

1 Technische Grundlagen	9	3 Fahrradbauarten	101
1.1 Prüfen und Messen	9	3.1 Alltagsfahrräder	101
1.1.1 Grundbegriffe und Definitionen	9	3.2 Sportfahrräder	105
1.1.2 Messen	10	3.3 Sessel- und Liegefahrräder	112
1.1.3 Messabweichungen	10	3.4 Lastenfahrräder	116
1.1.4 Prüfmittel	11	3.5 Kinderfahrräder	117
1.2 Maschinenelemente	14	3.6 Mehrpersonenfahrräder	118
1.2.1 Schraubverbindungen und Gewinde	14	3.7 Show-Bikes	120
1.2.2 Nietverbindungen	22	3.8 Weitere Bauarten	121
1.2.3 Bolzen- und Stiftverbindungen	23	3.8.1 Minivelo	121
1.2.4 Lager	24	3.8.2 Tallbike	121
1.2.5 Dichtungen	26	3.8.3 Dreirad, Handtrike	122
1.3 Fertigungsverfahren	28	3.8.4 Knicklenker	123
1.3.1 Grundlagen des Spanens	28	3.8.5 Roller	123
1.3.2 Sägen	29	3.8.6 Tretroller, Wipproller	124
1.3.3 Feilen	30	3.8.7 Laufmaschinen	125
1.3.4 Bohren, Senken und Reiben	31	3.8.8 Schienenfahrräder	125
1.3.5 Gewinde und Gewindeschneiden	38		
1.3.6 Spanende Fertigung mit Werkzeugmaschinen	41	4 Elektrofahrräder	126
1.3.7 Scherschneiden	43	4.1 Typen von Elektro-Zweirädern	126
1.3.8 Biegen von Blechen	43	4.2 Komponenten von Elektrofahrrädern	128
1.3.9 Biegen von Rohren	44	4.3 Antriebsarten und Einbauort von Motoren	130
1.4 Werkstofftechnik	45	4.4 Gleichstrommotoren	134
1.4.1 Eigenschaften von Werkstoffen	45	4.4.1 Funktion und Aufbau von Kollektormotoren	134
1.4.2 Stahl	48	4.4.2 Fachbegriffe, Definitionen und Kennlinien	135
1.4.3 Aluminium	51	4.4.3 Bauarten von Gleichstrommotoren	138
1.4.4 Titan	54	4.5 Antriebssteuerung	141
1.4.5 Magnesium	55	4.6 Sensoren	143
1.4.6 Faserverstärkte Werkstoffe	56	4.7 Bedienung und Display	145
1.5 Tribologie und Verschleiß	61	4.8 Energierückgewinnung	146
1.5.1 Tribologisches System	61	4.9 Akkus	147
1.5.2 Reibung	63	4.9.1 Elektrochemische Spannungs-erzeugung	147
1.5.3 Oberflächen metallischer Bauteile	66	4.9.2 Bauarten von Akkus	148
1.5.4 Verschleiß	66	4.9.3 Ladegeräte, Akkupack und Kennwerte	151
1.5.5 Tribochemische Reaktionen	69	4.9.4 Bauformen von Lithium-Ionen-Akkus	153
1.6 Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik	74	4.9.5 Batterie-Management-System	153
1.6.1 Elektrische Größen	74	4.9.6 Umgang mit Lithium-Ionen-Akkus	155
1.6.2 Berechnung elektrischer Größen	76	4.9.7 Montageorte von Akkus	156
1.6.3 Messen elektrischer Größen	77		
1.6.4 Schaltungen	78	5 Rahmen, Lenkung, Federung	157
1.6.5 Bauelemente	78	5.1 Kräfte und Momente am Fahrradrahmen	157
1.7 Steuerungs- und Regelungstechnik	89	5.1.1 Vertikalkräfte	157
1.7.1 Steuern	89	5.1.2 Horizontalkräfte	158
1.7.2 Regeln	89	5.1.3 Seitenkräfte	159
1.7.3 EVA-Prinzip	91	5.1.4 Biegemomente	160
1.7.4 Signalarten	91	5.2 Rahmentest	161
1.7.5 Signalweg	92	5.3 Rahmenbauarten	163
1.7.6 Steuerungsarten	92		
1.7.7 Verknüpfungen	95		
2 Geschichte des Fahrrades	98		

5.4	Rohrherstellung	167	6.4	Vorschriften und Prüfverfahren	267
5.4.1	Stahlrohre	167	6.5	Naben	267
5.4.2	Aluminiumrohre	168	6.5.1	Naben ohne Zusatzeinrichtungen	268
5.4.3	Rohre aus CFK	169	6.5.2	Antriebsnaben	268
5.4.4	Rohrverfeinerungen	169	6.5.2.1	Ritzel	268
5.4.5	Zuschneiden der Rohre	170	6.5.2.2	Freilaufkupplungen	270
5.5	Rahmenfügen	171	6.5.2.3	Antriebsvarianten	273
5.5.1	Löten	171	6.5.3	Nabenflansch	274
5.5.2	Schweißen	176	6.5.4	Nabenlagerung	276
5.5.3	Kleben	179	6.5.5	Nabenabdichtung	278
5.5.4	Herstellen von CFK-Rahmen	180	6.5.6	Nabenklemmung	278
5.5.5	CFK-Schäden und Prüfverfahren	184	6.6	Felgen	280
5.6	Rahmengeometrie	195	6.6.1	Reifenaufnahme	280
5.6.1	Rahmenhöhe und -länge	195	6.6.2	Felgenprofile	281
5.6.2	Radstand und Fußfreiheit	196	6.6.3	Werkstoffe und Herstellung von Felgen	284
5.6.3	Kurbellagerhöhe und Bodenfreiheit	197	6.6.4	Felgenbohrungen	284
5.6.4	Nachlauf, Rücksprung und Absenkung	198	6.6.5	Felge als Bremsscheibe	285
5.6.5	Einfluss auf das Fahrverhalten	200	6.7	Vorgespannte Speichen	286
5.7	Kontrolle von Rahmen und Gabeln	201	6.7.1	Material, Herstellung	286
5.8	Rahmen- und Gabel-Anbauteile	204	6.7.2	Speichenbauarten	287
5.9	Lenkung	207	6.7.3	Speichennippel	289
5.9.1	Gabel	207	6.7.4	Speichenbelastung	290
5.9.2	Lenkungslager	210	6.7.5	Einspeicharten	292
5.9.3	Vorbau	214	6.7.6	Speichenlänge	296
5.9.4	Lenker	217	6.7.7	Einspeichverfahren	297
5.10	Sattel und Sattelstütze	223	6.7.8	Spannen und Zentrieren	299
5.10.1	Sattel	223	6.7.9	Korrosion an Speichen und Nippel	301
5.10.2	Sattelstütze	225	6.7.10	Speichen binden und verlöten	302
5.11	Fahrradfederung	227	6.7.11	Fachgerechter Radbau	303
5.11.1	Aufgaben der Fahrradfederung	227	6.7.12	Systemlaufräder	303
5.11.2	Das ungefederte Fahrrad	227	6.8	Reifen	304
5.11.3	Elemente der Federung und Dämpfung	229	6.8.1	Reifenaufbau	304
5.11.4	Federung	230	6.8.2	Vulkanisieren	306
5.11.5	Dämpfung	234	6.8.3	Bauarten von Reifen	306
5.11.6	Feder-Dämpfertechnologie	239	6.8.4	Kraftübertragung des Reifens	310
5.11.7	Einzelheiten von Federungen	242	6.8.5	Reifenschlauch	313
5.11.8	Ausführungen von Federungen	245	6.8.6	Felgenband	314
5.11.9	Physik der Fahrradfederung	252	6.8.7	Schlauch- und Reifenreparatur	314
6	Räder	259	6.8.8	Fahrradventile	315
6.1	Scheibenrad	259	6.8.9	Größenbezeichnungen von Reifen	317
6.2	Ungespanntes Speichenrad (Druckspeichenrad)	260	6.8.10	Reifendruck und Karkassenspannung	319
6.3	Vorgespanntes Speichenrad (Zugspeichenrad)	261	6.8.11	Rolleigenschaften von Reifen	321
6.3.1	Kräfte am vorgespannten Rad	261	7	Antrieb	324
6.3.2	Radiale Kräfte	261	7.1	Pedalbewegungen	324
6.3.3	Tordierende Kräfte	262	7.2	Kurbelsatz	324
6.3.4	Laterale Kräfte	264	7.2.1	Verbindung Kurbelarm-Kurbelwelle	324
6.3.5	Zusammenfassung der Kräfte	265	7.2.2	Kurbellager (Innenlager)	326
6.3.6	Steifigkeit eines Rades	265	7.2.3	Kurbeln und Kettenräder	328
			7.2.4	Kurbellänge	330
			7.2.5	Trittweite	330
			7.2.6	Kettenlinie	331

7.3	Pedale	332	10.4	Fahrradständer	424
7.3.1	Pedalgewinde	332	10.5	Glocke	425
7.3.2	Pedalprüfung	333	10.6	Luftpumpe	426
7.3.3	Pedallagerung	334	10.7	Fahrradschlösser	427
7.3.4	Pedalausführungen	334	10.8	Anhänger	428
7.4	Antriebskette	337	10.9	Fahrradcomputer	429
7.4.1	Aufbau einer Antriebskette	337	10.10	Elektrische Spannungsversorgung für Mobilgeräte	431
7.4.2	Kettenreibung und Kettenverschleiß	338	10.11	GPS-Navigation	432
7.4.3	Kettenfügen	339	10.12	Helm	433
7.4.4	Kettenlänge bei Kettenschaltungen	340	10.13	Sicherheitszelle	434
7.5	Zahnriemen	342			
7.6	Fahrradschaltungen	344	11	Ergonomie und Anpassung	435
7.6.1	Nabenschaltungen	344	11.1	Anpassungsbereich	435
7.6.2	Kettenschaltungen	362	11.2	Anpassungsmethoden	436
7.6.3	Schalthebel	367	11.3	Messmethoden	438
7.6.4	Weitere Schaltsysteme	370	11.4	Sitzpositionen	439
			11.4.1	Effektive Sitzlänge	439
			11.4.2	Sitzhöhe	440
			11.4.3	Oberkörperhaltungen	442
8	Bremsen	375	11.5	Kontaktpunkte am Fahrrad	445
8.1	Vorschriften	375	11.5.1	Kontaktpunkt Pedal	445
8.1.1	Gesetzliche Vorschriften	375	11.5.2	Kontaktpunkt Sattel	447
8.1.2	Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfungen	375	11.5.3	Kontaktpunkt Lenker	448
8.1.3	Kraftübertragung und Übersetzungsverhältnis	377	11.6	Auswahl der Rahmenhöhe	450
8.2	Bauarten von Bremsen	379	11.7	Probefahrt im Fachhandel	451
8.2.1	Felgenbremsen	379	11.8	Beinmuskeln als Motor	451
8.2.2	Nabenbremsen	390			
9	Beleuchtung	403	12	Fahrmechanik	454
9.1	Gesetzliche Grundlagen	403	12.1	Masse, Trägheit und Gewicht	454
9.2	Generator	405	12.2	Kraft und Gegenkraft	456
9.2.1	Spannungserzeugung durch Induktion	405	12.3	Reibungskräfte	456
9.2.2	Generatorbauarten	406	12.3.1	Haftreibung	457
9.3	Lichtquellen	410	12.3.2	Gleitreibung	457
9.3.1	Temperaturstrahler	410	12.3.3	Rollreibung	458
9.3.2	Leuchtdioden	411	12.4	Schlupf	458
9.4	Leuchten	413	12.5	Gleichgewicht	459
9.4.1	Frontleuchte (Schweinwerfer)	413	12.5.1	Labiles Gleichgewicht	459
9.4.2	Schlussleuchte (Heckleuchte)	415	12.5.2	Dynamisches Gleichgewicht	459
9.4.3	Rückstrahler	416	12.6	Kurvenfahrt	459
9.4.4	Standlicht	416	12.7	Kreiselkräfte	461
9.4.5	Verkabelung	417	12.8	Lenksystem	463
9.5	Sicherheits- und Komforteinrichtungen	417	12.9	Bremsen	466
9.6	Fehlersuche in der Beleuchtungsanlage	419	12.9.1	Grundlagen Bremsen	466
			12.9.2	Überschlagsgefahr	467
			12.9.3	Bremsen in der Kurve	468
10	Zubehör	420	13	Oberflächenschutz	469
10.1	Schutzblech und Kettenschutz	420	13.1	Lacke	469
10.2	Gepäckträger	422	13.2	Beschichtungsverfahren	469
10.3	Kindersitze	423	13.2.1	Nasslackierung	469

13.2.2	Pulverlackierung	470	17.6	Gesetzliche Vorschriften Fahrrad	508
13.2.3	Kombinationen von Lackierungen	471	17.6.1	Die StVZO	508
13.2.4	Elektrotauchlackierung	471	17.6.2	Bauvorschriften Fahrrad	509
13.3	Eloxieren	472	17.6.3	Typprüfung Fahrrad	509
14	Schmierung, Reinigung und Pflege	473	17.7	Sicherheitstechnische Untersuchungen	509
14.1	Schmierung	473	17.7.1	Betriebslasten	509
14.1.1	Aufgaben und Arten von Schmierstoffen	473	17.7.2	Betriebslastenermittlungen	510
14.1.2	Schmierstoffe in der Fahrradinstandhaltung	475	17.7.3	Messfahrten und Labormessungen	511
14.1.3	Prüfverfahren für Schmierstoffe	478	17.7.4	Prüfgrundlagen	511
14.1.4	Alterung, Neuschmierung und Entfettung	478	17.7.5	Testverfahren, Testeinrichtungen	511
14.1.5	Tribologische Sonderfälle in der Fahrradtechnik	479	17.8	Schadensbegutachtung	515
14.2	Pflege und Reinigung von Fahrradbauteilen	483	17.8.1	Sach- und Körperschäden	515
14.3	Abfallentsorgung	490	17.8.2	Produkt- und Instruktionsfehler	515
14.3.1	Gesetzliche Grundlagen	490	17.8.3	Gerichts- und Privatgutachten	515
14.3.2	Beseitigung von Abfällen in Fahrradgeschäften	490	17.9	Risiken	515
15	Instandhaltung, Werkzeuge	492	17.10	Produktsicherheit Elektrofahrrad	516
16	Arbeitssicherheit	500	18	Fachrechnen und physikalisch-technologische Grundlagen	517
16.1	Gesetzliche Grundlagen	500	18.1	Längen	517
16.2	Sicherheitszeichen	500	18.2	Drehzahl	517
16.3	Gefahrstoffe	501	18.3	Geschwindigkeit	517
16.4	Persönliche Schutzausrüstung	502	18.4	Beschleunigung und Verzögerung	518
16.5	Unfallverhütung	503	18.5	Anhalteweg und Bremsweg	518
17	Produktsicherheit	504	18.6	Masse und Dichte	518
17.1	Benutzerinformation für Gebrauchsgüter	504	18.7	Trägheit und Trägheitsmoment	520
17.1.1	Informationspflicht	504	18.8	Flächenmoment und Widerstandsmoment	520
17.1.2	Informationsinhalte	504	18.9	Kraft	520
17.1.3	Informationsfehler	504	18.10	Antriebsschlupf und Bremsschlupf	525
17.2	Gewährleistung	505	18.11	Mechanische Arbeit	525
17.2.1	Sachmangel	505	18.12	Energie	526
17.2.2	Beweislastumkehr	505	18.13	Leistung	526
17.3	Haftung	505	18.14	Wirkungsgrad	528
17.3.1	Haftungsansprüche	505	18.15	Drehmoment	529
17.3.2	Zivilrechtliche Produzentenhaftung	506	18.16	Hebel und Bremsen	529
17.4	Garantie und Kulanz	506	18.17	Kreiselmoment und Kreiselkraft	539
17.5	Normen	507	18.18	Getriebe	539
17.5.1	Das DIN	507	18.19	Kurvenfahrt	545
17.5.2	Normungsarbeit	507	18.20	Federung	546
17.5.3	Sicherheitsnormen Fahrrad	507	18.21	Festigkeit	555
			18.22	Elektrotechnik	557
			18.23	Projekt Elektrofahrrad	559
			19	Terminologie	562
			20	Sponsoren	565
				Sachwortverzeichnis	579