

## **Einleitung** \_\_\_\_\_ 13

<b>1.</b>	<b>3D-Druck, eine kurze Geschichte des Rapid Prototypings</b> _____	17
1.1	Wie alles anfing _____	17
1.2	Subtraktive und additive Fertigungsverfahren _____	18
1.3	Vom Rapid Prototyping zum 3D-Druck für jedermann _____	20
<b>2.</b>	<b>3D-Druck, wie funktioniert das?</b> _____	25
2.1	Die computergesteuerte Heißklebepistole oder der FDM-Druck _____	25
2.2	Von der Idee zum Modell _____	28
2.2.1	CAD-Software _____	30
2.2.2	Slicing-Software _____	33
2.2.3	Jetzt zum 3D-Drucker _____	35
2.3	FDM-Druck farbig _____	39
2.4	FDM-Druck mit Kohlefasern verstärkt _____	42
<b>3.</b>	<b>Weitere 3D-Druck-Verfahren</b> _____	43
3.1	Stereolithografie, der Klassiker _____	43
3.2	Digital Light Processing _____	47
3.3	LCD-Druck _____	49
3.4	PolyJet bzw. MultiJet Modeling _____	50
3.5	Pulverdruckverfahren _____	53
3.6	SLS- und Metalldruck _____	56
3.7	Laminated Object Manufacturing und Selective Deposition Lamination _____	60

<b>4.</b>	<b>Welcher Drucker für welchen Zweck?</b>	<b>63</b>
4.1	Welche Art von Produkten soll gedruckt werden?	63
4.2	Welche Materialanforderungen werden gestellt?	67
4.3	Stärken und Schwächen der Drucktechnologien	68
4.4	Kosten der Drucktechnologien	70
<b>5.</b>	<b>Moderne Produktentwicklung mit 3D-Druck und KI</b>	<b>71</b>
5.1	Änderungen bei der Produktentwicklung	71
5.2	Time to Market mit 3D-Druck reduzieren	73
5.3	Stückkosten und Stückzahlen	74
5.4	Künstliche Intelligenz und 3D-Druck	75
5.4.1	Designoptimierung durch KI: generatives Design	75
5.4.2	Optimierung des 3D-Drucks	78
<b>6.</b>	<b>3D-Drucker: Hersteller und Geräte</b>	<b>79</b>
6.1	FDM-Drucker	79
6.1.1	AnkerMake	82
6.1.2	Anycubic	83
6.1.3	Bambu Lab	84
6.1.4	Creatlity	86
6.1.5	Flashforge	87
6.1.6	Prusa	88
6.1.7	Renkforce	89
6.1.8	Snapmaker	89
6.1.9	UltiMaker	90
6.1.10	XYZprinting	91
6.2	Resin-Drucker	92
6.2.1	SLA-Drucker von Formlabs	93
6.2.2	Digital-Light-Processing-Drucker	94
6.2.3	LCD-Drucker	95

<b>7. Software für die 3D-Modellierung</b>	<b>99</b>
7.1 Arbeitsweisen in CAD-Programmen	99
7.2 Kostenlose Programme	101
7.3 Die preisgünstigen CAD-Programme	106
7.4 CAD-Profi-Programme	111
<b>8. Software für die Datenaufbereitung und Druckersteuerung</b>	<b>115</b>
8.1 Viewer-Programme	115
8.2 Konvertierungsprogramme	118
8.3 Programme zur Druckersteuerung	122
8.4 Reparatur von STL-Dateien	127
8.5 Bearbeitung und Verfremdung von STL-Dateien	128
<b>9. 3D-Modelle aus dem Internet</b>	<b>131</b>
9.1 Onlineportale für Bastler und Technikfans	131
9.2 Suchmaschinen für 3D-Objekte	141
9.3 Onlineportale für 3D-Konstruktionsdaten	142
9.4 Onlineportale für Bildung und Forschung	145
<b>10. Materialien für den 3D-Druck</b>	<b>153</b>
10.1 Filament, das Material für den FDM-Druck	153
10.2 Standard-Filamente	155
10.2.1 PLA (Poly Lactic Acid)	155
10.2.2 ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol)	156
10.2.3 PETG	157
10.2.4 ASA	157
10.2.5 PC	158
10.2.6 Nylon	159
10.2.7 PET	159
10.2.8 NinjaFlex	160
10.2.9 HDglass	161

<b>10.2.10</b>	<b>FilaFlex</b>	<b>162</b>
<b>10.2.11</b>	<b>MoldLAY</b>	<b>163</b>
<b>10.2.12</b>	<b>Recycling-Filament</b>	<b>164</b>
<b>10.3</b>	<b>Filamente für Stützmaterial</b>	<b>164</b>
<b>10.3.1</b>	<b>PVA, wasserlöslich</b>	<b>164</b>
<b>10.3.2</b>	<b>HIPS als Druck- und Stützmaterial</b>	<b>165</b>
<b>10.3.3</b>	<b>PolySupport: mechanisch leicht entfernbares Stützmaterial</b>	<b>166</b>
<b>10.4</b>	<b>Filamente mit Beimischungen</b>	<b>166</b>
<b>10.5</b>	<b>Spezial-Filamente</b>	<b>169</b>
<b>10.5.1</b>	<b>Materialien für High-End-Drucker</b>	<b>170</b>
<b>10.6</b>	<b>Resin, das Material für SLA- und DLP-Drucker</b>	<b>171</b>
<b>10.7</b>	<b>Materialien für PolyJet- bzw. MJM-Drucker</b>	<b>172</b>
<b>11.</b>	<b>Selbst modellieren mit CAD</b>	<b>175</b>
<b>11.1</b>	<b>Der Einstieg mit TinkerCAD</b>	<b>175</b>
<b>11.1.1</b>	<b>Der erste Start und die Bedienung von TinkerCAD</b>	<b>175</b>
<b>11.1.2</b>	<b>Einen Schlüsselanhänger modellieren</b>	<b>181</b>
<b>11.1.3</b>	<b>Eigene Bauteile erstellen</b>	<b>197</b>
<b>11.1.4</b>	<b>STL-Dateien in TinkerCAD</b>	<b>199</b>
<b>11.2</b>	<b>Mehr CAD mit FreeCAD</b>	<b>201</b>
<b>11.2.1</b>	<b>Der Start und die Grundeinstellungen</b>	<b>202</b>
<b>11.2.2</b>	<b>Den Schüsselanhänger in FreeCAD modellieren</b>	<b>206</b>
<b>11.2.3</b>	<b>Eine Schachfigur modellieren: der Turm</b>	<b>219</b>
<b>11.3</b>	<b>Modellieren mit Fusion 360</b>	<b>228</b>
<b>11.3.1</b>	<b>Programmoberfläche und Navigation</b>	<b>230</b>
<b>11.3.2</b>	<b>Noch eine Schachfigur, der Springer</b>	<b>233</b>
<b>11.3.3</b>	<b>Modellieren in 3D</b>	<b>253</b>
<b>11.3.4</b>	<b>Änderungen am Modell, aus Springer mach Turm</b>	<b>265</b>
<b>11.3.5</b>	<b>Das Dreirad – aus Bauteilen eine Baugruppe montieren</b>	<b>271</b>

<b>12. Datenaufbereitung für den 3D-Druck</b>	<b>285</b>
<b>12.1 Drucken mit Cura</b>	<b>286</b>
<b>12.1.1 Objekt einrichten im Vorbereiten-Modus</b>	<b>288</b>
<b>12.1.2 Vorschau des Druckvorgangs</b>	<b>293</b>
<b>12.1.3 Überwachen-Modus</b>	<b>294</b>
<b>12.1.4 Cura-Einstellungen</b>	<b>294</b>
<b>12.2 Weitere Slicer-Programme</b>	<b>295</b>
<b>12.2.1 Bambu Studio</b>	<b>295</b>
<b>12.2.2 PrusaSlicer</b>	<b>295</b>
<b>12.2.3 FlashPrint</b>	<b>296</b>
<b>12.2.4 Simplify3D</b>	<b>297</b>
<b>13. 3D-Druck in der Praxis: Tipps und Tricks</b>	<b>299</b>
<b>13.1 Optimierung der Druckqualität bei FDM-Druckern</b>	<b>299</b>
<b>13.2 Parameter in der Slicer-Software optimieren</b>	<b>306</b>
<b>13.3 Tipps für Fortgeschrittene</b>	<b>318</b>
<b>13.3.1 Funktionsteile für maximale Belastung</b>	<b>318</b>
<b>13.3.2 Objekte mit glatter Oberfläche</b>	<b>323</b>
<b>13.3.3 Druck von Objekten mit kleinteiligen Bereichen und dünnwandigen Stellen</b>	<b>325</b>
<b>13.3.4 Druck mit maximaler Geschwindigkeit</b>	<b>328</b>
<b>13.4 Troubleshooting</b>	<b>330</b>
<b>13.5 Modellierungstipps für den 3D-Druck</b>	<b>335</b>
<b>13.5.1 Optimierung beim Stützmaterial</b>	<b>336</b>
<b>13.5.2 Wandstärken</b>	<b>338</b>
<b>13.5.3 Bridging</b>	<b>340</b>
<b>13.5.4 Masseansammlungen</b>	<b>341</b>
<b>13.5.5 Runde Übergänge sowie Ecken- und Kantenabstumpfung</b>	<b>341</b>
<b>13.5.6 Massive Innenbereiche</b>	<b>342</b>
<b>13.5.7 Elefantenfüße</b>	<b>342</b>

13.5.8	Bohrungen, Gewinde und Verschraubungen	343
13.5.9	Bauteiloptimierung für Profis: die Formoptimierung	346
<b>14.</b>	<b>3D-Scannen</b>	<b>349</b>
14.1	3D-Modelle aus einer Fotoserie berechnen	350
14.2	Scannen mit 3D-Tiefensensoren	354
14.3	3D-Drucker, die auch scannen können	358
14.4	Scannen mit strukturiertem Licht	359
14.4.1	CR-Scan Lizard	359
14.4.2	Shining 3D	360
14.4.3	Scan in a Box von Open Technologies	361
14.4.4	Revopoint für Hobby und Profis	362
14.4.5	NEO von RangeVision	363
14.4.6	Matter and Form V2	364
14.5	Die High-End-Scanner-Lösungen	365
14.5.1	Artec-Scanner mit strukturiertem Licht	365
14.5.2	Scanner-Software von 3D Systems	367
14.5.3	FARO: Profis in 3D-Messtechnik	368
14.5.4	Leica – der Name steht nicht nur für Kameras	369
14.6	Körperscanner	370
<b>15.</b>	<b>3D-Druck außer Haus</b>	<b>373</b>
15.1	Der 3D-Printshop um die Ecke	373
15.2	FabLabs	373
15.3	Stadtbibliotheken	374
15.4	Medienzentren	375
15.5	Der 3D-Printshop im Internet	375
15.5.1	3D-Druck-Dienstleister	376
15.5.2	Drucken irgendwo, Produzenten online	376

<b>15.5.3</b>	<b>Weitere Profis als Dienstleister</b>	<b>379</b>
<b>15.5.4</b>	<b>Dienstleister für Spezialanwendungen</b>	<b>380</b>
<b>15.6</b>	<b>Das 3D-Selfie</b>	<b>381</b>
<b>16.</b>	<b>3D-Druck: was heute schon geht und was kommen wird</b>	<b>383</b>
<b>16.1</b>	<b>Architektur und Bauwesen</b>	<b>383</b>
<b>16.2</b>	<b>Automobil und Fahrzeugbau</b>	<b>387</b>
<b>16.3</b>	<b>Produktion</b>	<b>390</b>
<b>16.4</b>	<b>Luft- und Raumfahrttechnik</b>	<b>393</b>
<b>16.5</b>	<b>Denkmalpflege und Archäologie</b>	<b>395</b>
<b>16.6</b>	<b>Einrichtungsobjekte und Möbel</b>	<b>397</b>
<b>16.7</b>	<b>Kriminalistik</b>	<b>398</b>
<b>16.8</b>	<b>Lebensmittel</b>	<b>398</b>
<b>16.9</b>	<b>Medizin, Reha-Produkte und Brillen</b>	<b>400</b>
<b>16.10</b>	<b>Dentaltechnik</b>	<b>403</b>
<b>16.11</b>	<b>Mode und Bekleidung</b>	<b>403</b>
<b>16.12</b>	<b>Sport und Freizeit</b>	<b>405</b>
<b>Index</b>		<b>409</b>