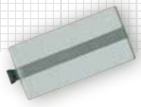




# Inhalt

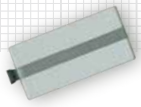
<b>Vorwort</b>	<b>xxi</b>
<b>Was du brauchst</b>	<b>xxiv</b>
<b>1 Der Zirkel</b>	<b>1</b>
1.1 Fragen und Antworten . . . . .	2
Wie benutze ich den Zirkel? . . . . .	2
Was genau ist ein Kreis? . . . . .	2
Wozu soll ich Kreise zeichnen? . . . . .	3
Was ist eine geometrische Konstruktion? . . . . .	4
Wie kann ich einen Kreis mit 5 cm Radius durch zwei Punkte legen? . . . . .	4
Wie kommt hierbei Symmetrie ins Spiel? . . . . .	6
Wie kann ich durch drei Punkte einen Kreis zeichnen? . . . . .	8
1.2 Ausblick . . . . .	9
1.3 Bauanleitung . . . . .	10
Zirkel . . . . .	10
Stangenzirkel . . . . .	12
<b>2 Der Fasskreis</b>	<b>15</b>
2.1 Fragen und Antworten . . . . .	16
Was ist ein Fasskreisbogen? . . . . .	16
Zeichnet das Modell tatsächlich einen Kreisbogen? . . . . .	16
Wie viele Fasskreisbögen gibt es? . . . . .	17
Wodurch unterscheiden sich die beiden Fasskreisbögen? . . . . .	17
Gehen die Fasskreisbögen bis zu den Punkten A und B? . . . . .	17
Was ist eine Sehne? . . . . .	17
Was ist der Sehnen-Winkel-Satz? . . . . .	18
Wie kann man den Sehnen-Winkel-Satz beweisen? . . . . .	18
Was passiert, wenn der Kreisbogen $180^\circ$ oder weniger umfasst? . . . . .	19
Wie kann man Fasskreisbögen mit dem Zirkel zeichnen? . . . . .	19
Kann das Modell nur Fasskreise zu $60^\circ$ -Winkeln zeichnen? . . . . .	20
2.2 Bauanleitung . . . . .	20



<b>3</b>	<b>Der Sextant</b>	<b>23</b>
3.1	Fragen und Antworten . . . . .	24
	Was kann ich mit dem Sextanten messen? . . . . .	24
	Was ist der Winkel zwischen zwei Objekten im Gelände? . . . . .	24
	Wie funktioniert der Sextant? . . . . .	25
	Was muss ich vor jeder Messung machen? . . . . .	26
	Muss ich vor jeder Messung den Indexfehler bestimmen? . . . . .	28
	Wie geht die eigentliche Messung vor sich? . . . . .	29
	Wie genau ist der Sextant? . . . . .	30
	Was nützen mir Winkelmessungen? . . . . .	30
	Wie funktioniert Rückwärtseinschneiden? . . . . .	30
	Wie funktioniert die Astronavigation? . . . . .	32
	Kann ich Gestirnhöhen messen, auch wenn ich nicht am Meer bin? . . . . .	33
	Was ist der Vorteil des Sextanten? . . . . .	33
	Wie kommt die Skala zustande? . . . . .	33
	Wie funktioniert die Minutenskala? . . . . .	34
3.2	Ausblick . . . . .	35
3.3	Bauanleitung. . . . .	36
<b>4</b>	<b>Der Rechenfrosch</b>	<b>43</b>
4.1	Fragen und Antworten . . . . .	44
	Wie bediene ich den Frosch? . . . . .	44
	Wofür steht das Q nach der 12? . . . . .	44
	Gibt es für den Frosch eine Vorlage? . . . . .	44
	Warum kein Affe, sondern ein Frosch? . . . . .	45
	Wie funktioniert der Frosch? . . . . .	45
	Welche Geometrie steckt im Rechenfrosch? . . . . .	46
	Kann der Frosch auch addieren, subtrahieren und dividieren? . . . . .	49
4.2	Ausblick . . . . .	50
4.3	Bauanleitung. . . . .	50
<b>5</b>	<b>Der Rechenschieber</b>	<b>55</b>
5.1	Fragen und Antworten . . . . .	56
	Was kann ich mit dem Rechenschieber machen? . . . . .	56
	Wie kann ich multiplizieren? . . . . .	56



	Kann ich auch größere Zahlen multiplizieren? . . . . .	56
	Was ist die Fließkomma-Darstellung von Zahlen? . . . . .	57
	Wie kann ich dividieren? . . . . .	57
	Wie kann ich die Wurzel ziehen? . . . . .	57
	Wie sieht ein kommerzieller Rechenschieber aus? . . . . .	58
	Wie funktioniert ein Rechenschieber? . . . . .	58
	Was sind die Potenzgesetze? . . . . .	58
	Wie addiere ich zwei Zahlen mit zwei Geodreiecken? . . . . .	59
	Was ist eine logarithmische Skala? . . . . .	60
	Wieso heißen logarithmische Skalen nicht exponentielle Skalen? . . . . .	60
	Was ist eine Oktave? . . . . .	61
	Was hat unser Geld mit logarithmischen Skalen zu tun? . . . . .	61
5.2	Bauanleitung . . . . .	62
	Kleiner Rechenschieber . . . . .	62
	Großer Rechenschieber . . . . .	63
<b>6</b>	<b>Der Sinuscomputer</b>	<b>65</b>
6.1	Fragen und Antworten . . . . .	66
	Was kann ich mit dem Sinuscomputer machen? . . . . .	66
	Wie bestimme ich Sinus und Cosinus eines Winkels? . . . . .	66
	Wie genau ist der Sinuscomputer? . . . . .	66
	Was sind eigentlich Sinus und Cosinus eines Winkels? . . . . .	67
	Wie funktioniert der Sinuscomputer? . . . . .	68
	Was ist eine Hypozykloide? . . . . .	69
6.2	Bauanleitung . . . . .	70
	Sinuscomputer . . . . .	70
	Deltoide . . . . .	74
<b>7</b>	<b>Das Spiegellineal</b>	<b>75</b>
7.1	Fragen und Antworten . . . . .	76
	Wozu ist das Spiegellineal gut? . . . . .	76
	Wie benutze ich das Spiegellineal? . . . . .	76
	Was sind Tangenten? . . . . .	78
	Gibt es immer eine Tangente? . . . . .	79
	Wie funktioniert das Spiegellineal? . . . . .	80
	Wie sehen Tangenten an Kreisen aus? . . . . .	81



	Darf eine Tangente eine Kurve nur in einem Punkt berühren? . . . . .	82
	Was sind Schmiegekreise? . . . . .	82
	Wie kann ich die Genauigkeit steigern? . . . . .	83
	Wozu sind Tangenten an Funktionsgraphen gut? . . . . .	84
	Was ist die Ableitung einer Funktion? . . . . .	85
7.2	Bauanleitung. . . . .	86
<b>8</b>	<b>Das Planimeter</b>	<b>87</b>
8.1	Fragen und Antworten . . . . .	88
	Was kann ich mit dem Planimeter machen? . . . . .	88
	Wie ist das Planimeter aufgebaut? . . . . .	88
	Wie messe ich den Flächeninhalt eines Gebiets? . . . . .	88
	Wie sieht ein kommerzielles Planimeter aus? . . . . .	90
	Was ist das größte technische Problem beim Planimeter? . . . . .	91
	Warum sind die Messräder kommerzieller Planimeter viel kleiner? . . . . .	92
	Wie genau ist unser Planimeter? . . . . .	92
	Was passiert, wenn ich die Randkurve gegen den Uhrzeigersinn abfahre? . . . . .	92
	Sind negative Flächeninhalte nicht unsinnig? . . . . .	93
	Kann man Flächeninhalte auch anders messen? . . . . .	94
	Wie kann man Flächeninhalte einfacher Figuren berechnen? . . . . .	95
	Welchen Flächeninhalt überstreicht der Unterarm? . . . . .	98
	Wie kommt man zum Flächeninhalt der Kurve? . . . . .	100
8.2	Ausblick . . . . .	100
8.3	Bauanleitung. . . . .	101
<b>9</b>	<b>Die Schleppe</b>	<b>105</b>
9.1	Fragen und Antworten . . . . .	106
	Was mache ich mit der Schleppe? . . . . .	106
	Wie sehe ich, dass der Führungsstift mittig auf der Kurve ist? . . . . .	107
	Was hat die Schleppe mit einem Fahrrad zu tun? . . . . .	108
	Wie kommen Tangenten ins Spiel? . . . . .	108
	Wie kann ich mit der Schleppe Flächeninhalte messen? . . . . .	110
	Warum funktioniert diese Methode? . . . . .	111



	Wie stelle ich die Schleppe möglichst gut ein? . . . . .	113
	Wer erfand die Schleppe? . . . . .	115
	Wieso zeichnet die Schleppe solch glatte Kurven? . . . . .	115
	Wie kann ich mit der Schleppe grafisch integrieren? . . . . .	115
9.2	Ausblick . . . . .	117
9.3	Bauanleitung. . . . .	118
<b>10</b>	<b>Der Kompasswagen</b>	<b>121</b>
10.1	Fragen und Antworten . . . . .	122
	Was macht der Kompasswagen? . . . . .	122
	Wer erfand den Kompasswagen? . . . . .	122
	Ist der Wagen praktisch als Kompass zu gebrauchen? . . . . .	122
	Welcher Name wäre besser geeignet? . . . . .	123
	Wie dreht sich der Kompasswagen während der Fahrt? . . . . .	123
	Wie funktioniert der Kompasswagen? . . . . .	125
	Wie groß muss der Abstand der Räder sein? . . . . .	126
	Kann der Wagen auch auf einer Kugel parallelverschieben? . . . . .	128
	Wovon hängt die Parallelverschiebung ab? . . . . .	130
	Kann ich Flächeninhalte auf der Kugel mit dem Kompasswagen messen? . . . . .	131
10.2	Ausblick . . . . .	133
10.3	Bauanleitung. . . . .	134
<b>11</b>	<b>Der Selbstentwister</b>	<b>141</b>
11.1	Fragen und Antworten . . . . .	142
	Selbstenttwistung – was soll das sein? . . . . .	142
	Wie ist der Selbstenttwister aufgebaut? . . . . .	142
	Kann sich die Lampe auch in der Mitte drehen? . . . . .	143
	Wie funktioniert die Selbstenttwistung? . . . . .	144
	Kann man den Effekt noch anders verdeutlichen? . . . . .	146
	Was ist der Dirac-Belt-Trick? . . . . .	147
	Was hat der Selbstenttwister mit dem Gürteltrick zu tun? . . . . .	148
	Wer erfand den Selbstenttwister? . . . . .	149
	Wird die Selbstenttwistung in der Praxis eingesetzt? . . . . .	149
	Was liegt dem Effekt mathematisch zugrunde? . . . . .	149



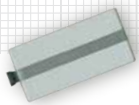
Wie beschreibt man Lage und Ausrichtung eines Gegenstands? . . . . .	149
Was ist die Drehgruppe $SO(3)$ ? . . . . .	150
Wie kann man das Drehen um $720^\circ$ formal beschreiben? . . .	152
Wie wird das Drehen um $720^\circ$ mathematisch aufgelöst? . . .	152
Kann man mit Wegen rechnen? . . . . .	154
Wieso gibt es nur zwei Sorten von Wegen? . . . . .	155
Was ist der Twist-Bogen? . . . . .	156
Wie führt der Twist-Bogen zu Formeln? . . . . .	156
11.2 Ausblick . . . . .	162
11.3 Bauanleitung. . . . .	163
Selbstentwister . . . . .	163
Mit LEDs . . . . .	167
Gebogener Dirac-Gürtel. . . . .	168

**12 Die platonischen Körper** **171**

12.1 Fragen und Antworten . . . . .	172
Welche platonischen Körper gibt es? . . . . .	172
Was ist ein platonischer Körper? . . . . .	172
Welche Drehsymmetrie besitzen die platonischen Körper? . .	173
Was ist das Besondere an diesen Drehsymmetrien? . . . . .	174
Gibt es auch Spiegelsymmetrien? . . . . .	175
Wie kann ich die platonischen Körper aus fischertechnik bauen? . . . . .	176
Wie baue ich Polyeder aus gleichseitigen Dreiecken? . . . . .	178
Was entsteht, wenn in jeder Ecke fünf Dreiecke zusammentreffen? . . . . .	178
Was entsteht, wenn in jeder Ecke vier Dreiecke zusammentreffen? . . . . .	180
Was entsteht, wenn in jeder Ecke drei Dreiecke zusammentreffen? . . . . .	181
Können auch mehr als fünf Dreiecke in einer Ecke zusammentreffen? . . . . .	182
Wie baue ich Polyeder aus Quadraten? . . . . .	184
Was entsteht, wenn in jeder Ecke drei Quadrate zusammentreffen? . . . . .	184
Können mehr als drei Quadrate in einer Ecke zusammentreffen? . . . . .	185



	Wie baue ich Polyeder aus regelmäßigen Fünfecken? . . . . .	185
	Was entsteht, wenn in jeder Ecke drei Fünfecke zusammentreffen? . . . . .	186
	Können mehr als drei regelmäßige Fünfecke in einer Ecke zusammentreffen? . . . . .	187
	Können andere regelmäßige n-Ecke in einer Ecke zusammentreffen? . . . . .	187
	Kann ich spannende nichtplatonische Körper bauen? . . . . .	188
	Was ist die Eulersche Polyederformel? . . . . .	188
	Gilt die Formel auch für nichtkonvexe Polyeder? . . . . .	189
12.2	Ausblick . . . . .	190
12.3	Bauanleitungen. . . . .	190
	Tetraeder . . . . .	190
	Hexaeder (Würfel). . . . .	191
	Oktaeder . . . . .	191
	Dodekaeder . . . . .	192
	Ikosaeder . . . . .	192
<b>13</b>	<b>Der Abakus</b>	<b>193</b>
13.1	Fragen und Antworten . . . . .	194
	Was macht der Abakus? . . . . .	194
	Wozu sind die Muster gut? . . . . .	195
	Wozu ist die Teilung der Stange gut? . . . . .	195
	Wie bediene ich den Abakus? . . . . .	196
	Was haben die Muster mit römischen Zahlen zu tun? . . . . .	196
	Wie addiere ich mit dem Abakus? . . . . .	197
	Ist das immer so einfach? . . . . .	197
	Gibt es auch einen »großen Freund«? . . . . .	198
	Kann ich auch subtrahieren, multiplizieren und dividieren? . . . . .	199
	Gibt es auch andere Abakus-Varianten? . . . . .	199
13.2	Ausblick . . . . .	200
13.3	Bauanleitung. . . . .	200
<b>14</b>	<b>Die kleine Rechenmaschine</b>	<b>203</b>
14.1	Fragen und Antworten . . . . .	204
	Was kann ich mit der kleinen Rechenmaschine machen? . . . . .	204
	Wie rechne ich $54 + 27$ ? . . . . .	204



Wie rechne ich $83 - 56$ ? . . . . .	204
Wie rechne ich $7 \cdot 8$ ? . . . . .	205
Wie rechne ich $68 : 7$ ? . . . . .	207
14.2    Bauanleitung. . . . .	208
<b>15 Die Multiplikationswalzen</b>	<b>217</b>
15.1    Fragen und Antworten . . . . .	218
Was kann ich mit den Multiplikationswalzen machen? . . . . .	218
Wie kann ich $7 \cdot 569$ berechnen? . . . . .	218
Ist das immer so einfach? . . . . .	219
Wie funktionieren die Multiplikationswalzen? . . . . .	220
Wer hat die Multiplikationswalzen erfunden? . . . . .	221
Was sind die Napierschen Rechenstäbchen? . . . . .	221
Welchen Vorteil bieten die Walzen gegenüber den Stäbchen? . . . . .	222
Woher stammt die diagonale Unterteilung auf den Stäbchen? . . . . .	222
15.2    Ausblick . . . . .	223
15.3    Bauanleitung. . . . .	224
<b>16 Der Analogzähler</b>	<b>229</b>
16.1    Fragen und Antworten . . . . .	230
Was macht der Analogzähler? . . . . .	230
Wie lese ich die Anzeige ab? . . . . .	230
Wie funktioniert der Analogzähler? . . . . .	231
Wie stelle ich den Zähler ein? . . . . .	232
Wozu ist die kontinuierliche Zählung gut? . . . . .	233
Ist die Bezeichnung »Analogzähler« passend? . . . . .	233
16.2    Bauanleitung. . . . .	234
<b>17 Die Rechenmaschine</b>	<b>239</b>
17.1    Fragen und Antworten . . . . .	240
Wie ist die Rechenmaschine aufgebaut? . . . . .	240
Wie kann ich schnell etwas Spannendes mit der Maschine rechnen? . . . . .	241
Was kann ich mit der Rechenmaschine alles berechnen? . . .	242
Kann ich mit mehr als drei Stellen rechnen? . . . . .	243



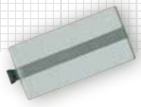


	Muss ich 43-mal drehen, wenn ich $43 \cdot 21$ berechnen möchte? . . . . .	243
	Wie funktioniert das Rechenwerk? . . . . .	244
	Wer hat die fließende Zehnerübertragung erfunden? . . . . .	246
	Was ist so toll an der fließenden Zehnerübertragung? . . . . .	247
	Was sind die Nachteile der fließenden Zehnerübertragung? . . . . .	247
	Wozu ist die Aufteilung in Rechenwerk und Eingaberegister gut? . . . . .	247
	Was sind Sprossenräder und Staffelwalzen? . . . . .	247
	Warum hat Leibniz keine erfolgreiche Rechenmaschine gebaut? . . . . .	248
17.2	Ausblick . . . . .	248
17.3	Bauanleitung . . . . .	248

## 18 Der Binärrechner

**261**

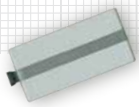
18.1	Fragen und Antworten . . . . .	262
	Was kann ich mit dem Binärrechner machen? . . . . .	262
	Wie kann ich mit dem Binärrechner zählen? . . . . .	262
	Wie funktioniert das Zählen genau? . . . . .	264
	Funktionieren die Umwandlungen auch bei größeren Zahlen? . . . . .	265
	Was passiert bei der 16. Kugel? . . . . .	266
	Wie kann ich mit dem Binärrechner addieren? . . . . .	266
	Was passiert, wenn das Ergebnis größer als 15 ist? . . . . .	268
	Was ist ein Bit? . . . . .	269
	Wie funktioniert das Addieren genau? . . . . .	269
	In welcher Reihenfolge stoße ich die Kugeln von den Sockeln? . . . . .	270
	Kann ich auch subtrahieren? . . . . .	271
	Wie funktioniert das Subtrahieren? . . . . .	272
	Kann der Binärrechner auch mit negativen Zahlen arbeiten? . . . . .	273
	Was ist mit Multiplikation und Division? . . . . .	273
	Wer hat das binäre Rechnen erfunden? . . . . .	274
	Hat unser Binärrechner eine Vorlage? . . . . .	274
	Warum rechnen elektronische Computer binär? . . . . .	275
	Warum rechnen mechanische Rechenmaschinen dezimal? . . . . .	276
18.2	Bauanleitung . . . . .	276



<b>19</b>	<b>Der DA-Wandler</b>	<b>281</b>
19.1	Fragen und Antworten . . . . .	282
	Wofür steht die Bezeichnung »DA-Wandler«? . . . . .	282
	Was kann unser DA-Wandler? . . . . .	282
	Wie funktioniert unser DA-Wandler? . . . . .	282
	Was ist ein gewichtetes Mittel? . . . . .	284
	Kann ich mehr als zwei Bit wandeln? . . . . .	285
	Wo werden DA-Wandler eingesetzt? . . . . .	285
	Wie sind elektronische DA-Wandler aufgebaut? . . . . .	285
	Gibt es auch AD-Wandler? . . . . .	285
19.2	Ausblick . . . . .	286
19.3	Bauanleitung. . . . .	286
<b>20</b>	<b>Der Seilcomputer</b>	<b>289</b>
20.1	Fragen und Antworten . . . . .	290
	Wozu ist der Seilcomputer gut? . . . . .	290
	Wie ist der Seilcomputer aufgebaut? . . . . .	290
	Wie löse ich ein Gleichungssystem mit dem Seilcomputer? . . . . .	291
	Gibt es ein Vorbild für den Seilcomputer? . . . . .	293
	Kann unser Seilcomputer auch größere Systeme lösen? . . . . .	295
	Was mache ich, wenn meine Koeffizienten nicht passen? . . . . .	295
	Warum sind lineare Gleichungssysteme wichtig? . . . . .	296
	Wie funktioniert der Seilcomputer? . . . . .	297
	Warum ist der Zeiger im Seilcomputer vertikal und nicht horizontal? . . . . .	300
	Wo muss ich auf die Wippen drücken? . . . . .	300
	Was passiert, wenn ein Gleichungssystem unlösbar ist? . . . . .	302
	Was passiert, wenn es unendlich viele Lösungen gibt? . . . . .	302
	Warum sind permanent stramme Seile nicht gut? . . . . .	302
	Welche anderen Systeme kann ich ausprobieren? . . . . .	303
20.2	Ausblick . . . . .	303
20.3	Bauanleitung. . . . .	304
	Die Wippen . . . . .	304
	Das Unterteil. . . . .	307
	Das Oberteil . . . . .	308
	Die Seile . . . . .	312
	Zusammenbau und Einstellung der Seillängen . . . . .	314



<b>21</b>	<b>Der xy-Schreiber</b>	<b>317</b>
21.1	Fragen und Antworten . . . . .	318
	Wie kann ich den xy-Schreiber selber steuern? . . . . .	318
	Was zeichne ich zuerst? . . . . .	318
	Welche Kurven kann der xy-Schreiber zeichnen? . . . . .	319
	Muss der Schreiber in der Ecke eines Tisches stehen? . . . . .	319
	Kann ich auch etwas Nichtmathematisches mit dem Schreiber machen? . . . . .	319
21.2	Bauanleitung. . . . .	320
	Das Gestell . . . . .	320
	Der Wagen . . . . .	324
	Der Schlitten . . . . .	327
	Die Gewichte und die Seilführung . . . . .	328
	Variante ohne Laufschiene . . . . .	330
<b>22</b>	<b>Der Geradenzeichner</b>	<b>333</b>
22.1	Fragen und Antworten . . . . .	334
	Warum soll ich Geraden mit dem xy-Schreiber zeichnen? . . . . .	334
	Was ist die Steigung einer Geraden? . . . . .	334
	Wie kommt die Gerade mechanisch zustande? . . . . .	335
	Was hat das Ganze mit Funktionen zu tun? . . . . .	336
	Wie kann ich andere Geraden zeichnen lassen? . . . . .	336
22.2	Bauanleitung. . . . .	336
<b>23</b>	<b>Der Synthesizer</b>	<b>339</b>
23.1	Fragen und Antworten . . . . .	340
	Was kann der Synthesizer? . . . . .	340
	Wie ist der Synthesizer aufgebaut? . . . . .	341
	Wie lege ich mit dem Synthesizer los? . . . . .	341
	Was zeichne ich zuerst? . . . . .	342
	Was zeichne ich als Zweites? . . . . .	343
	Welche Funktionen kann der Synthesizer allgemein zeichnen? . . . . .	344
	Welche Einheiten verwende ich? . . . . .	344
	Was ist die wichtigste Komponente des Synthesizers? . . . . .	345
	Wie funktioniert ein Sinusgenerator? . . . . .	345



	Wie werden die beiden Sinusfunktionen überlagert? . . . . .	346
	Was ist in Abbildung 23–2 dargestellt? . . . . .	346
	Kann ich mehr als zwei Sinusfunktionen überlagern? . . . . .	347
	Welcher Zusammenhang besteht zum Musikinstrument? . . .	347
	Woher stammt das Funktionsprinzip des Synthesizers? . . . . .	347
23.2	Ausblick . . . . .	348
23.3	Bauanleitung. . . . .	349

**24 Der Ellipsenzeichner 357**

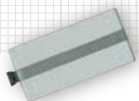
24.1	Fragen und Antworten . . . . .	358
	Was ist eine Ellipse? . . . . .	358
	Wie ist der Ellipsenzeichner aufgebaut? . . . . .	359
	Wie kann ich eine Ellipse zeichnen? . . . . .	359
	Wo liegen die Achsen dieser Ellipse? . . . . .	360
	Wie kann ich die gezeichnete Ellipse mathematisch beschreiben? . . . . .	361
	Kann ich die Ellipse ohne Sinus und Cosinus beschreiben? . .	362
	Was passiert, wenn die Rotoren nicht 90° gegeneinander verdreht sind? . . . . .	362
	Was sind die Scheitelpunkte einer Ellipse? . . . . .	363
	Was ist ein Zylinderschnitt? . . . . .	364
	Wie konstruiert ein Gärtner eine Ellipse? . . . . .	365
	Wie passen die Konstruktionen zusammen? . . . . .	367
	Was sind die Dandelinschen Kugeln? . . . . .	368
	Was ist ein Kegelschnitt? . . . . .	370
	Warum heißen die Brennpunkte Brennpunkte? . . . . .	371
24.2	Ausblick . . . . .	373
24.3	Bauanleitung. . . . .	374

**25 Der Harmonograph 381**

25.1	Fragen und Antworten . . . . .	382
	Was kann ich mit dem Harmonographen machen? . . . . .	382
	Wie zeichne ich Lissajous-Figuren mit dem Harmonographen? . . . . .	382
	Welche weiteren Lissajous-Figuren kann ich zeichnen? . . . . .	384
	Kann ich der Figur das Frequenzverhältnis ansehen? . . . . .	384
	Was sind Multiplizitäten? . . . . .	385



	Wie hat Lissajous die Kurven untersucht? . . . . .	385
	Was haben die Figuren mit musikalischen Intervallen gemein? . . . . .	387
	Wie kann ich Lissajous-Figuren mathematisch beschreiben? . .	388
25.2	Ausblick . . . . .	389
25.3	Bauanleitung. . . . .	389
<b>26</b>	<b>Der Isograph</b>	<b>391</b>
26.1	Fragen und Antworten . . . . .	392
	Was ist ein Isograph? . . . . .	392
	Was kann unser Isograph? . . . . .	393
	Wie zeichne ich die Kurven mit dem Isographen? . . . . .	394
	Warum steht ein $z$ in den Gleichungen und kein $x$ ? . . . . .	395
	Was sind komplexe Zahlen? . . . . .	395
	Wie addiere ich komplexe Zahlen? . . . . .	396
	Wie multipliziere ich komplexe Zahlen alternativ? . . . . .	397
	Was ist die Polardarstellung einer komplexen Zahl? . . . . .	398
	Welche Kurven zeichnet der Isograph? . . . . .	398
	Wie löse ich eine Gleichung mit dem Isographen? . . . . .	399
	Was sagt der Fundamentalsatz der Algebra? . . . . .	404
	Woran erkenne ich eine doppelte Nullstelle? . . . . .	404
	Was genau ist die Umlaufzahl? . . . . .	405
	Wie kann ich die Umlaufzahlen schnell bestimmen? . . . . .	405
	Was nutzt mir die Umlaufzahl? . . . . .	406
	Warum zeichnen? Gibt es keine Lösungsformel? . . . . .	406
26.2	Ausblick . . . . .	407
26.3	Bauanleitung. . . . .	408
	Erste Variante . . . . .	408
	Zweite Variante. . . . .	409
<b>27</b>	<b>Der kgV-Kurbler</b>	<b>411</b>
27.1	Fragen und Antworten . . . . .	412
	Wie bediene ich den kgV-Kurbler? . . . . .	412
	Was ist das kgV? . . . . .	414
	Wie funktioniert der kgV-Kurbler? . . . . .	415
	Wie knapp verpassen sich die Raupenbeläge zwischen durch? . . . . .	416




Was ist der ggT? . . . . .	417
Was passiert, wenn der $ggT = 1$ ist? . . . . .	417
Was haben kgV und ggT miteinander zu tun? . . . . .	418
Wie kann ich den ggT zweier Zahlen berechnen? . . . . .	420
Wann verpassen sich die Raupenbeläge am knappsten? . . . . .	421
Wie wende ich kgV und ggT in der Bruchrechnung an? . . . . .	421
Welche Anwendungen des kgV gibt es? . . . . .	422
27.2 Bauanleitung. . . . .	423

**28 Der Faktorierer 429**

28.1 Fragen und Antworten . . . . .	430
Wozu ist der Faktorierer gut? . . . . .	430
Gibt es ein Vorbild für den Faktorierer? . . . . .	431
Warum gibt es zwei Varianten des Faktorierers? . . . . .	432
Wie bediene ich die kleine Variante? . . . . .	433
Was sind die binomischen Formeln? . . . . .	435
Was hat das Faktorisieren mit Quadratzahlen zu tun? . . . . .	435
Was ist der Vorteil der Quadratzahlen? . . . . .	436
Steckt im Faktorierer das Fermat-Verfahren? . . . . .	437
Wie schließt der Faktorierer aus, dass eine Zahl eine Quadratzahl ist? . . . . .	438
Was haben die Ketten mit Teilen mit Rest zu tun? . . . . .	439
Was sind die quadratischen Reste im 28er-System? . . . . .	440
Auf welche Kettenglieder kommen Raupenbeläge? . . . . .	441
Wie spielen die Ketten zusammen? . . . . .	441
Bis zu welchem Zählerstand muss ich höchstens kurbeln? . . . . .	442
Was ist Parallelisierung? . . . . .	443
Wie oft liefert der Faktorierer Fake-Kandidaten? . . . . .	443
Kann ich beim großen Faktorierer weitere Ketten ergänzen? . . . . .	443
Was hat Faktorisieren mit Verschlüsseln zu tun? . . . . .	444
28.2 Ausblick . . . . .	444
28.3 Bauanleitung. . . . .	445
Kleine Variante . . . . .	445
Programmierung der kleinen Variante . . . . .	447
Große Variante . . . . .	449
Motor und Elektronik . . . . .	455
Programmierung der großen Variante . . . . .	459



<b>Anhang A</b>	<b>463</b>
Die Namen der Einzelteile .....	463
<b>Anhang B</b>	<b>469</b>
Bildnachweise .....	469

Diese Leseprobe haben Sie beim  
 **edv-buchversand.de** heruntergeladen.  
Das Buch können Sie online in unserem  
Shop bestellen.

[Hier zum Shop](#)