützt den Fahrer besonders bei übermotorisierten, traktionsbegrenzten Fahrzeugen bei Beschleunigungsmanövern.

Fahrverhalten *operating behaviour*: Im Bild (nach [2]) sind die Bahnen dreier Fahrzeuge dargestellt, die mit konstantem Lenkeinschlag eine Kurve fahren. Der einzige Unterschied der Fahrzeuge liegt in der Schwerpunktlage. Beim untersteuernden Wagen ist der Schwerpunkt weiter vorne, beim übersteuernden weiter hinten im Vergleich zum neutralen Fahrzeug. Alle Fahrzeuge benötigen eine Einlaufstrecke, in der zunächst Schräglaufwinkel der Vorderräder, gefolgt von einem Schräglauf der Hinterräder aufgebaut werden. Das Fahrzeug beginnt zu gieren und weicht von der ursprünglichen Geraden ab. Erst dann kommt die Phase des konstanten Kurvenfahrens. Beim neutralen Fahrzeug sind dabei die Schräglaufwinkel beider Achsen gleich.

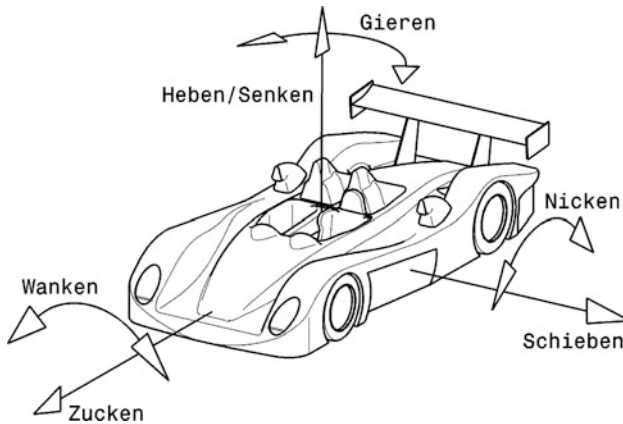


Fahrzeugbewegungen *vehicle motion*: Ein Fahrzeug hat – wie jeder starre Körper – im Raum sechs Freiheitsgrade. Die möglichen Einzelbewegungen (Verschiebungen und

Drehungen) um die drei Hauptachsen werden wie folgt bezeichnet:

- Verschiebungen (Translationen): Entlang der Längsachse: Zucken *to jerk*
- Entlang der Querachse: Schieben *to drift*
- Entlang der Hochachse: Heben bzw. Senken *to heave*
- Drehungen (Rotationen): Um die Längsachse: Wanken (Rollen, Neigen) *to roll*
- Um die Querachse: Nicken *to pitch*
- Um die Hochachse: Gieren *to yaw*.

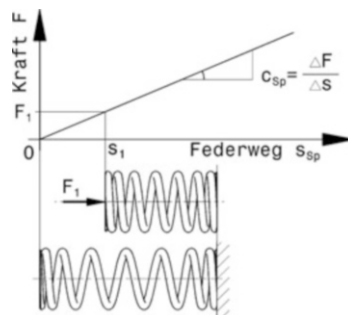
Fährt ein Fahrzeug auf einer Fahrbahn, so sind die Bewegungen eine Kombination der möglichen Einzelbewegungen und entstehen aus den vorgegebenen Bewegungen Fahrbahn und dem Fahrereinfluss durch Lenken.



Fahrzeugkoordinatensystem *axis system*: siehe Koordinatensystem

Fahrzeugniveau *ride height*: siehe Bodenabstand

Federrate *spring rate*: Angabe der Federsteifigkeit. Trägt man das Verhalten einer Feder in einem Kraft/Weg Diagramm ein, so erhält man die Federkennlinie. Die Steigung der Kennlinie ist die Federrate c_{sp} . Die F muss nicht konstant sein, sondern sie kann sich beim Einfedern verändern. Wird die Feder beim Einfedern steifer (die Linie steiler), spricht man von progressivem Verhalten. Das gegenteilige Verhalten heißt degressiv. Die Kennlinie flacht ab und die Feder wird beim Belasten zunehmend weicher.



FIA: Federation Internationale de l'Automobile. Automobilweltverband mit Sitz in Paris. Gibt das internationale Sportgesetz heraus und ist somit auch oberste Motorsportbehörde.

Finite-Elemente-Methode (FEM) *finite element method*: Spannungsberechnung von Bauteilen mit numerischen Methoden durch einen Computer. Dabei wird das Bauteil in (tausende!) endliche (= finite) Elemente zerlegt und jedes Element nach den Gesetzen der Mechanik berechnet. Diese Näherungsverfahren erlauben auch die Spannungsberechnung von Teilen komplexer Geometrie und Belastung, die mit Formeln nicht zu berechnen sind.

Flächenträgheitsmoment I *planar moment of inertia*: Mathematische Größe, die aus der Geometrie eines Querschnitts folgt. Das I wird bei der Festigkeitsberechnung bei Biegebeanspruchung von Bauteilen benötigt.

Freiheitsgrad *degree of freedom (DOF)*: Ein F ist eine definierte Lageänderung eines starren Körpers nach einer eindeutigen und reproduzierbaren Funktion. Ein Körper hat im Raum sechs F . (drei Translationen und drei Rotationen). Die Maschinenelemente, die solche F ermöglichen, heißen Gelenke. Ein Gelenklager bietet als Kugelgelenk drei (rotatorische) F . Sämtliche Verschiebungen (die möglichen drei Translationen) sind gesperrt. Die Kolbenstange eines Dämpferbeins ist ein Drehschubgelenk. Es weist zwei F auf: Eine Translation (Ein-/Ausfedern) und eine Rotation (Drehung um die Kolbenstangenachse).

Fülldruck *inflation pressure*: Ist bei einem Reifen die Druckdifferenz gegenüber dem Umgebungsdruck. Der F wird gewöhnlich am kalten Reifen gemessen. Herrscht z. B. ein Luftdruck von 1 bar¹ vor und im Reifen liegt ein absoluter Druck von 2,5 bar an, so beträgt der Fülldruck 1,5 bar. Man spricht auch von einem so genannten Überdruck.

Gemischbildung *mixture formation*: Die Aufgabe der Gemischbildung eines Motors ist es bei allen Betriebsbedingungen, ein zünd- und brennfähiges Luft-Kraftstoff-Gemisch herzustellen. Zufriedenstellend verbrennen diese Gemische nur in einem engen Mischungsbereich. Wird der Luftanteil größer (mageres Gemisch), sinkt der Kraftstoffverbrauch bis Verbrennungsaussetzer zunehmen und die Laufgrenze erreicht ist. Nimmt der Kraftstoffanteil zu (fettes Gemisch), steigt die Motorleistung, bis der Kraftstoff wegen Sauerstoffmangel nicht mehr vollständig verbrannt werden kann.

GFK *glas-fibre-reinforced plastics (GFRP)*: Glasfaserverstärkter Kunststoff. Kunststoffe, die zur Erhöhung der Festigkeit mit Glasfasern in Form von Matten, Geweben und Strängen aus parallelen Fäden verstärkt sind. Eingesetzt werden GFK-Teile als Außenhautteile, Flügel, Formteile.

Gieren *yawing*: siehe Fahrzeugbewegungen

Glasübergangstemperatur *glass transition temperature*: Bei Kunststoffen tritt eine charakteristische Verhaltensänderung bei Erreichen einer bestimmten Temperatur ein. Unterhalb dieser so genannten G kommen die Schwingbewegungen der Makromoleküle

¹ 1 bar = 100 kPa. Die gültige SI-Einheit für den Druck ist zwar Pascal (Pa), im Buch wird jedoch die in der Praxis „handlichere“ Einheit bar verwendet.

zum Stillstand und die Stoffe verspröden. Bei weiterer Abkühlung erreichen sie einen glasig-harten Zustand. Bei Reifen gilt: Je größer die Differenz zwischen der G. der Gummimischung und der Betriebstemperatur, desto weicher wird der Gummi und desto mehr Reibung baut er auf.

Grenzschicht *boundary layer*: Wird ein ruhender strömungsgünstiger Körper von Luft umströmt, so folgt die Luft umso mehr der Kontur dieses Körpers, je näher der Oberfläche sich die betrachtete Luftschicht befindet. Durch Reibungseffekte verlangsamt eine Luftströmung je näher sie zur Oberfläche eines ruhenden Körpers gelangt. So bildet sich an der Oberfläche des Körpers eine statische bis langsame Strömung aus, deren Dicke zum Ende des Körpers hin zunimmt, die so genannte Grenzschicht. Diese G. löst je nach Form des Körpers und Druckverhältnissen mit zunehmender Dicke und Turbulenz nach einer gewissen Strecke des Entlangströmens von der Oberfläche des Körpers ab. Außerhalb dieser G. kann die Reibung vernachlässigt werden und die Geschwindigkeit der Teilchen nimmt mit dem Wandabstand zu.

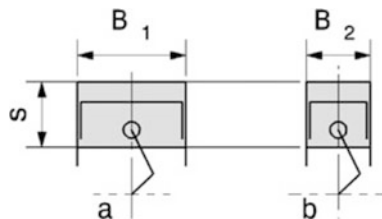
Gummi *rubber*: Sammelbezeichnung für Elastomere (eine Kunststoff-Untergruppe) auf Kautschukbasis. Aus dem eingedickten Saft (Latex) des Kautschukbaums wird durch Schwefelbehandlung (sog. Vulkanisation, führt zu weitmaschiger Vernetzung der Moleküle) der eigentliche Gummi gewonnen. Neben diesem Naturkautschuk gibt es auch synthetisch hergestellten Kautschuk. Der bekannteste Vertreter ist der durch Polymerisation von Butadien erzeugte Buna.

Bei Elastomeren liegt die Gebrauchstemperatur über der Glasübergangstemperatur. Bei den übrigen Kunststoffen (Thermoplaste und Duroplaste) ist es genau umgekehrt.

Haptik *haptics*: H. ist die Lehre von der haptischen Wahrnehmung. Als haptische Wahrnehmung bezeichnet man das aktive Erfühlen von Größe, Konturen, Oberflächentextur, Gewicht usw. eines Objekts durch den Tastsinn.

Hochvolt (HV) *high voltage*: Elektrische Spannungen größer als 60 V Gleichspannung bzw. 25 V Wechselspannung werden im Fahrzeugbereich als Hochvolt bezeichnet. Damit wird dieser Bereich begrifflich von der „Hochspannung“ in der industriellen Normung, bei der auch völlig andere Zahlenwerte dahinter stehen, abgegrenzt. HV-Kabel und Steckverbindungen werden durch orange Isolation gekennzeichnet.

Hub-/Bohrungsverhältnis *stroke-bore ratio*: Das Verhältnis des Kolbenhubs s zur Zylinderbohrung B bei einem Hubkolbenmotor. Man unterscheidet in Anlehnung an das Aussehen eines Zylinders von der Seite quadratische (Hub = Bohrung), unterquadratische oder langhubige (Hub > Bohrung) und überquadratische oder kurzhubige (Hub < Bohrung) Auslegung von Motoren. Das Bild zeigt schematisch eine kurzhubige (a) und eine langhubige (b) Auslegung eines Kurbeltriebs.



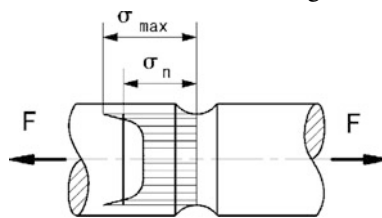
IMSA: International Motor Sports Association. Internationale Motorsportbehörde, die z. B. die amerikanischen Le Mans-Rennen durchführt.

IndyCar Series: Früher IRL (Indy Racing League): Veranstalter der 500 Meilen von Indianapolis (Indy 500 am Memorial Day, 30. Mai) und anderen Rennen nach gleichem Reglement auf Ovalkursen. Die Fahrzeuge sind Einsitzer und wurden von methanolbetriebenen V8-Motoren mit 3,5-l-Hubraum angetrieben. Mittlerweile wird Ethanol als Kraftstoff verwendet und die Motoren sind 2,2-l V6 Biturbetriebwerke. Die Kosten der Fahrzeuge sind vom Reglement limitiert.

Integralbauweise *integral construction*: Konstruktionsprinzip, bei dem versucht wird alle Funktionen, die eine Komponente erfüllen muss, in einem Bauteil unterzubringen. Dadurch entfallen gewichtserhöhende und festigkeitsmindernde Verbindungsstellen. Ein Beispiel dafür sind aus einem Stück gefertigte Seitenwellen mit integrierten Tripodenzapfen. Das Gegenteil stellt die Differenzialbauweise dar.

Isotrop *isotropic*: Die Werkstoffeigenschaften sind in allen Richtungen gleich. Das gegen- teilige Verhalten heißt anisotrop.

Kerbwirkungszahl *notch factor*: Die Beanspruchung eines Bauteils an einer Stelle wird durch Errechnen der mechanischen Spannungen (Biegespannungen σ , Torsionsspannungen τ usw.) bestimmt. Dabei werden zunächst bei konventionellen Rechenmethoden die so genannten Nennspannungen ermittelt, die sich aus dem Querschnitt am Kerbgrund des ungekerbten Bauteils und der Belastung ergeben. (Im Gegensatz dazu existieren numerische Verfahren, die das näherungsweise Berechnen des Spannungsverlaufs erlauben, siehe Finite-Elemente-Methode). An Kerbstellen wird das Bauteil höher beansprucht. Die lokalen Spannungen am Kerbgrund sind wesentlich größer als die Nennspannungen. Die Kerbwirkungszahl K_f gibt an um wie viel die maximalen Spannungen bei dynamischer, also zeitlich veränderlicher Belastung größer werden als die Nennspannungen. Für Biegung gilt: $\sigma_{b,max} = K_{f,b} \cdot \sigma_{b,n}$ und für Torsion gilt: $\tau_{ts,max} = K_{f,ts} \cdot \tau_{ts,n}$. Wobei der Index b für Biegung, ts für Torsion und n für Nenn- steht. Ein Wert von $K_f = 1$ bedeutet also, dass das Bauteil völlig kerbunempfindlich ist.



Verlauf der axialen Spannungen in einem gekerbten Zugstab.

Klopfen *knocking*: Bei einem Ottomotor ergibt sich eine Grenze der Verdichtungssteigerung durch (teilweise hörbares) Klopfen an der Vollast. Klopfen ist ein unkontrollierter Ablauf einer durch die Zündkerze eingeleiteten Verbrennung. Vor allem gegen Ende einer klopfenden Verbrennung treten hohe Druckspitzen auf, die sich mit Schallgeschwindigkeit im Brennraum fortpflanzen und Kolbenboden, Dichtungseinfassungen und Zylinderkopf beschädigen. Deshalb muss dauerhaftes Klopfen unbedingt vermieden

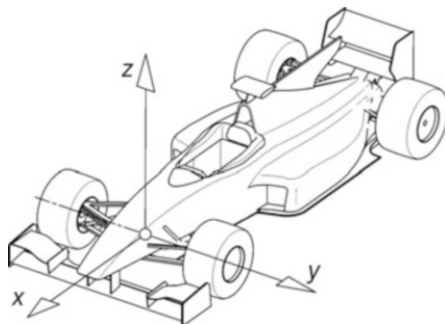
werden. Dies geschieht u. a. durch Kraftstoffzusätze, Einstellen eines fetten Kraftstoff-Luft-Gemischs, Zurücknahme des Zündwinkels, Zurücknahme des Ladedrucks, Kühlung der Ansaugluft, Gestaltung des Brennraums und gezielte Kühlung von problematischen Brennraumbereichen (Zündkerzensitz, Auslassventilsitzringe).

Knicken *buckling*: Versagensart von schlanken, stabförmigen Bauteilen, die Druckkräfte übertragen. Gegenüber einer idealen Belastung, die den Stab nur drückt, treten in der Realität Imperfektionen auf die zu einer zusätzlichen Biegung des Bauteils führen. Wird die Druckkraft zu groß, weicht der Stab in der Mitte seitlich aus und versagt auf Grund der zu großen Biegebeanspruchung.

Konstruktionslage *design position*: Bestimmte Lage eines Fahrzeuges zur Fahrbahn, die als Basis beim Konstruieren von Fahrwerken herangezogen wird. Üblicherweise sind dabei der Wagen fahrbereit mit halb vollem Tank und der Fahrer an Bord. Ausgehend von dieser Lage kann der Wagen ein- und ausfedern bzw. nicken und wanken. In K. ergeben sich also alle Nennmaße, z. B. für Bodenfreiheit, Bodenabstand, Spreizung, Nachlauf usw.

Konzept *layout*: Erste Phase in einem Konstruktionsprozess. In dieser Phase werden Lösungsmöglichkeiten für Teilfunktionen des Gesamtsystems gesucht und zu einer Wirkstruktur zusammengestellt. An diese Phase schließt die Entwurfsphase an.

Koordinatensystem *coordinate system*: Von den gängigen, fahrzeugfesten Koordinatensystemen wird in diesem Buch folgendes in Anlehnung an DIN 70 000 und ISO 4130 verwendet: Der Koordinatenursprung ist der Schnittpunkt der Fahrzeuglängsmittel-ebene mit der Vorderachse. Das Achsenkreuz ist darauf folgendermaßen ausgerichtet. Die positive x -Achse zeigt in Fahrtrichtung, quer dazu die y -Achse nach links und die z -Achse weist nach oben.

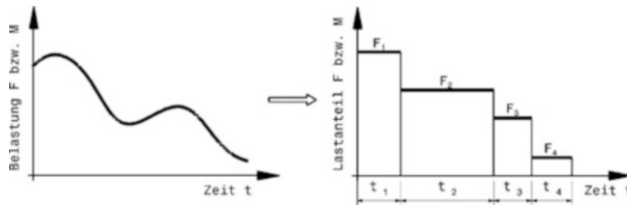


Labisator, Ausgleichsfeder, Z-Stab: Z-förmiger Verbindungsstab der Räder einer Achse. Im Gegensatz zu einem Stabilisator verringert diese Anordnung die Radlastunterschiede und erhöht somit den Grip an dieser Achse. Das Eigenlenkverhalten wird also im Vergleich zum Stabilisator genau in die entgegengesetzte Richtung beeinflusst.

Laminare Strömung *laminar flow*: Die Strömung verläuft in aufeinander liegenden Schichten, die sich nicht vermischen. Es treten also keine Querströmungen (Turbulenzen) auf.

Lastkollektiv *collective load*: Im Allgemeinen ist die Belastung eines Bauteils über der Zeit nicht konstant, sondern ändert sich unregelmäßig. Eine Antriebswelle beispiels-

weise wird beim Start und nach einem Schaltvorgang extrem stark beansprucht, beim Anbremsen und Durchfahren einer Kurve wiederum fast gar nicht. Zur Auslegung von Bauteilen werden jedoch vereinfachte Darstellungen von Lasten (Kräfte, Momente) benötigt. In Versuchsreihen (z. B. Durchfahren eines bestimmten Kurses) werden daher Belastungen über der Zeit aufgezeichnet und ausgewertet. Bei solchen Auswertungen werden u. a. die aufgetretenen Belastungshöhen und deren Häufigkeit (zeitlicher Anteil, Anzahl der Lastwechsel) ermittelt. Das Bild zeigt wie aus einem Belastungsverlauf ein Lastkollektiv wird.



Latsch *tyre contact patch*: Die Aufstandsfläche eines Reifens. Über diese Fläche werden sämtliche Kräfte zwischen Reifen und damit Fahrzeug und Fahrbahn übertragen.

Liefergrad λ_1 *volumetric efficiency*: Der L. bezeichnet bei einem Verbrennungsmotor das Verhältnis der nach Abschluss des Ladungswechsels tatsächlich im Zylinder befindlichen Ladungsmasse im Vergleich zur theoretisch im Zylinder möglichen Ladungsmasse (= Hubvolumen mal Luftdichte). Der L. ist bei Saugmotoren kleiner als 1. Mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit (Drehzahl) steigen die Verluste durch Drosselung in den Leitungen und Ventilen an. Dies wird teilweise durch gasdynamische Effekte bei bestimmten Drehzahlen ausgeglichen oder sogar überkompensiert.

LMS Le Mans Series: Ist eine Rennserie, die nach den Regeln des berühmten 24-Stunden-Langstreckenrennen in Le Mans veranstaltet wird. Die Rennen werden meist über 1000 km ausgetragen. Pro Fahrzeug sind wegen der Renndauer mehrere Fahrer gemeldet.

Luftaufwand λ_a *charging efficiency*: Der L. ist bei einem Verbrennungsmotor das Verhältnis der zugeführten Frischladung (das ist alles, was durch den Luftfilter strömt) zur theoretisch im Zylinder möglichen Ladungsmasse. Damit ist der L. nicht gleich dem Liefergrad. Durch Spülverluste im Ladungswechsel-OT kann z. B. Frischladung über den Abgastrakt verloren gehen. Beim L. wird dieser Verlust berücksichtigt, beim Liefergrad nicht. In diesem Beispiel wäre der L. größer als der Liefergrad, wenn die zugeführte Masse größer ist als die theoretisch mögliche. Der L. ist einfacher zu messen als der Liefergrad.

Luftverhältnis λ (Lambda) *air-fuel-ratio*: Das Luft-Kraftstoffgemisch im Motor zündet und verbrennt zufriedenstellend nur innerhalb eines bestimmten Mischungsbereichs. Bei Benzin beträgt dieses Verhältnis etwa 14,7:1, d. h. 14,7 kg Luft sind zur vollständigen Verbrennung von 1 kg Kraftstoff erforderlich (stöchiometrisches Gemisch).

Die Luftzahl λ vergleicht diesen theoretischen Bedarf mit dem tatsächlich vorhandenen Gemisch.

$$\lambda = \frac{\text{vorhandenes Gemisch}}{\text{stöchiometrisches Gemisch}}$$

$\lambda = 1$ bedeutet also im Brennraum liegt stöchiometrisches Gemisch vor. $\lambda < 1$ heißt es liegt Luftmangel vor (fettes Gemisch). $\lambda > 1$ heißt es herrscht Luftüberschuss (mageres Gemisch).

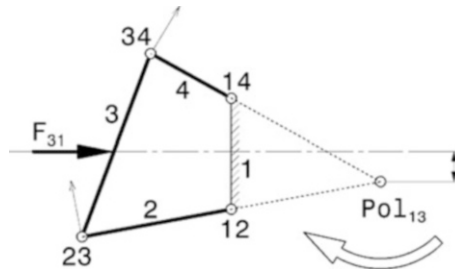
Luftwiderstand *drag*: Kraft, die auf bewegte Körper einwirkt, dadurch, dass diese Luft verdrängen und dass die Luft an der Körperoberfläche reibt.

Massenträgheit (erstes Newtonsches Axiom) *mass inertia*: Damit ein Körper seine Bewegungsrichtung oder Geschwindigkeit ändert, muss eine Kraft auf ihn einwirken. Diese Kraft ist proportional der Beschleunigung und der Masse (zweites Newtonsches Axiom), $F = m \cdot a$.

Massenträgheitsmoment *J polar inertia*: Das M. ist bei einer Rotation ein Maß für den Widerstand gegenüber Änderungen der Winkelgeschwindigkeit und ist damit vergleichbar der Masse bei einer Translation. Das M. hängt von der Verteilung der Masse im Bezug zur Drehachse ab. Je weiter Massenanteile von der Drehachse entfernt sind, desto größer ist das M.

Mitteldruck, effektiv $p_{m,e}$ *mean effective pressure*: Während eines Arbeitsspiels eines Verbrennungsmotors ändert sich der Druck im Brennraum. Der Mitteldruck ist eine rechnerische Vergleichsgröße. Er ist ein gedachter konstanter Druck, der die gleiche Arbeit an der Kurbelwelle verrichten würde, wie der tatsächliche sich periodisch ändernde Druck im Laufe eines Arbeitsspiels.

Momentanpol *instantaneous centre*: Jede Bewegung zwischen zwei starren Körpern kann durch eine Drehung um eine augenblickliche (= momentane) Drehachse (= Momentanpol) beschrieben werden. Der Ort des M. ist demzufolge auch der Ort an dem keine Geschwindigkeit zwischen den betrachteten Körpern existiert. Die Angabe des M. in Koppelgetrieben erfolgt durch die Kombination der in Beziehung stehenden Glieder. Im Bild ist ein viergliedriges Getriebe dargestellt. Sind Glieder im (festen) Gestell 1 gelagert, gilt der Lagerpunkt als M., im Beispiel also Gelenke 12 und 14 für die Glieder 2 und 4. Sind betrachtete Glieder nicht direkt miteinander gekoppelt, kann der M. über die Kenntnis zweier zum Starrkörper gehörigen Geschwindigkeitsvektoren ermittelt werden. Hier also der Pol für die Glieder 1 und 3.



Wirken zwischen zwei Gliedern Kräfte, entscheidet die Lage der Kraftwirkungslinie in Bezug zum M. dieser Glieder, welcher kinematische Zustand sich einstellt. Im Beispiel

bewirkt die Kraft F_{31} (Kraft auf Glied 3 von Glied 1) eine Drehung im Uhrzeigersinn. Würde der M. 13 auf der Wirkungslinie von F_{31} liegen, bliebe das Getriebe im Gleichgewicht. Liegt die Wirkungslinie unter dem M. 13, dreht sich Glied 3 gegen den Uhrzeigersinn [3].

Monoposto *single-seater*: Einsitziger Rennwagen, bei dem der Fahrerplatz auf der Längsmittlebene des Fahrzeugs angeordnet ist.

NACA Lufterlass *NACA air duct*: (National Advisory Council for Aeronautics). Gestaltung eines Luftschahtes nach den Empfehlungen der NACA.

NASCAR: Abkürzung von National Association for Stock Car Auto Racing Inc. Das ist die Regelbehörde für den NASCAR Sprint Cup Series (war 2004–2007 Nextel Cup Series, davor Winston Cup), eine in Nordamerika populäre Rennserie, die mehrheitlich auf Ovalkursen in Stadien gefahren wird. Sie stellt die höchste Rennserie in den USA dar. Die Fahrzeuge sehen äußerlich wie Serienfahrzeuge aus, bestehen aber aus einem Gitterrohrrahmen und wurden bis 2011 mit Vergasermotoren betrieben, die über eine Gelenkwelle eine Starrachse an Längslenkern antreiben. Seit 2012 kommt Benzineinspritzung (Multipoint Fuel Injection MPFI) zum Einsatz.

Nicken *pitching*: siehe Fahrzeugbewegungen

O-Anordnung *O-arrangement*: Zwei Schrägkugellager oder Kegelrollenlager können spiegelbildlich angeordnet werden. Werden dabei zwei Lager so eingebaut, dass die Drucklinien nach außen zeigen (also wie in „O“ aussehen), spricht man von O-Anordnung der Lager. Weisen die Drucklinien zueinander, liegt eine X-Anordnung vor.

Oktanzahl *octane number*: Eine Kenngröße für die Klopfestigkeit eines Kraftstoffes. Je größer die Oktanzahl desto klopfester ist der Kraftstoff. Zur Bestimmung der Oktanzahl werden zwei verschiedene Verfahren eingesetzt: Die Motor-Methode (Motor-Oktanzahl MOZ) und die Research-Methode (Research-Oktanzahl ROZ).

Perzentil *percentil*: Einteilung einer Grundgesamtheit (Normalverteilung) in 100 Abschnitte. Hier statistische Einteilung der Abmessungen des menschlichen Körpers. Damit werden Cockpits und Fahrgasträume gestaltet, die für einen Großteil der Bevölkerung passend sind. Im Pkw-Bau decken so der 95 %-Mann und die 5 %-Frau 90 % der Gesamtbevölkerung ab. Das heißt nur 5 % der Männer sind größer und nur 5 % der Frauen sind kleiner als die benutzten Perzentile.

Prototyp *prototype*: Rennwagen einer bestimmten Kategorie und Gruppe, der nur in kleiner Stückzahl oder als Einzelstück gefertigt wird.

Qualitätssteuerung *quality control*: Die Steuerung der Last (und damit bei konstanter Last der Drehzahl) erfolgt bei Dieselmotoren durch die Steuerung der Kraftstoffzufuhr in den Brennraum. Die Verbrennungsluft saugt der Motor ungedrosselt an. Dadurch ergibt sich allein über die Veränderung der Kraftstoffmenge das gewünschte Luft-Kraftstoff-Massenverhältnis im Brennraum.

Quantitätssteuerung *quantity control*: Die Steuerung der Last (und damit bei konstanter Last der Drehzahl) erfolgt bei Ottomotoren mit herkömmlicher Gemischbildung (Vergaser, Saugrohreinjection) über Drosselorgane (Drosselklappe, Schieber). Dabei wird im Teillastbereich die Luft- bzw. Gemischmengen- bzw. Luft-Kraftstoff-Massenverhältnis im Brennraum durch Drosselung

des Ansaugquerschnitts verändert. Bei Vollast wird der gesamte Querschnitt freigegeben.

Rad-Schwingzahl *wheel frequency*: Eigenfrequenz eines schwingungsfähigen Rades, das über Feder und beweglichen Gliedern mit dem Wagenkasten verbunden ist.

Raid, Rallye Raid: Unter diesem Oberbegriff werden die Langstreckenrennen, die querfeldein im freien Gelände vornehmlich in Wüstengegenden ausgetragen werden, zusammengefasst. Der grundsätzliche Verlauf des Bewerbs ist dabei wie bei einer Rallye, d. h. die Fahrzeuge fahren von einem Anfangsort zu einem bestimmten Zielort.

Rallye *rally*: Sind Wettbewerbe, die auf für die Dauer des Bewerbs abgesperrten Straßenstücken ausgetragen werden. Die Fahrbahndecken können dabei Asphalt o. ä., Schotter, aber auch Schnee und Eis sein. Jedes Fahrzeug fährt die Strecke normalerweise allein. Kennzeichnend für R. ist, dass ein Beifahrer dem Piloten den Streckenverlauf ansagt.

Rapid Prototyping (3D-Druck, Additive Manufacturing): Dazu zählen alle Verfahren mit deren Hilfe direkt aus 3D-CAD-Informationen reale Modelle geschaffen werden können. Manche dieser Verfahren arbeiten gleichsam wie ein Drucker, der dreidimensionale Kunststoffkörper ausdrückt. Diese Modelle können je nach Verfahren und Einsatzzweck Anschauungsobjekte, Versuchsteile, Gussmodelle oder Gussformen sein. Ziel ist es, ausgehend von CAD-Daten rasch zu einem funktionsfähigem (Prototyp-) Teil (Name!) zu kommen.

Reibbeiwert μ *coefficient of friction*: Durch Versuche ermittelter Wert zur Berechnung der Reibkraft zwischen zwei Körpern. Der R. ist u. a. von der Werkstoffpaarung abhängig.

Reynoldszahl *Reynolds number* *Re*: Ist eine dimensionslose Ähnlichkeitskennzahl in der Strömungsmechanik. Sie vergleicht die Trägheitskräfte mit den Reibungskräften in einem Fluid. Bei einer Windkanaluntersuchung mit einem verkleinerten Fahrzeugmodell müssen die Werte der R. von Modell und Original gleich groß sein, damit man vergleichbare Strömungsfelder erhält und somit brauchbare Messergebnisse.

Rockwell-Härtez *Rockwell hardness*: Angabe der Härte eines Werkstoffs. Wird ermittelt über die bleibende Eindringtiefe eines Eindringkörpers (Kegel, Kugel) in das Werkstück.

Schubmodul (Gleitmodul) G *shear modulus*: Durch Schubversuche an Probestäben ermittelte Werkstoffkonstante. Für viele Werkstoffe bleibt bei Schubbeanspruchung das Verhältnis zwischen Schubspannung und Winkelverzerrung gleich. Dieses Verhältnis ist der S.

Sequentielles Schalten *sequential shifting*: Eine Art des Gangwechsels bei einem Schaltgetriebe, bei der die einzelnen Gänge nur hintereinander (sequenziell) eingelegt werden. Dazu muss der Fahrer bloß eine einfache Bewegung machen. Motorradgetriebe sind ein Beispiel dafür. Im Gegensatz dazu weisen übliche Pkw-Schaltgetriebe eine H-Schaltung auf, bei der mit einer zusammengesetzten Bewegung ein beliebiger Gang eingelegt werden kann.

Simulation *simulation*: Mit Simulationen werden die Auswirkungen von komplexen physikalischen Zusammenhängen meist über der Zeit errechnet. Dazu wird zunächst

das zu untersuchende System durch ein Modell vereinfacht dargestellt. Dieses Modell wird anschließend durch ein Gleichungssystem mathematisch beschrieben. Mit Hilfe eines Computers wird dieses Gleichungssystem (meist durch numerische Näherungsverfahren) gelöst. Die Ergebnisse werden dann als Grafiken oder Animationen anschaulich dargestellt (visualisiert). Simulationen erlauben in kurzer Zeit viele Änderungen am untersuchten System durchzuführen, die am realen Objekt isoliert gesehen entweder gar nicht möglich oder zu teuer wären. Simuliert werden u. a. das Fahrverhalten eines Wagens mit unterschiedlichen Reifen, Achslasten, Schwerpunkthöhen, Abtriebskräften usw. auf unterschiedlichen Strecken (die zu dem Zweck natürlich dreidimensional erfasst worden sein müssen). Wegen der getroffenen Vereinfachungen bildet eine Simulation nicht exakt die Wirklichkeit ab, liefert aber qualitative Aussagen über Einflussgrößen auf das untersuchte System. Durch Vergleich mit gemessenen Versuchsergebnissen werden Modelle auf ihre Brauchbarkeit geprüft und in weiterer Folge verbessert.

Spannung *stress*: Wird ein Bauteil durch äußere Kräfte und/oder Momente belastet oder wird es in seiner Wärmedehnung behindert, tritt eine Beanspruchung im Inneren auf. Diese Beanspruchung wird rechnerisch durch mechanische Spannungen z. B. in N/mm^2 erfasst. Überschreitet die Spannung an einer Stelle im Bauteil einen vom Werkstoff abhängigen Kennwert, kommt es zum Versagen (Rissbildung, Fließen, ...) an dieser Stelle.

Streckgrenze R_e *yield strength*: Im Zugversuch ermittelter Werkstoffkennwert. Wird ein Stab mit zunehmender Kraft gezogen, so bleibt er bis zum Erreichen der Streckgrenze elastisch, d. h. bei Entlastung nimmt er wieder seine ursprüngliche Länge an. Bei Werkstoffen ohne ausgeprägte Streckgrenze wird ein Ersatzwert festgelegt, die Proportionalitätsgrenze $R_{p0,2}$.

Tribologie *tribology*: Lehre vom Zusammenwirken von Reibung, Schmierung und Verschleiß. Kommt es zwischen Körpern zu einer Relativbewegung, so führt dies zu Energieverlust (Reibung) und Materialabtrag (Verschleiß).

Turbulente Strömung *turbulent flow*: Ist eine Strömungsform, bei der Querströmungen und Verwirbelungen in unterschiedlichen Größen und Richtungen auftreten.

Übersteuern *oversteer*, *AE: loose*: siehe Fahrverhalten

Untersteuern *understeer*, *AE: push*: siehe Fahrverhalten

Verdichtungsverhältnis ϵ *compression ratio*: Das V_c eines Motors ist das Verhältnis aus maximalem und minimalem Zylindervolumen. Das größte Volumen ergibt sich, wenn der Kolben im unteren Totpunkt steht. Dieses Volumen ist also das Hubvolumen eines Zylinders plus des so genannten Kompressionsvolumens. Das kleinste Volumen schließt der Kolben im oberen Totpunkt ein. Dieser Rauminhalt stellt das Kompressionsvolumen dar. Das Kompressionsvolumen setzt sich zusammen aus dem Brennraumvolumen und weiteren Anteilen, die sich durch die Kolbenbodenform ergeben.

Wanken *roll*: siehe Fahrzeugbewegungen

Wärmetauscher *heat exchanger*: Gebilde in dem Wärme von einem flüssigen oder festen Stoff höherer Temperatur auf einen anderen mit niedriger Eintrittstemperatur übergeht,

ohne dass die beiden Stoffe miteinander vermischt werden. Je nach beteiligten Medien unterscheidet man z. B. Wasser/Luft oder Luft/Luft-Wärmetauscher für die Ladeluftkühlung eines aufgeladenen Motors.

WRC World Rally Car: Rallyefahrzeug, das auf einem großzügigen Reglement basiert, das keine Mindeststückzahl an gebauten Fahrzeugen vorschreibt. Das Mindestgewicht beträgt 1230 kg. Die Zylinderzahl der Motoren ist mit acht begrenzt. Der Hubraum hängt von der Anzahl der Ventile und vom Aufladeverfahren ab. Weitere Rallyefahrzeuge gehören zur Gruppe A und N. Für diese Fahrzeuge wird verlangt, dass 2500 Basismodelle innerhalb eines Jahres gebaut werden. Der Gruppe A verdanken wir so Straßenfahrzeuge wie den Lancia Delta Integrale, Mitsubishi Lancer Evo und Ford Escort RS-Cosworth.

Zugfestigkeit R_m tensile strength: Im Zugversuch ermittelter Werkstoffkennwert. Er ergibt sich aus dem Quotienten von Höchstkraft während des Versuchs und dem Querschnitt des Probestabs vor dem Versuch. Die Z. ist in vielen Werkstoffkurzbezeichnungen enthalten.

In diesem Buch werden die britischen Ausdrücke für die wichtigsten Teile kursiv angeführt. Nachfolgend sind für einige gängige Bauteile die Unterschiede zwischen den entsprechenden amerikanischen (AE) und den britischen Begriffen (BE) aufgelistet:

Bauteil	amerikanisch	britisch
Seitenwelle	axle shaft	half shaft
Antriebswelle	driveshaft	prop shaft
Radkasten	fender	wheel arch
(Motor-)Haube	hood	bonnet
Übersteuern	loose	oversteer
Kegelradachsgetriebe	ring & pinion	crown wheel & pinion
Untersteuern	tight (push)	understeer
Kofferraum	trunk	boot
Stoßdämpfer	shock absorber	damper
Torsionsstabilisator	sway bar	anti roll bar
Gurney-Leiste	wicker	gurney
Windschutzscheibe	windshield	windscreen

Unterschiedliche Rennklassen benutzen ebenso unterschiedliche Bezeichnungen für das im Prinzip gleiche Bauteil:

- Dreiecksquerlenker: A-arm/wishbone, control arm
- Radträger: spindle (Tourenwagen)/upright (Monoposto)
- Spurstange: tie rod/toe link.

Literatur *References*

1. Breuer, B., Bill, K.-H. (Hrsg.): Bremsenhandbuch, 1. Aufl. GWV Fachverlage/Vieweg, Wiesbaden (2003)
2. Milliken, W.F.: Chassis Design: Principles and Analysis. Society of Automotive Engineers, Warrendale (2002)
3. Neumann, R., Hanke, U.: Eliminierung unerwünschter Bewegungen mittels geeigneter Momentanpolkonfiguration. *Konstruktion* **4**, 75–77 (2005)

Stichwortverzeichnis *Index*

A

Abmessung 2, 4, 12, 159, 160,
165, 176, 197
ABS 44
Abtrieb 207, 226, 234, 235, 236, 241,
242, 245, 246, 248, 249, 252,
255, 257, 258, 259, 262, 266, 271, 282
Achslast 177, 214, 271
Ackermann 21, 45, 140, 155, 156–158, 160
Aerodynamik 30, 151, 208, 245, 268,
300, 302, 313, 325, 329
Aero-Maps 30, 281, 282, 283, 288

B

Balance 4, 40, 48, 204, 207, 258, 269,
275, 279, 284, 299, 313
Beschleunigung 27, 35, 39, 207, 248,
259, 269, 280, 308, 332
Beschleunigungssensor 221, 223, 226
Blattfeder 173, 176, 177, 178, 180
Bodenfreiheit 8, 261
Bremsen 35, 122, 130, 135, 136, 139,
151, 185, 201, 204, 205, 245, 304, 328

C

CAD 128, 288
Canard-Flaps 262
CFD 24, 288, 289
Chassis 114, 128, 194, 195, 208,
315, 324, 326
 c_w -Wert 268, 288

D

Dämpfer 95–98, 102, 104, 112, 121,
126, 165, 185, 189, 197, 206, 305,
307, 308
Differenzial 209, 211, 213, 214, 215
Diffusor 8, 248, 258, 261, 314

E

Eigenfrequenz 95, 117, 304
Eigenlenkverhalten 2, 18
Einspurmodell 43, 269
Elastizitätsmodul 181

F

Fahrverhalten 10, 14, 16, 45, 48, 50,
104, 230
Fahrwerk 1, 14, 23, 30, 38, 177
Fahrwerksabstimmung 297, 301
Fahrwerksgeometrie 4, 24, 127, 178, 251
Fahrwerksvermessung 14
Fahrzeugfeder 94, 104, 113, 117,
119, 272, 274, 278, 327
Fahrzeugmasse 11, 94, 113, 130, 141
Fahrzeugschwerpunkt 5, 12, 126, 141,
146, 151, 200, 226,
269, 326
Federbein 125, 128, 129, 137, 152,
173, 184, 189
Federrate 94, 95, 136, 172, 189, 192,
196, 275, 327
Freiheitsgrad 34, 98, 323

G

Gesamtmasse 5, 288
 Gewichtstransfer 143–147, 150, 151,
 155, 197, 310, 315, 321
 Gewichtsverteilung 7, 199, 313
 Gierbeschleunigung 51
 Gieren 13, 130
 Golfball-Effekt 240, 263, 267, 268
 Grenzsicht 239, 240, 256, 262, 264
 Gurney-Flaps 248, 256, 257, 258, 262, 268

H

Hauptabmessung 2, 3, 4
 Heben 34, 35
 Heckflügel 245, 251, 252, 254, 258,
 264, 266, 267, 268, 289

K

Konstantfahrt 251, 282
 Kurvenfahrt 4, 21, 35, 39, 121, 143,
 178, 200, 209, 217

L

Lateralkraft 39, 298
 Luftwiderstand 234, 241
 Luftwiderstandskraft 249, 284, 286

M

Massenträgheit 10, 13
 Monoposto 4, 13, 16, 27, 30

N

Nachlauf 18, 130, 131, 132
 Nachspur 16, 18, 132, 134, 135, 317, 321
 Nicken 34, 35, 151, 154, 207, 307
 Nickzentrum 135, 136, 151, 153, 154, 200

O

Oberfläche 239, 256, 264, 266, 267, 308
 Fahrbahn 94
 Reifen 213
 Straßen 172, 172

P

Prototyp 18, 114

Q

Querbesehleunigung 46, 51, 218, 220,
 280, 311, 318, 332, 334
 Querdynamik 2
 Querlenker 129, 136, 137, 139, 165

R

Radaufhängung 18, 22, 112, 115, 116,
 117, 127, 128, 134, 135, 165,
 166, 172, 186, 191, 194, 197,
 277, 278, 321, 325, 327
 Radlast 151, 195, 204, 222, 224, 225,
 226, 228, 246, 253
 Reibungskoeffizient 317
 Reifendruck 132
 Reifenfederrate 272
 Reifenparameter 316
 Reynoldszahl 239, 262
 Rollwiderstand 24, 25, 29, 144, 314
 Rollzentrum 22, 135, 137, 141, 315

S

Schlupf 222
 Schraubenfeder 173, 175, 176, 185
 Schubspannung 256
 Schwerpunkt 141, 143, 145
 Schwerpunktlage 2, 246, 313
 Schwingungsdämpfer 36, 95, 97
 Seitenkraft 4, 213, 215
 Setup 104, 124, 125, 244, 245, 274, 282
 Simulation 316, 319, 323, 329,
 331, 332, 333
 Spreizung 19, 20, 129, 130, 131, 132
 Spur 14, 17, 135
 Spuränderung 139, 315, 317
 Spurstange 16, 135
 Stabilisator 36, 38, 320, 323
 Stoßdämpfer 95, 144, 155, 175, 187
 Straßenlage 34, 40, 172, 213,
 301, 302, 321
 Strömung, laminare 238
 Sturz 14, 15, 16, 297, 299, 315, 317, 321

T

Tauchen 35
Testfahrt 117, 131, 296, 300, 302,
321, 323, 334
Tragflügel 248
Turbulator 239, 262, 263
Tyre Modelling 316, 317

U

Übersteuern 37, 39, 41, 43, 48, 50,
51, 230, 251, 301
Untersteuern 39, 41, 42, 48, 50, 121,
134, 165, 230, 299, 300,
333, 334

V

Vorspannung 16, 133, 194, 196, 197, 204
Vorspur 16, 17, 40, 132, 134, 157, 297, 317, 321

W

Wanken 8, 16, 34, 106, 108, 307
 c_w -Wert 26, 29, 30, 244, 313, 314
Windkanal 24, 251, 265, 266, 289, 329

Z

Zentrifugalkraft 40, 41, 143, 198, 208
Zentripetalkraft 40, 41, 42, 142, 143, 234
Zugfestigkeit 177, 180, 181