

# 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 Riemenscheiben .....	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

<b>Vorwort</b> .....	<b>xv</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>xvii</b>
<b>Danksagungen</b> .....	<b>xviii</b>

## TEIL 1 GRUNDLAGEN

### 1

<b>Grundlagen</b> .....	<b>3</b>
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

<b>Grundeinheiten und Bausteine</b> .....	<b>9</b>
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

<b>Mit oder ohne Noppen?</b> .....	<b>17</b>
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 Technik-Bausätze .....	24
Steine und Balken verbinden .....	27
Geradzahlige und ungeradzahlige Noppenlängen .....	28

## 4

<b>Achsen, Lagerbuchsen und Gelenke .....</b>	<b>31</b>
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

<b>Grundlagen von Zahnrädern und Getrieben .....</b>	<b>43</b>
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
<b>6</b>	
<b>Ketten und Riemenscheiben .....</b>	<b>57</b>
Ketten .....	57
Riemenscheiben .....	59
Flaschenzugsysteme .....	61
Einfache Flaschenzüge .....	62
Differenzialflaschenzüge .....	63
Potenzflaschenzug .....	65
<b>7</b>	
<b>Hebel und Koppelgetriebe .....</b>	<b>67</b>
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
Nürnberger Schere .....	75
Watt-Getriebe .....	76
<b>8</b>	
<b>Eigene mechanische Lösungen .....</b>	<b>77</b>
Ein robusteres Differenzial .....	77
Differenzialsperren .....	78
<b>Ein selbst gebautes Differenzial .....</b>	<b>79</b>
<b>Achse mit Differenzialsperre .....</b>	<b>81</b>
Ratschen .....	82
Lineare Kupplung .....	83
Exzentermechanismen .....	84
Scotch-Yoke-Kurbeltrieb .....	85
<b>Scotch-Yoke-Kurbeltrieb .....</b>	<b>86</b>
Oldham-Kupplung .....	87
<b>Eine Oldham-Kupplung .....</b>	<b>87</b>
Schmidt-Kupplung .....	88
Schrittmotoren .....	88
Malteserkreuzgetriebe .....	89
<b>Malteserkreuzgetriebe .....</b>	<b>90</b>
Rückfahrleuchten .....	90
Blinklichter .....	91

Wendesignale .....	92
<b>Anspruchsvolle Fahrtrichtungsanzeiger .....</b>	<b>94</b>
Doppelachsen-Drehscheibengetriebe .....	96
<b>Doppelachsen-Drehscheibengetriebe .....</b>	<b>97</b>
Ein robustes Kardangelenk .....	101
<b>Kardangelenk .....</b>	<b>101</b>

## 9

<b>Das Pneumatiksystem von LEGO .....</b>	<b>103</b>
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

<b>Pneumatische Geräte .....</b>	<b>115</b>
Motorkompressoren .....	115
<b>Schwenkkompressor .....</b>	<b>118</b>
Motorventile .....	119
Automatische Ventile .....	120
<b>Motorventil .....</b>	<b>121</b>
<b>Automatisches Ventil .....</b>	<b>122</b>
Automatischer Druckschalter .....	123
Pneumatikmotoren .....	124
<b>Ein-Zylinder-Motor .....</b>	<b>125</b>

<b>Zwei-Zylinder-Pneumatikmotor</b> .....	<b>128</b>
<b>Zwei-Zylinder-Motor mit Pleueln</b> .....	<b>131</b>
Vorzeigeprojekte .....	135
Eine funktionierende Wasserdruknpumpe .....	135

## 11

<b>Robuste Konstruktionen</b> .....	<b>137</b>
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
<b>Vier verstärkte Differenzialgehäuse</b> .....	<b>145</b>
Verstärkte Schneckengetriebegehäuse .....	149
<b>Drei verstärkte Schneckengetriebegehäuse</b> .....	<b>150</b>
Tragstrukturen .....	151
Binderiegel, Chassis und Fahrzeugrahmen .....	151
Fachwerk .....	154
Die haltbarsten Teile auswählen .....	159

## TEIL 3 MOTOREN

### 12

<b>LEGO-Motoren – eine Bestandsaufnahme</b> .....	<b>163</b>
2838 – Der erste 9-V-Motor .....	164
71427 – Ein beliebter und leistungsfähiger 9-V-Motor .....	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

<b>Das LEGO Power-Functions-System</b> .....	<b>171</b>
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
<b>Reglerrad für eine einfache Fernbedienung .....</b>	<b>178</b>
<b>Seitliche Hebel für eine einfache Fernbedienung .....</b>	<b>179</b>
<b>Lenkrad für eine Fernbedienung mit Drehzahlregler .....</b>	<b>181</b>
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

<b>Lenksysteme für Radfahrzeuge .....</b>	<b>191</b>
Einfache LEGO-Lenksysteme .....	191
Selbstzentrierende Lenkung .....	194
Ackermann-Lenkgeometrie .....	195
<b>Einfacher Spurhebel mit Ackermann-Geometrie .....</b>	<b>198</b>
Konvergenz von Achsen .....	199

### 15

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

<b>Eine unabhängige Achse</b> .....	<b>227</b>
<b>Pendel-Portalachse in Schwerlastausführung</b> .....	<b>230</b>
<b>Pendelachse mit Schneckengetriebe</b> .....	<b>236</b>
 <b>16</b>	
<b>Kettenfahrzeuge und Aufhängungen</b> .....	<b>241</b>
Gummiketten .....	241
Hartplastikketten .....	242
Kettenantriebssysteme .....	244
Aufhängungen .....	246
Rollenbock .....	246
Längslenkeraufhängung mit Stoßdämpfern .....	247
Längslenkeraufhängungen mit Torsionsstäben .....	248
Experimentieren mit Laufrädern .....	249
 <b>17</b>	
<b>Getriebe</b> .....	<b>251</b>
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-Doppelachsenge triebe .....	257
4-Gang-Getriebe (synchronisiert) .....	257
5-Gang-Getriebe (linear) .....	258
10-Gang-Getriebe (synchronisiert) .....	259
Stufenloses Getriebe .....	260
Verteilergetriebe .....	260
<b>2-Gang-Getriebe (synchronisiert)</b> .....	<b>261</b>
<b>Lineares 2-Gang-Getriebe für große Kräfte</b> .....	<b>262</b>
<b>2-Gang-Getriebe für RC-Motor</b> .....	<b>264</b>
<b>2-Gang-Orbitalgetriebe</b> .....	<b>266</b>
<b>2-Gang-Ratschengetriebe</b> .....	<b>267</b>
<b>3-Gang-Getriebe (linear)</b> .....	<b>268</b>
<b>4-Gang-Getriebe (synchronisiert)</b> .....	<b>270</b>
<b>10-Gang-Getriebe (synchronisiert)</b> .....	<b>271</b>
<b>Stufenloses Getriebe</b> .....	<b>276</b>
 <b>18</b>	
<b>Addierer und Subtrahierer</b> .....	<b>277</b>
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
<b>Ein Längssubtrahierer .....</b>	<b>283</b>
Quersubtrahierer .....	288
<b>Ein Quersubtrahierer .....</b>	<b>289</b>
<b>Ein noppenloser Quersubtrahierer .....</b>	<b>291</b>

## TEIL 5 MODELLE

### 19

<b>Form und Funktion .....</b>	<b>295</b>
Autos .....	295
Lkw .....	296
Motorräder .....	299
Kettenfahrzeuge .....	299
Luftfahrzeuge .....	302
Flugzeuge .....	302
Hubschrauber .....	302

### 20

<b>Modelle richtig skalieren .....</b>	<b>307</b>
Baupläne .....	307
Bezugspunkte .....	309
Skalierung .....	309

### 21

<b>Die Modellierung .....</b>	<b>315</b>
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
<b>Nachwort .....</b>	<b>325</b>
<b>Index .....</b>	<b>326</b>