

<b>Einleitung</b>	<b>13</b>
<b>1. 3D-Druck, eine kurze Geschichte des Rapid Prototypings</b>	<b>17</b>
1.1 Wie alles anfang	17
1.2 Subtraktive und additive Fertigungsverfahren	18
1.3 Vom Rapid Prototyping zum 3D-Druck für jedermann	20
<b>2. 3D-Druck, wie funktioniert das?</b>	<b>25</b>
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. Weitere 3D-Druck-Verfahren</b>	<b>43</b>
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	Creality	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.</b>	<b>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.</b>	<b>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.</b>	<b>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.</b>	<b>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

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

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

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

15.5.3	Weitere Profis als Dienstleister	379
15.5.4	Dienstleister für Spezialanwendungen	380
15.6	Das 3D-Selfie	381

## **16. 3D-Druck: was heute schon geht und was kommen wird**

		383
16.1	Architektur und Bauwesen	383
16.2	Automobil und Fahrzeugbau	387
16.3	Produktion	390
16.4	Luft- und Raumfahrttechnik	393
16.5	Denkmalpflege und Archäologie	395
16.6	Einrichtungsobjekte und Möbel	397
16.7	Kriminalistik	398
16.8	Lebensmittel	398
16.9	Medizin, Reha-Produkte und Brillen	400
16.10	Dentaltechnik	403
16.11	Mode und Bekleidung	403
16.12	Sport und Freizeit	405

<b>Index</b>		<b>409</b>
--------------	--	------------