

Inhaltsübersicht

Vorwort	xv
Einleitung	xvii
Danksagungen	xviii
Teil 1 Grundlagen	
Kapitel 1 Grundlagen	3
Kapitel 2 Grundeinheiten und Bausteine	9
Kapitel 3 Mit oder ohne Noppen?	17
Kapitel 4 Achsen, Lagerbuchsen und Gelenke	31
Teil 2 Mechanik	
Kapitel 5 Grundlagen von Zahnrädern und Getrieben	43
Kapitel 6 Ketten und Riemscheiben	57
Kapitel 7 Hebel und Koppelgetriebe	67
Kapitel 8 Eigene mechanische Lösungen	77
Kapitel 9 Das Pneumatiksystem von LEGO	103
Kapitel 10 Pneumatische Geräte	115
Kapitel 11 Robuste Konstruktionen	137
Teil 3 Motoren	
Kapitel 12 LEGO-Motoren – eine Bestandsaufnahme	163
Kapitel 13 Das LEGO Power-Functions-System	171
Teil 4 Mechanik für Fortgeschrittene	
Kapitel 14 Lenksysteme für Radfahrzeuge	191
Kapitel 15 Radaufhängungen	203
Kapitel 16 Kettenfahrzeuge und Aufhängungen	241
Kapitel 17 Getriebe	251
Kapitel 18 Addierer und Subtrahierer	277
Teil 5 Modelle	
Kapitel 19 Form und Funktion	295
Kapitel 20 Modelle richtig skalieren	307
Kapitel 21 Die Modellierung	315
Nachwort	325
Index	326

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	xv
Einleitung	xvii
Danksagungen	xviii

TEIL 1 GRUNDLAGEN

1

Grundlagen	3
Geschwindigkeit und Drehzahl	3
Drehmoment	3
Leistung	3
Reibung	4
Traktion	4
Rollwiderstand	4
Spiel	5
Wirkungsgrad	5
Begriffe aus der Fahrzeugtechnik	6
Antriebswelle	6
Antriebsstrang	6
Endantriebsstrang	6
Lenkanschlag	6
Wendekreis	6
FWD, RWD, 4x4, 4WD und AWD	7
Gewichtsverteilung	7
Schwerpunkt	7
Bodenabstand	8

2

Grundeinheiten und Bausteine	9
Der Technic-Stein	9
Stifte zum Verbinden und Drehen	10
Balken – die Alternative ohne Noppen	12
Die halbe Noppenlänge als Mindestbaumaß	14
Zwei Tricks zum Bauen mit halben Noppenlängen	15

3

Mit oder ohne Noppen?	17
Die Entwicklung des LEGO-Systems	17
Konstruktion mit Noppenelementen	18
Noppenkonstruktionen sichern	19
Vorteile von Noppenkonstruktionen	20
Nachteile von Noppenkonstruktionen	20

Noppenlose Konstruktionen	20
Starre noppenlose Verbindungen	21
Vorteile von noppenlosen Konstruktionen	22
Nachteile von noppenlosen Konstruktionen	23
Die Baustile kombinieren	23
Anregungen durch Technic-Bausätze	24
Steine und Balken verbinden	27
Geradzahlige und ungeradzahlige Noppenlängen	28

4

Achsen, Lagerbuchsen und Gelenke	31
Achsen	31
Standardachsen	32
Modifizierte Achsen	33
Flexible Achsen	34
Lagerbuchsen	35
Halbe Lagerbuchse	35
Reguläre Lagerbuchsen	37
Lagerbuchsen mit langem Stift	37
Kardangelenke	38

TEIL 2 MECHANIK

5

Grundlagen von Zahnrädern und Getrieben	43
Antriebsräder, angetriebene Räder und Laufräder	44
Übersetzungsverhältnis	45
Wirkungsgrad von Zahnrädern	46
Zahnspiel	47
Die Drehrichtung bestimmen	47
Bestandsaufnahme der verfügbaren Zahnräder	48
Schnecke	48
Zahnrad mit 8 Zähnen	49
Einzelkegel mit 12 Zähnen	50
Doppelkegelrad mit 12 Zähnen	50
Zahnrad mit 14 Zähnen	50
Zahnrad mit 16 Zähnen	50
Zahnrad mit 16 Zähnen und Kupplung	50
Einzelkegelrad mit 20 Zähnen	51
Einzelkegelrad mit 20 Zähnen und Stiftloch	51
Doppelkegelrad mit 20 Zähnen	51
Zahnrad mit 24 Zähnen	52
Zahnrad mit 24 Zähnen und Kupplung	52
Zahnrad mit 24 Zähnen und Krone	53
Zahnrad mit 36 Zähnen	53
Zahnrad mit 40 Zähnen	53
Differenzialgetriebe	53

Drehscheiben	54
Knebelrad	55
Hailfire Droid	55
Veraltete Zahnräder	56
6	
Ketten und Riemenscheiben	57
Ketten	57
Riemenscheiben	59
Flaschenzugsysteme	61
Einfache Flaschenzüge	62
Differenzialflaschenzüge	63
Potenzflaschenzug	65
7	
Hebel und Koppelgetriebe	67
Hebel	67
Arten von Hebeln	68
Vom Hebel zum Koppelgetriebe	69
Koppelgetriebe	71
Tschebyscheff-Getriebe	73
Hoeken-Getriebe	73
Storchenschnabel	73
Peaucellier-Inversor	74
Sarrus-Getriebe	74
Scott-Russell-Getriebe	75
Nürnberg Schere	75
Watt-Getriebe	76
8	
Eigene mechanische Lösungen	77
Ein robusteres Differenzial	77
Differenzialsperren	78
Ein selbst gebautes Differenzial	79
Achse mit Differenzialsperre	81
Ratschen	82
Lineare Kupplung	83
Exzentermechanismen	84
Scotch-Yoke-Kurbeltrieb	85
Scotch-Yoke-Kurbeltrieb	86
Oldham-Kupplung	87
Eine Oldham-Kupplung	87
Schmidt-Kupplung	88
Schrittmotoren	88
Malteserkreuzgetriebe	89
Malteserkreuzgetriebe	90
Rückfahrleuchten	90
Blinklichter	91

Wendesignale	92
Anspruchsvolle Fahrtrichtungsanzeiger	94
Doppelachsen-Drehscheibengetriebe	96
Doppelachsen-Drehscheibengetriebe	97
Ein robustes Kardangelenk	101
Kardangelenk	101
9	
Das Pneumatiksystem von LEGO	103
Das alte System	103
Das neue System	104
Bestandsaufnahme der Pneumatik-Bauteile	105
Pneumatikpumpe (alt)	105
Pneumatikpumpe (neu)	105
Kleine Pneumatikpumpe (neu)	106
Verteilerblock (alt)	106
Ventil mit Noppen	106
Noppenloses Ventil (neu)	107
Großer Zylinder (alt)	107
6L-Zylinder (alt)	107
Kleiner Zylinder (neu)	108
Großer Zylinder mit viereckigem Unterbau (neu)	108
Großer Zylinder mit rundem Unterbau (neu)	108
Pneumatikleitungen und -schläuche	108
T-Stück (alt)	109
T-Stück (neu)	110
Schlauchanschluss mit Achsverbinder (neu)	110
Zylinderklammern	110
Lufttank	111
Das Manometer	112
Das pneumatische System modifizieren	112
Nicht von LEGO stammende Schläuche	112
Nicht von LEGO stammende Lufttanks	112
Federn entfernen (Herstellen eines Motorkompressors)	113
Pneumatische Federung	113
Die Pneumatik in eine Hydraulik umwandeln	113
10	
Pneumatische Geräte	115
Motorkompressoren	115
Schwenkkompressor	118
Motorventile	119
Automatische Ventile	120
Motorventil	121
Automatisches Ventil	122
Automatischer Druckschalter	123
Pneumatikmotoren	124
Ein-Zylinder-Motor	125

Zwei-Zylinder-Pneumatikmotor	128
Zwei-Zylinder-Motor mit Pleueln	131
Vorzeigeprojekte	135
Eine funktionierende Wasserdruckpumpe	135

11

Robuste Konstruktionen	137
Ursachen für das Auseinanderbrechen	137
Schwache Glieder finden	138
Zu verstärkende Stellen	138
Richtige Vorgehensweise zur Verstärkung	140
Weitere Regeln zur Verstärkung	142
Verstärkte Differenzialgehäuse	144
Vier verstärkte Differenzialgehäuse	145
Verstärkte Schneckengetriebegehäuse	149
Drei verstärkte Schneckengetriebegehäuse	150
Tragstrukturen	151
Binderiegel, Chassis und Fahrzeugrahmen	151
Fachwerk	154
Die haltbarsten Teile auswählen	159

TEIL 3 MOTOREN

12

LEGO-Motoren – eine Bestandsaufnahme	163
2838 – Der erste 9-V-Motor	164
71427 – Ein beliebter und leistungsfähiger 9-V-Monitor	165
43362 – Ein leichteres 9-V-Modell	165
47154 – Ein 9-V-Motor mit halb durchsichtigem Gehäuse	166
Mikromotor	166
NXT-Motor	167
E-Motor von Power Functions	167
M-Motor (Medium) von Power Functions	168
L-Motor von Power Functions	168
XL-Motor von Power Functions	169
Servo-Motor von Power Functions	169
RC-Motor	170

13

Das LEGO Power-Functions-System	171
Manuelle Motorsteuerung	171
Fernsteuerung von Motoren	172
Stromquellen	174
AA-Batteriekasten	174
AAA-Batteriekasten	174
Akkumulator	175
Empfänger	175

Fernbedienungen	176
Die einfache Fernbedienung	177
Fernbedienung mit Drehzahlregler	177
Fernbedienungen umbauen	177
Reglerrad für eine einfache Fernbedienung	178
Seitliche Hebel für eine einfache Fernbedienung	179
Lenkrad für eine Fernbedienung mit Drehzahlregler	181
Linearaktoren	183
Großer Linearaktor	183
Kleiner Linearaktor	185
Linearaktoren und Pneumatikzylinder im Vergleich	185
Verlängerungskabel	186
Sonstige Elemente	187
Schalter	187
LED-Lampen	187

TEIL 4 MECHANIK FÜR FORTGESCHRITTENE

14

Lenksysteme für Radfahrzeuge	191
Einfache LEGO-Lenksysteme	191
Selbstzentrierende Lenkung	194
Ackermann-Lenkeometrie	195
Einfacher Spurhebel mit Ackermann-Geometrie	198
Konvergenz von Achsen	199

15

Radaufhängungen	203
Angetriebene Achsen	203
Aufhängungssysteme: Konzepte und Kategorien	204
Aufhängungsarten	205
Doppelquerlenker-Aufhängung	206
Tatra-Aufhängung	207
Pendelaufhängung	208
Längslenkeraufhängung (Schwebeachse)	209
Angetriebene und aufgehängte Achsen	209
Pendelaufhängung mit Drehscheibe	210
Stabilisierte Pendelaufhängung	211
Portalachse (Vorgelegeachse)	213
Stabilisierte Pendelaufhängung mit Portalachse	214
Eine Tatra-Aufhängung, die mit vier Stoßdämpfern stabilisiert wird	217
Eine unabhängige Aufhängung	220
Eine Schwebeachse mit vier Verbindungen	222
Gelenkte und aufgehängte Achsen	225
Eine gelenkte Pendelachse	225
Eine unabhängig gelenkte Achse	226
Angetriebene, gelenkte und aufgehängte Achsen	227

Eine unabhängige Achse	227
Pendel-Portalachse in Schwerlastausführung	230
Pendelachse mit Schneckengetriebe	236
16	
Kettenfahrzeuge und Aufhängungen	241
Gummiketten	241
Hartplastikketten	242
Kettenantriebssysteme	244
Aufhängungen	246
Rollenbock	246
Längslenkeraufhängung mit Stoßdämpfern	247
Längslenkeraufhängungen mit Torsionsstäben	248
Experimentieren mit Laufrädern	249
17	
Getriebe	251
Getriebetypen	251
Antriebsringe bei LEGO-Getrieben	252
Getriebemodelle	254
2-Gang-Getriebe (synchronisiert)	254
Lineares 2-Gang-Getriebe für große Kräfte	254
2-Gang-Getriebe für RC-Motor	255
2-Gang-Orbitalgetriebe	255
2-Gang-Ratschengetriebe	256
3-Gang-Getriebe (linear)	256
4-Gang-Doppelachsengetriebe	257
4-Gang-Getriebe (synchronisiert)	257
5-Gang-Getriebe (linear)	258
10-Gang-Getriebe (synchronisiert)	259
Stufenloses Getriebe	260
Verteilergetriebe	260
2-Gang-Getriebe (synchronisiert)	261
Lineares 2-Gang-Getriebe für große Kräfte	262
2-Gang-Getriebe für RC-Motor	264
2-Gang-Orbitalgetriebe	266
2-Gang-Ratschengetriebe	267
3-Gang-Getriebe (linear)	268
4-Gang-Getriebe (synchronisiert)	270
10-Gang-Getriebe (synchronisiert)	271
Stufenloses Getriebe	276
18	
Addierer und Subtrahierer	277
Festkopplung	277
Koppeln über Addierer	277
Drehmomente mit einem Addierer kombinieren	277
Mehr als zwei Motoren verwenden	280

Subtrahierer	280
Warum Subtrahierer?	281
Längssubtrahierer	282
Ein Längssubtrahierer	283
Quersubtrahierer	288
Ein Quersubtrahierer	289
Ein nuppenloser Quersubtrahierer	291

TEIL 5 MODELLE

19

Form und Funktion	295
Autos	295
Lkw	296
Motorräder	299
Kettenfahrzeuge	299
Luftfahrzeuge	302
Flugzeuge	302
Hubschrauber	302

20

Modelle richtig skalieren	307
Baupläne	307
Bezugspunkte	309
Skalierung	309

21

Die Modellierung	315
Die Größe	315
Räder	316
Andere runde Elemente	319
Farben	319
Der Teufel steckt im Detail	320
Schräge Winkel bauen	321
Intelligent bauen	323
Der nächste Schritt: deine Modelle steuern	323
Nachwort	325
Index	326