



Bestellen Sie die Gratis-DVD
mit der 360 Seiten starken-
PDF-Farbausgabe

Hans-J. Engelke

Siemens Solid Edge 2021 Synchronous Technologie

3D-Druck

Bauteile und Baugruppen
Lagerungen und Getriebe
Dampfmaschinen

Hans-J. Engelke

Siemens

Solid Edge 2021

Synchronous Technology

3D-Druck

Bauteile und Baugruppen

Lagerungen und Getriebe

Dampfmaschinen

1. Auflage 2020

© 2020 Hans-J. Engelke

© 2020 Books on Demand GmbH

Herstellung und Verlag: [Books on Demand GmbH](#), Norderstedt

ISBN 9783752637847

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Autors und dem Verlag in irgendeiner Form wie Fotokopie, Mikrofilm, PDF-Erstellung oder eine anderes Kopierverfahren, auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgenden, oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Informationen, oder Teilen davon, entsteht, auch nicht für die Verletzung von Patentrechten, die daraus resultieren können.

Ebenso wenig übernehmen Autor und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über dnb.d-nb.de abrufbar.

Der Autor:

Hans- J. Engelke war als Lehrkraft für die Ausbildung Technischer Produktdesigner und Technischer Zeichner zuständig, außerdem als CAD-Dozent in der Erwachsenenbildung- und Weiterbildung tätig.

Hans-J. Engelke

Siemens

Solid Edge 2021

Synchronous Technology

3D-Druck

Bauteile und Baugruppen

Lagerungen und Getriebe

Dampfmaschinen

Inhalt

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1 bis 7

1	3D-Druck mit Solid Edge 2020	2	1.6.6.1	Überhänge	22
1.1	3D-Druck, Entwicklungen	2	1.6.6.2	Überbrückung	22
1.1.1	3D-Druck, Grundlagen	2	1.6.6.3	Detailgrösse	22
1.1.2	3D-Druck und CAD	3	1.6.6.4	Ausrichtung	22
1.1.2.1	Geometrie und Modellierungstypen	4	1.6.6.5	Trägermaterial minimieren	22
1.2	3D-Druck, Normen und Richtlinien	5	1.7	3D-Drucker, Beschreibungen, eine Auswahl	23
1.2.1	Normen und Richtlinien für die Additive Fertigung, eine zeitliche Darstellung, Auszug	5	1.7.1	3D-Drucker „Makerbot Replicator 2“	23
1.2.2	DIN-Normen und Richtlinien für die Additive Fertigung	5	1.7.2	3D-Drucker „Makerbot Replicator 2X (Dual)“	23
1.3	3D-Druck, Druckverfahren	6	1.7.3	3D-Drucker „Gerätesoftware „MakerWare“ für Dualextruder	24
1.3.1	3D-Druck mit Pulver (3DP)	6	1.7.3.1	Schaltflächen und Menüs	24
1.3.1.1	Elektronenstrahlschmelzen, Electron Beam Additive Manufacturing	6	1.7.3.2	Schaltflächen und Menüs, Quicktools	25
1.3.1.2	3D-Metall-Direktdruck, Laser-Sintern	6	1.7.3.3	Dateiformate für 3D-Drucker-Software Makerware	25
1.3.1.3	3D-Metall-Direktdruck, Vorbemerkungen	7	1.7.3.4	3D-Drucker „Makerbot Replicator 2“, Gerätesoftware „Makerbot Print“	26
1.3.1.4	3D-Metall-Direktdruck, Druckvorgaben	7	1.7.4	HP Jet Fusion 4200/3200/540 3D Drucker	27
1.3.2	Fused Deposition Modelling	8	1.7.5	3D-Drucker HP Jet Fusion Siemens Anwendung-Software „HP SmartStream 3D Build Manager“	28
1.3.3	Stereolithographie	9	1.7.6	HP PrintOS, Lösungen für den Produktionsdruck	28
1.3.4	TetraShell-Software für Feinguss, „Firma Materialise“	10	1.8	Solid Edge 2021, 3D-Druck Service Portal, eine Auswahl	29
1.3.5	PolyJet-Technologie, Firma „Materialise“	10	1.8.1	Solid Edge 2021 und 3YourMind, 3D-Druck Service Portal	29
1.3.6	MultiJet-Technologie, Firma „Materialise“	11	1.8.2	Solid Edge 2021 und „SHINING 3D, 3D-Druck Service Portal	29
1.4	Solid Edge 2021 und 3D-Druck	12	1.9	Baugruppen-Montage für 3D-Druck, Erstellung der Bauteile und Baugruppen	30
1.4.1	Drucken von 3D-Modellen	12	1.9.1	Erstellung der Bauteile, Befehlsauswahl zur Erstellung	30
1.4.1.1	Dateiformat STL	12	1.9.2	Erstellung der Bauteile fertigungstechnisch, Vorbemerkungen	31
1.4.1.2	Dateiformat 3MF	13	1.9.3	Baugruppen-Montage, Vorbemerkungen	31
1.4.1.3	Dateiformat AMF	13	1.9.4	Baugruppen-Montage, Montagehinweise	31
1.4.1.4	Dateiformat OBJ	13	1.9.5	Erstellung der Bauteile und Baugruppen, Buchreihe zum Thema	32
1.5	Drucken von 3D-Modellen in Solid Edge 2021	14	2	Bauteile, 3D-Druck	34
1.5.1	Verwenden des Registers „3D-Druck“ in der Multifunktionsleiste	14	2.1	Bauteil-3D-Druck, Solid Edge-3D-Druck-Umgebung, Online-Bestellung	36
1.5.1.1	Darstellung des Registers „3D-Druck“	14	2.1.1	STL-Exportformat, Online-Bestellung	36
1.5.1.2	Datenaufbereitung für den 3D-Druck	14	2.1.1.1	Bauteil bereitstellen	36
1.5.2	Verwenden der 3D-Druckseite	16	2.1.1.2	STL-Druck-Datei erstellen, Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	36
1.5.2.1	Direkt vom Desktop aus drucken	17	2.1.1.3	Übergabe der 3D-Druckdatei an Online-Anbieter	37
1.5.2.2	Über einen Cloud-basierten Serviceanbieter drucken	17	2.1.2	3MF-Exportformat, Online-Bestellung	38
1.5.2.3	Öffnen einer Solid Edge-Datei in 3D-Builder	17	2.1.2.1	Bauteil bereitstellen	38
1.5.3	Verwenden der 3D-Export-Optionen	18	2.1.2.2	STL-Druck-Datei erstellen, Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	38
1.5.3.1	3D-Export-Optionen für STL-Format	18	2.1.2.3	Übergabe der 3D-Druckdatei an Online-Anbieter	39
1.5.3.2	3D-Export-Optionen für 3MF-Format	18	2.1.3	STL-Format, 3D-Druck vorgearbeitet, Online-Bestellung	41
1.5.3.3	3D-Export-Optionen für OBJ-Format	18	2.1.4	3MF-Format, 3D-Druck vorgearbeitet, Online-Bestellung	42
1.6	3D-Druck-Begriffe	19	2.2	3D-Druck eines Bauteils über Windows10 Print-3D®	44
1.6.1	Allgemeine 3D-Druck-Drucktipps	19	2.3	3D-Druck eines BlueSurf-Bauteils über Windows10 Print-3D®	45
1.6.2	3D-Druckprobleme, eine Auswahl	19	2.3.1	Bauteil-Vorbereitung	45
1.6.2.1	Warping	19	2.3.2	STL-Druck-Datei erstellen	45
1.6.2.2	Skipped Layer	19			
1.6.2.3	Bad edge	19			
1.6.2.4	Non-manifold edges:	19			
1.6.3	3D-Druck, Druckaufbau eine Auswahl	20			
1.6.3.1	Füllung	20			
1.6.3.2	Hüllen	20			
1.6.3.3	Schichtstärke	20			
1.6.3.4	Temperatur	20			
1.6.3.5	Geschwindigkeit	20			
1.6.4	Material	21			
1.6.4.1	Material ABS	21			
1.6.4.2	Material PLA	21			
1.6.5	Bauteile nach dem 3D-Druck manuell nacharbeiten	21			
1.6.6	3D-Druck, Design-Richtlinien	22			

2.3.2.1	Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	45	2.8.1	Bauteil-Vorbereitung	84
2.3.3	3D-Druck eines Bauteils über Windows10 Print-3D®	46	2.8.2	STL-Druck-Datei erstellen	84
2.4	3D-Druck eines Bauteils über Windows 3D-Builder®	48	2.8.2.1	Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	84
2.4.1	Windows 3D-Builder®, Vorbemerkungen	48	2.8.3	3D-Drucker-Software HP 3D Build Manager® starten	85
2.4.2	3D-Druck der Zahnradwelle über Windows 3D-Builder®, Bauteilbearbeitung	49	2.8.4	3D-Druck des Bauteils über HP 3D Build Manager®, Druckdatei anpassen	86
2.4.3	Windows 3D-Builder®, Bauteilübergabe	50	2.8.5	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	87
2.4.4	3D-Druck des Übergangskörpers über Windows 3D-Builder®, Bauteilbearbeitung	51	2.9	„Gehäuse“ 3D-Druck als Solid Edge STL-Export Software HP SmartStream 3D Build Manager®	88
2.4.4.1	Bauteil-Vorbereitung	51	2.9.1	Bauteil-Vorbereitung	88
2.4.4.2	STL-Druck-Datei erstellen, Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	51	2.9.2	3D-Druck des Bauteils „Gehäuse“ HP 3D Build Manager®, Bauteilbearbeitung	88
2.4.4.3	3D-Druck der Zahnradwelle über Windows 3D-Builder®, Bauteilbearbeitung	52	2.9.3	3D-Druck des Bauteils HP 3D Build Manager®, Druckdatei anpassen	89
2.4.4.4	Windows 3D-Builder®, Bauteilübergabe	53	2.9.4	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	90
2.5	3D-Druck über Solid Edge-3D-Druck-Umgebung 3D-Drucker „Makerbot Replicator 2“ Software MakerWare®	56	2.10	„Überwurfmutter mit physikalischem Gewinde“ 3D-Druck über Daten-Export 3MF 3D-Drucker-Software HP 3D Build Manager®	92
2.5.1	3D-Druck der Zahnradwelle über Software MakerWare®, Bauteilbearbeitung	56	2.10.1	Bauteilgewinde umwandeln	92
2.5.1.1	Bauteil-Vorbereitung	56	2.10.2	3D-Druck der Überwurfmutter über HP 3D Build Manager®, Bauteilbearbeitung	92
2.5.1.2	STL-Druck-Datei erstellen, Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	56	2.10.3	3D-Druck des Bauteils über HP 3D Build Manager®, Druckdatei anpassen	94
2.5.1.3	3D-Drucker „Makerbot Replicator 2, Vorbemerkungen	57	2.10.4	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	95
2.5.1.4	3D-Druck über 3D-Drucker „Makerbot Replicator 2, 3D-Drucker-Software „MakerWare“ starten	57	2.11	„Kranhaken mit physikalischem Gewinde“ 3D-Druck über Daten-Export STL Windows 3D-Builder®	96
2.5.1.5	3D-Bauteil übertragen und positionieren	58	2.11.1	Bauteilgewinde umwandeln	96
2.5.1.6	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	60	2.11.2	3D-Druck der Zahnradwelle über Windows 3D-Builder®, Bauteilbearbeitung	96
2.5.2	3D-Druck des Rotationskörpers Software MakerWare®, Bauteilbearbeitung	61	2.11.3	Windows 3D-Builder®, Bauteilübergabe	98
2.5.2.1	Bauteil-Vorbereitung	61	2.11.3.1	Druckmaterialzuweisung	98
2.5.2.2	STL-Druck-Datei erstellen, Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	61	2.11.3.2	Druckfehlermeldung und Fehleranpassung	98
2.5.2.3	3D-Druck über 3D-Drucker „Makerbot Replicator 2, 3D-Drucker-Software „MakerWare“ starten	62	2.11.3.3	Online-Bestellzuweisung	98
2.5.2.4	3D-Bauteil übertragen und positionieren	62	2.12	3D-Druck, AutoDesk AutoCAD®-Import Solid Edge 3D-Druck STL-Export-Format, mit Skalierung	100
2.5.2.5	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	64	2.12.1	Importieren des Autodesk AutoCAD®Bauteils „Hohlkörper“	100
2.5.3	3D-Druck des Bauteils „Unmöglichkeitlicher Knoten“, über Software MakerWare®, Bauteilbearbeitung	66	2.12.2	Maßstäbliche Anpassung des importierten Bauteils über „Körper skalieren“	100
2.5.3.1	Bauteil-Vorbereitung	66	2.13	3D-Druck, SOLIDWORKS-Import Solid Edge 3D-Druck OBJ-Export-Format, mit Skalierung	101
2.5.3.2	STL-Druck-Datei erstellen, Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	66	2.13.1	Importieren des SOLIDWORKS®-Bauteils „Hohlkörper“	101
2.5.3.3	3D-Druck über 3D-Drucker „Makerbot Replicator 2, 3D-Drucker-Software „MakerWare“ starten	67	2.13.2	Maßstäbliche Anpassung des importierten Bauteils über „Körper skalieren“	101
2.5.3.4	3D-Bauteil übertragen und positionieren	67	2.13.3	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®, Dualextruder	102
2.5.3.5	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	69	2.13.3.1	3D-Drucker-Software „MakerWare“ starten	102
2.6	3D-Druck Solid Edge-3D-Druck-Umgebung 3D-Drucker „Makerbot Replicator 2“ Software MakerBot Print®	72	2.13.3.2	3D-Bauteile übertragen und positionieren	102
2.6.1	STL-Druck-Datei erstellen	72	2.13.3.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	105
2.6.1.1	STL-Druck-Datei erstellen, Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	72	2.14	3D-Druck eines Bauteils, STL-Exportformat Solid Edge 3D-Druck-Register Solid Edge Online-Bestellung	108
2.6.2	3D-Drucker-Software „MakerBOTPrint“ starten	73	2.14.1	Bauteil über Befehle im Register „3D-Druck“ anpassen	108
2.6.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	75	2.14.1.1	Bauteil öffnen	108
2.7	„Hohlkörper“ 3D-Druck als Solid Edge STL-Export 3D-Drucker „Makerbot Replicator 2“ Software MakerBot Print®	79	2.14.1.2	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Hohlräume löschen	108
2.7.1	Bauteil-Vorbereitung	79			
2.7.2	3D-Drucker-Software „MakerBOTPrint“ starten	79			
2.7.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	81			
2.8	„Hohlzahnrad“ 3D-Druck Solid Edge-3D-Druck-Umgebung 3D-Drucker-Software HP 3D Build Manager®	84			

2.14.1.3	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Überhänge identifizieren	108	3.3.3.4	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Modellausrichtung	123
2.14.1.4	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Wandstärkenkontrolle	109	3.3.4	Bauteil über STL-Exportfilter sichern	124
2.14.1.5	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Modellausrichtung	109	3.3.5	Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	124
2.14.1.6	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Druckmaterial	109	3.4	3D-Druck einer Baugruppe, STL-Exportformat, über Windows 10 „Print-3D®“	126
2.14.1.7	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Druckbarkeits-Analyse	110	3.4.1	Baugruppe über STL-Exportfilter sichern	126
2.14.2	Online-Auftrag des Bauteils über Solid Edge 3D-Druck-Ebene	110	3.4.2	Baugruppe über „Print-3D®“, Online bestellen	126
2.14.2.1	Übergabe der 3D-Druckdatei an Online-Anbieter	110	3.5	3D-Druck einer Baugruppe, STL-Exportformat, über Windows 10 „3D-Builder®“	127
2.15	3D-Druck eines Bauteils, OBJ-Exportformat		3.5.1	Baugruppe über STL-Exportfilter sichern	127
	Solid Edge 3D-Druck-Register		3.5.2	Baugruppe über „3D-Builder®“, Online bestellen	127
	Solid Edge Online-Bestellung	111	3.5.3	Windows 3D-Builder®, Bauteilübergabe	128
2.15.1	Bauteil über Befehle im Register „3D-Druck“ anpassen	111	3.5.3.1	Druckmaterialzuweisung	128
2.15.1.1	Bauteil öffnen	111	3.5.4	Windows 3D-Builder®, Bauteilübergabe	128
2.15.1.2	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Hohlräume löschen	111	3.6	Baugruppen-3D-Druck, Solid Edge-3D-Druck-Umgebung, 3D-Drucker-Software MakerWare®	130
2.15.1.3	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Überhänge identifizieren	111	3.6.1	Baugruppen-Vorbereitung	130
2.15.1.4	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Wandstärkenkontrolle	112	3.6.1.1	Aufruf der Baugruppe	130
2.15.1.5	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Modellausrichtung	112	3.6.2	Bauteil über Befehle im Register „3D-Druck“ anpassen	130
2.15.1.6	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Druckmaterial	112	3.6.3	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®	131
2.15.1.7	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Druckbarkeits-Analyse	112	3.6.3.1	3D-Drucker-Software „MakerWare®“ starten	131
2.15.2	3D-Druck eines Bauteils über Windows 3D-Builder®	113	3.6.3.2	3D-Bauteil übertragen und positionieren	131
2.15.2.1	Windows 3D-Builder®, Bauteilübergabe	114	3.6.3.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	133
2.15.2.2	Druckmaterialzuweisung	114	3.7	Mehrteiliger Unterbaugruppen 3D-Druck, Solid Edge-3D-Druck-Umgebung, 3D-Drucker-Software MakerWare®	134
3	Baugruppen, 3D-Druck	116	3.7.1	Baugruppen-Vorbereitung	134
3.1	Baugruppen-3D-Druck, Solid Edge 3D-Druck-Umgebung, Online-Bestellung	118	3.7.2	Mehrteiliger Unterbaugruppen-Datei anpassen	134
3.1.1	Baugruppen-Vorbereitung	118	3.7.3	STL-Druck-Datei erstellen	135
3.1.2	STL-Druck-Datei erstellen	118	3.7.3.1	Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	135
3.1.2.1	Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	118	3.7.4	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®	135
3.1.2.2	Übergabe der 3D-Druckdatei an Online-Anbieter	119	3.7.4.1	3D-Drucker-Software „MakerWare®“ starten	135
3.2	Baugruppen-3D-Druck, Solid Edge-Umgebung, Online-Bestellung über „3D-Builder®“	120	3.7.4.2	3D-Bauteil übertragen und positionieren	136
3.2.1	Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	120	3.7.4.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	137
3.2.2	Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	120	3.8	3D-Druck einer Baugruppe, Export als 3D-OBJ-Druckdatei, 3D-Drucker-Software MakerWare®	139
3.2.3	3D-Druck über Windows 3D-Builder®, Bauteilbearbeitung	120	3.8.1	Baugruppen-Vorbereitung	139
3.2.4	Windows 3D-Builder®, Bauteilübergabe	121	3.8.2	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®	139
3.2.4.1	Druckmaterialzuweisung	121	3.8.2.1	3D-Drucker-Software „MakerWare®“ starten	139
3.2.4.2	Online-Bestellzuweisung	121	3.8.2.2	3D-Bauteil übertragen und positionieren	140
3.3	3D-Druck einer Baugruppen als Bauteil, Anpassung über Solid Edge-Umgebung, Online-Bestellung	122	3.8.2.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	141
3.3.1	Aufruf der Baugruppe	122	3.9	Mehrteil-3D-Druck einer Schmitt-Kupplung, Export als 3D-STL-Druckdatei, 3D-Drucker-Software MakerBotPrint®	144
3.3.1.1	Baugruppen-Probleme, Schweißnähte	122	3.9.1	Baugruppen-Vorbereitung	144
3.3.2	Baugruppe als Bauteil speichern	122	3.9.1.1	Entstehungsprozess dieser Baugruppe	144
3.3.2.1	Baugruppe als Bauteil über „Kopie eines Teils“ speichern	122	3.9.2	3D-Drucker-Software „MakerBOTPrint®“ starten	145
3.3.3	Bauteil über Befehle im Register „3D-Druck“ anpassen	123	3.9.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	147
3.3.3.1	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Hohlräume löschen	123	3.10	Unterbaugruppen-3D-Druck einer Kupplungs-Baugruppe, Export als 3D-STL-Druckdatei, 3D-Drucker-Software MakerBotPrint®	148
3.3.3.2	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Überhänge identifizieren	123	3.10.1	Baugruppen-Vorbereitung	148
3.3.3.3	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Wandstärkenkontrolle	123	3.10.1.1	Entstehungsprozess dieser Baugruppe	148
			3.10.2	3D-Drucker-Software „MakerBOTPrint®“ starten	151
			3.10.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	153
			3.11	3D-Druck einer Baugruppe, halbgeschnitten Solid Edge Register 3D-Druck 3D-Drucker-Software „HP 3D Build Manager®“	156
			3.11.1	Baugruppen-Datei anpassen	156

3.11.1.1	Echter Schnitt einer Baugruppe über die Funktion „Ausschnitt“	156	3.15	3D-Druck SOLIDWORKS-Import, Solid Edge OBJ-Export-Format, mit Skalierung, 3D-Druck-Software „MakerWare®“ mit Dual-Extruder	184
3.11.2	Bauteil über Befehle im Register „3D-Druck“ anpassen	157	3.15.1	Importieren der SOLIDWORKS-Baugruppe	184
3.11.2.1	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Wandstärkenkontrolle	157	3.15.2	Baugruppe anpassen	184
3.11.2.2	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Überhänge identifizieren	157	3.15.2.1	Aufsatz-Baugruppe erstellen	184
3.11.2.3	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Modellausrichtung	157	3.15.2.2	Basisbaugruppe erstellen	185
3.11.2.4	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Modellskalierung	158	3.15.3	3D-Druck über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“, Dualextruder	185
3.11.2.5	Baugruppe über STL-Exportfilter sichern	158	3.15.3.1	3D-Drucker-Software „MakerWare®“ starten	185
3.11.3	3D-Drucker-Software HP 3D Build Manager® starten	158	3.15.3.2	3D-Baugruppen übertragen und positionieren	186
3.11.3.1	3D-Druck des Bauteils über HP 3D Build Manager®, Druckdatei anpassen	160	3.15.3.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	188
3.11.3.2	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	161	3.16	3D-Druck STEP-Import, Solid Edge STL-Export-Format, mit Baugruppen-Anpassung 3D-Druck-Software „MakerWare®“ mit Dual-Extruder	189
3.12	3D-Druck einer Baugruppe, Viertelabschluss Solid Edge 3D-Druck-Umgebung		3.16.1	Importieren der STEP-Baugruppe	189
3.12.1	3D-Drucker-Software „HP 3D Build Manager®“ Baugruppen-Datei anpassen	162	3.16.2	Baugruppe anpassen	189
3.12.1.1	Echter Schnitt einer Baugruppe über die Funktion „Ausschnitt“	162	3.16.2.1	Basisbaugruppe erstellen	189
3.12.2	STL-Druck-Datei erstellen	163	3.16.2.2	Bewegliches Innenteil-Baugruppe erstellen	190
3.12.2.1	Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	163	3.16.3	Angepasste Baugruppe über STL-Exportfilter sichern	190
3.12.3	3D-Druck über 3D-Drucker „Makerbot Replicator 2“	163	3.16.4	3D-Druck über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“, Dualextruder	190
3.12.3.1	3D-Drucker-Software „MakerWare®“ starten	163	3.16.4.1	3D-Drucker-Software „MakerWare®“ starten	190
3.12.3.2	3D-Bauteil übertragen und positionieren	164	3.16.4.2	3D-Baugruppen übertragen und positionieren	191
3.12.3.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	166	3.16.4.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	192
3.13	3D-Druck „Physisches Gewinde“ Baugruppe aus einzelnen Bauteilen Solid Edge, Solid Edge 3MF-Exportdatei		3.17	3D-Druck einer Baugruppe über Bild-Import Solid Edge 3D-Druck, STL-Export-Format, 3D-Druck-Software „MakerWare®“ mit Dual-Extruder	194
3.13.1	3D-Drucker-Software „HP 3D Build Manager®“ Bauteil-Vorbereitung	167	3.17.1	Baugruppen-Vorbereitung	194
3.13.2	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Bauteilen über HP 3D Build Manager®, Bauteilbearbeitung	167	3.17.1.1	Entstehungsprozess dieser Baugruppe	194
3.13.2.1	3D-Druck des Bauteils über „HP 3D Build Manager®“, Druckdatei anpassen	170	3.17.2	Baugruppen als STL-Datei übertragen	195
3.13.2.2	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	171	3.17.2.1	Zerlegte Baugruppe als STL-Datei übertragen	195
3.14	3D-Druck „Physisches Gewinde“, geänderte Baugruppe, Solid Edge 3D-Druck STL-Exportdatei		3.17.2.2	Montierte Baugruppe als STL-Datei übertragen	195
3.14.1	3D-Drucker-Software „HP 3D Build Manager®“ Zuweisung eines „physischen Gewindes“	172	3.17.3	3D-Druck über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“, Dualextruder	195
3.14.1.1	Probleme der StandardParts-Normteile	172	3.17.3.1	3D-Drucker-Software „MakerWare®“ starten	195
3.14.1.2	StandardParts-Normteile, Zuweisung eines „physischen Gewindes“	172	3.17.3.2	3D-Baugruppen übertragen und positionieren	196
3.14.1.3	Wellenbauteile, Zuweisung eines „physischen Gewindes“	173	3.17.3.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	198
3.14.2	Neugenerierung der Unterbaugruppen, Datenexport als STL-Datei	174	3.18	3D-Druck einer Baugruppen-Einförmung Solid Edge 3D-Druck, STL-Export-Format, Volumendifferenz und Elementteilung, 3D-Druck-Software „MakerWare®“ mit Dual-Extruder	200
3.14.3	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Unterbaugruppen über HP 3D Build Manager®, Bauteilbearbeitung	174	3.18.1	Hohlform erstellen	200
3.14.4	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Unterbaugruppen über „HP 3D Build Manager®“, Druckeinstellungen	180	3.18.1.1	Grundkörper erstellen	200
3.14.4.1	Farbzuweisungen	180	3.18.1.2	Differenzkörper erstellen	201
3.14.4.2	Aushöhlung	180	3.18.1.3	Differenzkörper teilen	201
3.14.4.3	Käfigzuweisung	181	3.18.1.4	Multibody-Körper erstellen	201
3.14.4.4	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	181	3.18.2	STL-Druck-Dateien erstellen	202
			3.18.3	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®, Dualextruder	203
			3.18.3.1	3D-Drucker-Software „MakerWare®“ starten	203
			3.18.3.2	3D-Bauteile übertragen und positionieren	203
			3.18.3.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	206
			3.19	3D-Druck einer Bauteil-Einförmung Solid Edge 3D-Druck, STL-Export-Format, Volumendifferenz und Elementteilung, 3D-Druck-Software „MakerWare®“ mit Dual-Extruder	208
			3.19.1	Hohlform erstellen	208
			3.19.1.1	Grundkörper erstellen	208

3.19.1.2	Differenzkörper erstellen	209	4.6.2	Unterbaugruppen über Befehle im Register „3D-Druck“ anpassen	247
3.19.1.3	Differenzkörper teilen	209	4.6.2.1	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Wandstärkenkontrolle	247
3.19.1.4	Multibody-Körper erstellen	209	4.6.2.2	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Überhänge identifizieren	247
3.19.2	STL-Druck-Dateien erstellen	210	4.6.2.3	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Modellausrichtung	247
3.19.3	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®, Dualextruder	211	4.6.2.4	Bauteil über STL-Exportfilter sichern	247
3.19.3.1	3D-Drucker-Software „MakerWare®“ starten	211	4.6.3	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Bauteilen über HP 3D Build Manager®, Bauteilbearbeitung	248
3.19.3.2	3D-Bauteile übertragen und positionieren	211	4.6.4	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Unterbaugruppen über HP 3D Build Manager®, Druckeinstellungen	249
3.19.3.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	215	4.6.4.1	Farbzuweisungen	249
4	Lagerungs-Baugruppen, 3D-Druck	218	4.6.4.2	Aushöhlung	250
4.1	Mehrteiliger Unterbaugruppen-3D-Druck Solid Edge-3D-Druck-Umgebung		4.6.4.3	Käfigzuweisung	250
	3D-Druck über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	220	4.6.4.4	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	250
4.1.1	Bauteil-Vorbereitung	220	4.7	3D-Druck, SOLIDWORKS-Import, Solid Edge Anpassung 3D-Druck-Register, 3MF-Format, Windows10 3D Builder	252
4.1.2	Mehrteiliger Unterbaugruppen-Datei anpassen	220	4.7.1	Importieren der SOLIDWORKS-Baugruppe	252
4.1.3	STL-Druck-Datei erstellen	220	4.7.2	Echter Schnitt einer Baugruppe über die Funktion „Ausschnitt“	252
4.1.3.1	Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	220	4.7.3	3MF-Druck-Datei erstellen	253
4.1.4	3D-Druck über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	221	4.7.3.1	Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	253
4.1.4.1	3D-Bauteil übertragen und positionieren	221	4.7.4	Windows 3D-Builder®, Bauteilübergabe	254
4.1.4.2	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	222	4.7.4.1	Druckmaterialzuweisung	254
4.2	3D-Druck einer geschnittenen Lagerungs-Baugruppe Solid Edge Anpassung 3D-Druck-Register		4.7.4.2	Online-Bestellzuweisung	254
	3D-Druck über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	224	4.8	3D-Druck, Autodesk Inventor-Import, Solid Edge Anpassung physikalisches Gewinde, STL-Exportformat,	
4.2.1	Baugruppen-Datei anpassen	224		3D-Druck über HP 3D Build Manager®	255
4.2.1.1	Echter Schnitt einer Baugruppe über „Ausschnitt“	224	4.8.1	Importieren der AutoDesk Inventor-Baugruppe	255
4.2.2	Endbearbeitung der geschnittenen Baugruppe	225	4.8.2	Anpassen des Normteils „Hutmutter“	255
4.2.3	STL-Druck-Datei erstellen	225	4.8.3	Anpassen des Bauteils „Verbindungsbolzen“	256
4.2.3.1	Aufruf der 3D-Druck-Umgebung	225	4.8.4	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Bauteilen über HP 3D Build Manager®, Bauteilbearbeitung	256
4.2.4	3D-Druck über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	226	4.8.5	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Unterbaugruppen über HP 3D Build Manager®, Druckeinstellungen	262
4.2.4.1	3D-Drucker-Software starten	226	4.8.5.1	Farbzuweisungen	262
4.2.4.2	3D-Bauteil übertragen und positionieren	226	4.8.5.2	Käfigzuweisung	262
4.2.4.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	228	4.8.5.3	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	263
4.3	3D-Druck eines StandardParts-Rillenkugellagers, Solid Edge Register 3D-Druck über 3D-Drucker-Software „MakerBotPrint®“	230	4.9	3D-Druck einer Lagerungs-Baugruppe, mit mehrteilige Unterbaugruppen zur Montagekontrolle 3D-Drucker-Software „MakerWare®“ mit Dual Extruder	265
4.3.1	Download der Kugellager-Baugruppe	230	4.9.1	Baugruppe über Exportfilter sichern	265
4.3.2	Bearbeiten der Kugellager-Baugruppe	230	4.9.2	Unterbaugruppe „Gehäuse“, Datenexport als STL-Datei	265
4.3.3	3D-Drucker-Software „MakerBOTPrint®“ starten	231	4.9.3	Unterbaugruppe „Gehäuse“, Datenexport als OBJ-Datei	265
4.3.4	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	233	4.9.4	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®, Dualextruder	266
4.4	3D-Druck von Unterbaugruppen, STL-Exportformat, über 3D-Drucker-Software „MakerBotPrint®“	234	4.9.4.1	3D-Drucker-Software „MakerWare®“ starten	266
4.4.1	Baugruppe über STL-Exportfilter sichern	234	4.9.4.2	3D-Baugruppen übertragen und positionieren	266
4.4.1.1	Entstehungsprozess dieser Baugruppe	234	4.9.4.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	268
4.4.2	3D-Drucker-Software „MakerBOTPrint®“ starten	236	4.10	3D-Druck einer Lagerungs-Baugruppe mit montierten Unterbaugruppen zur Montagekontrolle 3D-Drucker-Software „MakerWare®“ mit Dual Extruder	270
4.4.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	238			
4.5	3D-Druck einer geschnittenen Baugruppe, 3MF-Exportformat, über 3D-Drucker-Software „MakerBotPrint®“	239			
4.5.1	Baugruppe über STL-Exportfilter sichern	239			
4.5.1.1	Echter Schnitt einer Baugruppe über „Ausschnitt“	239			
4.5.2	Endbearbeitung der geschnittenen Baugruppe	240			
4.5.3	3D-Drucker-Software „MakerBOTPrint®“ starten	241			
4.5.4	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	243			
4.6	3D-Druck von Bauteilen und Unterbaugruppen mit Zuweisung „Physisches Gewinde“, Solid Edge 3D-Druck-Register, STL-Exportdatei 3D-Drucker-Software HP 3D Build Manager®	246			
4.6.1	Zuweisung eines „physischen Gewindes“	246			
4.6.1.1	Probleme der StandardParts-Normteile	246			
4.6.1.2	StandardParts-Normteile, Zuweisung eines „physischen Gewindes“	246			

4.10.1	Echter Schnitt einer Baugruppe mit Unterbaugruppen, über die Funktion „Ausschnitt“	270	5.4.3.2	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	295
4.10.2	Unterbaugruppen mit Option „Nur eingblendete Elemente“ über STL-Exportfilter sichern	270	5.5	3D-Druck, Miniatur-Getriebe-Baugruppe Solid Edge-3D-Druck, Export-Format OBJ 3D-Drucker-Software HP 3D Build Manager®	298
4.10.2.1	Unterbaugruppe Antriebswellen-Einheit über STL-Exportfilter sichern	270	5.5.1	Baugruppe als Bauteil über „Kopie eines Teils“ speichern	298
4.10.2.2	Unterbaugruppe Antriebswellen-Einheit über STL-Exportfilter sichern	271	5.5.2	Maßstäbliches Anpassen der umgewandelten Baugruppen über „Körper skalieren“	298
4.10.3	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®, Dualextruder	272	5.5.3	3D-Druck der Miniatur-Getriebe-Baugruppe über HP 3D Build Manager®, Bauteilbearbeitung	299
4.10.3.1	3D-Drucker-Software „MakerWare®“ starten	272	5.5.4	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Unterbaugruppen über HP 3D Build Manager®, Druckeinstellungen	300
4.10.3.2	3D-Baugruppen übertragen und positionieren	272	5.5.4.1	Farbzuweisungen	300
4.10.3.3	Übertragene 3D-Baugruppen anpassen	273	5.5.4.2	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	301
4.10.3.4	3D-Baugruppe, Lagekontrolle	274	5.6	3D-Druck von Bauteilen einer Schaltgetriebe-Baugruppe STL-Exportformat über Windows10 „Print-3D“	304
4.10.3.5	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	275	5.6.1	Baugruppen-Vorbereitung	304
5	Getriebe-Baugruppen, 3D-Druck	278	5.6.1.1	Entstehungsprozess dieser Baugruppe	304
5.1	3D-Druck, Bauteile einer Getriebe-Baugruppe „Stirnradbaugruppe“, schrägverzahnt Solid Edge-3D-Druck, Export-Format STL 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	280	5.6.2	Baugruppe über „Print-3D®“, Online bestellen	306
5.1.1	Baugruppen-Vorbereitung	280	5.7	3D-Druck von Unterbaugruppen einer Baugruppe, 3MF-Exportformat, über Windows 10 „3D-Builder®“	307
5.1.1.1	Entstehungsprozess dieser Baugruppe	280	5.7.1	Baugruppe über 3MF-Exportfilter sichern	307
5.1.2	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®	281	5.7.1.1	Entstehungsprozess dieser Baugruppe	307
5.1.2.1	3D-Drucker-Software starten	281	5.7.1.1	Baugruppe über „3D-Builder®“, Online bestellen	310
5.1.2.2	3D-Bauteil übertragen und positionieren	282	5.7.2	Windows 3D-Builder®, Bauteilübergabe	310
5.1.2.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	283	5.7.3	Druckmaterialzuweisung	311
5.2	3D-Druck, Bauteile einer Getriebe-Baugruppe „Kegelradgetriebe“, schrägverzahnt Solid Edge-3D-Druck, Export-Format STL 3D-Drucker-Software „MakerBotPrint®“	284	5.7.3.1	Online-Bestellzuweisung	311
5.2.1	Baugruppen-Vorbereitung	284	5.8	3D-Druck einer geschnittenen Getriebe-Baugruppe über die Solid Edge-3D-Druck-Umgebung und 3D-Drucker „Makerbot Replicator 2“	314
5.2.1.1	Entstehungsprozess dieser Baugruppe	284	5.8.1	Baugruppen-Datei anpassen	314
5.2.2	3D-Drucker-Software „MakerBOTPrint®“ starten	285	5.8.1.1	Echter Schnitt einer Baugruppe über „Ausschnitt“	314
5.2.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	287	5.8.1.2	Endbearbeitung der geschnittenen Baugruppe	315
5.3	3D-Druck, Bauteile einer Getriebe-Baugruppe „Planetengetriebe“ Solid Edge-3D-Druck, Export-Format STL 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	288	5.8.2	STL-Druck-Datei erstellen	315
5.3.1	Maßstäbliches Anpassen der Bauteile	288	5.8.3	3D-Druck über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	316
5.3.1.1	Maßstäbliches Anpassen der Bauteile über „Körper skalieren“, Vorbemerkungen	288	5.8.3.1	3D-Drucker-Software starten	316
5.3.1.2	Maßstäbliches Anpassen der Bauteile über „Körper skalieren“	288	5.8.3.2	3D-Bauteil übertragen und positionieren	316
5.3.2	Bauteile über Befehle im Register „3D-Druck“ anpassen	289	5.9	3D-Druck eines Schneckengetriebes mit Unterbaugruppen Solid Edge-3D-Druck Exportformat STL, 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	319
5.3.2.1	Datenaufbereitung für den 3D-Druck, Modellausrichtung	289	5.9.1	Baugruppen-Vorbereitung	319
5.3.2.2	Bauteil über STL-Exportfilter sichern	289	5.9.1.1	Entstehungsprozess dieser Baugruppe	319
5.3.3	3D-Drucker-Software „MakerBOTPrint®“ starten	290	5.9.2	3D-Druck der Unterbaugruppen über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	321
5.3.4	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	291	5.9.2.1	3D-Drucker-Software starten	321
5.4	3D-Druck, Bauteile einer Getriebe-Baugruppe „Zahnstangen-Getriebe“ Solid Edge-3D-Druck, Export-Format OBJ 3D-Drucker-Software HP 3D Build Manager®	292	5.9.2.2	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	321
5.4.1	Exportieren der Bauteile für das Zahnstangen-Getriebe	292	5.10	3D-Druck eines Schneckengetriebes, mit getrennt gespeicherten Unterbaugruppen, Solid Edge-3D-Druck Exportformat STL, 3D-Drucker-Software „MakerWare®“ mit Dual Extruder	324
5.4.2	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Bauteilen über HP 3D Build Manager®, Bauteilbearbeitung	292	5.10.1	Unterbaugruppe mit Option „Nur eingblendete Elemente“ über OBJ-Exportfilter sichern	324
5.4.3	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Unterbaugruppen über HP 3D Build Manager®, Druckeinstellungen	294	5.10.1.1	Unterbaugruppe Schneckenwellen-Einheit über OBJ-Exportfilter sichern	324
5.4.3.1	Farbzuweisungen	294	5.10.1.2	Unterbaugruppe Schneckenrad-Einheit über OBJ-Exportfilter sichern	324
			5.10.1.3	Unterbaugruppe Gehäuse-Einheit über OBJ-Exportfilter sichern	324

5.10.2	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®, Dualextruder	325	5.14.2.2	Unterbaugruppen „Kegelradwelle“, „Schneckenwelle“ und „Doppelkegelrad, Datenexport als STL-Datei	350
5.10.2.1	3D-Drucker-Software starten	325	5.14.3	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Unterbaugruppen über HP 3D Build Manager®, Bauteilbearbeitung	351
5.10.2.2	3D-Baugruppen übertragen und positionieren	325	5.14.4	3D-Druck der Baugruppe aus einzelnen Unterbaugruppen über HP 3D Build Manager®, Druckeinstellungen	353
5.11	3D-Druck eines Standard-Getriebes, als Schnitt, mit montierten Unterbaugruppen zur Montagekontrolle, Solid Edge-3D-Druck Exportformat STL, 3D-Drucker-Software „MakerWare®“ mit Dual Extruder	331	5.14.4.1	Farbzuweisungen	353
5.11.1	Unterbaugruppen mit Option „Nur eingblendete Elemente“ über STL-Exportfilter sichern	331	5.14.4.2	Käfigzuweisung	353
5.11.1.1	Unterbaugruppe Gehäuse-Einheit über STL-Exportfilter sichern	331	5.14.4.3	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	354
5.11.1.2	Unterbaugruppe Antriebswellen-Einheit über STL-Exportfilter sichern	332	6	Dampfmaschinen, 3D-Druck	356
5.11.1.3	Unterbaugruppe Abtriebswellen-Einheit über STL-Exportfilter sichern	332	6.1	3D-Druck einer zum Bauteil umgewandelten Baugruppe über Solid Edge-3D-Druck-Umgebung und 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	358
5.11.2	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®, Dualextruder	332	6.1.1	3D-Druck einer umgewandelten Baugruppe	358
5.11.2.1	3D-Drucker-Software starten	332	6.1.1.1	Baugruppen-Vorbereitung	358
5.11.2.2	3D-Baugruppen übertragen und positionieren	333	6.1.1.2	Baugruppe als Bauteil über „Kopie eines Teils“ speichern	358
5.11.2.3	Übertragene 3D-Baugruppen anpassen	334	6.1.2	STL-Druck-Datei erstellen	359
5.12	3D-Druck eines Schneckengetriebes, mehnteiliger Schnitt, Solid Edge-3D-Druck Exportformat STL, mit montierten Unterbaugruppen zur Montagekontrolle, 3D-Drucker-Software „MakerWare®“ mit Dual Extruder	337	6.1.3	3D-Druck über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	359
5.12.1	Echter Schnitt einer Baugruppe mit Unterbaugruppen, Lage Mitte Schneckenrad-Einheit, über die Funktion „Ausschnitt“	337	6.1.3.1	3D-Drucker-Software starten	359
5.12.1.1	Endbearbeitung der geschnittenen Baugruppe	337	6.1.3.2	3D-Bauteil übertragen und positionieren	360
5.12.2	Echter Schnitt einer Baugruppe mit Unterbaugruppen, Lage Mitte Schneckenwellen-Einheit, über die Funktion „Ausschnitt“	338	6.1.3.3	3D-Bauteil, Anpassung der Größe	360
5.12.3	STL-Druck-Dateien der Unterbaugruppen erstellen	338	6.1.3.4	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	361
5.12.4	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®, Dualextruder	339	6.2	3D-Druck einer importierte Balancier-Dampfmaschine 3D-Druck über Solid Edge Exportformat STL 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	362
5.12.4.1	3D-Drucker-Software starten	339	6.2.1	Baugruppen-Vorbereitung	362
5.12.4.2	3D-Baugruppen übertragen und positionieren	339	6.2.2	STL-Druck-Datei erstellen	362
5.13	3D-Druck, SOLIDWORKS-Import, Solid Edge Anpassung als Bauteil mit Skalierung, 3MF-Format, Windows10 3D Builder	344	6.2.3	3D-Druck über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	362
5.13.1	Baugruppe als Bauteil speichern	344	6.2.3.1	3D-Drucker-Software starten	362
5.13.1.1	Aufruf der Baugruppe	344	6.2.3.2	3D-Unterbaugruppen übertragen und positionieren	363
5.13.1.2	Baugruppe als Bauteil über „Kopie eines Teils“ speichern	344	6.2.3.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	363
5.13.2	Maßstäbliche Anpassung der umgewandelten Baugruppe über „Körper skalieren“	345	6.3	3D-Druck Dampfmaschine mit Kreisschubgetriebe, ausgewählte Bauteile, Solid Edge Exportformat STL 3D-Drucker-Software „MakerWare®“	365
5.13.3	Angepasste Baugruppe über 3MF-Exportfilter sichern	345	6.3.1	Baugruppen-Vorbereitung	365
5.13.4	Baugruppe über „3D-Builder®“, Online bestellen	346	6.3.1.1	Öffnen der Baugruppe	365
5.13.5	Windows 3D-Builder®, Bauteilübergabe	347	6.3.1.2	Deaktivieren der ungewünschten Bauteile	365
5.13.5.1	Druckmaterialzuweisung	347	6.3.2	STL-Druck-Datei für die Unterbaugruppen erstellen	365
5.13.5.2	Druckfehlermeldung und Fehleranpassung	347	6.3.3	3D-Druck der ausgewählten Bauteile einer Baugruppe über 3D-Drucker Software „MakerWare®“	366
5.13.5.3	Online-Bestellzuweisung	348	6.3.3.1	3D-Drucker-Software starten	366
5.14	3D-Druck, SOLIDWORKS-Import Baugruppe aus Unterbaugruppen, STL-Export-Format 3D-Druck über HP 3D Build Manager®	349	6.3.3.2	Baugruppe übertragen und positionieren	366
5.14.1	Aufruf der Baugruppe	349	6.3.3.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	367
5.14.2	Datenexport der Unterbaugruppen als STL-Datei	349	6.4	3D-Druck von Unterbaugruppen eines Exzenterantriebs 3D-Druck über Solid Edge Exportformat STL 3D-Drucker-Software „MakerWare®“, Dualextruder	370
5.14.2.1	Bearbeitung Unterbaugruppe „Gehäuse“, Datenexport als STL-Datei	349	6.4.1	STL-Druck-Datei für die Unterbaugruppen erstellen	370
			6.4.2	3D-Druck der Unterbaugruppen über 3D-Drucker-Software „MakerWare®“ Dualextruder	370
			6.4.2.1	3D-Drucker-Software starten	370
			6.4.2.2	3D-Baugruppen übertragen und positionieren	371
			6.4.2.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	374
			6.5	3D-Druck eines Dampf-Doppelmotors, mit montierten Unterbaugruppen Montagekontrolle, Solid Edge-3D-Druck Exportformat STL 3D-Drucker-Software „MakerWare®“ mit Dual Extruder	376

6.5.1	Unterbaugruppen mit Option „Nur eingeblendete Elemente“ über STL-Exportfilter sichern	376
6.5.1.1	Unterbaugruppe Fundament-Einheit über STL-Exportfilter sichern	376
6.5.1.2	Unterbaugruppe Antriebs-Einheit über STL-Exportfilter sichern	376
6.5.1.3	Unterbaugruppen Kolben-Einheiten über STL-Exportfilter sichern	377
6.5.2	3D-Druck über 3D-Drucker-Software MakerWare®, Dualextruder	377
6.5.2.1	3D-Drucker-Software starten	377
6.5.2.2	3D-Baugruppen übertragen und positionieren	378
6.5.2.3	Übertragene 3D-Baugruppen anpassen	379
6.6	3D-Druck einer Dampfmaschinen-Baugruppe, mehrfach geschnitten, 3MF-Exportformat, über 3D-Drucker-Software „MakerBotPrint™“	382
6.6.1	Baugruppe über STL-Exportfilter sichern	382
6.6.1.1	Erster Schnitt einer Baugruppe über „Ausschnitt“	382
6.6.1.2	Zweiter Schnitt einer Baugruppe über „Ausschnitt“	383
6.6.2	3D-Drucker-Software „MakerBOTPrint™“ starten	384
6.6.3	3D-Bauteil Druckdatei erstellen	385
6.7	3D-Druck, Sammlung von Miniatur-Dampfmaschinen Solid Edge-3D-Druck, Export-Format STL 3D-Drucker-Software HP 3D Build Manager®	388
6.7.1	3D-Druck der Miniatur-Dampfmaschinen über HP 3D Build Manager®, Bauteilbearbeitung	388
6.7.1.1	Farbzuweisungen	389
6.7.1.2	Online-Übertragung und Kontrolle der generierten Druckdatei	391
7	Die DVD zum Buch, Bestellmöglichkeit	394
7.1	Vorbemerkungen	394
7.2	Die Buch-DVD, Preis und Bestellmöglichkeit	394
7.3	Die Buch-DVD, Inhalte im Überblick	394
7.3.1	Die Buch-DVD, Support-Kapitel	394
7.3.2	Die Buch-DVD, Solid Edge 2021, Dateien zu den Lerneinheiten	394
7.3.3	Die Buch-DVD, Solid Edge 2021, PDF-Dateien	394
7.3.3.1	Die Buch-DVD, Auflistung der Inhalte, Kurzüberblick	394

Die DVD zum Buch, Inhalt, Auszug

7	Solid Edge® 2021, Installation und Anpassung	bis Seite 7-46
8	Solid Edge® 2021, Grundlagen	bis Seite 8-106
9	Solid Edge® 2021, Anwendungs-Grundlagen	bis Seite 9-22

Als ich mich dazu entschied, als Erfinder zu arbeiten habe ich mich gegen das Geld entschieden und lediglich für das Schicksal.

Ah, wenn es möglich ist, mit ultraviolettem Licht, Plastik zu flicken, könnte ich vielleicht dünne Schichten zu 3D-Bauteilen stapeln.”

Chuck Hull, 3D-Systemes®

Vorwort

Rapid Prototyping, 3D-Druck, Additive Fertigung – Begriffe, die heute selbstverständlich genutzt werden als wären sie schon immer Teil unseres Alltags, doch die Herstellung von Bauteilen im 3D-Druckverfahren ist jünger, als es scheint, knapp 35 Jahre erst ist es her, dass der 3D-Druck erfunden wurde.

Der 3-D-Druck verspricht seit Jahren wahre Wunder, viele Entwicklungen klingen nach Science-Fiction – sind aber Realität, so dass der 3D-Druck mit der Erfindung der Dampfmaschine verglichen wird, hier wird in der Fertigungstechnik die dritte industriellen Revolution eingeleitet.

Heute kann man Gegenstände präzise digital über CAD-Anwendungen oder über 3D-Scans abbilden und der 3D-Drucker kann diese Elemente genauso präzise analog nachdrucken.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Fertigungsverfahren wird das Produkt nicht gegossen, geschnitten oder gefräst, sondern Schicht für Schicht aufgetragen, dabei wird nicht nur weniger Material benötigt, es fällt auch weniger Abfall an.

Der 3D-Metalldruck bleibt eines der am schnellsten wachsenden Segmente im 3D-Druck, das wahre Potenzial noch nicht ansatzweise ausgeschöpft.

Komplexe Bauteile, früher zum Teil mit großem Materialverlust aus vollem Material gefräst, können nun per 3D-Druck aus unterschiedlichen Materialien hergestellt werden. Hohle Antriebswellen, zum Teil mit aufgesetzten Zahnräder, können in einem Stück, aus hochwertigen Stählen und in hoher Passgenauigkeit über Rapid Prototyping hergestellt werden.

Dieses Buch zeigt in sechs verschiedenen Bereichen die Möglichkeiten des 3D-Drucks aus Solid Edge 2021 heraus. Es wird dargestellt wie die 3D-Druck-Dateien an 3D-Druckern stationär und in den 3D-Online-Druckdienst übergeben werden können.

Ein Wort noch in persönlicher Sache, dieses Buch erscheint wieder über BOD, da es für Fachbuchverlage nicht gewinnbringend ist, CAD Bücher für einen kleineren Anwenderbereich zu verlegen. Um dieses Buch auch kostenüberschaubar einem kleineren Anwenderkreis zur Verfügung zu stellen, habe ich auf ein Druckformat in Farbe verzichtet.

Für die Käufer dieses Buches biete ich die Möglichkeit an, eine DVD gegen Vorlage der Kaufbestätigung, gratis zu bestellen, hierzu sehen Sie bitte das Kapitel 7 an.

Durch eine Umstrukturierung der Buchausgabe zu Solid Edge 2021, einige Kapitel gehen auf die Buch-DVD, konnte ich den Angebotspreis bei BOD deutlich senken.

Wer dem Autor einen Gefallen tun möchte, bestellt direkt bei dem BOD-Verlag:

<https://www.bod.de/buchshop/>

Ein besonderer Dank gilt meiner Frau Birgit, die sich wieder als Lektorin ausgezeichnet hat.

Hans- J. Engelke, im November 2020

1

Siemens
Solid Edge 2021
Synchronous Technology

3D-Druck
Grundlagen

1 3D-Druck mit Solid Edge 2021

1.1 3D-Druck, Entwicklungen

Im Verlauf des letzten Jahrzehnts zeichnete sich beim Entwicklungszyklus ein deutlicher Trend hin zu virtuellen Werkzeugen ab. In Anbetracht der Situation war dieser Trend auch gerechtfertigt. Durch das Erstellen digitaler Prototypen ließen sich die Form, Passung und Funktion der Konstruktion schnell überprüfen. Es bietet gegenüber dem kostspieligen und zeitaufwändigen Erstellen physikalischer Prototypen deutliche Vorteile.

Zudem ermöglicht das virtuelle Prüfen der Performance von Konstruktionen schnellere Iterationen zu einem früheren Zeitpunkt im Konstruktionsprozess. Die Entwicklungszyklen haben sich beschleunigt. Dennoch zeichnet sich bei den Entwicklungszyklen in den letzten Jahren, aufgrund von neuen technologischen Errungenschaften, ein anderer Trend ab.

Der 3D-Druck, also das Prinzip des Übereinanderlegens von Materialschichten, zum Erstellen eines realen Produkts, ist deutlich schneller, günstiger und zugänglicher geworden, die Einführung dieser Technik wird als großer Innovationsdurchbruch gefeiert, damit kann ein Teil buchstäblich in Minuten oder Stunden erstellt werden. Der 3D-Druck wird in vielen Branchen eingesetzt, bringt aber gerade für die Konstruktion und die Produktentwicklung große Vorteile. Er kann zur Ergänzung virtueller Prototyping-Werkzeuge eingesetzt werden oder sie vielleicht sogar als technisch einfache Alternative ablösen, der 3D-Druck hat erhebliche Auswirkungen auf die Konzeptgestaltung, die detaillierte Konstruktion und das Erstellen und Testen von Prototypen.

1.1.1 3D-Druck, Grundlagen

Der 3D-Druck ist eine Hardware-Technologie, die mithilfe von additiven Fertigungsmethoden physikalische Komponenten erstellt. Eine nach der anderen werden einzelne Materialschichten übereinandergelegt, bis ein vollständiges Teil entsteht. Beim 3D-Druck können eine Reihe von Materialien, einschließlich Kunststoff und Metall, verwendet werden.

3D-Druckmaterialien eröffnen ganz neue Möglichkeiten bei der Konstruktion, da Konstrukteure nicht mehr auf herkömmliche Bearbeitungsvorgänge und die damit verbundenen Einschränkungen angewiesen sind. Das bedeutet, dass Konstrukteure beispielsweise hohle oder gitterartige Komponenten entwerfen können, die mit Fräs- und Dreh- Bearbeitungsmethoden unmöglich gefertigt werden könnten.

Zudem werden neue Methoden entwickelt, die additive und herkömmliche subtraktive Ansätze verbinden. Bei laufenden Forschungsarbeiten werden verschiedene Materialeigenschaften in räumlicher Hinsicht untersucht, damit Konstrukteure die Möglichkeit erhalten, Materialien und nicht nur Produkte zu entwickeln.

Ein weiterer Vorteil des 3D-Drucks ist seine Schnelligkeit und Handhabbarkeit. 3D-Drucker können genauso wie ein Standarddrucker mitten im Konstruktionsbüro stehen. Außerdem ist durch das schnelle Drucken von Teilen innerhalb von Stunden ein schnelles Erstellen von Prototypen möglich. Nun gibt es additive Fertigungsmethoden bereits seit einiger Zeit.

Aber Bedenken hinsichtlich ihrer sicheren Verwendung, allgemein hohe Kosten und Materialeinschränkungen haben die Technologie bisher daran gehindert, in der Konstruktion massentauglich zu werden. Durch die Entwicklungen der letzten Jahre konnten viele dieser Hemmnisse überwunden werden.

Aus Modellierungsperspektive müssen Konstrukteure in der Lage sein, ihre 3D-Modelle in ein Format umzuwandeln, das von der 3D-Drucker-Hardware gelesen werden kann, meistens eine STL-Datei. Dieses Modellformat und andere, die für den 3D-Druck verwendet werden, bestehen aus Facettenmodellen.

Viele Konstruktionsunternehmen setzen den 3D-Druck ein. Dennoch gibt es ein paar Punkte, die beachtet werden sollten. Als Eingabe benötigt diese neue Technologie Modelle, die sich aus einer Netzgeometrie zusammensetzen, die präzisen Facettengeometrien entsprechen. Leider können solche Geometrien mit den herkömmlichen Funktionen der parametrischen oder direkten Modellierung nicht bearbeitet werden. Dafür wird Facettenmodellierung benötigt.

Die meisten herkömmlichen CAD-Anwendungen bieten nur parametrische und direkte Modellierung, sodass Unternehmen dazu gezwungen sind, die Modelle mit einem zweiten Modellierungstool, das Facettenmodellierung ermöglicht, hin- und herzuschieben. Bei dieser Kompromisslösung muss die Geometrie, wenn sie während der Übertragung beschädigt wurde, oft aufwändig wiederhergestellt werden. Glücklicherweise vereint eine neue Reihe von CAD-Programmen eine Kombination aus parametrischer, direkter und facettenbasierter Modellierung in einer einzigen Anwendung. Damit lassen sich viele der zuvor genannten Probleme beheben.

1.1.2 3D-Druck und CAD

Bei der Konzeptentwicklung erarbeiten Konstrukteure eine Reihe von Ideen, die das Potenzial haben, die vorliegenden Anforderungen an Form, Passung und Funktion zu erfüllen. Zunächst suchen sie nach Konstruktionen, die diese Anforderungen grundsätzlich erfüllen. Abhängig von der Rolle, die die Konstruktion im Rahmen des gesamten Produkts oder Systems einnimmt, untersucht der Konstrukteur dann weitere Alternativen oder geht zu einer anderen Konstruktion über.

Der Einsatz des 3D-Drucks in der Konzeptentwicklung bietet hochinteressante Möglichkeiten. Konstrukteure und andere Personen, die an der Produktentwicklung beteiligt sind, können Konstruktionen jetzt materiell und nicht mehr nur visuell erfahren. Während Konstrukteuren vielleicht gute räumliche Visualisierungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen, gilt dies nicht unbedingt für andere Positionen innerhalb der Konzeptentwicklung. Das einfache Ausdrucken eines Teils ermöglicht es den Beteiligten, das Modell physisch zu erleben, was deutlich wirkungsvoller sein kann, als das Modell nur auf dem Bildschirm zu sehen.

Auch aus Konstruktionsperspektive bieten sich nützliche Anwendungen, indem verschiedene potenzielle Entwürfe gedruckt werden, können Konstrukteure diese anhand einer Konstruktionsstudie vergleichen. Der 3D-Druck liefert Ergebnisse einer strukturellen Simulation, einschließlich Randfarbenplots, ermöglicht das genaue Visualisieren der Ergebnisse. Zudem kann die Zusammenarbeit durch das Drucken von verkleinerten Modellen eines ganzen Systems, die für eine einfachere Auswertung farbkodiert sind, stark vereinfacht werden. Sie können sogar im Laufe der Zeit durch neu gedruckte Teile aktualisiert werden, wodurch sich die Genauigkeit erhöhen lässt.

Die digitalen geometrischen Darstellungen dieser Konstruktionen variieren sehr stark. Manche verwenden Top-Down-Konstruktionstechniken, um Volumen und Räume für spezifische Komponenten abzutrennen. Andere konkretisieren diese Ideen mit 2D- oder 3D-Skizzen, die aus Kurven, Linien, Flächen und anderen einfachen Geometrien entwickelt wurden. Allerdings handelt es sich bei diesen Darstellungen zu diesem Zeitpunkt normalerweise nicht um detaillierte 3D-Modelle. Diese werden während der detaillierten Konstruktion erstellt.

Die Verwendung der Facettenmodellierung bei der Konzeptentwicklung ist eine Grundvoraussetzung für den 3D-Druck. Nachdem die Konzeptgeometrie in ein Format exportiert wurde, das der 3D-Drucker lesen kann, müssen Konstrukteure die Konstruktion eventuell ergänzen, entfernen oder ändern. Manchmal kann auch eine Verfeinerung der Qualität der Netzgeometrie erforderlich sein. Die Facettenmodellierung bietet diese Möglichkeit.

Vor vielen Jahren stützte man sich beim Überprüfen von Form, Passung und Funktion einer detaillierten Konstruktion größtenteils auf Prototypen, deren Entwicklung teuer und zeitaufwändig war. In jüngerer Zeit setzen Konstruktionsunternehmen in großem Maßstab virtuelle Prototypen zum Erreichen vieler dieser Validierungsziele ein. Mit der zunehmenden Verbreitung des 3D-Drucks haben Konstruktionsunternehmen die Möglichkeit, sowohl virtuelles Prototyping als auch den schnellen und kostengünstigen 3D-Druck zu verwenden.

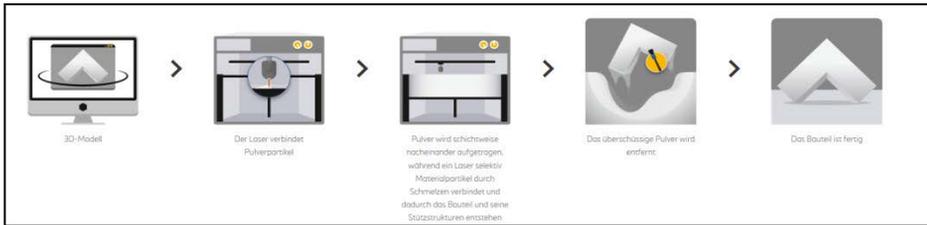
Interessanterweise bietet der 3D-Druck eine Möglichkeit zum Überprüfen vieler Produkteigenschaften, die ein virtueller Prototyp nicht bietet. In manchen Branchen muss die Qualität eines Produkts anhand seines Gewichts und seiner Haptik beurteilt werden. Sowohl Ästhetik als auch Haptik lassen sich virtuell schwer beurteilen. Manche Produkte können sich nur durch eine bestimmte Textur oder Haptik von anderen Produkten abheben. Derartige materielle Untersuchungen lassen sich ohne den 3D-Druck nur schwer bewerkstelligen. In anderen Funktionsbereichen wiederum ist der 3D-Druck als Validierungsmöglichkeit leichter zugänglich als virtuelle Prototypen.

1.1.2.1 Geometrie und Modellierungstypen

Die herkömmliche Geometriemodellierung nimmt im Allgemeinen eine von zwei Formen an: Parametrisch oder direkt. Mit der parametrischen Modellierung kann ein Modell Formelement für Formelement erstellt werden, indem die Bemaßungen mit Parametern gesteuert werden. Die Direktmodellierung ermöglicht es, die vorhandene Geometrie durch Ziehen und Verschieben zu bearbeiten. Beide Modellierungsansätze arbeiten mit Begrenzungsflächen, in denen die Geometrie durch flache oder leicht gebogene Oberflächen dargestellt wird.

Die Netzgeometrie hingegen besteht aus einer Punktwolke, die die äußere Oberfläche einer Konstruktion darstellt. Einige CAD-Anwendungen wandeln diese in Volumenkörpergeometrie um, indem sie planare Dreiecke oder Trapeze erstellen und diese miteinander zu einem geschlossenen Volumenkörper verbinden. Mit der Facettenmodellierung können Konstrukteure die Qualität des entstehenden Netzes optimieren und die Geometrie durch Hinzufügen und Entfernen von Material bearbeiten. In vielen Fällen müssen Konstrukteure bei der Entwicklung parametrische, direkte und facettenbasierte Modellierung kombinieren. Facettenmodelle besitzen planare Flächen, die sich der genauen Geometrie annähern, die bei der parametrischen und direkten Modellierung erstellt werden, deren Einsatz im Konstruktionsprozess weit verbreitet ist.

In den VDI-Richtlinien **3405 Laser-Strahlschmelzen metallischer Bauteile** sind Materialkenndatenblätter für Nickellegierungen, Aluminiumlegierungen und Lasersintern von Kunststoffbauteilen neu aufgelegt und werden auch um weitere Materialien ergänzt.



1.3.1.3 3D-Metall-Direktdruck, Vorbemerkungen

Der Direktmetalldruck (DMP) ist eine additive Fertigungstechnik, mit der Teile in einer Vielzahl von Metalllegierungen hergestellt werden können. Aus Metallpulver als Ausgangsmaterial wird das Produkt Schicht für Schicht hergestellt. Jede Schicht wird dann auf die vorhergehende aufgeschmolzen, wodurch ein festes und dichtes Teil (bis zu 99,9 %) entsteht, das mit den Ergebnissen konventioneller Herstellungsverfahren (Fräsen, Gießen) vergleichbar ist. Bei diesem Prozess entsteht fast kein Abfallmaterial, und es können komplexe Geometrien gebaut werden, die sonst nicht hergestellt werden könnten. Durch die Kombination mehrerer Teile zu einem einzigen Produkt entfallen Montageprozesse, z. B. das Schweißen, was für zusätzliche Funktionalität sorgt. Die Vorteile des 3D-Metall-Direktdruck in Auszug:

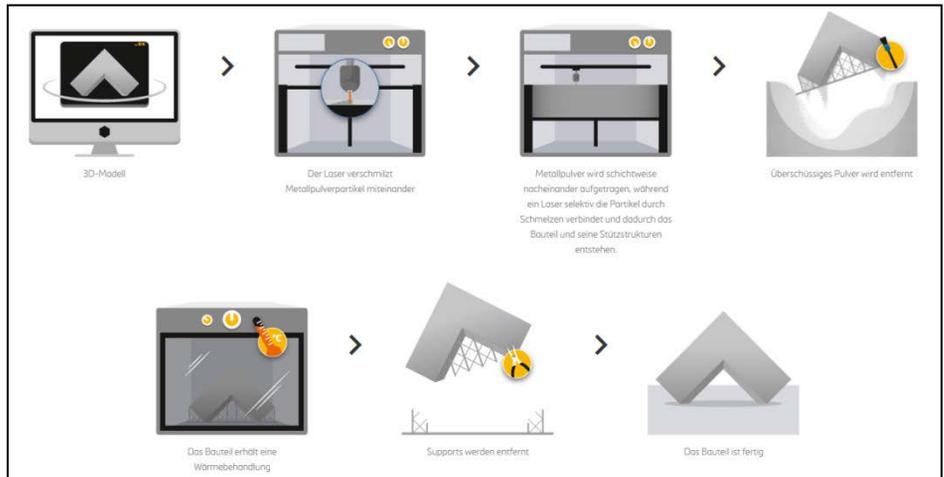
- Gewichtsreduzierung
Durch Gitterstruktur- oder Topologie-Optimierung.
- Kundenspezifische Produkte
Interne Strukturen wie konturnahe Kühlung, die auf herkömmliche Weise nicht herstellbar sind.
- Verbesserte Funktionalität der Teile
Thermische, strömungstechnische, strukturelle Funktionalität oder Integration verschiedener Funktionen in einem Teil.
- Schnelle Produktion
Keine Tools oder umfangreiche Programmierung erforderlich.

1.3.1.4 3D-Metall-Direktdruck, Druckvorgaben

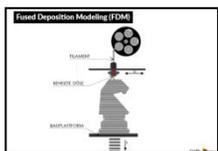
Die Oberflächenqualität beim Direktmetalldruck ist abhängig von der Ausrichtung der Oberfläche. Der Treppenstufeneffekt, der allen additiven Schichtherstellungstechnologien eigen ist, kann durch den Aufbau von stärker vertikalen oder aber perfekt horizontal ausgerichteten Flächen verringert werden. Auf nach oben gerichteten Flächen ist dieser Effekt deutlich sichtbar und wichtig. Auf nach unten gerichteten Flächen ist der Schlackenbildungseffekt in den meisten Fällen größer als der Treppeneffekt. Schlacke ist die unerwünschte Menge an geschmolzenem Material und Teilchen als Folge des Schmelzens auf losem Pulver. Bei nach unten gerichteten Oberflächensack die geschmolzene Schicht durch das darunter liegende lose Pulver, was zur Bildung von Schlacke führt. Nach unten gerichtete Flächen sind die schlechtesten Flächen mit einer hohen Rauheit des Teils. Ganz allgemein kann man sagen, dass die Qualität des Teils durch Verringerung der nach unten gerichteten Flächen erhöht wird.

Die Qualität von Druckmerkmalen wie Löcher, Taschen, Schraubengewinde usw. hängt von der Ausrichtung des Teils ab. Die höchste Qualität beim Drucken entsteht in Z-Richtung (senkrecht zur Bauplattform). Wenn diese Details in X/Y-Richtung (parallel zur Bauplattform) gedruckt werden, verschlechtert sich deren Qualität durch die Ausrichtung nach unten.

Bei der Ausrichtung der Teile sollen die thermischen Spannungen so gering wie möglich gehalten werden. Diese thermischen Spannungen werden durch eine erste lokale Erwärmung des Pulvers und eine schnelle Abkühlung nach dem Schmelzen des Pulvers erzeugt. Eine Möglichkeit, die Spannungen so gering wie möglich zu halten, besteht darin, die Querschnitte (also das, was tatsächlich in jeder Schicht gescannt wurde) so klein wie möglich zu halten.



3D-Drucker
MakerBot Replicator 2



1.3.2 Fused Deposition Modelling

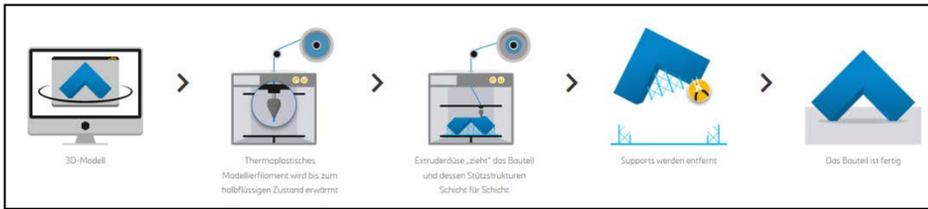
Bei der Rapid Prototyping-Technologie **Fused Deposition Modelling (FDM)** sind zahlreiche thermoplastische Materialien verarbeitbar, größtenteils Kunststoffe.

Fused Deposition Modeling (FDM), deutsche Bezeichnung **Schmelzschichtung** oder **Fused Filament Fabrication (FFF)** bezeichnet ein Fertigungsverfahren aus dem Bereich des Rapid Prototyping, mit dem ein Werkstück schichtweise aus einem schmelzfähigen Kunststoff aufgebaut wird. Maschinen für das FDM gehören zur Maschinenklasse der 3D-Drucker.

Im Schmelzschicht-Verfahren wird zunächst, ähnlich wie bei einem normalen Drucker, ein Raster von Punkten auf eine Fläche aufgetragen. Erzeugt werden die Punkte dabei durch die Verflüssigung eines drahtförmigen Kunststoff- oder Wachsmaterials durch Erwärmung, der Aufbringung durch Extrudieren mittels einer Düse sowie einer anschließenden Erhärtung durch Abkühlung an der gewünschten Position in einem Raster der Arbeitsebene.

Der Aufbau eines Körpers erfolgt üblich indem wiederholt, jeweils zeilenweise eine Arbeitsebene abgefahren und dann die Arbeitsebene ‚stapelnd‘ nach oben verschoben wird, sodass eine Form schichtweise entsteht. Die Schichtdicken liegen je nach Anwendungsfall zwischen 0,025 und 1,25 mm. Üblicherweise können Vollkörper und Hohlkörper gefertigt werden. Die herstellbaren Wandstärken bei einem Hohlkörper sind jedoch verfahrensbedingt, je nach 3D-Drucker, beschränkt auf ca. mindestens 0,2 mm.

Bei der schichtweisen Modellherstellung verbinden sich damit die einzelnen Schichten zu einem komplexen Teil. Auskragende Bauteile können mit diesem Verfahren nur mit Stützkonstruktionen, die bei der Generierung der Druckdatei berechnet werden, erzeugt werden.



1.3.3 Stereolithographie

Bereits im Jahr 1983 wurde die Stereolithographie von Chuck Hull und Dr. Hideo Kodama erfunden. Chuck Hull gründete später 3D Systems, einen der weltgrößten Hersteller von 3D-Druck-Anlagen. Mit dem Stereolithografie-Verfahren ist es möglich, sehr filigrane Strukturen, präzise und glatte Oberflächen zu erzeugen. Hull beschrieb die Methode als das Herstellen von dreidimensionalen Modellen durch das aufeinanderfolgende Drucken dünner Schichten aus einem Material, das sich durch ultraviolettes Licht härten lässt.

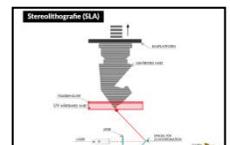
Die Stereolithographie gehört zu einer Gruppe von additiven Fertigungstechniken, die auch als VAT-Photopolymerisation bezeichnet wird. Diese Geräte arbeiten alle nach demselben Prinzip, nämlich dem Einsatz einer Lichtquelle, UV-Laser oder Projektor, zur Aushärtung von flüssigem Kunstharz zu hartem Kunststoff. Beim Stereolithografie-Verfahren werden lichtaushärtende Kunststoffe in dünnen Schichten von einem Laser ausgehärtet. Diese Kunststoffe nennen sich Photopolymere. Das können zum Beispiel Kunst- oder Epoxidharze sein.

Das Bauteil entsteht in einem flüssigen Kunststoffbad, welches aus den Basismonomeren des zu verarbeitenden lichtempfindlichen Kunststoffs besteht. Der flüssige Kunststoff wird mit einem Wischer gleichmäßig über der vorherigen Schicht verteilt. Ein Laser, der über bewegliche Spiegel gesteuert ist, fährt anschließend auf der neuen Schicht über die Flächen, die ausgehärtet werden sollen. Ist die Schicht ausgehärtet, wird die Bauplattform um einige Millimeter abgesenkt und in eine Position zurückgefahren, welche um genau den Betrag einer Schichtstärke unter der Schichtstärke davor liegt.

Danach wird die nächste Schicht gedruckt. Schicht für Schicht wird so das Objekt aufgebaut. Bei der Stereolithographie ist das Ausgangsmaterial flüssig. Im Drucker befindet sich ein Becken mit Epoxidharz und einer Hebebühne, die etwa 0,05 Millimeter unter der Oberfläche steht. Oberhalb des Beckens ist ein UV-Laser angebracht. Für die erste Schicht nimmt der Laser die Flüssigkeit unter Beschuss und härtet den Kunststoff aus. Ist die erste Schicht fertig, senkt sich die Plattform minimal ab, meist nur um 0,05 bis 0,25 Millimeter. Von der Seite läuft dann eine neue Schicht Kunstharz ein und bedeckt die bereits ausgehärtete Schicht. Dann härtet der Laser die zweite Schicht aus.

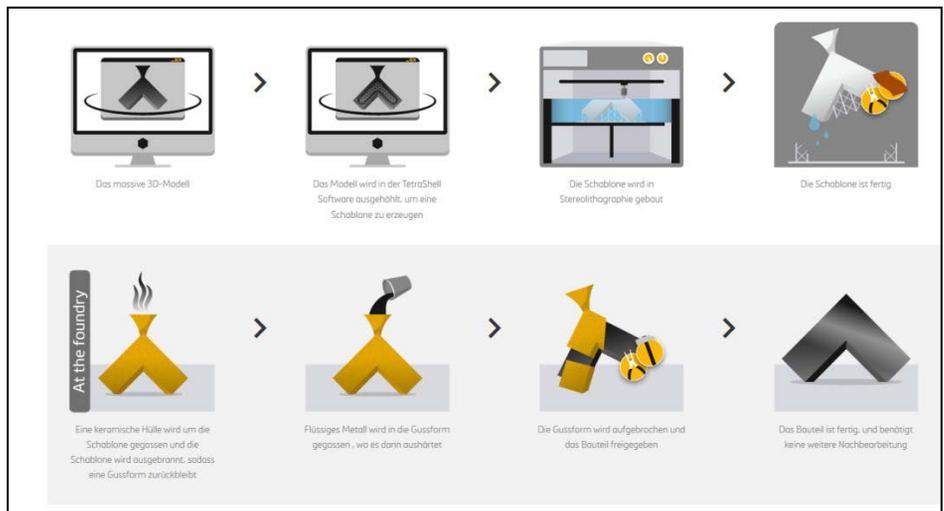


Stereolithographie
3D-Drucker Fa. Formlabs



1.3.4 TetraShell-Software für Feinguss, „Firma Materialise“

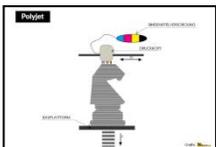
Wenn Feingussmodelle in einem Stück gebaut werden, führt dies zu einer besseren Bemaßungsgenauigkeit und Wiederholbarkeit und das Risiko von Oberflächenfehlern wie Einschlüssen wird reduziert. Die patentierten **Mammoth** Stereolithographie-Maschinen der Firma **Materialise** ermöglichen das Erstellen von Mustern mit einer Länge von bis zu 2,1 Metern und mit der besten Oberflächenbeschaffenheit dieser Klasse. Durch die Zusammenführung der **Somos TetraShell**-Software mit der Stereolithographie-Technologie entfällt die oft zeitaufwändige und teure Werkzeugproduktion. Mit 3D-Druck-Gießereimodellen erhält man eine schnelle, wirtschaftliche und flexible Lösung für Gießereiprojekte. Neben Prototyping eignen sich die Muster auch ideal für die Werkzeugvalidierung und das Gießen kleiner Serien von Metallkomponenten.



1.3.5 PolyJet-Technologie, Firma „Materialise“

Die **PolyJet**-Technologie, wie auch **MultiJet-Modeling**, ermöglicht horizontale Schichten von gerade einmal 32 µm, feine Details und ultradünne Wände bis zu 0,6 mm, je nach Geometrie des Bauteils. Mit PolyJet können sehr präzise mechanische Komponenten gefertigt werden, sodass hochwertige Prototypen für eine kürzere Markteinführungszeit erstellt werden können.

PolyJet bietet die Möglichkeit, Bauteile und Baugruppen aus mehreren Materialien, Farben und Transparenz mit unterschiedlichen mechanischen und physischen Eigenschaften in einem Durchgang zu drucken. So können Sie problemlos Bauteile mit nie dagewesener Komplexität aus unterschiedlichen Materialien und Farben und mit der Nachbearbeitung hochwertiger Endprodukte bestellen.



1.3.6 MultiJet-Technologie, Firma „Materialise“

MultiJet Fusion verwendet ein feinkörniges PA 12-Material, das ultradünne Schichten von 80 Mikrometern ermöglicht. Dadurch entstehen Teile mit hoher Dichte und geringer Porosität im Vergleich zu PQ 12-Teilen, die mit Lasersintern gefertigt werden. Außerdem entsteht eine außergewöhnlich glatte Oberfläche und Funktionsteile erfordern nur minimale Endbearbeitung. So werden die Vorlaufzeiten verkürzt, was ideal ist für funktionale Prototypen und Kleinserien von einsatzfähigen Teilen.





Print3D

1.4 Solid Edge 2021 und 3D-Druck

1.4.1 Drucken von 3D-Modellen

Solid Edge unterstützt das 3D-Drucken von Modellen, die Oberflächenkörper und Grafikkörper enthalten, nur dann, wenn sie einen wasserdichten verteilten Volumenkörper bilden. Sie können 3D-Druck für Oberflächen oder Grafikkörper verwenden, vorausgesetzt, sie bilden einen wasserdichten verteilten Volumenkörper. Körper, die keinen wasserdichten verteilten Volumenkörper bilden, werden vorübergehend ausgeblendet und Körper, bei denen dies der Fall ist, werden in 3D gedruckt.

Mit Solid Edge können Sie direkt auf 3D-Druckern drucken, so als ob Sie ein Dokument auf einem Bürodrucker ausdrucken würden. Obwohl Solid Edge auch **.STL**, ein weithin anerkanntes Format für den 3D-Druck, ausgeben kann, bieten die Formate **.3MF** und **.AMF** mehr Informationen zum zu druckenden Modell. Es ist daher keine Nachbearbeitung zur Definition von Daten wie der Position Ihres Modells relativ zum ausgewählten 3D-Drucker, der Ausrichtung, Farbe, Materialien nötig.

1.4.1.1 Dateiformat STL

Die STL-Schnittstelle wurde von 3D-Systems, Ende der 1980iger entwickelt. Das Datenformat wurde damals für das erste generative Fertigungsverfahren Stereolithografie erschaffen, um die CAD-Daten für den 3D-Drucker aufzubereiten. Es hat sich dann als quasi Standard-Dateiformat für den 3D-Druck durchgesetzt und ist auch bei anderen 3D-Druckverfahren kaum mehr wegzudenken.

Das STL-Dateiformat ist ein weltweiter Standard, weil die meisten CAD-Programme damit arbeiten können. Auch die 3D-Drucker kommen mit dem Format gut zurecht, es gilt quasi als Universalsprache im 3D-Druck.

Einfach ausgedrückt, wandelt das STL-Dateiformat ihr 3D-Modell eine Vielzahl von winzigen Dreiecken um. Die meisten CAD-Programme ermöglichen es Ihnen, Ihr 3D-Modell in eine STL Datei zu verändern.

STL gilt zwar als Standarddateiformat für die additive Fertigung, dennoch kann es mit den STL-Dateien zu Komplikationen kommen. Zum einen ist nicht jedes 3D-Modell, das in diesem Format vorliegt, automatisch 3D-druckfähig. Manchmal sind Reparaturen an dem Modell vonnöten, um es druckfähig zu machen. Zum anderen transportiert das STL-Format nur Informationen über die äußere Oberfläche und Gestalt des Objektes. Daten über die innere Struktur, Farben und Texturen sowie andere Eigenschaften werden nicht mit aufgenommen. Für einen vollfarbigen 3D-Druck müssen die Farbinformationen/Texturen in einer gesonderten Datei gespeichert werden. Alternativ muss die Farbinformation manuell den Oberflächen zugeschrieben werden.

1.4.1.2 Dateiformat 3MF

3MF, auch **3D Manufacturing Format** genannt, ist ein **Open-Source-Projekt**, das von dem von Microsoft gegründeten 3MF-Konsortium entwickelt wurde.

Das Hauptziel des 3MF-Konsortiums ist es, eine XML-basierte Plattform zu schaffen, die ein 3D-Modell mit einem umfassenden Paket von Informationen enthalten kann, die nicht in einer einfachen STL-Datei gespeichert werden können.

Das 3MF-Dateiformat verwendet die gleiche Komprimierung wie ein ZIP-Archiv – Sie können die Erweiterung tatsächlich in .zip umbenennen, einfach entpacken und mit dem Inhalt arbeiten. Abgesehen vom 3D-Modell selbst, können 3MF-Dateien enthalten:

- Mehr als ein Objekt in der Szene.
- Komplette **PrusaSlicer**-Einrichtung einschließlich Druckerprofil.
- Manuell erstellte Stützen
- Variable Einstellungen der Schichthöhe
- Modifikatoren, Szeneneinheiten Farb- und Texturinformationen

Darüber hinaus bietet 3MF eine klare Definition von Mannigfaltigkeit, es ist unmöglich, eine 3MF-Datei mit nicht-mannigfaltigen Kanten zu erstellen, und es gibt keine Mehrdeutigkeit für Modelle mit Selbstüberschneidungen. Dies hilft, Fehler in gedruckten Modellen zu vermeiden.

Einzelne Objekte können referenziert oder verschoben werden, ohne das Netz zu verändern, und mehrere identische Objekte können mit Bezug auf dasselbe Netz platziert werden. Während die STL für jede Kopie eines Netzes eine Kopie jedes Dreiecks anfertigen würde, merkt 3MF einfach, dass dieses Objekt eine neue Instanz hat und speichert seine Position.

1.4.1.3 Dateiformat AMF

Sie können Teil- und Baugruppendateien auch mithilfe des **Additive Manufacturing File Format** (AMF) exportieren. Der auf XML-Basis bestehende offene Standard AMF, kann im Gegensatz zu seinem Vorgänger auch Farben berücksichtigen und ermöglicht einen größeren Spielraum bei der Manipulation der Grundstruktur.

So kann das Format nicht nur mit einem aus Dreiecken bestehenden Netz (mesh of triangles) sondern auch mit einer Mischung aus Mesh und Funktionen arbeiten. Die beiden Erweiterungen ermöglichen beim 3D-Druck mit Farbe und für Multi-Material-Drucker einen größeren Spielraum.

AMF wurde 2013 als Release DIN EN ISO **52915** verabschiedet, konnte sich jedoch nicht durchsetzen.

1.4.1.4 Dateiformat OBJ

OBJ ist ein offenes Dateiformat zum Speichern von dreidimensionalen geometrischen Formen. Das von **Wavefront Technologies** entwickelte Format wird von vielen 3D-Grafikprogrammen unterstützt und ist daher geeignet für die Programm- und plattformübergreifende Weitergabe von 3D-Modellen

Es wird von vielen Software-Programmen oft als Austauschformat verwendet, als Alternative zu **STL**-Dateien, wenn Informationen über Farben oder Materialien angegeben werden sollten.

Das OBJ-Dateiformat benutzt das **ASCII**-Format mit einer einfachen Syntax. Die wichtigsten Abschnitte der OBJ-Dateien enthalten Scheitellinien, Texturkoordinaten, Normalkoordinaten und Flächen.

1.5 Drucken von 3D-Modellen in Solid Edge 2021

1.5.1 Verwenden des Registers „3D-Druck“ in der Multifunktionsleiste

1.5.1.1 Darstellung des Registers „3D-Druck“

Seit der Version **Solid Edge 2020** gibt es den neuen Reiter **3D-Druck** in die Multifunktionsleiste. Diesen finden Sie in allen Umgebungen und er hilft dabei, Ihre Modelle für den 3D-Druck vorzubereiten.



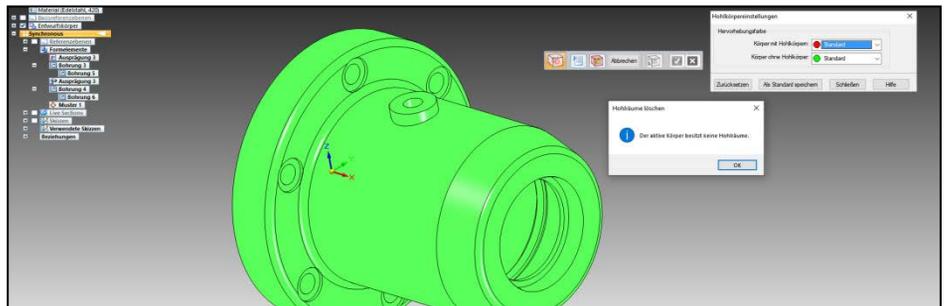
1.5.1.2 Datenaufbereitung für den 3D-Druck



Hohlräume löschen

- **Hohlräume löschen**

Das Modell wird auf Hohlräume untersucht. Diese können bei Bedarf entfernt werden. Bisher konnte man mit der Ansicht **Verdeckte Kanten** Innereien und Einschlüsse ersichtlich machen. Allerdings ist dies optisch etwas unübersichtlich und man übersieht leicht Details, weil man einfach mit Linien überladen wird. Durch die Funktion **Hohlräume entfernen** können Sie Hohlräume direkt und leicht erkennen. Durch die farbliche Hervorhebung sind Problemzonen einfach und schnell zu erkennen. Innerhalb des Befehls lässt sich die Anzeige auch umschalten, so dass Bereiche noch besser zu erkennen sind. Mit einem weiteren Klick, sind diese auch gleich entfernt.



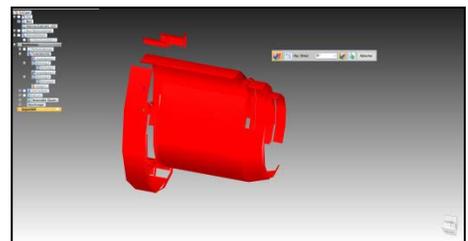
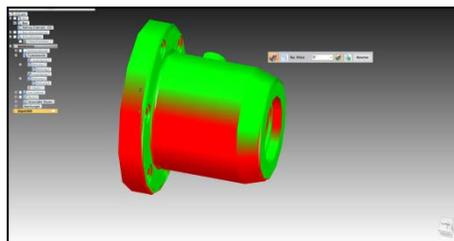
Überhang



Anzeige umschalten

- **Überhänge identifizieren**

Beim 3D-Druck muss das Verhalten des Modells während des Drucks berücksichtigt werden, weshalb eine Überhangsanalyse wichtig für den erfolgreichen Druck ist. Überhängende Bereiche stellen im 3D-Druck häufig ein Problem dar, da das Material während des Drucks in Überhängen absacken kann. Für diese Bereiche wird dann Stützgeometrie benötigt. Die Überhangsanalyse enthält die Möglichkeit, die Anzeige umzuschalten. Sie können über die Eingabe der Gradzahl bestimmen, welche Überhänge erkannt werden sollen.



- **Wandstärkenkontrolle**

Wenn Sie bereits Vorgaben haben oder einfach nur eine Übersicht über die Wandstärken erhalten möchten, können Sie diese überprüfen.

Mit dem Befehl **Wandstärke** sehen Sie sofort in welchen Bereichen das Modell nicht den Vorstellungen entspricht. Durch einfaches Eingeben der gewünschten Wandstärke sehen Sie, ob es Stellen im Modell gibt, die diese unterschreiten. Bereiche unterhalb der eingegeben Stärke werden in Rot markiert. Auch hier können Sie die Anzeige umschalten, um einen noch besseren Überblick zu bekommen.



Wandstärke

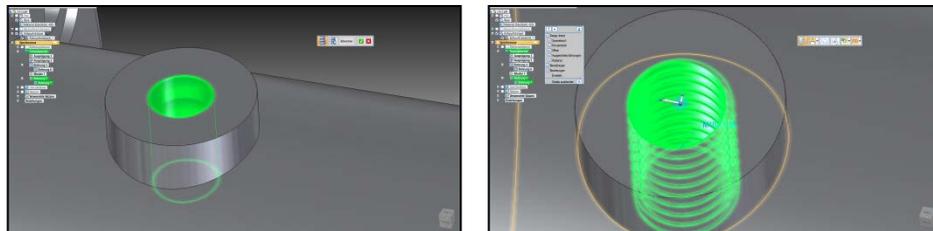


Anzeige umschalten

- **Physisches Gewinde**

Um Gewinde nicht nachträglich schneiden zu müssen, können Sie die theoretischen Gewinde in physische Gewinde umwandeln.

Durch einen Klick auf **Physisches Gewinde** werden die theoretischen Gewinde in echte Gewinde umgewandelt und können somit auch gedruckt werden. Es ist nicht sinnvoll, standardmäßig mit physischem Gewinde zu arbeiten. Zum einen leidet die Performance in Baugruppen sehr stark und zum anderen ist das Gewinde für Zeichnungsableitungen nicht so einfach abzuleiten wie das normalerweise der Fall wäre.

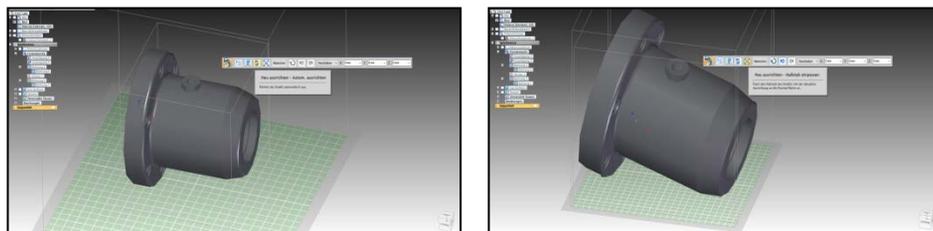


Physisches Gewinde

- **Modellausrichtung**

Hier wird die Lage des Modells auf der Druckplatte bestimmt.

Entscheidend für die Überhanganzeige ist die Ausrichtung des Modells auf der Druckplatte. Mit der Funktion **Neu ausrichten** können Sie das Modell nach Ihren Wünschen platzieren. Sie haben die Möglichkeit, das Modell zu verschieben und zu drehen bis es Ihren Vorstellungen entspricht.



Modell-Ausrichtung



Maßstab einpassen



Platzieren



Automatisch ausrichten

- **Export als Druckformat**

Hier sind die typischen Druckformate **STL** und **3MF** verfügbar.



Exportieren

1.5.2 Verwenden der 3D-Druckseite

Auf der Seite **3D-Druck** im Menü Anwendung werden die folgenden auf das 3D-Drucken bezogenen Befehle und andere Funktionen, die Sie zum Generieren eines 3D-Prototyps Ihres Teil-, Blech- oder Baugruppenmodells benötigen, gruppiert.

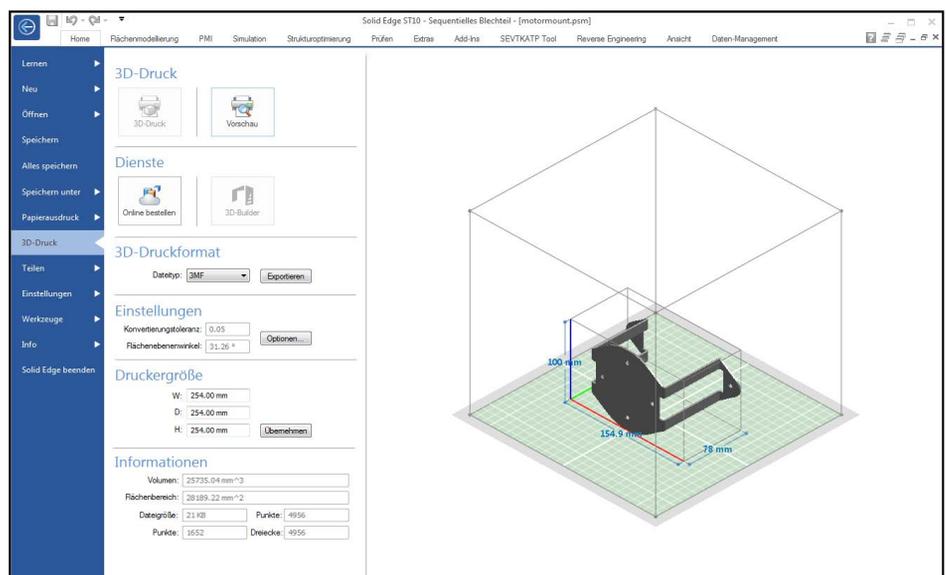
Die Funktionen auf der Seite **3D-Druck** werden auf das Modelldokument angewandt, das im aktiven Fenster in Solid Edge geöffnet ist. Bevor Sie auf diese Seite zugreifen, ändern Sie die Ansichtsausrichtung und Vergrößerungsstufe des Modells. Ästhetische Attribute wie Modellfarben, Teilflächenformatvorlagen, Texturen und Materialien werden nur dann im Modell angezeigt, wenn Sie 3MF als Dateityp für die Ausgabe auswählen.

Sie können dreidimensionale Prototypen und fertige Produkte aus Ihren Modellen erstellen, indem diese mit einem 3D-Drucker gedruckt werden. Im 3D-Druckvorgang wird ein physikalisches Objekt produziert, indem Materialschichten in die Form Ihrer digitalen Modelldaten hinzugefügt werden. Bei Anwendung im industriellen Maßstab, unter Einsatz einer Vielzahl von Materialabscheidungsverfahren und -prozessen, wird diese Technologie als *additive Fertigung* bezeichnet.

Wenn Sie die Seite **3D-Druck** zum ersten Mal anzeigen, ist der Befehl **Vorschau** aktiv. Die Vorschau im rechten Bereich zeigt das Modell zentriert auf dem grünen Druckerbett an. Wenn das Modell in irgendeiner Richtung größer ist als die festgelegte Druckergröße, wird die Druckgröße an die Größe des Modells angepasst. Wenn auf Ihrem Computer kein 3D-Druckertreiber installiert ist, gelten die angezeigten Informationen für einen Beispieldrucker.

Die auf dem Modell angezeigten Abmessungen sind relativ zum Modellkoordinatensystem. Die Hauptachsen werden mit Farben gekennzeichnet, X = **Rot**, Y = **Grün**, Z = **Blau**.

Verwenden Sie im Abschnitt **3D-Druckformat** die Liste **Dateityp**, um das für den 3D-Druck zu verwendende Dateiformat auszuwählen. Beim Ändern des Dateityps wird auch das Modell im Vorschaufenster aktualisiert.



Wenn Sie Druckaufträge direkt an einen 3D-Drucker leiten, vergleichen Sie die Informationen über das Druckervolumen im Abschnitt **Druckergröße** mit dem Modellvolumen, um festzustellen, ob das Modell genau auf das Druckbett skaliert ist. Sie können neue Werte in die Felder **Höhe**, **Breite** und **Tiefe** eingeben und anschließend auf **Anwenden** klicken, um das im Vorschauenfenster angezeigte Druckervolumen zu ändern. Auch, wenn sich dies nur auf die Vorschau auswirkt, wird auch Feedback zur Größe des 3D-Druckerbettes bereitgestellt, das zum Drucken Ihres Modells erforderlich ist. Die im Abschnitt **Einstellungen** angezeigten Toleranzwerte steuern die Darstellung der 3D-Druckausgabe. Sie können diese und andere Optionen ändern, indem Sie auf die Schaltfläche Optionen klicken, um das Dialogfeld Exportoptionen zu öffnen.

Die Einstellung **Umwandlungstoleranz** steuert die Tessellationen (Facettierung) des Modells. Ein höherer Tesselierungswert erzeugt ein groberes Modell mit einem höheren Maß an Facettierung. Ein niedrigerer Tesselierungswert erzeugt ein detailliertes, glatteres Modell.

Die Einstellung **Flächenebenenwinkel** steuert den Grad der Detailtiefe des Modells.



1.5.2.1 Direkt vom Desktop aus drucken

Sie können schnell Prototypen Ihrer Modelle erzeugen, indem Sie direkt über Ihren Solid Edge-Desktop mit einem lokal installierten 3D-Drucker drucken. Hierfür benötigen Sie das Betriebssystem Windows 10® und müssen zudem mit einem 3D-Drucker verbunden sein, der installiert ist.



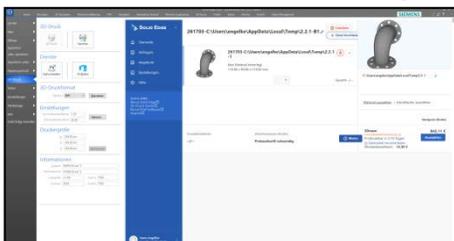
Speichern unter

1.5.2.2 Über einen Cloud-basierten Serviceanbieter drucken

Sie können Ihre Datei für die Herstellung über ein 3D-Online-Serviceportal senden. Diese Option für den 3D-Druck ist besonders hilfreich, wenn Sie über Ihren Desktop keinen Zugriff auf einen 3D-Drucker haben, oder wenn Sie in Bezug auf die Arbeit keine Erfahrung mit 3D-Druckunternehmen haben. Das Serviceportal ermöglicht zudem die automatische Prüfung Ihres Entwurfs, wenn Sie Ihre **3MF**- oder **STL**-Datei an den Dienstleister übertragen.

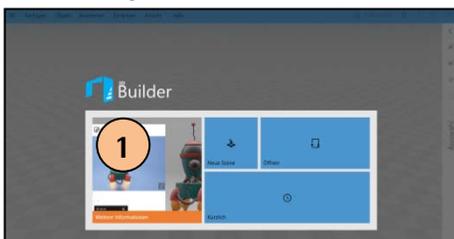


Online bestellen



1.5.2.3 Öffnen einer Solid Edge-Datei in 3D-Builder

Mithilfe der Solid Edge-Anwendung **3-Builder** können Sie Ihre **STL**- oder **3MF**-Datei anzeigen und bearbeiten, bevor Sie diese an einen 3D-Drucker senden.



1 3D-Druck mit Solid Edge 2021

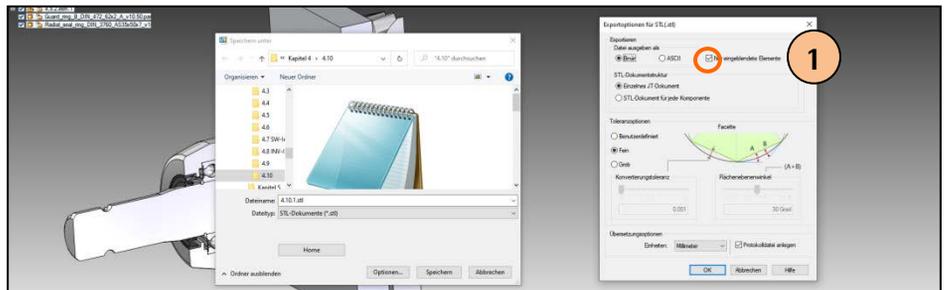
1.5.3 Verwenden der 3D-Export-Optionen

Der Befehl **Speichern unter** sichert das aktive Dokument unter einem anderen Namen, Ordner oder Format.

Hier hat man die Möglichkeit, die 3D-Druck-Exportformate STL, 3MF und OBJ zu zuweisen. Über den Button Optionen lassen sich alle Einstelloptionen der Solid Edge-3D-Druckseite zuweisen.

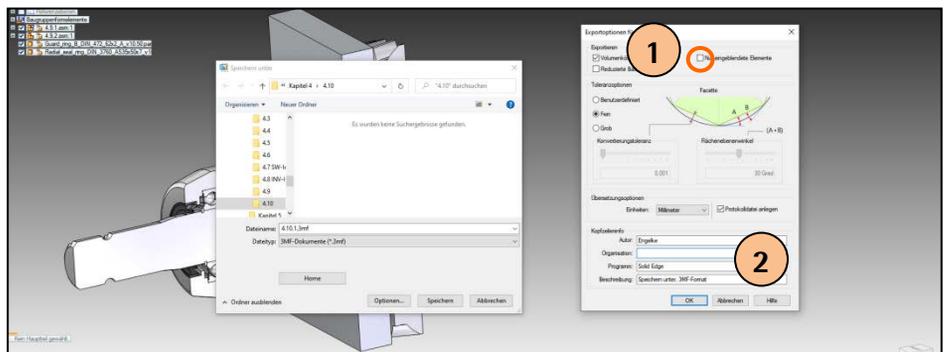
1.5.3.1 3D-Export-Optionen für STL-Format

In der dargestellten Options-Auswahl ist auch die Druckeinstellung für selektive Auswahl der zu druckenden Bauteile über **Nur eingblendete Elemente** anzuwählen (1).



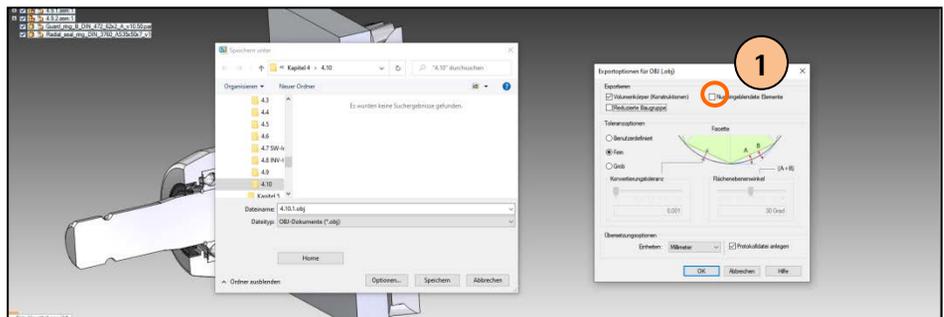
1.5.3.2 3D-Export-Optionen für 3MF-Format

Für das 3D-Druck-Exportformat **3MF** lassen sich auch dateispezifische Texteinträge zuweisen (2).



1.5.3.3 3D-Export-Optionen für OBJ-Format

Das 3D-Druck-Exportformat **OBJ** lässt keine Dokumentstruktureinträge zu.



1.6 3D-Druck-Begriffe

Die Probleme, die beim Druck entstehen können, sind komplexer Art. Viele verschiedene Faktoren nehmen Einfluss auf den Druck. Es dauert eine gewisse Zeit, insbesondere bei komplexen Druckmodellen, bevor man ein Gefühl für das Gerät und das verwendete Material entwickelt. Für weitergehende Informationen und Hilfestellungen ist es sinnvoll, den Hersteller bzw. die Herstellerwebseite zu konsultieren.

1.6.1 Allgemeine 3D-Druck-Drucktipps

- Für den Einstieg ist es sinnvoll, nur mit einem Filament-Material zu arbeiten, da die Eigenschaften leicht variieren. Das betrifft die Art des Filaments (ABS/PLA), aber auch Filamentsorten verschiedener Hersteller oder sogar Farben einer Filamentsorte.
- Der Standort des Druckers sollte nicht gewechselt werden, um nötige Kalibrierungen nicht ständig vornehmen zu müssen. Auch die Umwelteinflüsse sollten konstant gehalten werden, damit sich das Filament in der Abkühlungsphase immer gleich verhält.
- Es empfiehlt sich, immer nur einzelne Werte wie Temperatur, Druckgeschwindigkeit, Materialdurchfluss usw. zu ändern, um das Druckergebnis zu optimieren.
- 3D-Druck ist zeitintensiv, der Drucker muss erst aufheizen, bevor der Druck startet und man das Ergebnis sieht. Sofern die ersten Lagen korrekt gedruckt wurden, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass der Druck korrekt durchläuft.
- Man sollte so wenig Masse wie möglich in dem Modell verwenden. Das reduziert die Druckzeit. Die Drucksoftware bietet Möglichkeiten, Hohlräume mit Stützmaterial zu füllen.

1.6.2 3D-Druckprobleme, eine Auswahl

1.6.2.1 Warping

Warping entsteht aufgrund von ungleichmäßig verteilten Eigenspannungen im Filament als Folge unterschiedlicher Abkühlgeschwindigkeiten und -temperaturen der einzelnen Schichten. Unter **Warping** versteht man ein Verziehen der Form, vor allem das Hochziehen/Wölben der Ecken, sofern das Filament zu schnell erkaltet.

1.6.2.2 Skipped Layer

Unter **Skipped Layer** versteht man Lücken, die beim Drucken in der horizontalen Ebene entstehen können. Es sieht so aus, als hätte der Drucker eine Lage des Filaments teilweise oder ganz vergessen.

1.6.2.3 Bad edge

Bad Edges sind Löcher, die entstehen, wenn zwei Polygone keine gemeinsame Kante haben.

1.6.2.4 Non-manifold edges

Geometrie der Dicke Null (**Non-manifold-Geometrie**) entsteht, wenn Kanten oder Eckpunkte in einem Volumenkörpermodell nicht ordnungsgemäß mit angrenzender Geometrie verbunden sind. Jede Kante eines Volumenkörpers muss genau zwei angrenzende Flächen aufweisen.

1.6.3 3D-Druck, Druckaufbau eine Auswahl

1.6.3.1 Füllung

Alles, was weder Hüllen, noch Boden, noch Dach ist, wird mit einem inneren Gitterwerk, genannt Füllung, gefüllt. Die Füllung unterstützt Ihr Objekt mit einem internen Stützstruktur. Die Zahl, die Sie in dieses Feld eingeben, definiert die Dichte der Füllung des gedruckten Objekts.

Höhere Füllung-Prozentsätze führen zu mehr Strängen von Füllungs-Extrusion, die enger beieinander sind. Niedrigere Füllung-Prozentsätze führen zu weniger Strängen von Füllungs-Extrusion, die weiter voneinander entfernt sind.

1.6.3.2 Hüllen

Jedes Objekt, das Sie ausdrucken, muss mindestens eine Hülle haben. Sie können so viele Hüllen hinzufügen, wie Sie wollen, und sie werden als konzentrische Umrisse auf jede Schicht gedruckt werden. Wenn die Außenschicht die angegebene Anzahl von Hüllen nicht unterbringen kann, werden nur so viele wie möglich eingepasst.

1.6.3.3 Schichtstärke

Schichtstärke bestimmt die Feinheit der einzelnen gedruckten Schichten des Objekts. Sie wird oft als Maß für die Auflösung in 3D-Druck gesehen, aber sie wirkt sich nur auf die Auflösung der Z-Achse aus.

Dünnere Schichten werden zu einer glatteren Oberfläche führen, aber auch zu erhöhten Druckzeiten; Schichten brauchen die gleiche Zeit, unabhängig von ihrer Stärke, und dünnere Schichten erhöhen die Gesamtzahl der Schichten, die gedruckt werden.

1.6.3.4 Temperatur

Temperatur-Einstellungen für die Extruder und die Bauplatte sind unter der Registerkarte Temperatur aufgelistet. Extruder. Die Extruder müssen ungefähr auf 230 ° C erhitzt werden, um das Kunststoff-Filament bei normalen Betriebsgeschwindigkeiten zu schmelzen und zu extrudieren.

Die Extrusionstemperatur ist sehr eng mit beiden Extrusionsgeschwindigkeiten und dem extrudierten Materials verbunden.

1.6.3.5 Geschwindigkeit

Höhere Extrusionsgeschwindigkeiten erfordern höhere Temperaturen. Während des Druckens gelangt Kunststoff-Filament in den Extruder, wo es geschmolzen wird bevor es auf die Bauplatte gepresst wird. Wenn der Kunststoff schmilzt, bewegt sich Wärme vom Wärmekern des Extruders in den Kunststoff, welcher dadurch erhitzt wird während der Extruder gleichzeitig gekühlt wird.

Das Heizelement sendet Hitze in den Extruder, um die erforderliche Temperatur für die Kunststoffschmelze zu halten, aber wenn sich der Kunststoff schneller bewegt, zieht er auch schneller Hitze aus dem Extruder ab.

1.6.4 Material

Verschiedene Arten von Kunststoff weisen unterschiedliche Schmelzpunkte auf. Zum Beispiel braucht ABS mehr Hitze als PLA, um zu schmelzen, und PVA braucht weniger. Bei höheren Geschwindigkeiten kann die Temperatur, die erforderlich ist, um den Extruder heiß zu halten, ausgeglichen werden, weshalb 230° C eine gute Extrudiertemperatur sowohl für ABS und PLA ist.

1.6.4.1 Material ABS

ABS ist die Abkürzung für Acrylnitril-Butadien-Styrol. Es wird aus einer Kombination dieser drei Kunststoffe hergestellt. Die drei Kunststoffe können in unterschiedlichen Anteilen gemischt werden, um ABS für verschiedene Verwendungszwecke herzustellen.

ABS ist zäh und einigermaßen flexibel. ABS wird bei höheren Temperaturen weicher, aber bei den Extrusionstemperaturen, die in einem MakerBot verwendet werden, bleibt es ziemlich zäh. Das bedeutet, dass ABS innerhalb des Extruders schnell schmilzt, aber während seiner Reise nicht tropft. ABS hält auch Wärme gut genug aus, sodass wir es verwenden, um die Kunststoffteile der Extruder des Replicator 2X herzustellen.

ABS besitzt eine hohe thermische Ausdehnungsrate, was bedeutet, dass es sich ausdehnt, wenn es erhitzt wird, und beim Abkühlen schrumpft, dies kann Probleme beim Drucken wie Verzerrung und Rissbildung hervorrufen.

1.6.4.2 Material PLA

PLA oder Polymilchsäure ist ein biologisch abbaubarer Kunststoff mit Eigenschaften, die es ideal für den 3D-Druck machen, es gibt keine schlecht riechenden Dämpfe ab und es hat eine niedrige thermische Ausdehnungsrate, so dass es sich nicht zu sehr verzieht.

PLA ist härter und etwas spröde. Es reißt eher als es sich verbiegt, aber das bedeutet nicht, dass PLA leicht zerbrechlich ist. PLA bleibt auch für eine kurze Weile flexibel, wenn es abkühlt.

PLA ist hitzeempfindlich. Bei Temperaturen über 55 ° C fangen Objekte aus PLA an, so weich zu werden, dass sie sich verformen könnten, wenn Druck auf sie ausgeübt wird. Bei Temperaturen über 150 ° C, könnten Objekte aus PLA beginnen, ihre Form zu verlieren.

1.6.5 Bauteile nach dem 3D-Druck manuell nacharbeiten

- Ein Objekt mit Grundierung und Schleifpapier veredeln.
Diese Methode der Veredelung erfordert einen matt-grauen Grundierspray, leichte Maler-Spachtelmasse und feines Schleifpapier.
- Retuschieren
Einen Brei aus Aceton und ABS herstellen in der gleichen Farbe, die Sie retuschieren möchten. Sie können den Brei dann auf die Stelle mit dem Schönheitsfehler auftragen.
- Glätten
Um ein Objekt aus ABS-Kunststoff zu glätten, können Sie die Oberfläche mit einer kleinen Menge Aceton auf einem Tuch einreiben.
- Bemalen
Sie können Objekte aus ABS mit Acrylfarben und Sprühfarben bemalen.

1.6.6 3D-Druck, Design-Richtlinien

1.6.6.1 Überhänge

Wenn der 3D-Drucker das Objekt ausdruckt, ruht jede Schicht aus Kunststoff auf der unteren. Wenn ein Objekt gerade Seiten hat, wird eine neue Schicht vollständig von der vorherigen Schicht gestützt. Aber wenn ein Objekt Teile hat, die sich nach außen verbreitern (Überhänge), bleibt ein Teil der neuen Schicht ohne Stütze. Wenn es nur ein schmaler Streifen des Umrisses ist, wird die Schicht noch ausreichend gestützt, aber wenn mehr als die Hälfte dieses äußeren Umrisses nichts zum Aufliegen hat, kann es sein, dass Kunststofffäden herunterhängen oder -tropfen. Um sicherzustellen, dass mindestens die Hälfte der einzelnen äußeren Umrisse jeder Ebene abgestützt ist, vermeiden Sie die Gestaltung von Überhängen, die einen Winkel größer als 45 ° von der Vertikalen bilden.

1.6.6.2 Überbrückung

Ein Faden extrudierten Kunststoffs, der von einem gestützten Bereich zu einem anderen gestützten Bereich über einen nicht gestützten Bereich führt, wird Brücke genannt. Da der Faden an beiden Enden gestützt wird, verursacht die nicht gestützte Mitte keine Probleme. Aber wenn der nicht gestützte Abschnitt zu lang ist, kommt es möglicherweise zu einem Durchhängen in der Mitte. Der 3D-Drucker sollte gut mit Brücken von 10 mm umgehen können, aber bei Brücken von 20 mm kann es zu einem Durchhängen kommen.

1.6.6.3 Detailgröße

Schichtstärke wird als Maß für die Auflösung verwendet, aber es misst nur die Auflösung in der Z-Achse. Der MakerBot kann auf der Z-Achse kleinste Details erzeugen. Die Einstellung hohe Qualität verwendet 0.1 mm Schichten, und ist es sogar möglich, noch dünnere Schichten zu produzieren.

1.6.6.4 Ausrichtung

Viele der Probleme, denen Sie bei dem Versuch, schwierige Modelle auszudrucken, begegnen können, können durch die Änderung der Ausrichtung des Modells auf der Bauplatte vermieden werden.

1.6.6.5 Trägermaterial minimieren

Sie können ein Objekt mithilfe von zerreißbaren Tragstrukturen beliebiger Form bauen, die Entfernung der Abstützteile kann jedoch schwierig sein und Kunststoff verbrauchen. Vergewissern Sie sich, dass Ihr Objekt eine flache Seite hat, um darauf zu liegen. Richten Sie Ihr Objekt aus, um Überhänge und Brücken zu minimieren.

1.7 3D-Drucker, Beschreibungen, eine Auswahl

1.7.1 3D-Drucker „Makerbot Replicator 2“

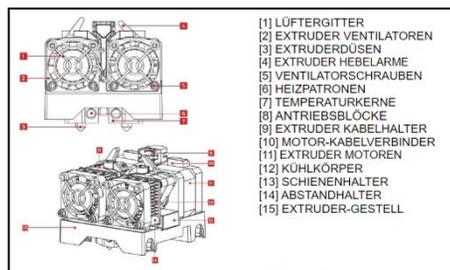
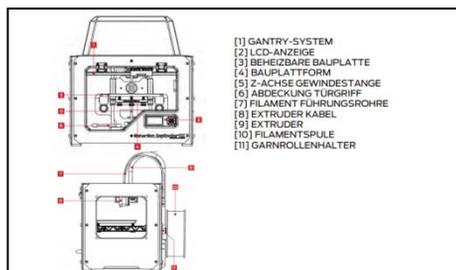
Der 3D-Druck eines Bauteils über den 3D-Drucker **Makerbot Replicator 2** ist sowohl von SD-Karte als auch über USB vom Rechner möglich. Im stabilen Stahlgehäuse sind die Schrittmotoren, die Bauplattform und der Extruder angebracht. An der Gerätevorderseite befindet sich das Display, über das der Drucker bedient wird. Die Menüführung ist auf Englisch. Das Unternehmen MakerBot ist seit einigen Jahren für ihre führende Rolle im Bereich der 3D-Drucktechnologien zu einer lukrativen Anlaufstelle geworden. Mit seiner einfachen Anwendung punktet der 3D-Drucker und macht das Herstellen von Objekten einfacher denn je.

Aus dem Hause **MakerBot** kommt mit dem **MakerBot Replicator 2** jetzt ein **3D-Drucker**, der nicht nur auf dem neusten Stand der Technik ist, sondern auch mittlerweile zu einem der Druckgeräte zählt, das auch für Privatverbraucher (z.B. Familien) bezahlbar ist. Bei dem Replicator 2 handelt es sich um ein Fertiggerät, kein Bausatz. Der 3D-Drucker verfügt über ein stabiles Gehäuse aus Stahl, ein Display zur einfachen Bedienung und Steuerung des Geräts sowie Extruder, Schrittmotor und Bauplattform. Seine Beliebtheit erlangt der **MakerBot Replicator 2** nicht nur aufgrund seines Markennamens. Der Replicator 2 charakterisiert sich mit seiner stabilen Bauweise, einfachen Bedienbarkeit und der Möglichkeit auf von Anfängern nahezu fehlerfrei genutzt werden zu können. Zu beachten ist, dass der Lüfter nicht immer ganz leise arbeitet. Auch Geruchsentwicklung ist beim 3D-Druck möglich, wirkt aber kaum störend. Der **MakerBot Replicator 2** stellt feste, dreidimensionale Objekte aus geschmolzenem Filament her. Ihre 3D-Design-Dateien werden in Befehle für den 3D-Drucker übersetzt und von der Maschine via SD-Karte gelesen. Der 3D-Drucker erhitzt in der Folge das Filament und drückt es durch eine Düse auf eine erhitzte Oberfläche, um Schicht für Schicht einen festen Gegenstand aufzubauen. Diese Methode wird Fused Filament Fabrication (FFF) genannt. Der **Makerbot Replicator 2** ist auf PLA-Filament optimiert und kann über 2 Düsen Material zuführen.

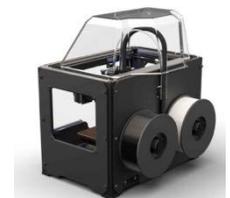
1.7.2 3D-Drucker „Makerbot Replicator 2X (Dual)“

Der **MakerBot Replicator 2X (Dual)** 3D Printer stellt feste, dreidimensionale Objekte aus geschmolzenem MakerBot Filament über zwei Zuführungsrollen her. Die 3D-Design-Dateien werden in Befehle für den MakerBot Replicator 2X übersetzt und von der Maschine via SD-Karte gelesen. Der MakerBot Replicator 2X erhitzt in der Folge das MakerBot Filament und drückt es durch die angewählte Düse auf eine erhitzte Oberfläche, um Schicht für Schicht einen festen Gegenstand aufzubauen. Diese Methode wird **Fused Filament Fabrication (FFF)** genannt.

Doppelextrusionsmodelle werden aus zwei STL Dateien in eine einzige X3G Datei umgewandelt, wobei eine der STL-Dateien vom linken Extruder und die andere STL-Datei vom rechten Extruder gedruckt wird.



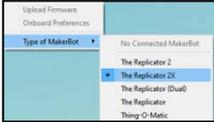
3D-Drucker
MakerBot Replicator 2



Makerbot Replicator 2X
(Dual)



MakerWare
3D-Drucker-
Software



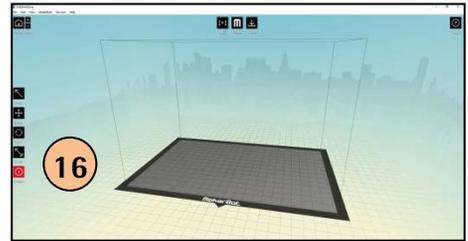
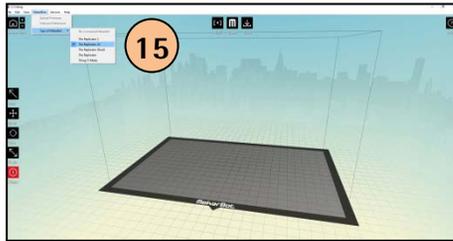
1.7.3 3D-Drucker „Gerätesoftware „MakerWare“ für Dualextruder



MakerWare®

Starten Sie, mit Doppelklick, vom Windows-Desktop aus die 3D-Drucker-Software **MakerWare** (15).

- Weisen Sie der Software einen 3D-Drucker Typ **Replicator 2X Dual** zu (16).



1.7.3.1 MakerWare®, Schaltflächen und Menüs



HOME

Klicken Sie auf diese Schaltfläche, um MakerWare auf die Standardansicht der Bau-Umgebung zurückzusetzen.



Klicken Sie auf diese Tasten, um hinein und hinaus zu zoomen. Sie können auch das Scrollrad auf Ihrer Maus zum hinein und hinaus zoomen verwenden.



Look

Klicken Sie auf die Schaltfläche **Look** oder drücken Sie die **L**-Taste, um in den **Look**-Modus zu gelangen.

Links klicken und die Maus bewegen um die Objektansicht zu rotieren.

Halten Sie die **Umschalttaste** gedrückt, klicken Sie links, und ziehen Sie die Maus, um Ihre Ansicht des Objekts zu verändern.



Move

Klicken Sie auf die Schaltfläche **Move** oder drücken Sie die **M**-Taste, um in den Move-Modus zu gelangen.

Links klicken und die Maus bewegen, um das Objekt zu bewegen.

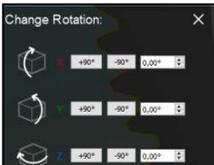
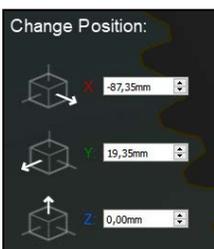
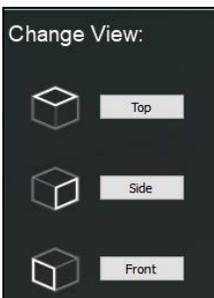
Halten Sie die **Umschalttaste** gedrückt, klicken Sie links, und ziehen Sie die Maus nach oben und unten.



Turn

Klicken Sie auf die Schaltfläche **Turn** oder drücken Sie die **T**-Taste, um zum Turn-Modus zu gelangen.

Links klicken und die Maus bewegen, um das Objekt um den Basispunkt der X, Y, und Z-Achsen zu drehen.





Scale

Klicken Sie auf die Schaltfläche **Scale** oder drücken Sie die **S**-Taste, um in den Skalieren-Modus zu gelangen.

Links klicken und die Maus bewegen, um den Maßstab des Objekts zu verändern.



Object

Doppelklicken Sie, um das Untermenü **Objektinformation** zu öffnen. Im Untermenü **Objektinformation** können Sie wählen, mit welchem Extruder jedes Objekt auf Ihrer Bauplatte gedruckt wird.



Make

Klicken Sie auf diese Schaltfläche, um den Make-Dialog zu öffnen, in dem Sie Druckauflösung und andere Druckoptionen festlegen, und Anweisungen für Ihren MakerBot Replicator 2X auf einer SD-Karte speichern können.



Save

Hier können Sie die aktuelle 3D-Druckdatei, mit den gesetzten Parametern, als Datei zur späteren Verwendung speichern.



1.7.3.2 MakerWare® Schaltflächen und Menü, Quicktools



1.7.3.3 Dateiformate für 3D-Drucker-Software Makerware

MakerWare kann die folgenden Dateitypen öffnen:

OBL, STL und Thing

MakerWare kann die folgenden Dateitypen speichern:

STL und Thing

MakerWare kann die folgenden Dateitypen exportieren:

GCode, X3G und S3G



MakerBot
Print

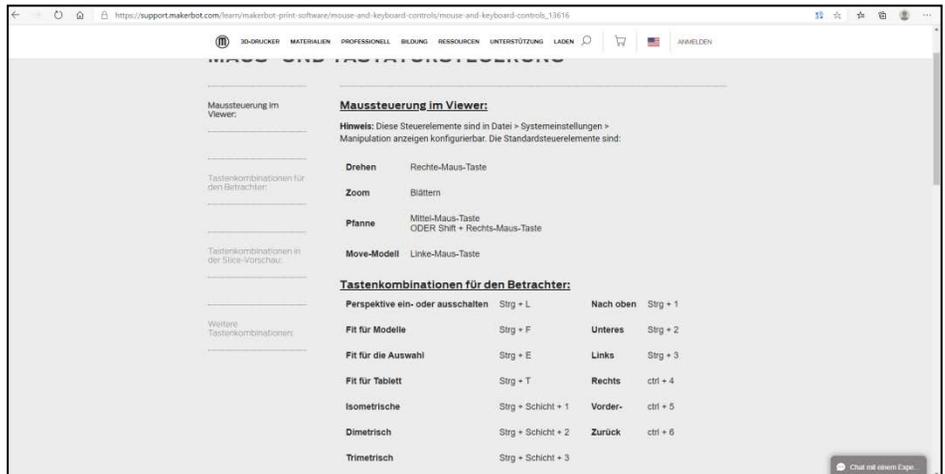
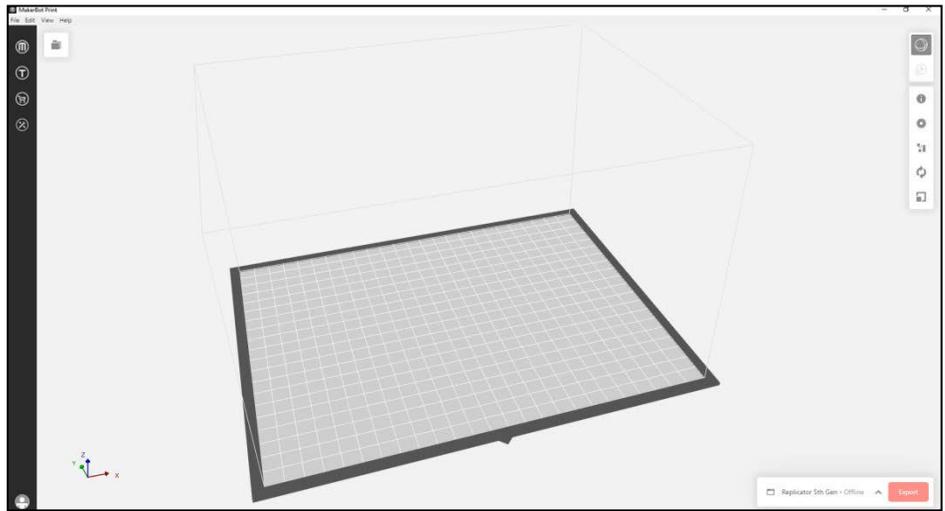
1.7.3.4 3D-Drucker „Makerbot Replicator 2“, Gerätesoftware „Makerbot Print“

MakerBot Print ist eine Desktop-Anwendung, mit der Sie 3D-Drucke vorbereiten, verwalten und überwachen können.

Mit **MakerBotPrint** können Sie eine in Scheiben geschnittene Version Ihres 3D-Modells anzeigen, anordnen, orientieren, skalieren und in der Vorschau anzeigen. Sie können auch mehrere Bauplatten verwenden und mit ihnen arbeiten, um mehrere 3D-Modelle anzuzeigen und zu bearbeiten.

Mit **MakerBotPrint** können Sie Designdateien importieren, und optimieren, um gute Ergebnisse beim Drucken zu erzielen.

Wenn Sie die **Druckvorschau** auswählen, wird eine Visualisierung angezeigt, wie das Modell auf dem Drucker gedruckt wird. Diese Vorschau zeigt, wo die Stützen gedruckt werden, außerdem zeigt die Vorschau eine Druckzeitschätzung.



1.7.4 HP Jet Fusion 4200/3200/540 3D Drucker

Neben den bereits verfügbaren industriellen Systemen Jet Fusion 3200, 4200 und 4210, die auf die wirtschaftliche Serienfertigung ausgerichtet sind, stellt HP mit der Jet Fusion 300 und 500 Serie kompaktere 3D-Drucker zu einem Preispunkt zwischen \$ 50.000 und unter \$ 100.000 vor. Mit der neuen Gerätereihe richtet sich HP vorwiegend an Produktentwickler, Designunternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen, um ihnen den Zugang zur Multi Jet Fusion Technologie zu ermöglichen. Die erschwinglicheren 3D-Drucker sind für die Fertigung funktioneller Prototypen und Kleinserien in hoher Qualität geeignet und vervollständigen das Portfolio des Herstellers.

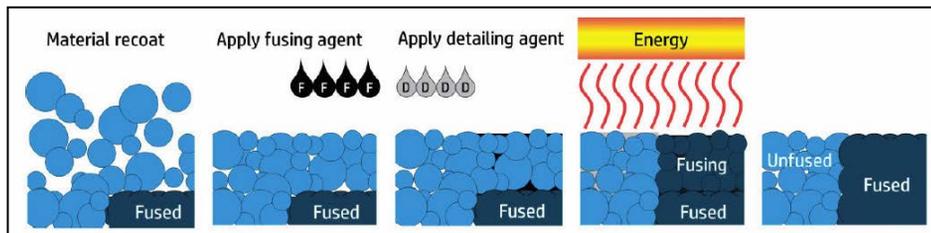
Die insgesamt vier neuen 3D-Drucker unterscheiden sich in ihrer Bauraumgröße sowie der Möglichkeit Teile in Vollfarbe herzustellen. Während der HP Jet Fusion 340 und 540 Objekte in Schwarz und Weiß druckt, können mit dem HP Jet Fusion 380 und 580 Vollfarb-Teile erzeugt werden. Zudem sind Letztere durch die Kontrolle auf Voxel-Ebene bereits für die Zukunft gerüstet. Materialeigenschaften wie Flexibilität, Festigkeit oder auch unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit, können mit der Multi Jet Fusion Technologie auf Voxel-Ebene geändert werden.

Die HP Multi Jet Fusion-Technologie kann das volle Potenzial des 3D-Drucks durch die Produktion von hochfunktionellen Teilen verwirklichen. Die HP Multi Jet Fusion-Technologie bedient sich HP Thermal Inkjet arrays und basiert auf der technischen Kompetenz von HP, rasch und genau (auch auf die Minute genau) präzise Mengen verschiedener Flüssigkeiten zu platzieren. Dadurch erlangt die HP Multi Jet Fusion-Technologie eine Vielseitigkeit und ein Potential, welche von anderen 3D-Druckertechnologien unerreicht bleiben.

Mit der HP Multi Jet Fusion-Technologie können nicht nur Bindemittel und Trenner verwendet werden, sondern auch andere Mittel, um die Merkmale jedes volumetrischen Pixels (auch Voxel genannt) anzupassen. Mithilfe dieser Mittel zur Umwandlung, die Punkt für Punkt auf allen Schnittflächen platziert werden, kann die HP Multi Jet Fusion-Technologie Teile produzieren, wo andere Methoden versagen.

Die HP Multi Jet Fusion-Technologie bietet Geschwindigkeitsvorteile und Kontrolle über Teil- und Materialeigenschaften, die über die in anderen 3D-Druckverfahren hinausgehen.

Die HP Multi Jet Fusion-Technologie startet durch die Niederlegung einer dünnen Schicht des Materials im Arbeitsbereich. Als Nächstes fährt der Wagen mit einer Reihe des thermischen Tintenstrahldruckers von links nach rechts und druckt chemische Stoffe über den gesamten Arbeitsbereich. Die Schichtungs- und Energie-Prozesse werden in einem kontinuierlichen Durchlauf des zweiten Wagens von oben nach unten kombiniert. Der Vorgang wird Schicht für Schicht fortgesetzt, bis ein vollständiges Teil gebildet wird. Bei jeder Ebene ändern die Wagen die Richtung für eine optimale Produktivität.



HP Jet Fusion 4200



HP Jet Fusion 3D Processing Station