

2.6.9	EMS Möderl	46
2.6.10	Shapeoko	47
2.7	Rund um die Maschine: Peripherie und Zubehör	48
2.7.1	Hiergeblieben! Werkstückbefestigung	48
2.7.2	Saubermann: Die Späneabsaugung	50
2.7.3	Wo bist du? Der Werkzeugglängensensor	51
2.7.4	Alles im Kasten: Das Gehäuse	53
2.7.5	Jetzt geht's rund! Die vierte Achse	54
3	Gedankenspiele: Die Grundlagen des FräSENS	57
3.1	Welcher Fräser ist für welchen Einsatz geeignet?	57
3.2	Schnittwerte: Bitte die Richtgeschwindigkeit beachten!	64
3.3	Routenplanung: Die richtige FräSstrategie	67
3.3.1	Hü oder hott: Gegen- und Gleichlauffräsen	67
3.3.2	Schruppen, Schlichten und Restmaterial	69
3.3.3	Die richtige FräSstrategie für verschiedene Anwendungen	71
3.4	Nullpunkte: Wo bin ich und wer bin ich?	75
4	Vor dem Fräsenbau: Kauf- und Bauvorbereitungen	79
4.1	Wie groß soll die Fräse werden?	79
4.2	Wer liefert was? Bauteile und Bezugsquellen	82
4.3	Die Kostenfrage: Bestelllisten und Preise	87
4.4	Werkzeug und Zubehör: Was braucht es noch?	91
5	Endlich schrauben! Der mechanische Aufbau der FräSE	93
5.1	Rolling, rolling, rolling: Die Kleinteile	94
5.2	Auf und ab: Die Z-Achse	96
5.3	Hin und her: Der X-Schlitten	100
5.4	Brückenbau: Das X-Portal	104
5.5	Am Boden: Die Y-Achse	109
5.6	Exkurs: Fräsen einer Arbeitsplatte mit Shaper Origin	116
5.6.1	Shaper Origin - die handgeführte CNC-Fräse	116
5.6.2	Erste Erfahrungen mit CAD: Der Arbeitstisch entsteht in Fusion 360	119
6	Der Lötkolben glüht! Aufbau der Fräselektronik und -steuerung	127
6.1	Verbindendes und Trennendes: Leitungen und Schalter	128
6.2	Gute Führung: Verlegung der Leitungen und Anschluss der Steuerung	137

6.3	Das Gehirn der Fräse: Der Steuerrechner	142
6.4	Erstkontakt: Verbinden von bCNC mit GRBL	149
7	Jetzt wird es ernst! Die Inbetriebnahme der Fräse	151
7.1	Richtungsweisend: GRBL richtig einstellen	151
7.2	Oberflächlich: Erste Schritte in bCNC	160
7.3	Späne fliegen: Das erste Fräuprojekt	164
7.4	Fixiert: Haltestege einplanen hilft gegen Projektilen	170
7.5	Sicher ist sicher: Sicherheit an der Maschine	172
8	Von der Vision zur Realität: Der CAD-CAM-NC-Workflow	175
8.1	Estlcam: CAM/CNC-Software made in Germany	176
8.2	Zeichen setzen: Gravieren mit Estlcam	179
8.3	Da schau her! G-Codedateien lesen	185
8.4	Tiefschürfend: Vorgegebene Daten fräsen	188
8.5	Die Späne fliegen: Tipps zur Arbeit an der Fräse	197
8.6	Hoch hinaus! Fräsen eines Flugzeug-Spantengerüsts	199
8.7	3-Achs-Fräsen: In alle Richtungen	206
8.8	CAD/CAM vereint: Ein komplett in Fusion 360 realisiertes Projekt	212
9	Optimierungswahn: Diverse Fräsen-Upgrades und -ergänzungen	227
9.1	Fiat Lux! Es werde Licht im Arbeitsraum	227
9.2	Grenzen setzen: Abdeckbleche und Kabelführung	230
9.3	Messgerät: Der Werkzeuglängentaster	231
9.4	Sauber, sauber: Die Absaugung	239
9.5	CNC-Staubsaugen: Die Absaugung über G-Code steuern	243
10	Die Kür: 4-Achs-Steuerung und vierte Achse	245
10.1	Getrennt und doch gemeinsam: Der Aufbau der Steuerung	248
10.2	Spekulativ: Die Hardware für die vierte Achse	256
10.3	Drehwurm: Fräsen mit der Drehachse	258
11	Am Endschalter: Fazit und Ausblick	265
	Stichwortverzeichnis	267