

Inhaltsverzeichnis des Kleingedruckten beim Radfahren

Motto, Vorwort	1
1. Radfahren: vom Gleichgewicht zur Bewegung	3
1.1. Bitte Platz nehmen: von der Position am Rennrad zur Schwerpunktlage	3
1.2. Kräftegleichgewicht zum 1.: von der Gewichtskraft zu den Radaufstandskräften	12
1.3. Kräftegleichgewicht zum 2.: vom Antrieb gegen Widerstand zur Bewegung	16
1.4. Gleichgewicht: über die dritte Dimension zur Balance am Fahrrad	25
2. Antrieb beim Radfahren: Pedalkraft unter der Lupe	28
2.1. Runder Tritt und Fahrermodell: einige Grundlagen	28
2.2. Kräfte und Drehmomente: der Antrieb beim Radfahren	29
2.3. Mechanische Energie beim Pedalieren: die Beine als Speicher	39
2.4. Muskuläre Gelenkmomente: der Motor beim Pedalieren	47
2.5. Pedalkraft zerlegt: Anteile und Konsequenzen	57
2.6. Trittfrequenz: Übersetzer von Kraft zur Leistung	67
2.7. Attacke oder nur Abwechslung: das Fahren im Stehen	74
3. Widerstände beim Radfahren: Porträt der gegnerischen Mannschaft	82
3.1 Mechanische Effizienz: Verluste und Wirkungsgrad	82
3.2 Drehbar festgesetzt: Lagerungen	83
3.3 Effizienter Leichtathlet: der Kettenantrieb	92
3.4 Rollwiderstand der Reifen: ein weitreichendes, nicht ganz auflösbares Thema	110
3.5 Luftwiderstand: Aerodynamik und Windspiele	120
3.6 Gravitation: die beiden ungleichen Seiten des Berges	139
4. Anpassung: Übersetzung von Antrieb nach Widerstand	152
4.1 Antrieb trifft auf Widerstand: Folgen ungleichförmiger Antriebskräfte	152
4.2 Antriebscharakteristik: Standortbestimmung	163
4.3 Übersetzungswahl: Bedarfsbestimmung und Abstufung	169
4.4 Die Qual der Wahl: Schaltstrategien	178
4.5 Absichtlicher Höhenschlag: Unrunde Kettenblätter	187
5. Balance: die geheimnisvolle Stabilität des Fahrrades	202
5.1 Stabilität: Gleichgewicht und ein wenig Historie	202
5.2 Bestimmend: die Eigenheiten der Bewegung	211
5.3 Dynamische Regelkreise: Kräfte- und Momentengleichgewicht	218
5.4 Nachgerechnet: Kurvenfahrt mit dem Fahrrad	228
5.5 Übersicht: Einfluss der Stabilitätsparameter auf das Fahrverhalten	236
5.6 Rahmenflattern: oder eher Lenkungsflattern	241
5.7 Spuren lesen: Blick in die Vergangenheit	245
6. Zu schnell: Bremsen mit dem Rennrad	251
6.1 Standortbestimmung: die Grenzen der Bremsleistung	251
6.2 Rollen: eine Mischung aus Haften und scheinbarem Gleiten	263
6.3 Arbeitsteilung: Bremsen mit Vorder- und Hinterrad	274
6.4 Abfallprodukt: die Abwärme die weg muss	290
6.5 Felgenbremse: die größte Scheibe der Welt	306
6.6 Noch in Kinderschuhen: Brems(un)vermögen von Kohlefaser Felgen	318

7. Radkunde: 6komma8 kg Kleingedrucktes	324
7.1 Gemeinsames Erbgut: Werkstoffe	324
7.1_1 Isotrope Werkstoffe	326
7.1_2 Anisotrope Werkstoffe	346
7.1_3 Werkstoff Vergleich	358
7.2 Spannend: was Kräfte bewirken	364
7.2_1 Grundlegend: einfache Lastfälle	364
7.2_2 Zusammengesetzt: komplexe Lastfälle	375
7.2_3 Kerben: Spannungsverstärker	378
7.3 Lastfall: Auswahl einiger Fahrradbeispiele	380
7.3_1 Häufig unterschätzt: Verschraubungen	380
7.3_2 Rohrklemmungen: Sattelstütze, Lenker und Vorbau	387
7.4 Durchhaltevermögen: Lebensdauer von Fahrradteilen	394
7.5 Speichenrad: reife Mannschaftsleistung	413
7.5_1 Intuitiv: Doppelspeichen Modell	415
7.5_2 Zielstrebig: radial eingespeichte (Vorder-)Räder	419
7.5_3 Gekreuzt?: Drehmoment übertragende Speichenräder	432
7.5_4 Alternative?: Druckspeichenräder	448
7.6 Diamant: neues Leben im alten Rahmen	451
7.6_1 Etymologie einer Form: die Suche nach dem Diamanten	451
7.6_2 Leistung einer Form: die Steifigkeit des Diamanten	462
7.6_3 Zähmung einer Form: der Komfort des Diamanten	492

Exkurse:

E01: Radfahren ist Bewegung: doch was bitte ist Bewegung genau?	E1
E02: Individualisierung: persönliche Anpassung des Rechenmodells	E9
E03: Eine Folge der Bewegung: dynamische Radlastverteilung	E14
E04: Zusatzmasse: Trägheit drehender Körper (Reduzierte Masse)	E18
E05: Aufgelöste Bewegung: Differentialform der Bewegungsgleichung	E21
E06: Vereinfachungen und Rahmenbedingungen: Rechenmodell zur Biomechanik der Tretbewegung	E23
E07: Gemittelt aber nicht Durchschnitt: biometrische Maße für Sportler	E24
E08: Nachgefragt: wie wahr sind Messwerte	E26
E09: Konservativ: Anteile der Trägheitseinflüsse beim Pedalieren	E28
E10: Inverse Dynamik: vom Ergebnis zur Ursache	E32
E11: Aufteilung: Pedalkräfte und deren Komponenten	E34
E12: Breitensport: Pedalkräfte unterschiedlicher Fahrer	E35
E13: Ausreißer: nicht alle Menschen sind gleich	E42
E14: Rollreibung: eine Folge der Elastizität	E46
E15: Ein Sonderfall: die Folgen der Reibung in der Pedallagerung	E47
E16: Lagerqualität: auch eine Frage des Werkstoffes	E50
E17: Genormt: Kettenrad Bestimmungsgrößen	E52
E18: Hertzsche Pressung: Kontaktbelastung gewölbter Flächen	E53
E19: Neuer Ansatz: Berechnung des Wirkungsgrades des Fahrrad Kettentriebes	E55
E20: Abrollen: Geschwindigkeitsverteilung am Umfang eines Rades	E59
E21: Reynolds: von Ruhestörung zur Aerodynamik	E62
E22: Luft: Druck und Dichte	E63
E23: CwA Bestimmung: Selbstversuch in Hangabfahrt	E67
E24: Simulierte Windspiele: CFD (Computational Fluid Dynamics)	E70
E25: Kletterhilfe: Einfaches Verfahren zur Bestimmung der kleinsten Übersetzung in Abhängigkeit von der spezifischen Leistung und der Steigung	E71

E26: Bewegungsgleichung: Eigenwerte und die Stabilität des Rennrades	E73
E27: Aufrichtendes Kippmoment: auch ohne Knick wirksam	E80
E28: Kreiselkräfte und Momente: Folge gyroskopischer Effekte	E83
E29: Also doch: Lenkungsflattern	E87
E30: Vorderradversatz: Geometrie und Auswirkungen	E89
E31: Variabel: Dynamischer Abrollradius	E91
E32: Reifen Funktionspunkt: Beispielhafte Bestimmung	E92
E33: Abbild der Bremsfähigkeit: bezogene Bremswerte	E94
E34: Bremsen in der Kurve: gegensinnige dynamische Einflüsse	E95
E35: Bremsenschleifen: Abfahrt mit konstanter Geschwindigkeit	E97
E36: Erzwungene Konvektion: Kühlleistung der Felgenbremse	E98
E37: Sägezahnabfahrt: bis an die Grenze	E100
E38: Ausbelastete Längenänderung: Verhältnis von Zugfestigkeit zu Steifigkeit	E103
E39: Werkstofftabelle	E103
E40: Unter Druck: Biegen vor Knicken	E105
E41: Flächenträgheitsmoment: Steifigkeitsbeitrag der Geometrie	E106
E42 Äquivalent: Vergleichsspannungs-Hypothesen	E110
E43 FEM: Finite Elemente Methode, simulierte Bauteilbelastung	E112
E44 Nachgehakt: Festigkeitsnachweis anisotroper Werkstoffe	E114
E45: Verschraubungsvarianten: ein Spiel der Steifigkeiten	E120
E46: Schrauben: Vorspannung über Anzugsmoment	E122
E47: Rohrklemmung: Zahlenbeispiel Sattelstütze	E122
E48: Schnellspanner: Entlastung für Achse und Finger	E124
E49: Betriebsfestigkeit: haltbar auf Zeit	E126
E50: Doppelspeichen: Rechenmodell oder reale Alternative	E129
E51: Felgenprofile: Flächenträgheitsmomente für Biege- und Torsionsverhalten	E130
E52: Tonlage: der Speichenspannung auf der Spur	E132
E53: Parameter Variation: Einflüsse auf die Laufrad Seitensteifigkeit	E134
E54: Halbe Teilung: mal absichtlich, mal aus Versehen	E138
E55: Speichenlänge und –Winkel: ein wenig Trigonometrie	E141
E56: Hürdenlauf: Größe rollt	E144
E57: Einlenken: Seitenführungskraft	E145
E58: Kettenstrebenkraft: Anteile von Ketten- und Antriebskraft	E146
E59: Rahmenbelastung: Gleichgewichtskräfte und -Momente infolge der Pedalkräfte	E150
E60: CAD: Computer Aided Design oder malen mit der Maus	E151
E61: Kettentrum: Längenänderung bei Verschiebung	E153
E62: Durchgerüttelt: mechanische Vibrationen	E154
E63: Schlechtweg: Hubarbeit beim Überrollen von Unebenheiten	E157
E64: Innere Dämpfung: anelastisch und komplex	E159
E65: Schlechtweg zum Zweiten: was Feder-Dämpfer leisten	E164
E66: Feder-Dämpfer: verringerte Hubarbeit und verbesserte Bodenhaftung	E167
Bezeichnungen in Formeln	I
Bibliographie	III
Bildnachweis	VII
Inhaltsverzeichnis	VIII
Kurbelwinkel Lesehilfe	