

Motto, Vorwort	5
1 Radfahren: vom Gleichgewicht zur Bewegung	7
1.1 Bitte Platz nehmen: von der Position am Rennrad zur Schwerpunktlage	7
1.2 Kräftegleichgewicht zum 1.: von der Gewichtskraft zu den Radaufstandskräften	16
1.3 Kräftegleichgewicht zum 2.: vom Antrieb gegen Widerstand zur Bewegung	20
1.4 Gleichgewicht: über die dritte Dimension zur Balance am Fahrrad	29
2 Antrieb beim Radfahren: Pedalkraft unter der Lupe	32
2.1 Runder Tritt und Fahrermodell: einige Grundlagen	32
2.2 Kräfte und Drehmomente: der Antrieb beim Radfahren	33
2.3 Mechanische Energie beim Pedalieren: die Beine als Speicher	43
2.4 Muskuläre Gelenkmomente: der Motor beim Pedalieren	51
2.5 Pedalkraft zerlegt: Anteile und Konsequenzen	61
2.6 Trittfrequenz: Übersetzer von Kraft zur Leistung	71
2.7 Attacke oder nur Abwechslung: das Fahren im Stehen	77
3 Widerstände beim Radfahren: Porträt der gegnerischen Mannschaft	85
3.1 Mechanische Effizienz: Verluste und Wirkungsgrad	85
3.2 Drehbar festgesetzt: Lagerungen	86
3.3 Effizienter Leichtathlet: der Kettenantrieb	94
3.4 Rollwiderstand der Reifen: ein weitreichendes, nicht ganz auflösbares Thema	113
3.5 Luftwiderstand: Aerodynamik und Windspiele	123
3.6 Gravitation: die beiden ungleichen Seiten des Berges	141
4 Anpassung: Übersetzung von Antrieb nach Widerstand	154
4.1 Antrieb trifft auf Widerstand: Folgen ungleichförmiger Antriebskräfte	154
4.2 Antriebscharakteristik: Standortbestimmung	165
4.3 Übersetzungswahl: Bedarfsbestimmung und Abstufung	171
4.4 Die Qual der Wahl: Schaltstrategien	180
4.5 Absichtlicher Höhengschlag: Unrunde Kettenblätter	189
5 Balance: die geheimnisvolle Stabilität des Fahrrades	204
5.1 Stabilität: Gleichgewicht und ein wenig Historie	204
5.2 Bestimmend: die Eigenheiten der Bewegung	213
5.3 Dynamische Regelkreise: Kräfte- und Momentengleichgewicht	220
5.4 Nachgerechnet: Kurvenfahrt mit dem Fahrrad	230
5.5 Übersicht: Einfluss der Stabilitätsparameter auf das Fahrverhalten	237
5.6 Rahmenflattern: oder eher Lenkungsflattern	242
5.7 Spuren lesen: Blick in die Vergangenheit	247
6 Zu schnell: Bremsen mit dem Rennrad	253
6.1 Standortbestimmung: die Grenzen der Bremsleistung	253
6.2 Rollen: eine Mischung aus Haften und scheinbarem Gleiten	265
6.3 Arbeitsteilung: Bremsen mit Vorder- und Hinterrad	276
6.4 Abfallprodukt: die Abwärme die weg muss	292
6.5 Felgenbremse: die größte Scheibe der Welt	308
6.6 Noch in Kinderschuhen: Brems(un)vermögen von Kohlefaser Felgen	320

7	Radkunde: 6komma8 kg Kleingedrucktes	326
7.1	Gemeinsames Erbgut: Werkstoffe	326
7.1_1	Isotrope Werkstoffe: bewährte Klassiker	328
7.1_2	Anisotrope Werkstoffe: wandlungsfähige Herausforderung	348
7.1_3	Werkstoff Vergleich: Orientierungshilfe	360
7.2	Spannend: was Kräfte bewirken	366
7.2_1	Grundlegend: einfache Lastfälle	366
7.2_2	Zusammengesetzt: komplexe Lastfälle	377
7.2_3	Kerben: Spannungsverstärker	380
7.3	Lastfall: Auswahl einiger Fahrradbeispiele	382
7.3_1	Häufig unterschätzt: Verschraubungen	382
7.3_2	Rohrklemmungen: Sattelstütze, Lenker und Vorbau	389
7.4	Durchhaltevermögen: Lebensdauer von Fahrradteilen	396
7.5	Speichenrad: reife Mannschaftsleistung	415
7.5_1	Intuitiv: Doppelspeichen Modell	417
7.5_2	Zielstrebig: radial eingespeichte (Vorder-)Räder	421
7.5_3	Gekreuzt?: Drehmoment übertragende Speichenräder	434
7.5_4	Alternative?: Druckspeichenräder	450
7.6	Diamant: neues Leben im alten Rahmen	453
7.6_1	Etymologie einer Form: die Suche nach dem Diamanten	453
7.6_2	Leistung einer Form: die Steifigkeit des Diamanten	464
7.6_3	Zähmung einer Form: der Komfort des Diamanten	494

Exkurse:

E01	Radfahren ist Bewegung: doch was bitte ist Bewegung?	520
E02	Individualisierung: persönliche Anpassung des Rechenmodells	528
E03	Eine Folge der Bewegung: dynamische Radlastverteilung	533
E04	Zusatzmasse: Trägheit drehender Körper (Reduzierte Masse)	537
E05	Aufgelöste Bewegung: Differentialform der Bewegungsgleichung	539
E06	Vereinfachungen und Rahmenbedingungen: Rechenmodell zur Biomechanik der Tretbewegung	542
E07	Gemittelt aber nicht Durchschnitt: biometrische Maße für Sportler	543
E08	Nachgefragt: wie wahr sind Messwerte	544
E09	Konservativ: Anteile der Trägheitseinflüsse beim Pedalieren	547
E10	Inverse Dynamik: vom Ergebnis zur Ursache	551
E11	Aufteilung: Pedalkräfte und deren Komponenten	552
E12	Breitensport: Pedalkräfte unterschiedlicher Fahrer	554
E13	Ausreißer: nicht alle Menschen sind gleich	560
E14	Rollreibung: eine Folge der Elastizität	565
E15	Ein Sonderfall: die Folgen der Reibung in der Pedallagerung	566
E16	Lagerqualität: auch eine Frage des Werkstoffes	569
E17	Genormt: Kettenrad Bestimmungsgrößen	571
E18	Hertzsche Pressung: Kontaktbelastung gewölbter Flächen	572
E19	Neuer Ansatz: Berechnung des Wirkungsgrades des Fahrrad Kettentriebes	574
E20	Abrollen: Geschwindigkeitsverteilung am Umfang eines Rades	578
E21	Reynolds: von Ruhestörung zur Aerodynamik	581
E22	Luft: Druck und Dichte	582
E23	CwA Bestimmung: Selbstversuch in Hangabfahrt	585
E24	Simulierte Windspiele: CFD (Computational Fluid Dynamics)	588

E25 Kletterhilfe: Einfaches Verfahren zur Bestimmung der kleinsten Übersetzung in Abhängigkeit von der spezifischen Leistung und der Steigung	590
E26 Bewegungsgleichung: Eigenwerte und die Stabilität des Rennrades	591
E27 Aufrichtendes Kippmoment: auch ohne Knick wirksam	598
E28 Kreiselkräfte und Momente: Folge gyroskopischer Effekte	601
E29 Also doch: Lenkungsflattern	604
E30 Vorderradversatz: Geometrie und Auswirkungen	607
E31 Variabel: Dynamischer Abrollradius	608
E32 Reifen Funktionspunkt: Beispielhafte Bestimmung	609
E33 Abbild der Bremsfähigkeit: bezogene Bremswerte	611
E34 Bremsen in der Kurve: gegensinnige dynamische Einflüsse	613
E35 Bremsenschleifen: Abfahrt mit konstanter Geschwindigkeit	615
E36 Erzwungene Konvektion: Kühlleistung der Felgenbremse	616
E37 Sägezahnabfahrt: bis an die Grenze	618
E38 Ausbelastete Längenänderung: Verhältnis von Zugfestigkeit zu Steifigkeit	621
E39 Werkstofftabelle	621
E40 Unter Druck: Biegen vor Knicken	623
E41 Flächenträgheitsmoment: Steifigkeitsbeitrag der Geometrie	624
E42 Äquivalent: Vergleichsspannungs-Hypothesen	628
E43 FEM: Finite Elemente Methode, simulierte Bauteilbelastung	630
E44 Nachgehakt: Festigkeitsnachweis anisotroper Werkstoffe	631
E45 Verschraubungsvarianten: ein Spiel der Steifigkeiten	638
E46 Schrauben: Vorspannung über Anzugsmoment	639
E47 Rohrklemmung: Zahlenbeispiel Sattelstütze	640
E48 Schnellspanner: Entlastung für Achse und Finger	642
E49 Betriebsfestigkeit: haltbar auf Zeit	643
E50 Doppelspeichen: Rechenmodell oder reale Alternative	646
E51 Felgenprofile: Flächenträgheitsmomente für Biege- und Torsionsverhalten	647
E52 Tonlage: der Speichenspannung auf der Spur	650
E53 Parameter Variation: Einflüsse auf die Laufrad Seitensteifigkeit	652
E54 Halbe Teilung: einmal absichtlich, meist versehentlich	656
E55 Speichenlänge und -Winkel: ein wenig Trigonometrie	659
E56 Hürdenlauf: Größe rollt	661
E57 Einlenken: Seitenführungskraft	662
E58 Kettenstrebenkraft: Anteile von Ketten- und Antriebskraft	664
E59 Rahmenbelastung: Gleichgewichtskräfte und -Momente infolge der Pedalkräfte	667
E60 CAD: Computer Aided Design oder malen mit der Maus	668
E61 Kettentrum: Längenänderung bei Verschiebung	670
E62 Durchgerüttelt: mechanische Vibrationen	671
E63 Schlechtweg: Hubarbeit beim Überrollen von Unebenheiten	674
E64 Innere Dämpfung: anelastisch und komplex	676
E65 Schlechtweg zum Zweiten: was Feder-Dämpfer leisten	681
E66 Feder-Dämpfer: verringerte Hubarbeit und verbesserte Bodenhaftung	684
Bezeichnungen in Formeln	686
Bibliographie	687
Bildnachweis	690
Inhaltsverzeichnis	691
Kurbelwinkel Lesehilfe - Beilage	