

MIBA

Leidenschaft Modellbahn

SPEZIAL 153

ISBN: 978-3-98702-216-6
B 10525

Deutschland € 12,90
Österreich € 14,20
Schweiz CHF 23,80
Portugal (cont) € 17,40
Be/Lux € 14,80
Niederlande € 15,90
Dänemark DKK 139,-



Wunsch-Zubehör mit 3D-Druck



Filigrane Signalbrücke als besonderer Hingucker

Resin oder Filament?
Geräte, Materialien, Kosten

Lasercut in Perfektion
Häuser schneiden mit Licht



Schritt für Schritt zur individuellen Anlagen-Ausstattung



Vorbildgerecht drucken: Wie eine originelle Drehscheibe entsteht

Fahrzeuge, Gebäude, Funktionsmodelle, Zubehör, Figuren

3D-Druck und Lasercut

So nutzen Sie die neuen Techniken

Mit vielen Konstruktions-Daten zum Download!



Fahrzeuge per 3D-Druck



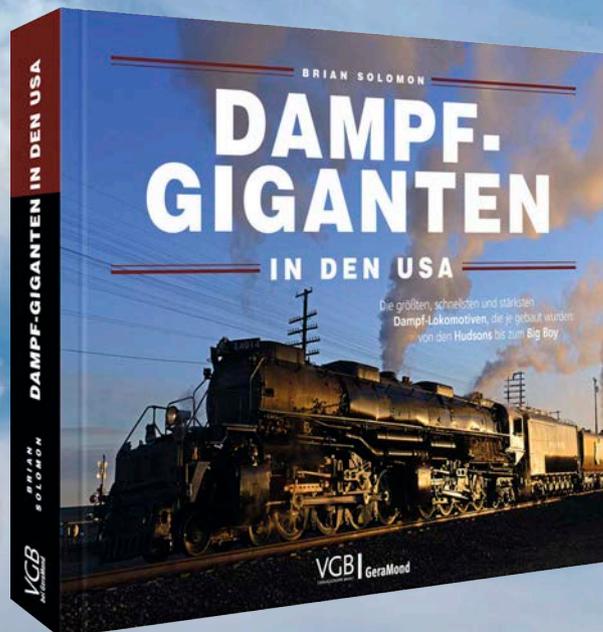
Profi-Tipps:
So vermeidet man Fehler

LOK-STOFF

NEU

Die Blütephase der Dampflokomotiven in den USA brachte der Eisenbahngeschichte legendäre Modelle, die noch heute begeistern. Umfangreiche Informationen über Technik und Einsatz der amerikanischen Dampf-Giganten mit ihren historischen Hintergründen ziehen mit erstklassigen Abbildungen jeden Eisenbahn-Fan in den Bann. Auch für Freunde deutscher Dampflokomotiven ein wichtiger und spannender Blick über den „Teich“!

176 Seiten · ca. 280 Abb.
Best.-Nr. 02110
€ (D) 39,99



GeraMond Media GmbH, Infranterstraße 11a, 80797 München © André Rudat - stock.adobe.com

NEU



ISBN 978-3-98702-107-7
€ (D) 29,99



ISBN 978-3-96453-597-9
€ (D) 49,99

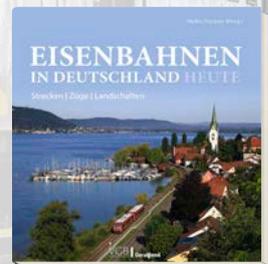


ISBN 978-3-96453-596-2
€ (D) 29,99

TIPP



ISBN 978-3-86690-822-2
€ (D) 45,-



ISBN 978-3-96453-646-4
€ (D) 45,-



JETZT IN IHRER **BUCHHANDLUNG** VOR ORT
ODER DIREKT UNTER **WWW.VGBAHN.SHOP**

Mit einer Direktbestellung im Verlag oder dem Kauf im Buchhandel unterstützen Sie sowohl Verlage und Autoren als auch Ihren Buchhändler vor Ort.

VGB | GeraMond
| VERLAGSGRUPPE BAHN |

Die Modellbahnindustrie hat zweifellos ein unübersehbares Angebot von Produkten in petto, das auf den ersten Blick alle denkbaren Wünsche der Kundschaft erfüllt. Aber wie es so ist: Meist sind die Wünsche der Modellbahner doch noch etwas vielfältiger als das Angebot. Hieß es früher: „Bringen Sie doch mal die Baureihe XY!“*, so heißt es heute „Ich suche dieses ganz bestimmte Klohäuschen, das damals hinter dem Empfangsgebäude von Hintertupfingen stand. Haben Sie sowas?“ Und ein ums andere Mal muss dann der Vertreter des ohnehin schon breit aufgestellten Herstellers einräumen, dass man zwar etwas Ähnliches im Programm hat, aber leider nicht genau die gesuchte Bauform.

An dieser Stelle hätten unsere Altvorderen nur die Augen zum Himmel verdreht und den Modellbahnkollegen mit seinen Luxusproblemen auf die handwerklichen Lösungen verwiesen: „Nimm dir ein Stück Sperrholz oder Furnier, eine Laubsäge, etwas Leim und einen paar Tropfen Farbe – fertig ist die Laube!“

„Was haben wir gesägt und gefeilt“, überschrieb Wolfgang Borgas in MIBA 1/1998 seine Kolumne zum Jubiläums-

jahrgang und brachte damit sehr schön zum Ausdruck, wie damals die eigene Kreativität in konkrete Ergebnisse umgesetzt wurde.

Aber der Modellbahner der Gegenwart geht mit der Zeit, denn neue Techniken ermöglichen neue Lösungen. Lasercut ersetzt heute die Laubsäge und bietet zugleich eine manuell nicht erreichbare Präzision. Der 3D-Druck lässt Teile aus dem Nichts entstehen, wo zuvor nur unförmi-

Moderne Bautechniken

ges Plastik war. Und beim Resindruck ist eine Detailtiefe möglich, die man mit Messing und LötKolben nur unter allergrößtem Aufwand erreichen könnte.

Nutzen wir also die modernen Techniken, um unserer Kreativität freien Lauf zu lassen. Das vorliegende Heft vermittelt Ihnen alle drei Grundtechniken aus dem Blickwinkel echter Praktiker, erläutert, welche Geräte für unser Anwendungsgebiet geeignet sind, und gibt zudem viele nützliche Tipps.

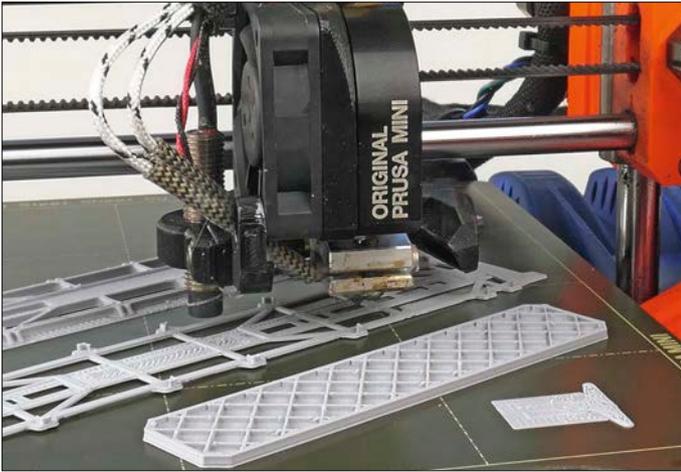
Und wenn Sie sich in das Thema reingefuchst haben, wenn Ihr erstes selbstkonstruiertes Modell schließlich auf der Anlage steht, dann melden Sie sich bei uns. Wir sind gespannt auf die Ergebnisse, meint Ihr ...

Martin Knaden

*) Was nicht heißen soll, dass es heutzutage bereits alle Baureihen gibt. Ich erinnere nur mal beispielhaft an die Zahnradloks 97.1 und 97.5, die pr. T 13, die pr. T 3 in Normalausführung und die 98.11 – von Triebwagen mal ganz zu schweigen ...



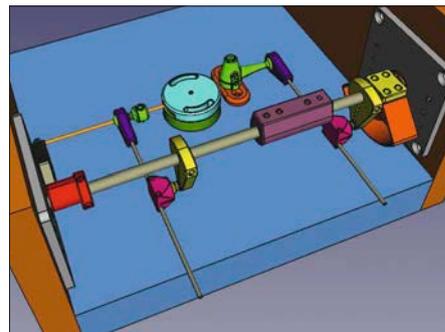
Unser Titelbild repräsentiert als bunte Mischung alle drei Hauptthemen dieser Spezialausgabe: 3D-Druck mit Filamentdruckern, 3D-Druck mit Resindruckern und die Lasercuttechnologie. Während das Bahnhofsgebäude ausgelasert wurde, entstanden die Bahnhofslampen bei Horst Meier und seinen Söhnen aus Resin. Maik Möritz zeigt, wie man mit .stl-Daten aus dem Netz eine superfiligrane Signalbrücke drucken kann. Guido Weckwerth erläutert anhand seiner Wagen, welche Tücken die Drucktechnik bereithält und wie man diesen Widrigkeiten begegnet. Uwe Stehr druckte sich eine kleine Drehscheibe eigens für die Leichttriebwagen von Sylt. Und Maik Möritz schwelgte mit einem Lasercutter in Kindheitserinnerungen und baute sich einen Bungalow nach konkretem Vorbild.



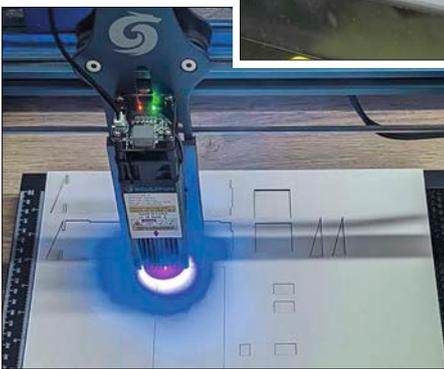
Für den Einstieg in den 3D-Druck bieten sich Filamentdrucker an. Es gibt sie in ganz unterschiedlichen Ausführungen. Sie werden von mehreren Herstellern schon für wenige Hundert Euro angeboten. Maik Möritz hat sich den MINI+ von Prusa genauer angesehen und den Drucker im praktischen Einsatz getestet – mehr dazu ab Seite 12.

Fotos: Maik Möritz (4), Markus Meier (1), Uwe Stehr (2), Pit Karges (1)

Für die Wiedergabe feiner Details sind 3D-Resindrucker unübertroffen. Maik Möritz hat den „Mars 5 Ultra“ von Elegoo ausprobiert und damit eine filigrane Signalbrücke für seine H0-Anlage realisiert – ab Seite 34.



Die Weichen der „Jagsttalbahn“ von Uwe Stehr werden über Weichenstellhebel mit der Hand gestellt. Dazu hat er einen Antrieb konstruiert und die Bauteile mit einem FDM-Drucker hergestellt – ab Seite 26.



Lassen sich mit dem Laser auch eigene Entwürfe umsetzen? Dieser Frage geht Markus Meier nach und er berichtet ab Seite 70 über den Einstieg mit einem einfachen Laser.

Damit das Modell des Sylter Leichttriebwagens von Modellbahn Union Vorbildgerecht eingesetzt werden kann, bildete Uwe Stehr die Drehscheiben nach den Vorbildern in List und Hörnum nach – ab Seite 20.





SPEZIAL 153

MIBA

Leidenschaft Modellbahn

Leistungsfähige, aber dennoch preiswerte 3D-Drucker können beim Modellbahnbau vielseitig eingesetzt werden. Welche Möglichkeiten der 3D-Druck bietet und was auf dem Weg von der ersten Idee bis zum gedruckten Modell zu beachten ist, wird von Maik Möriz ab Seite 6 gezeigt.

INHALT

ZUR SACHE

Moderne Bautechniken 3

GRUNDLAGEN

Einfach drucken statt kaufen ... 6

Schneiden mit starkem Licht 70

FILAMENTDRUCK

Filamentdruck in der Praxis 12

Wenden mit dem LT 20

So werden Sie geholfen! 30

MODELLBAHN-PRAXIS

Die Kugel macht's 26

RESINDRUCK

MSLA-Druck für die Modellbahn 34

Wunschwagon wird Wirklichkeit 40

Druckfehler-Lösungen 46

Leopard & Marder fahren Bahn 54

Kurzer Vierachser für die Nebenbahn 64

VORBILD + MODELL

Mehr Licht an den Gleisen 60

LASERCUT

Viele Wege führen nach Rom 76

Zeichnen – schneiden – bauen 82

TIPPS + TRICKS

Futter für den Drucker 90

Figuren selbst herstellen 92

Bruch vermeiden 94

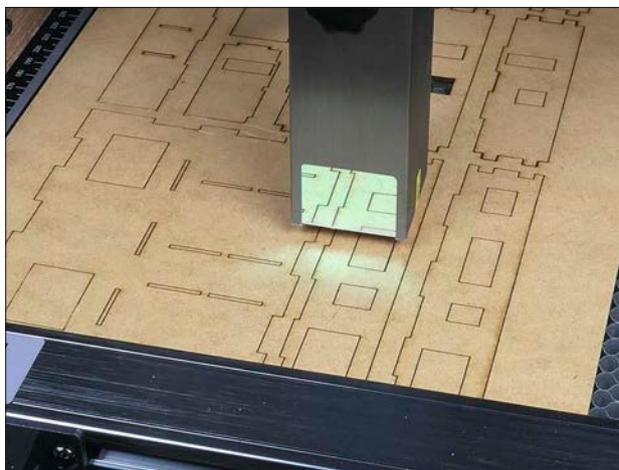
ZUM SCHLUSS

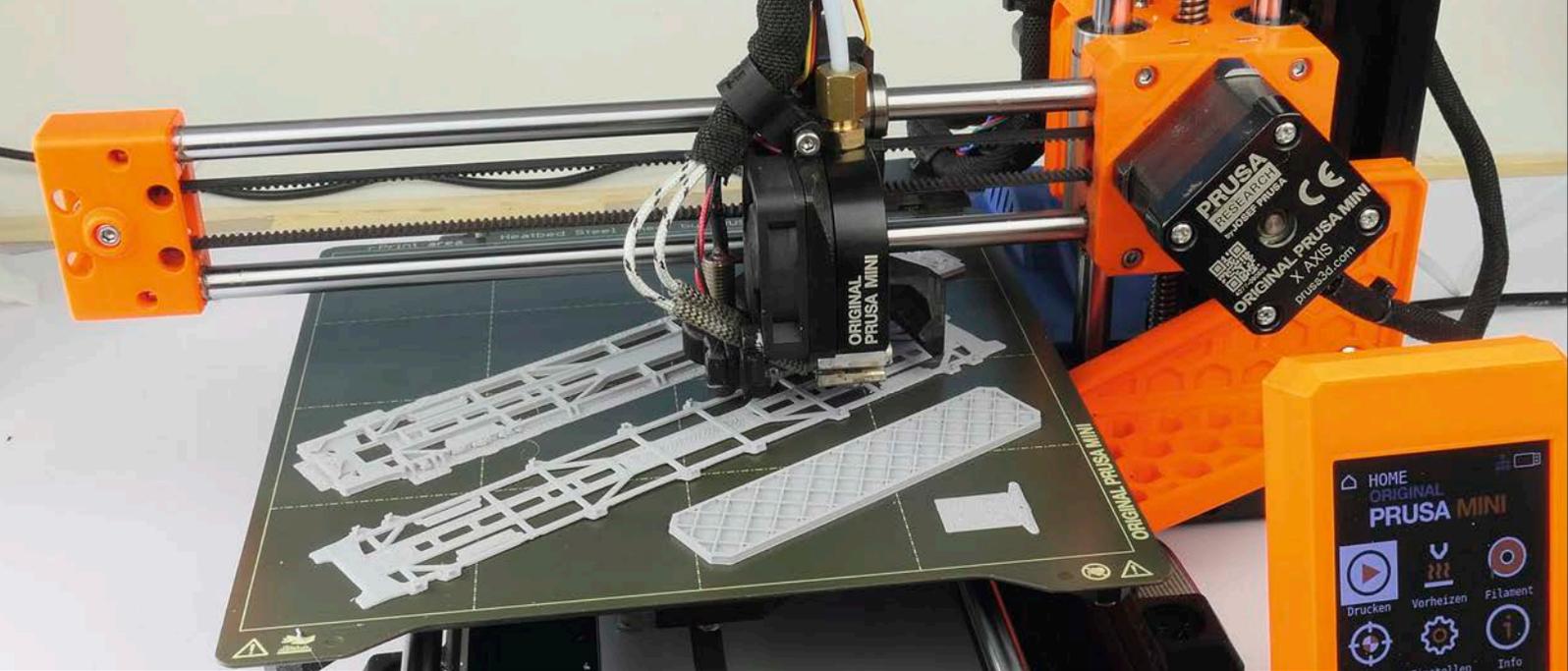
Vorschau/Impressum 98



Wunschmodell in H0 – da der Schotterwagen der Gattung Facs 140 bislang von keinem Hersteller realisiert wurde, baute ihn Pit Karges kurzerhand selbst und stellt ihn ab Seite 40 vor.

Beim Gebäudebau ist das Lasercutverfahren mittlerweile nicht mehr wegzudenken. Maik Möriz zeigt, wie man von der Zeichnung zum fertigen Modell gelangt – ab Seite 82.





3D-Druck für die Modellbahn: Von der ersten Idee bis zum fertigen Produkt

Einfach drucken statt kaufen ...

Leistungsfähige 3D-Drucker sind heutzutage schon für kleines Geld erhältlich und lassen sich rund um das kreative Modellbahnhobby vielfältig einsetzen. Welche interessanten Möglichkeiten der 3D-Druck für den Modelleisenbahner bietet, worin sich die verschiedenen Druckverfahren unterscheiden und was auf dem Weg von der ersten Idee bis zum fertig gedruckten Modell zu beachten ist und benötigt wird, erläutert Maik Möritz.

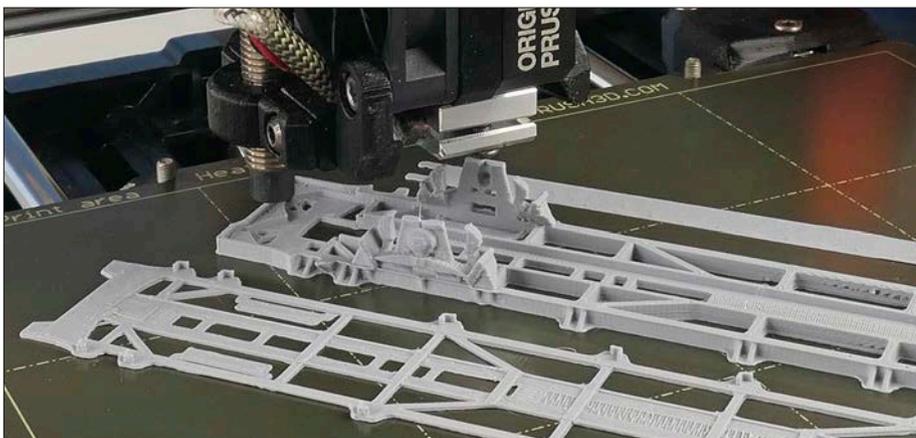
Was vor einigen Jahren für den Endverbraucher noch als unvorstellbar und unbezahlbar galt, ist in vielen privaten Haushalten längst Realität geworden. Ordentliche 3D-Drucker werden heutzutage von zahlreichen Herstellern bereits für kleine dreistellige Summen angeboten. Sie sind vergleichsweise einfach zu bedienen und liefern dabei hervorragende Ergebnisse.

Für den Modellbahner eröffnen sich mit der 3D-Drucktechnik völlig neue Möglichkeiten. Egal, ob es darum geht, mal eben eine spezielle Halterung für einen Servoantrieb herzustellen, selbst konstruierte Bauwerke zu errichten oder die eigene Modelleisenbahn mit individuellen liebenswerten Details zu bereichern – mit dem 3D-Druck von Zuhause aus ist alles möglich.

Filament- oder Resindruck

Für den Modelleisenbahner kommen im Wesentlichen zwei unterschiedliche Arten von 3D-Druckverfahren in Betracht. Beim klassischen Filamentdruck für den Endverbraucher werden thermoplastische Kunststoffe durch eine beheizte Düse geführt, aufgeschmolzen und Schicht für Schicht auf eine Bauplatte bzw. auf die zuvor gedruckte Schicht aufgetragen. Der Werkstoff wird hier in den allermeisten Fällen als Rollenware, dem sogenannten Filament, zugeführt. Entsprechend der gewählten Schichtdicke entstehen dabei dreidimensionale Objekte mit einer mehr oder weniger sichtbaren Linienstruktur, die je nach Anwendung noch durch Schleifen und Lackieren optimiert werden kann.

Resindrucker arbeiten nach einem völlig anderen Verfahren. Als Werkstoff kommen flüssige lichtaktivierbare Harze (Photopolymere) zum Einsatz, die unter dem Einfluss von UV-Lichtquellen rasch aushärten. Unterschieden werden diese noch einmal nach den beim Druckvorgang verwendeten Lichtquellen.



Sowohl 3D-Drucker auf Filamentbasis als auch Resindrucker können rund um die Modellbahn vielfältig eingesetzt werden. Montagehalterungen und größere Dinge lassen sich gut mit Filament drucken. Aber auch komplette Fahrgestelle von Güterwagen können so hergestellt werden.

SLA-, DLP- und MSLA-Drucker

Beim klassischen Stereolithografie-Verfahren (SLA) wird über einen Laser der flüssige Werkstoff im Druckbett schrittweise aushärtet. Nach dem Erhärten wird das Druckbett nach unten gefahren und die nächste Schicht verfestigt. Das Verfahren zeichnet sich durch einen hohen Detaillierungsgrad und einen vergleichsweise großen Bauraum aus.

Beim Digital Light Processing (DLP) läuft der Druckvorgang ähnlich ab. Hier wird allerdings kein Laser benutzt, sondern das Harz auf der gesamten Druckfläche durch eine Lichtquelle – ähnlich der Projektionseinheit eines Beamer – verfestigt. Der Bauraum eines DLP-Druckers ist dabei durch die Auflösung der Projektionseinheit begrenzt.

In vielen aktuell angebotenen Resindruckern kommen heute hochauflösende LC-Displays zum Einsatz. Diese dienen als Maske zwischen einer Lichtquelle und dem lichtaktivierbaren Harz. Auch diese Geräte liefern hervorragende Druckergebnisse und werden aufgrund des maskierten Stereolithografie-Verfahrens als MSLA-Drucker bezeichnet.

Welches Verfahren für den Einsatz rund um die Modellbahn?

Zu beachten ist beim 3D-Druck mit Resindruckern zunächst einmal, dass die einzelnen Objekte nach dem Druckvorgang noch gesäubert und nachgehärtet werden müssen. Außerdem ist der Umgang mit Harz nicht jedermanns Sache und der Resindruck in der Regel mit einer nicht zu unterschätzenden Geruchsbelastung verbunden.

Andererseits können mit Resindruckern auch kleinste Objekte wie z.B. Weichen- und Zugschlusslaternen, in großer Anzahl und individuelle Objekte mit filigransten Details gedruckt werden. Klassische Filamentdrucker für den Heimgebrauch stoßen da schnell an ihre Grenzen. Ganz besonders dann, wenn es sich bei den zu druckenden Teilen um detailreiche Objekte für die kleineren Baugrößen handelt.

Die reinen Druckkosten sprechen für den Filamentdruck, da flüssiges lichtempfindliches Resin in Relation zur gleichen Menge Filament etwas teurer ist. Wie sich die einzelnen Drucktechniken im praktischen Modellbahneinsatz schlagen, werden wir im weiteren Verlauf dieser Ausgabe noch untersuchen.

Beim FDM-Druck wird ein thermoplastischer Kunststoff durch eine beheizte Düse – einen sogenannten Extruder – geführt, aufgeschmolzen und Schicht für Schicht aufgetragen.



Die weit verbreiteten MSLA-Drucker arbeiten mit einem LC-Display zur Maskierung einer UV-Lichtquelle. Das lichtaktivierbare Harz (Resin) befindet sich in einem Resintank und härtet unter Lichteinfluss Schicht für Schicht aus.

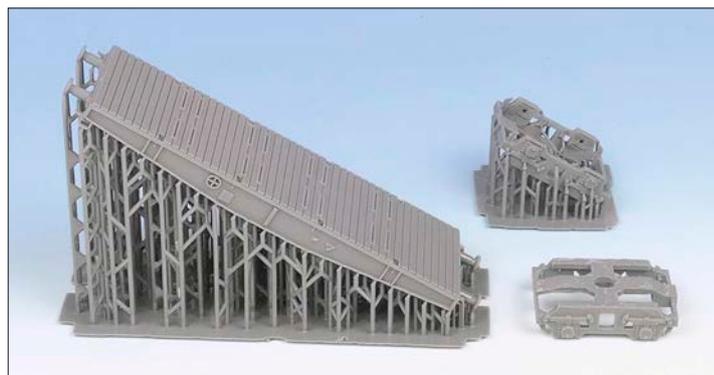


Das Ladegut für den Hochbordwagen entstand mit Hilfe eines Filamentdruckers aus PLA. Die Grundierung und Bemalung erfolgt mit handelsüblichen Modellfarben.



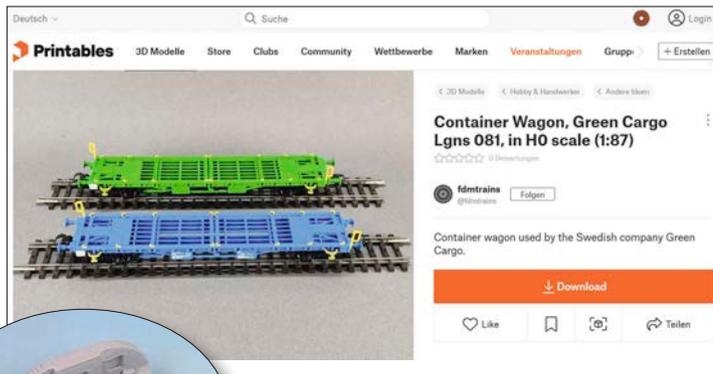
Nach dem Bemalen fallen die einzelnen Schichten des Filamentdrucks nicht mehr störend ins Auge. Die Ladung passt perfekt in den Hochbordwagen von Märklin.

Komplette Modelle mit feinen Oberflächendetails lassen sich besonders gut mit einem Resindrucker herstellen. Charakteristisch sind bei komplexeren Modellen die für den verzugfreien Druck nötigen Stützen.

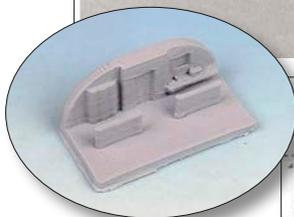




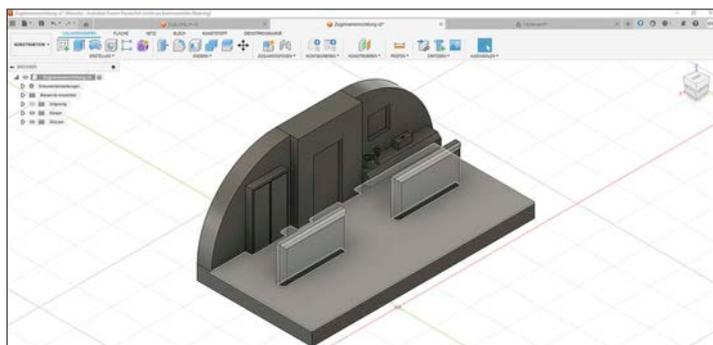
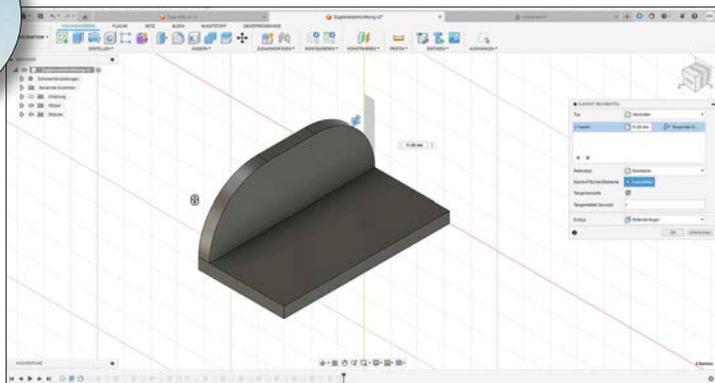
Der 3D-Druck ist in Verbindung mit der Modellbahn vielfältig einsetzbar und eröffnet dem Anwender zahlreiche neue Möglichkeiten. Angefangen bei einfachen Ladegütern bis hin zur praktischen Montagehalterung und zu hochwertigen Anlagendetails ist heute nahezu alles möglich.



Der schnelle und einfache Start in den 3D-Druck gelingt am besten mit fertigen Konstruktionsdaten aus dem Internet, wie sie z.B. bei Printables (<https://www.printables.com>) zu finden sind.



Wer individuelle Dinge herstellen möchte, kann diese in Verbindung mit einem geeigneten 3D-CAD-Programm auch selber konstruieren.



Mit ein wenig Übung gelingen einfache Konstruktionen, wie hier z.B. der Führerstand einer Lokomotive ohne konkretes Vorbild, schon nach kurzer Zeit auch dem Neueinsteiger.

Am Anfang steht die Idee ...

Die Auswahl, welches 3D-Druckverfahren für das Modellbahn hobby das richtige ist, hängt natürlich nicht zuletzt auch davon ab, welche Dinge überhaupt gedruckt werden sollen.

Montagehalterungen und Hilfsmittel, die später unsichtbar unter der Modellbahn verschwinden, erfordern keine perfekten Oberflächen und meist auch keine verstärkten oder hochfesten Materialien. Ganz anders sieht es natürlich aus, wenn z.B. Druckteile zur Modellbahndekoration, Ladegüter, Figuren oder Bauwerke mit feinen Details in Verbindung mit dem 3D-Drucker gefertigt oder Zahnräder und funktionsfähige Antriebe hergestellt werden sollen.

Die Auswahl des zu verarbeitenden Werkstoffes bzw. der Kauf des richtigen 3D-Druckers hat dabei entscheidenden Einfluss auf die späteren Druckergebnisse. Die Anschaffung will daher gut überlegt sein, wie meine Kollegen und ich Ihnen und Euch anhand zahlreicher Praxisbeispiele im weiteren Verlauf dieser Spezialausgabe vorstellen werden.

Druckdaten aus dem Internet

Anregungen für eigene 3D-Druckteile liefert im einfachsten Fall zunächst einmal die Fachliteratur und das Internet. Speziell für den Modellbauer und Modelleisenbahner sind im Internet zahlreiche Projektbeispiele zu finden, deren Druckdaten im besten Fall kostenlos oder gegen kleines Geld heruntergeladen werden können.

Für die ersten eigenen Druckerzeugnisse kann ich dieses Vorgehen durchaus empfehlen, da mit fertigen und bewährten Druckdaten kaum Fehlschläge zu befürchten sind. Außerdem beflügelt das Stöbern im Internet die eigene Kreativität und die guten Erfolgsaussichten machen schnell Lust auf mehr.

Eigene Konstruktionen am PC

Deutlich aufwendiger, aber in meinen Augen auch um einiges interessanter ist es, die eigenen Ideen am Computer zu entwerfen und anschließend auszudrucken. Der Kreativität sind dabei kaum Grenzen gesetzt. Glücklicherweise werden für den Endverbraucher geeignete 3D-CAD-Zeichenprogramme heutzutage oft kostenlos oder für recht kleines Geld angeboten.

Konstruieren und Modellieren mit TinkerCad und FreeCAD

Zu den wohl interessantesten Freeware- oder Open-Source-Programmen zählen in meinen Augen TinkerCAD (www.tinkercad.com) und FreeCAD (www.freecad.org). Beide Programme unterscheiden sich zum Teil recht deutlich hinsichtlich des Programmumfangs und der technischen Möglichkeiten.

Mit TinkerCAD lassen sich schnell und einfach Objekte modellieren. Die Software bringt eine umfassende Bibliothek von Standardteilen mit. Das Erstellen der 3D-Basisdaten erfolgt im Browser – auf eine Installation der Software wird verzichtet.

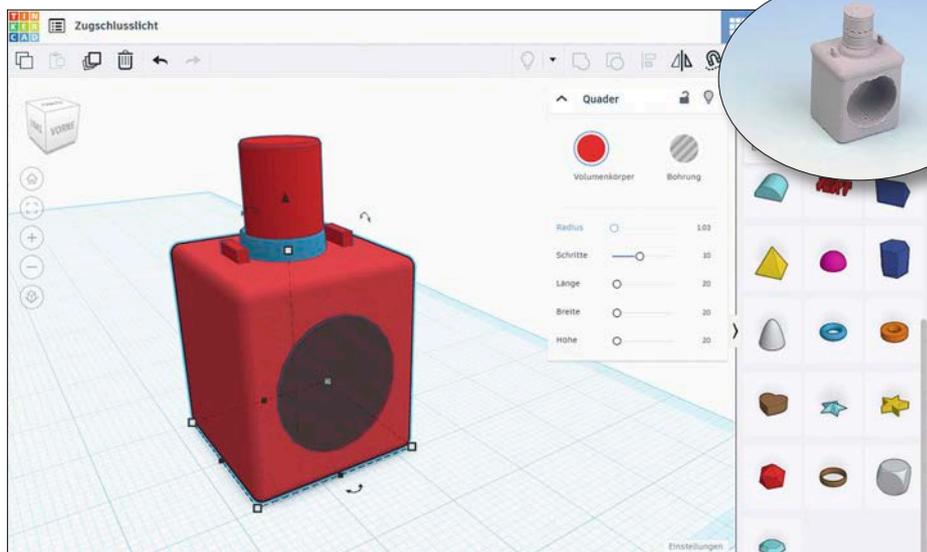
Nach der Registrierung bzw. dem Erstellen eines persönlichen Benutzerkontos dauert es nicht lange, bis die ersten einfachen Objekte erstellt, im Benutzerkonto gespeichert und schließlich als STL-Datei für den 3D-Druck exportiert werden können.

Einen deutlich größeren Umfang als TinkerCAD bringt die Open-Source-Software FreeCAD mit. Das Programm ist ebenfalls kostenlos; es muss sich vom Funktionsumfang dennoch nicht vor Profi-Lösungen verstecken. Auch größere komplexe Projekte können damit konstruiert bzw. modelliert werden.

Die Software läuft sowohl unter Windows als auch unter macOS und Linux und wirkt für den CAD-Einsteiger mit den vielen Arbeitsbereichen auf den ersten Blick ein wenig unübersichtlich. Wer sich mit der leistungsfähigen Software intensiv auseinandersetzt, wird mit einem wirklich leistungsfähigen Konstruktionswerkzeug – und das nicht nur für den 3D-Druck – belohnt.

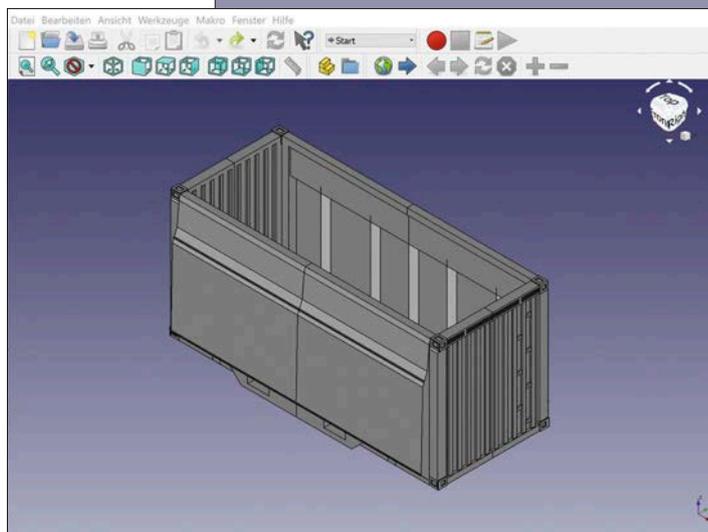
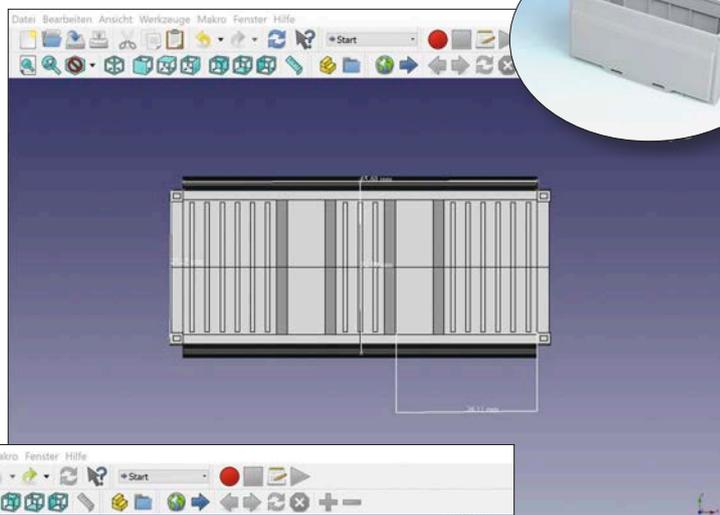
Profi-Software Autodesk Fusion

Bei der CAD-Software Fusion (ehemals Fusion 360) von der Firma Autodesk (www.autodesk.com) handelt es sich um eine absolute Profi-Software mit einem enormen Funktionsumfang für alle Belange der professionellen 3D-Konstruktion in kommerzieller Fertigung. Für den Einzelanwender stehen verschiedene Bezahlmodelle zur Verfügung. So werden für einen Monat ca. € 100,- fällig. In Verbindung mit einem Jahres-Abonnement zahlen Kunden immerhin noch rund € 60,- monatlich. Wer die Software nur gelegentlich nutzt, kommt mit dem Kauf von Token günstiger weg.



Die kostenlose Software TinkerCAD basiert auf einfachen geometrischen Körpern, die bequem angepasst und miteinander kombiniert werden.

Die kostenlose PC-Software FreeCAD erlaubt auch die Konstruktion komplexer Modelle. Da die Software in der Szene sehr beliebt ist, werden oft auch fertige Konstruktionsdaten zum Download angeboten.



Wer sich erst einmal in FreeCAD eingearbeitet hat, wird die vielen Möglichkeiten der PC-Software nicht mehr missen wollen. Die fertigen Modelle können in mehrere Datenformate exportiert und weiterverarbeitet werden.

Für Hobbyanwender stellt Autodesk zum aktuellen Zeitpunkt allerdings auch eine kostenlose Version mit einem eingeschränkten Funktionsumfang zur Verfügung. Diese enthält im Grunde alle wichtigen Basisfunktionen und ist für berechnete Benutzer und ausschließlich für nicht gewerbliche Zwecke gedacht.

Wir lernen die interessante Software in der kostenlosen Version für den Privatanwender noch im weiteren Verlauf dieser Spezialausgabe kennen. Für berechnete Schüler, Studenten und Lehrkräfte steht die Software bei einem entsprechenden Nachweis übrigens kostenlos zur Verfügung.

Von der Konstruktion zur druckfähigen Datei

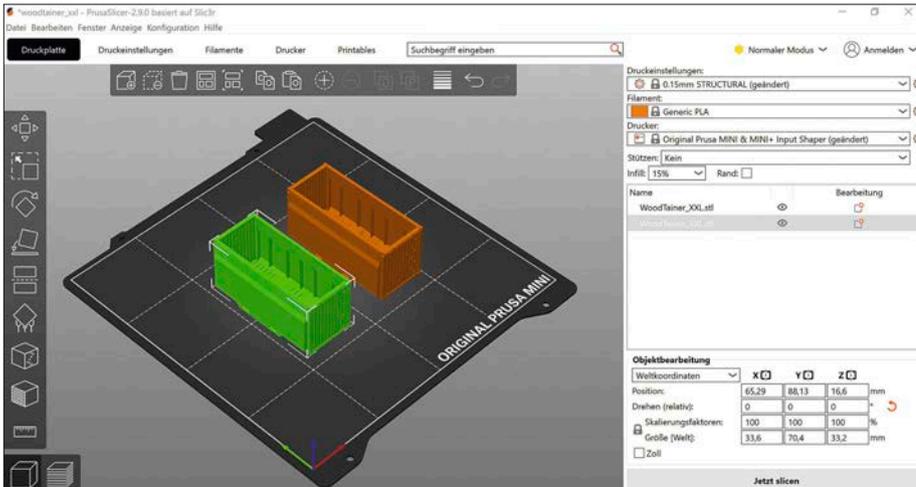
Egal, ob aus dem Internet heruntergeladen oder mit einer 3D-CAD-Software selbstständig erstellt – für den 3D-Druck sind die vorliegenden Daten in den allermeisten Fällen noch nicht geeignet. Neben den reinen Daten des zu druckenden Bauteils fehlen u.a. noch spezifische Daten wie z.B. eine individuelle Skalierung des Modells und die Platzierung auf der Druckplatte. Weitere für den 3D-Druck notwendige Informationen sind u.a. die Fahrwege des Druckkopfes beim FDM-Drucker oder die Belichtungsdaten beim Arbeiten mit einem SLA-, DLP oder MSLA-Drucker.

Slicer-Software

Die eigentlichen Konstruktionsdaten liegen nach dem Download aus dem Internet oder nach dem Datenexport aus der 3D-CAD-Software in der Regel im STL- oder OBJ-Format vor. Um aus diesen Daten eine druckfähige Datei zu machen, benötigen wir eine spezielle Slicer-Software. Diese zerlegt das 3D-Modell in einzelne dünne Scheiben und erzeugt die passenden Daten zur Steuerung des Druckers. Auch die für den 3D-Druck gegebenenfalls notwendigen Stützstrukturen werden von der Software berechnet und angelegt.

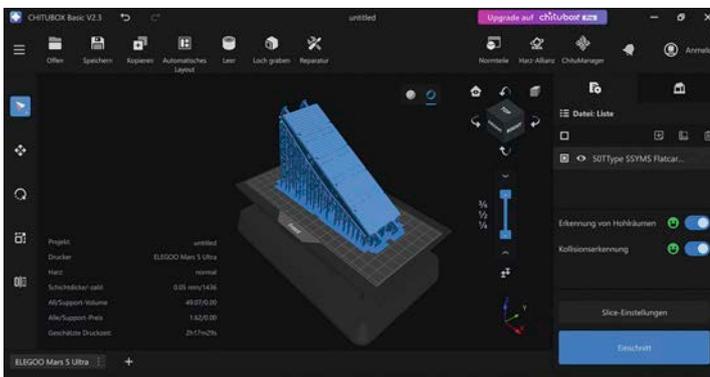
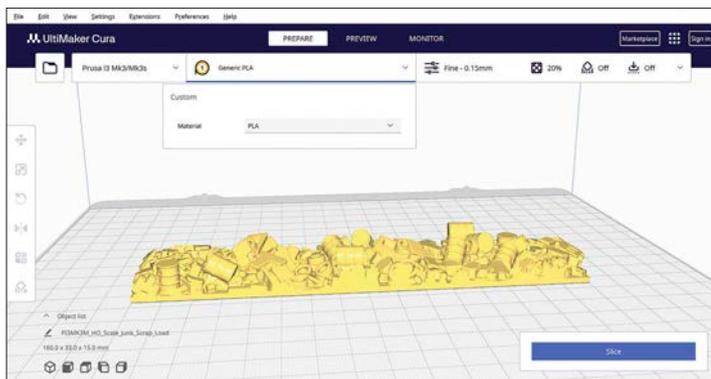
Die meisten Hersteller von 3D-Druckern liefern zu ihren Produkten gleich eine geeignete Slicer-Software mit. Je nach Druckerhersteller und Funktionsumfang der mitgelieferten Software kann es aber auch durchaus sinnvoll sein, auf eine Fremdsoftware auszuweichen. Zu den empfehlenswerten kostenlosen Slicer-Programmen gehören Ultimaker Cura (www.ultimaker.com) für den Druck mit vielen handelsüblichen Filamenten sowie Chitobox (www.chitobox.com) im Zusammenspiel mit SLA-, DLP- oder MSLA-Druckern.

Neben den eigentlichen Konstruktionsdaten haben die Einstellungen in der Slicer-Software entscheidenden Einfluss auf das Druckergebnis. Außer einer einwandfreien Kalibrierung des Druckbettes sind viele weitere Dinge zu beachten. Dazu gehören beim FDM-Druck z.B. die passend zum Druckmaterial auszuwählenden Filament- und Druckbetttemperaturen und die Schichthöhen, welche unmittelbaren Einfluss auf die Oberflächenqualität des Ergebnisses haben.



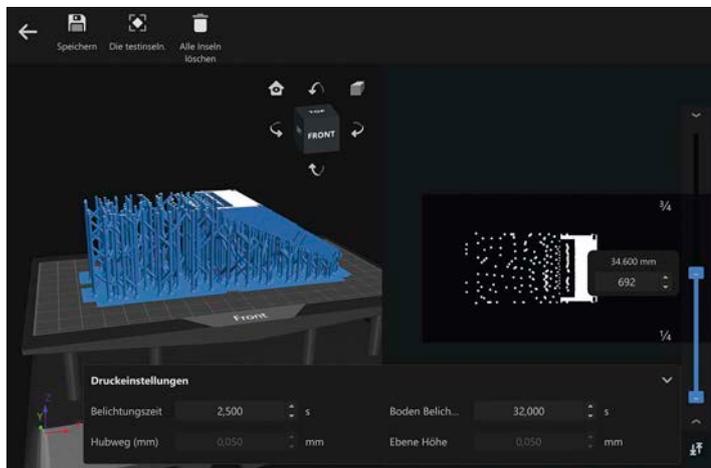
In den meisten Fällen liefern die jeweiligen Hersteller des 3D-Druckers eine zum Druckermodell passende Slicer-Software mit. Hier als Beispiel der Slicer der Firma Prusa, mit dem die aus FreeCAD exportierte Datei der vorherigen Seite für den 3D-Druck aufbereitet werden kann.

Weit verbreitet und zusammen mit vielen gängigen FDM-Druckern einsetzbar ist die Slicer-Software Cura aus dem Hause Ultimaker. Hier entsteht gerade die 3D-Druckdatei der Schrottladung von Seite 7.



Die Slicer-Software Chitobox ist speziell auf den Einsatz mit Resindruckern zugeschnitten. Die Software ist einfach zu bedienen und erzeugt auf Wunsch auch die für den Druck notwendigen Stützen.

In der Vorschau der Slicer-Software ist gut zu erkennen, wie das Modell des Schwerlastwagens von Seite 7 in einzelne Scheiben zerlegt wird. Rechts neben dem Modell zeigt die Software die für die Belichtung erforderlichen Masken für den MSLA-3D-Druck.



Beim FDM- und Resindruck stets Markenware verwenden

Die meisten Slicer-Programme bringen von Haus für die eigenen oder auch für die gängigen Druckermodelle von Fremdherstellern passende Einstellempfehlungen für den schnellen Start in den 3D-Druck mit. Meist können der eigene Drucker und die verwendeten Druckmaterialien einfach aus einer mehr oder weniger umfangreichen Liste ausgewählt werden.

Für den Einstieg empfehle ich die hauseigenen Werkstoffe der jeweiligen Druckerhersteller. Auf exotische Materialien und Billigangebote sollte zu Beginn möglichst verzichtet werden. Wer bei den Filamenten auf bewährte Markenware bzw. beim Resin auf die werksseitig empfohlenen Photopolymere setzt, erspart sich gerade zu Beginn so manchen Fehlschlag. Raten Sie mal, woher ich das weiß ...

Starten des Druckvorgangs

Um den Druckvorgang zu starten, müssen die von der Slicer-Software erstellten Daten natürlich erst einmal zum Drucker übertragen werden. Je nach Druckermodell geschieht dies optimalerweise über eine SD-Karte oder ein USB-Speichermedium.

Eine Direktverbindung zu einem PC oder das Einbinden des 3D-Druckers in ein Netzwerk ist bei verschiedenen 3D-Druckern ebenfalls vorgesehen, meiner Meinung nach jedoch nicht unbedingt die erste Wahl. Da der Drucker dauerhaft Zugriff auf die Druckdaten haben muss, führt eine Unterbrechung des Datenflusses in den allermeisten Fällen zu einem fehlgeschlagenen Druckauftrag.

Entnehmen und Nachbearbeiten

Beim 3D-Druck mit einem FDM-Drucker ist das gedruckte Bauteil nach dem Ende des Druckvorgangs quasi sofort einsetzbar. Im schlimmsten Fall müssen lediglich die mitgedruckten Stützstrukturen mit einem Skalpell o.Ä. entfernt und die Andruckpunkte geglättet werden.

Ist eine besondere Oberflächengüte gewünscht, kann die Oberfläche selbstverständlich – möglichst von Hand – geschliffen und nach einer sorgfältigen Reinigung mit handelsüblichen Modellbaufarben wie z.B. Vallejo Model Color oder Model Air lackiert werden.

Bei den ersten FDM-Druckversuchen sollten am besten die hauseigenen Filamente zum Einsatz kommen. Die passenden Einstellungen in der Slicer-Software sind dann schnell gefunden.



Auch beim 3D-Druck mit Resin empfiehlt es sich, auf Markenprodukte bzw. auf die vom Druckerhersteller empfohlenen Materialien zu setzen. Experimente sind später immer noch möglich.

Nach dem Filamentdruck können die Druckteile bei Bedarf noch bearbeitet und lackiert oder auch sofort eingesetzt werden. Wo die winzigen Stufen stören, hilft feines Schleifpapier



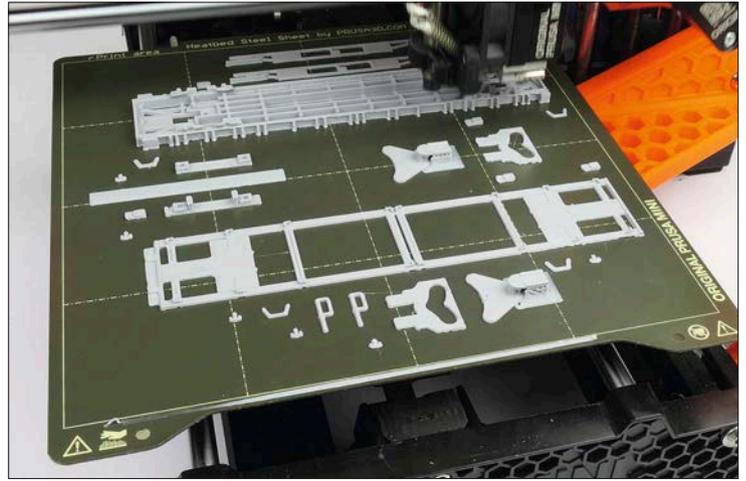
Beim Resin-Druck müssen die fertigen Druckerzeugnisse zunächst gereinigt und von den Stützstrukturen befreit werden. Dieses gelingt im ungehärteten Zustand gut mit dem Seitenschneider. *Fotos: Susanne Möritz*

Druckteile, die in Verbindung mit einem SLA-, DLP- oder MSLA-Drucker hergestellt wurden, müssen zuvor sorgfältig gereinigt und nachgehärtet werden. Wer auf eine der von verschiedenen Herstellern angebotenen Wasch- und Aushärtestationen zurückgreift, erspart

sich dabei nicht nur eine Menge Arbeit, sondern auch eine mittelgroße Sauerei.

Ein Schleifen ist beim Resindruck aufgrund der hohen Oberflächenqualität selten notwendig. Nach der Säuberung und dem Nachhärten können die Teile sofort lackiert werden. *Maik Möritz*

Keine Frage. Zum Einstieg in die Welt des 3D-Drucks sind Filamentdrucker ideal. Sie sind als offene Konstruktionen oder auch mit einem geschlossenen Gehäuse erhältlich und nach dem Auspacken in der Regel in wenigen Minuten startklar. Je nach Größe des Bau- raums und technischer Ausstattung gelingt der Einstieg schon für wenige Hundert Euro. Wir haben uns den MINI+ von Prusa im praktischen Einsatz rund um die Modellbahn genauer angesehen und den Drucker in der Bausatzversion auf Herz und Nieren getestet.



FDM-Drucker: Der Prusa MINI+ im praktischen Modellbahneinsatz

Filamentdruck in der Praxis

Das Kürzel „FDM“ steht für „Fused Deposition Modeling“ und beschreibt ein spezielles 3D-Druckverfahren, welches auf Extrusion basiert. Mit einer beheizten Düse und einem Extruder werden thermoplastische Kunststoffe geschmolzen und Schicht für Schicht auf eine Werk Ebene, das sogenannte Druckbett, aufgetragen.

Die zu verarbeitenden Kunststoffe sind meist in Drahtform auf Rollen konfektioniert und werden als Filament bezeichnet. Nach und nach entstehen über die koordinierten Bewegungen des Druckkopfes und des Druckbettes bzw. der Bauplatte die jeweiligen Bauteile.

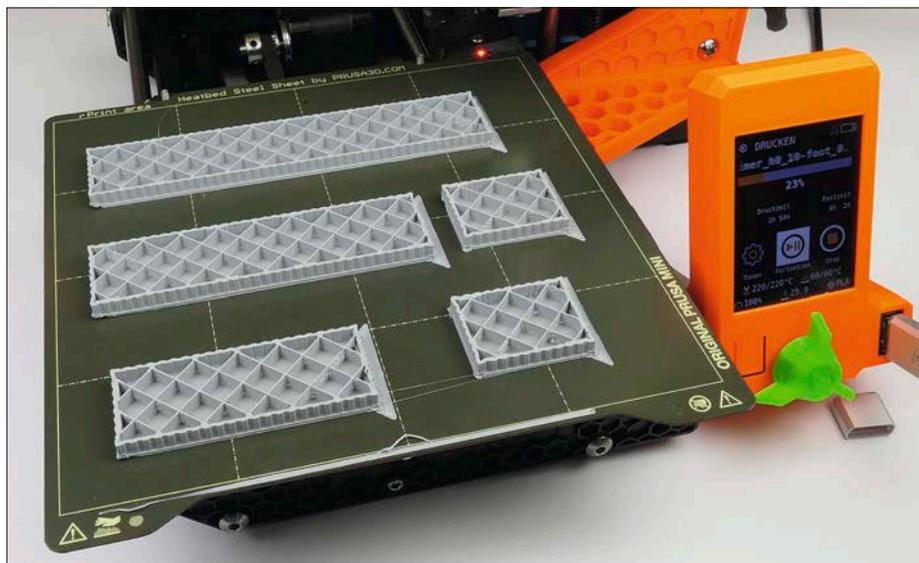
Volumenkörper werden dabei übrigens nicht vollständig mit Material ausgefüllt, sondern mit individuellen Füllstrukturen versehen. Um zu verhindern, dass größere überhängende Elemente quasi „in der Luft gedruckt“ und durch die Schwerkraft nach unten gezogen werden, müssen in der Regel zusätzliche Hilfs- und Stützstrukturen mitgedruckt werden. Das Material härtet nach dem Auftrag schnell aus. Nach dem Abkühlen können die Stützstrukturen entfernt und die Oberflächen der Bauteile bei Bedarf durch Schleifen oder Lackieren nachbearbeitet und der jeweiligen Anwendung angepasst werden.

Für jede Anwendung den richtigen Werkstoff auswählen

FDM-Drucker können je nach Ausstattung verschiedene Materialien verarbeiten. Für die vielfältigen Anwendungen rund um die Modellbahn bzw. den Modellbau eignet sich zunächst einmal das weit verbreitete PLA.

Der thermoplastische Kunststoff zeichnet sich bei der Verarbeitung durch wenig Verzug und geringste Schrumpfung aus. Das aus der Stärke von Pflanzen gewonnene Material eignet sich daher auch für 3D-Drucker, die keinen geschlossenen Bauraum und kein beheiztes Druckbett besitzen. Dank der glatten Oberfläche und der unkomplizierten Verarbeitung ist der harte Kunststoff sowohl für Montagehalterungen als auch für viele andere Modellbahnanwendungen ideal. Die Verarbeitungstemperatur von Polymilchsäure bzw. PLA liegt bei ca. 195 – 215 °C.

Wer es ein wenig flexibler und zäher mag, greift beim 3D-Druck am besten zum ABS. Der Kunststoff ist nicht so spröde wie PLA und eignet sich damit auch zur Herstellung von Schnappverschlüssen oder anderen mechanisch beanspruchten Druckteilen. Bauteile, die aus ABS-Filament gedruckt worden sind, lassen sich zudem sehr gut nachbearbeiten. Die hohe Härte und die Schlagfestigkeit des Materials ermöglichen es, die gedruckten Werkstücke zu sägen, fräsen, schleifen, polieren, kleben, lackieren und zu bemalen.



Volumenkörper wie z.B. die auf der Seite 19 beschriebenen Container als Ladegut für die Modellbahn werden beim Filamentdruck nicht vollflächig mit Material ausgefüllt, sondern mit individuell konfigurierbaren Füllstrukturen versehen. Dies spart eine Menge Material und Gewicht.

Marktübliches ABS wird meist bei Temperaturen von ca. 230 - 260 °C verarbeitet. Ohne ein beheiztes Druckbett (ca. 90 – 110 °C) und ein geschlossenes Druckergehäuse lassen sich mit dem anspruchsvollen Material aber kaum gute Druckergebnisse erzielen.

Eine mögliche Alternative zu ABS ist PETG. Der Werkstoff ist deutlich einfacher zu drucken als ABS und benötigt nicht zwingend einen geschlossenen und beheizten Bauraum. Um ein beheiztes Druckbett mit einer Temperatur zwischen 75 °C und 90 °C kommt der Anwender beim PETG allerdings auch nicht umhin. Der Werkstoff vereint viele der positiven Eigenschaften von PLA und ABS und wird bei ungefähr 220 - 260 °C verarbeitet. Mit PETG lassen sich übrigens auch sehr gut transparente Bauteile drucken. Außerdem kann das Material sowohl trocken als auch nass leicht geschliffen werden

Den richtigen FDM-Drucker fürs Modellbahn hobby finden

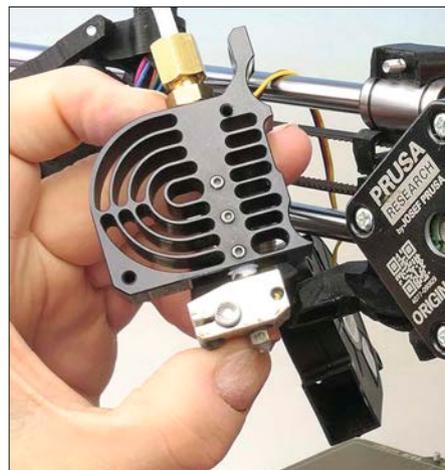
Wie wir aus dem vorherigen Abschnitt wissen, lassen sich bestimmte Materialien nur mit einem beheizten Druckbett und einem geschlossenen und evtl. zusätzlich beheizten Bauraum verarbeiten. Wer für die Modellbahn nicht nur Dinge aus PLA drucken möchte, kommt um einen entsprechend ausgerüsteten 3D-Drucker nicht umhin.

Persönlich bevorzuge ich auch beim Druck mit PLA ein ca. 50 – 60 °C warmes Druckbett. Ergänzend dazu hat sich bei uns im Hause – alleine schon aus Sicherheitsgründen und zum Schutz vor den allzu neugierigen Fingern meines Enkelkinds – ein 3D-Drucker mit einem geschlossenen Gehäuse bewährt. Neben dem reinen Sicherheitsgedanken sorgt ein geschlossenes Gehäuse nicht zuletzt auch für deutlich reduzierte Betriebsgeräusche, was je nach Druckerstandort und Betriebszeit durchaus von Vorteil sein kann.

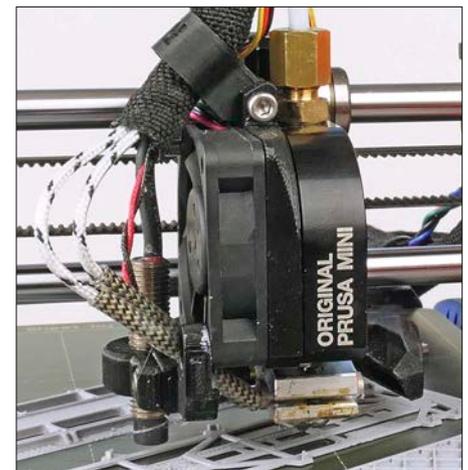
Nicht nur das zu druckende Material, sondern natürlich auch der zur Verfügung stehende Bauraum ist ein wichtiges Kriterium für die Auswahl des richtigen Druckers. Für die allermeisten Modellbahnanwendungen dürften zu druckende Objekte mit Kantenlängen von bis zu 15 - 20 cm ausreichend sein, sodass auch kleinere und preiswerte 3D-Drucker in die engere Auswahl einbezogen werden können.



Der MINI+ aus dem Hause Prusa ist ein kleiner Filamentdrucker mit einem nutzbaren Bauraum von 18 x 18 x 18 cm. Der Drucker kann teilmontiert oder als Komplettbausatz bezogen werden und macht in der Praxis eine Menge Freude. Die Bauplatte ist magnetisch und abnehmbar.



Im unteren Bereich des Druckkopfes bzw. unterhalb des Kühlkörpers sind das Heizelement, der Temperaturfühler und die Düse montiert.



Mit einer Temperatur von bis zu 280 °C kann der Prusa MINI+ viele unterschiedliche Materialien für den 3D-Druck verarbeiten.

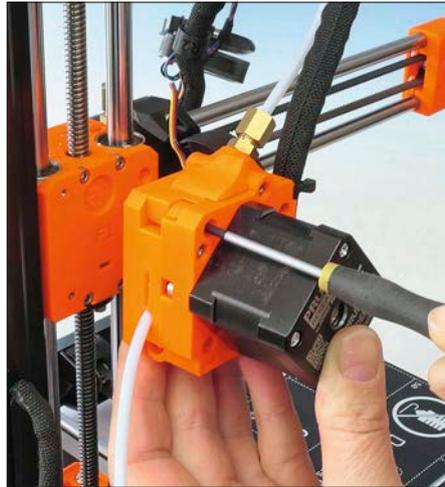
Bei der Suche nach dem richtigen FDM-Drucker für meine Modellbahnanwendungen bin ich schließlich auf die europäische Marke Prusa gestoßen. Der Hersteller aus der Tschechischen Republik bietet eine Vielzahl an unterschiedlichen 3D-Druckern für nahezu jedes Budget und jeden Anspruch an.

Prusa betreibt darüber hinaus eine sehr informative Webseite (<https://www.prusa3d.com>), auf der gerade Neuein-

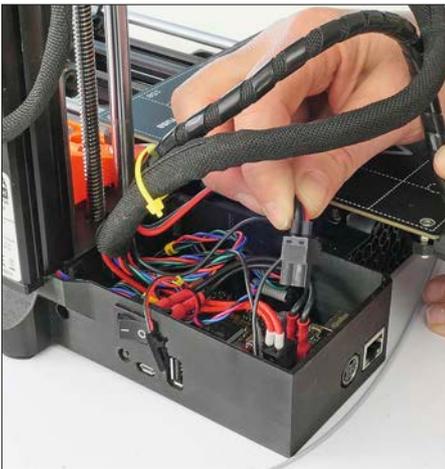
steiger viele wertvolle Informationen zum Einstieg in das interessante Thema bekommen können. Besonders zu erwähnen sind hier das kostenlos als Download zur Verfügung stehende Handbuch „Grundlagen des 3D-Drucks“ sowie eine überaus wertvolle Materialliste mit eigenen und fremden 3D-Filamenten sowie deren typischen technischen Eigenschaften und praktischen Verarbeitungsempfehlungen.



Bei der teilmontierten Variante werden bereits fertig vormontierte Baugruppen verschraubt.



Der Extruder sorgt dafür, dass stets die korrekte Menge an Filament zur Düse gelangt.



Der Anschluss der einzelnen Funktionskomponenten erfolgt über solide Steckverbinder.



Der 3D-Drucker wird über ein Farbdisplay gesteuert. Die Druckdaten liefert ein USB-Stick.



Das A und O für den Druckerfolg ist eine saubere Bauplatte. Als Reinigungsmittel eignet sich beispielsweise Isopropanol aus dem regionalen Fachhandel.

Die Druckergebnisse des MINI+ von Prusa können sich durchaus sehen lassen. Um die Haftung auf dem Druckbett zu erhöhen, wurden hier noch Ränder um die Objekte gedruckt.



MINI+ von Prusa – teilmontiert oder als Komplettbausatz

Prusa bietet den MINI+ sowohl als teilmontierte Variante als auch zusätzlich in einer Bausatzversion an. Bei der teilmontierten Variante sind die Hauptgruppen ab Werk vormontiert und müssen nur noch miteinander verbunden werden. In der Bausatzversion muss der Drucker dagegen von Grund auf montiert werden, was anhand der verständlichen und großzügig bebilderten Montageanleitung aber kein wirkliches Problem darstellt. Wer keine zwei linken Hände und Spaß am Zusammenbauen hat, kann hier durchaus zuschlagen.

Wer seinen Drucker selbst aufbaut, lernt viel über die Konstruktion bzw. den technischen Aufbau und kann ganz nebenbei und je nach Modell noch ein paar Euro sparen. Für den Prusa MINI+ werden auf der Webseite des Herstellers für den Bausatz € 459,00 fällig. Die halbmontierte Version kostet € 489,00.

Kompakter 3D-Drucker mit ordentlichem Bauraum und vielen Funktionen für jedermann

Mit einem Bauraum von 18×18×18 cm ist der MINI+ ein voll ausgestatteter 3D-Drucker. Mit sensorloser Referenzfahrt, automatischer Gitterbettkalibrierung, austauschbaren Düsen, Netzwerkanschluss, USB-Druck und einem Vollfarb-LCD-Bildschirm eignet sich das Modell sowohl für den Einsteiger als auch für den 3D-Druck-Profi. Dank der kompakten Abmessungen findet der Drucker auch in kleineren Hobbyräumen Platz. Zahlreiche Sicherheitsfunktionen, die gute Druckqualität im Online- und Offline-Betrieb sowie nicht zuletzt die solide Verarbeitung und die zahlreichen Upgrade-Möglichkeiten machen den Drucker in meinen Augen für den Modellbauer zum idealen Begleiter bei der Ausübung seines kreativen Hobbys.

Dank dem magnetischen Heizbett und den leicht entfernbar Federstahlblechen lassen sich die gedruckten Bauteile sehr einfach und ohne die Gefahr von Beschädigungen durch Biegen des Stahlblechs aus dem Drucker entfernen. Der MINI+ verfügt über ein bis zu 100 °C beheizbares Druckbett und kann mit einer maximalen Düsentemperatur von bis zu 280 °C grundsätzlich auch anspruchsvollere Materialien verarbeiten.

Mit oder ohne Gehäuse

Wie zu Beginn dieses Artikels schon erwähnt, können spezielle Kunststoffe mit einem 3D-Drucker nur in einer beheizten Umgebung verarbeitet werden. Wer neben dem klassischen PLA auch ABS oder andere spezielle Werkstoffe verarbeiten möchte, benötigt einen 3D-Drucker in einem geschlossenen Gehäuse.

Viele Hersteller bieten zu ihren Druckern mit offener Bauart passgenaue Gehäuse zur Nachrüstung an. Da Gehäuse und Drucker aufeinander abgestimmt sind, gelingt die Einhausung des Druckers schnell und einfach. Neben einer stabilen Druckumgebung mit erhöhten Temperaturen sorgen passgenaue Gehäuse nicht nur für eine deutliche Reduzierung der Arbeitsgeräusche sondern stellen auch einen wertvollen Beitrag zur Arbeitssicherheit dar. Da alle beweglichen Teile des Druckers abgedeckt sind, können weder Kleinkinder noch Haustiere beim Druckprozess Schaden nehmen.

Drucken statt kaufen

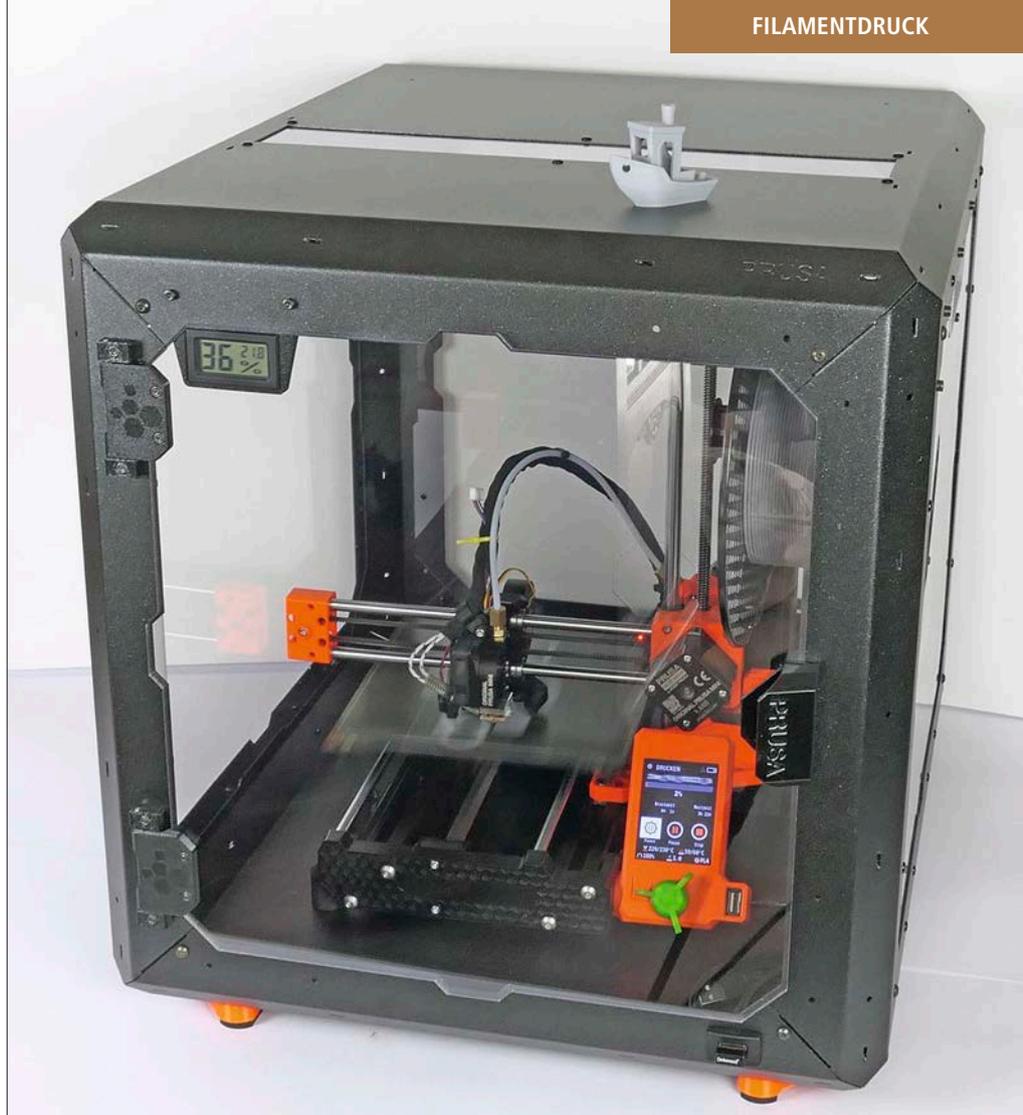
Immer mehr Druckerhersteller stellen für ihre Erzeugnisse auch fix und fertige 3D-Druckdaten zur Verfügung, mit denen passende Gehäuse selbst hergestellt werden können. Wer die spezifischen Teile und Halterungen selbst druckt und mit Acryl- oder Plexiglasscheiben aus dem Fachhandel kombiniert, kann hier durchaus ein paar Euro sparen.

Prusa Enclosure MINI

Ich habe mich bei dem MINI+ für ein originales Prusa-Gehäuse entschieden. Dieses wird auf der Webseite des Herstellers unter der Bezeichnung Enclosure MINI in verschiedenen Ausführungen angeboten. Die Preise beginnen inkl. Versand bei knapp € 200,00.

Das Gehäuse wird als zerlegter Bausatz geliefert und besitzt an der Vorderseite einen Anschluss für einen USB-Stick, sodass die Gehäusetür zur Übertragung der Druckdaten nicht extra geöffnet werden muss.

Wer mag, kann zu dem Gehäusebausatz gegen € 80,00 Aufpreis noch eine LED-Beleuchtung erwerben. Weitere Optionen sind u.a. ein automatisches Feuerlöschsystem für € 109,00 Aufpreis oder ein fortschrittliches Filtersystem, das mit € 120,00 zu Buche schlägt.



Wer mit seinem 3D-Drucker spezielle Filamente wie z.B. ABS verarbeiten möchte, benötigt ein geschlossenes Gehäuse. Für den MINI+ wird von Prusa dazu ein passender Bausatz angeboten.



Die Einzelteile des Gehäusebausatzes bestehen beim Enclosure MINI von Prusa aus Stahlblech, Acrylglas und einigen Druckteilen aus PETG. Alle benötigten Kleinteile werden mitgeliefert.



Ein Display zur Anzeige der Temperatur- und Luftfeuchte gehört auch zum Prusa-Gehäuse.



Der USB-Stick zur Übertragung der Daten kann auch außen am Gehäuse eingesteckt werden.



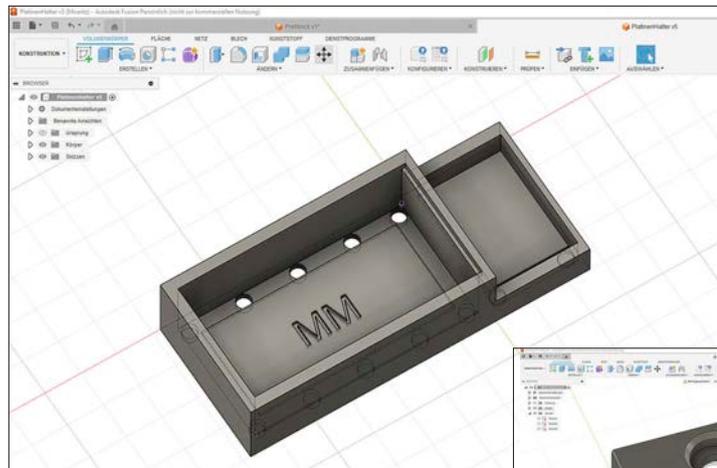
Wer ältere analoge Modelle digitalisieren möchte, kann sich mithilfe eines 3D-Druckers schnell und einfach die passenden Montagehalterungen für den Digitaldecoder oder die neue LED-Beleuchtung konstruieren und drucken.

Einfacher als gedacht: Spezielle Montagehalterungen drucken

Einer der größten Vorteile des 3D-Drucks besteht für mich als Modellbahner darin, nicht lange nach praktischen Hilfsmitteln oder individuellen Montagehalterungen suchen zu müssen, sondern diese einfach selber herstellen zu können. Egal ob es sich um ein passendes Gehäuse für einen Digitaldecoder, eine spezielle LED-Halterung als Ersatz für die Glühlampenfassung in einer Lokomotive oder auch um eine praktische Servohalterung handelt – die Möglichkeiten sind vielfältig und das Ergebnis meist deutlich professioneller als bei so manch improvisierter Bastellösung.

Wer sich in den gängigen 3D-Modell-Datenbanken wie Printables (<https://www.printables.com>), Cults (<https://cults3d.com>) oder auch bei Thingiverse (<https://www.thingiverse.com>) umsieht, findet für zahlreiche Anwendungen rund um Modelleisenbahn und Modellbau fix und fertig konstruierte 3D-Modelle. Diese können kostenlos oder für kleines Geld heruntergeladen und in vielen Fällen vor dem Druck sogar noch den eigenen Wünschen und individuellen Anforderungen angepasst werden.

Servos eignen sich auf der Modellbahn für viele individuelle Antriebsaufgaben. Mit dem 3D-Drucker lassen sich die passenden Halterungen für die stehende oder liegende Montage ganz einfach selbst herstellen.



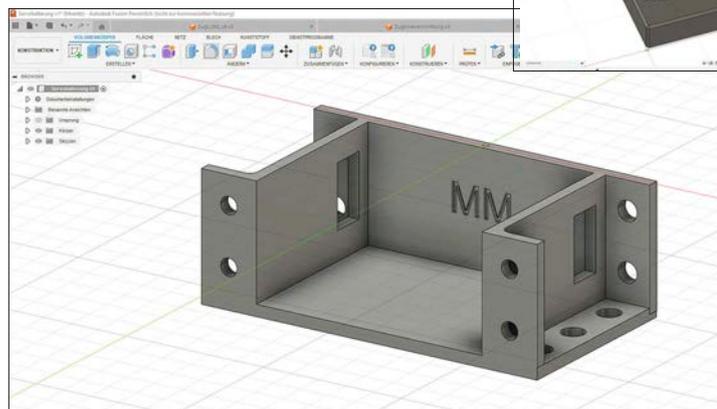
Die praktische Montagehalterung für den ESU-Lok-Sound-Decoder inkl. Zuckerwürfel-Lautsprecher sowie die LED-Halterung für die Diesellok wurden mit Fusion konstruiert.

Konstruieren und modellieren mit Autodesk Fusion

Sollten sich in den Datenbanken einmal keine passenden 3D-Modelle finden lassen, müssen diese mit einem 3D-CAD-Programm selbst konstruiert werden. Was in der Theorie kompliziert und teuer klingt, machen uns einige Softwarehersteller und Entwicklungsgemeinschaften in der Praxis heutzutage erfreulich einfach.

Mit der professionellen 3D-Modelliersoftware Fusion aus dem Hause Autodesk (<https://www.autodesk.com>) steht dem Modelleisenbahner eine Vielzahl an interessanten und leistungsfähigen Werkzeugen und Konstruktionsmöglichkeiten zur Verfügung.

Um den vollen Funktionsumfang nutzen zu können, werden je nach Laufzeit zwischen € 65 und 95 fällig. Für Hobbyanwender wird von Autodesk eine kostenlose Version mit eingeschränktem Funktionsumfang angeboten, die für unsere Belange in meinen Augen völlig ausreicht. Über den Kauf von Tokens ist auch eine gelegentliche Nutzung der Vollversion zum kleinen Preis möglich.



Auch die universelle Servohalterung entstand am heimischen PC mit dem 3D-CAD-Programm Fusion. Die Servos lassen sich damit komfortabel an Ort und Stelle befestigen.

Druckvorbereitung mit dem Prusa-Slicer 2.9.0

Nach der Konstruktion lassen sich die Daten mit Fusion u.a. im weit verbreiteten STL-Format exportieren. Dies ist übrigens auch das Datenformat der meisten 3D-Modelldateien aus dem Internet.

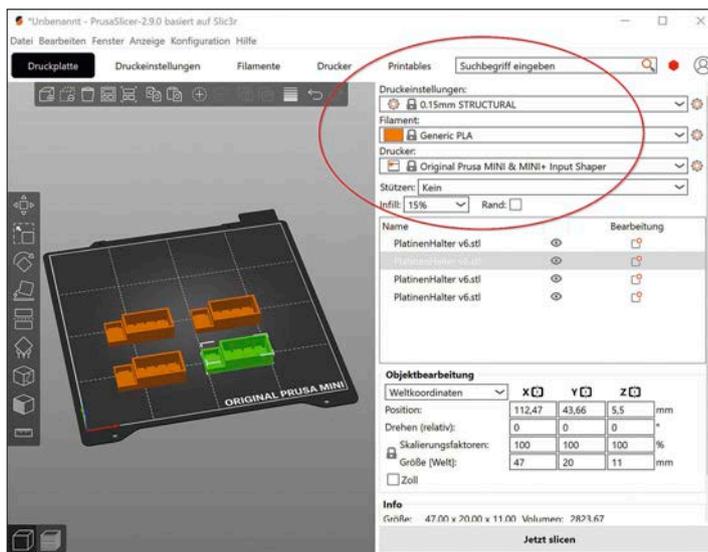
Um aus den Konstruktionsdaten im STL-Format eine druckbare Datei zu machen, muss diese in einer speziellen Slicer-Software weiter bearbeitet werden. Bei diesem und den folgenden Projekten benutze ich – passend zu meinem Prusa-3D-Drucker – den hauseigenen Prusa-Slicer in der Version 2.9.0.

Die Software ist speziell für die Drucker von Prusa entwickelt worden und bringt verschiedene Betriebsmodi mit. Während im besonders übersichtlichen Einsteigermodus nur wenige Auswahlmöglichkeiten angezeigt werden, können im Normal- und Expertenmodus auch tiefgreifende Einstellungen vorgenommen werden.

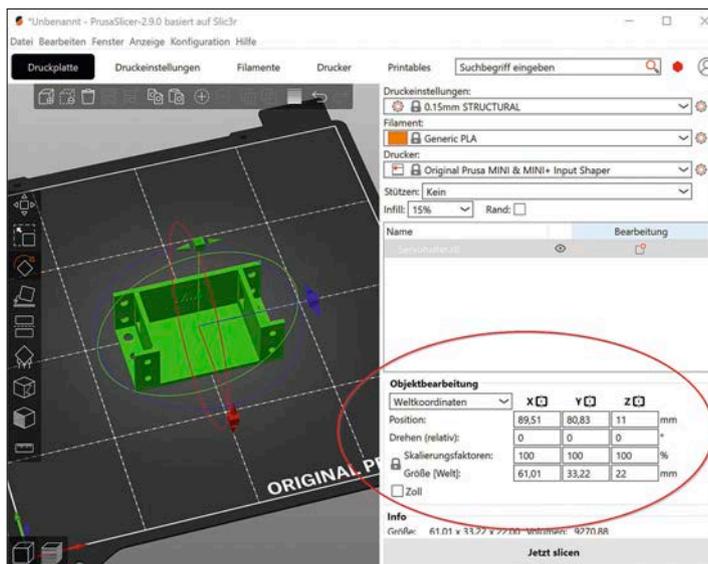
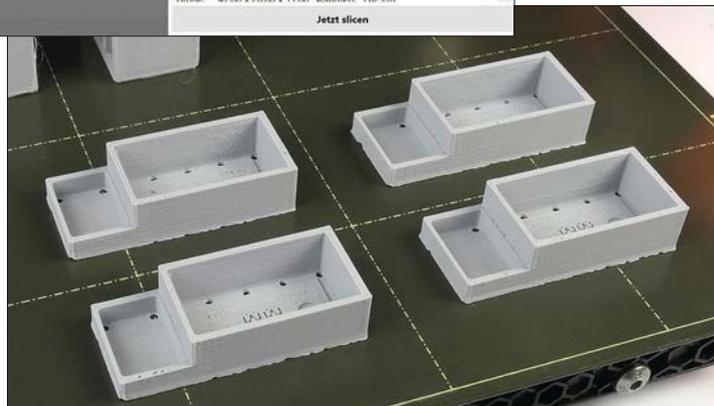
Für den Einstieg genügt es, neben der auf dem Druckbett platzierten STL-Datei den jeweiligen Prusa-Drucker und das zu benutzende Druckmaterial bzw. das gewünschte Filament auszuwählen. Anschließend kann aus mehreren angezeigten Druckprofilen zwischen einer möglichst hohen Druckqualität oder einer schnellen Druckzeit ausgewählt und abgewogen werden. Weitere Einstellungen sind nicht zwingend notwendig, bevor die druckfähige Datei bzw. der Maschinencode (G-Code) für den 3D-Drucker erzeugt und auf einen Datenträger exportiert werden kann.

Über den G-Code erhält der 3D-Drucker nicht nur alle wichtigen Betriebsparameter für den eigentlichen Druck, sondern auch die Fahrwege der X-, Y- und Z-Achse für das zu druckende Objekt. Sollten je nach Konstruktion und Anordnung des zu druckenden Teils auf der Druckplatte noch Stützen oder Hilfskonstruktionen benötigt werden, können diese ebenfalls direkt von der Slicer-Software berechnet und in den G-Code integriert werden.

Der exportierte G-Code muss bei dem Prusa MINI+ über einen USB-Stick zum Drucker übertragen werden. Nach dem Einstecken des USB-Sticks und dem Einschalten des Druckers kann die G-Code-datei über das Farbdisplay ausgewählt und der Druck gestartet werden. Falls nötig, können einzelne Druckparameter während des Drucks angepasst werden.

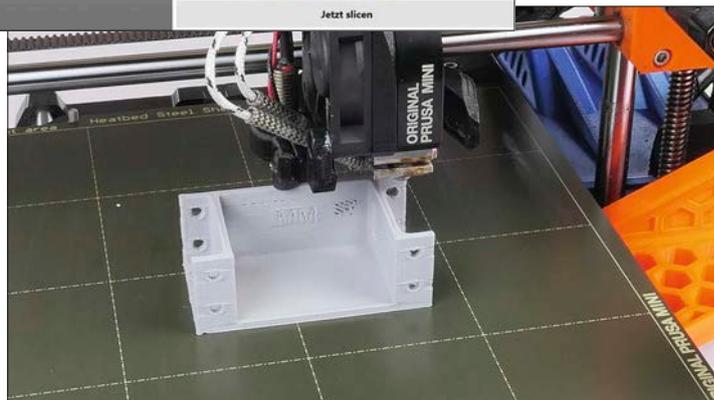


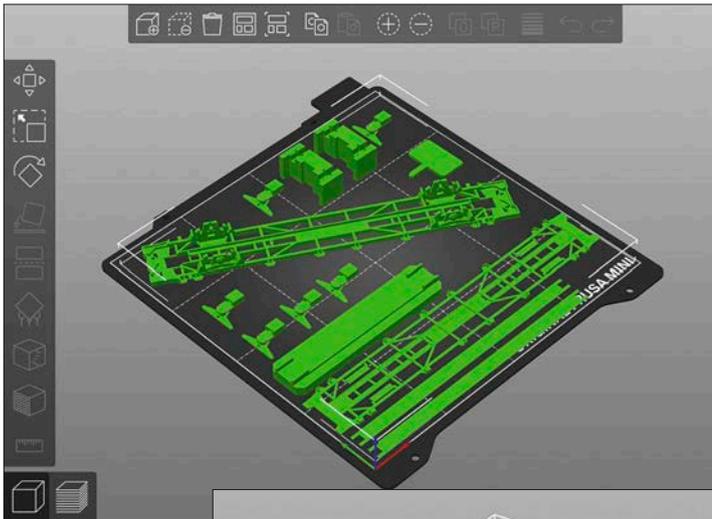
Exakt wie im Prusa-Slicer auf dem Druckbett angeordnet, entstehen im 3D-Druckverfahren dann die einzelnen Druckteile. Die feinen Linien der einzelnen Schichten sind kaum zu sehen.



Über die Objektbearbeitung können die zu druckenden Teile im Prusa-Slicer skaliert und hinsichtlich der Position und Neigung auf dem Druckbett verändert werden. So lassen sich ähnliche Konstruktionen für unterschiedliche Maßstäbe bzw. Baugrößen nutzen.

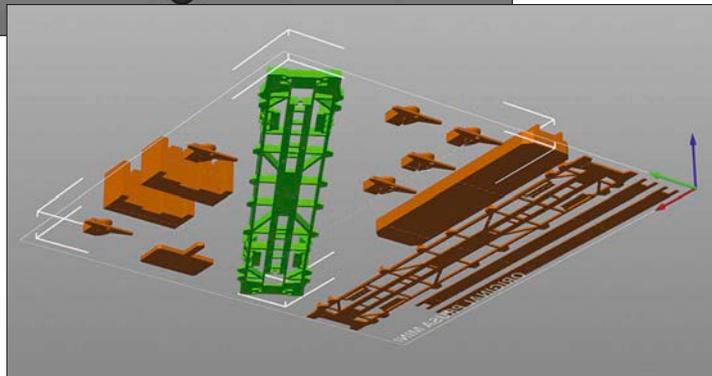
Der Servohalter aus dem Werkstoff PLA ist hier so gut wie fertig und kann nach dem Abnehmen vom Druckbett ohne weitere Nacharbeiten seiner Aufgabe überantwortet werden.



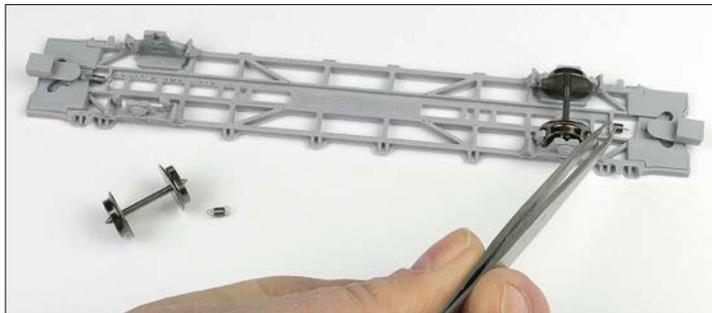


Aufgrund des kleinen Druckbetts des Prusa MINI+ müssen die zu druckenden Objekte gut durchdacht platziert werden. Wichtig ist bei der Neuordnung der Druckteile, dass alle Elemente wirklich völlig plan auf dem Druckbett aufliegen.

Mit der Maus kann das Druckbett im Prusa-Slicer beliebig gedreht werden. Beim Blick von unten lässt sich beurteilen, ob alle Teile korrekt auf dem Druckbett aufliegen.



Die gedruckten Einzelteile müssen nur noch mit Zugfedern für die Führungen der Kuppelungskulissen und passenden Radsätzen aus dem Modellbahnzubehör ergänzt werden.



Zum Kleben benutze ich gerne den UV-Kleber von UHU. Da die Druckdaten auch Montagehilfen beinhalten, gelingt die präzise Montage, hier z.B. der Puffer, recht einfach.



Zu guter Letzt sorgt eine Grund- und Detailbemalung für ein vorbildnahes Ergebnis. Wer mag, ergänzt das Modell später noch mit einer passenden Decal-Beschriftung.



Containertransport in 1:87 im FDM-Druck

Neben dem 3D-Druck von individuellen Montagehalterungen und praktischen Hilfskonstruktionen eignet sich der hochwertige Filamentdruck heutzutage auch zur preiswerten Herstellung von individuellem Modellbahnzubehör bis hin zu authentischen Ladegütern und ganzen Modellfahrzeugen.

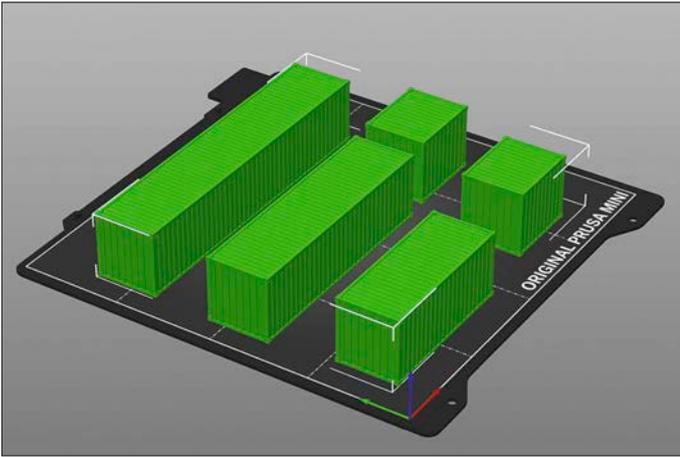
Als weiteres Beispiel für den FDM-Druck mit dem Prusa MINI+ habe ich mir aus der Modelldatenbank Printables im Internet einen Containertragwagen samt passenden Containern in 1:87 herausgesucht. Nach dem Herunterladen stehen die zahlreichen Einzelteile des gesamten Projektes entweder als reine Konstruktionsdaten in FreeCAD oder auch als fix und fertige Datei zum Öffnen mit dem Prusa-Slicer zur Verfügung.

Auch der Mehrfarbdruck mit unterschiedlichen Filamenten wäre in Verbindung mit den heruntergeladenen Daten der Modelldatenbank möglich, ergibt in meinen Augen mit dem MINI+ von Prusa aber nur bedingt Sinn, da ein Filamentwechsel hier nur manuell durchgeführt werden kann.

Montage mit UV-Kleber

Nach dem Drucken erfolgt die Montage der Einzelteile. Da in den heruntergeladenen Daten auch gleich die passenden Hilfskonstruktionen bzw. Montagelehren enthalten sind, gelingt die Montage des Wagens problemlos. Als Klebstoff für meine 3D-Druckteile verwende ich gerne UV-Kleber, wie er z.B. von UHU unter dem Namen LED-Light-Booster angeboten wird. Gegenüber dem klassischen Sekundenkleber härtet dieser erst unter dem Einfluss einer UV-Lichtquelle aus. So lassen sich die zusammengefügte Bauteile vor dem Aushärten noch gut korrigieren. Die notwendige UV-Lichtquelle befindet sich dabei in der Regel mit im Lieferumfang des Klebers.

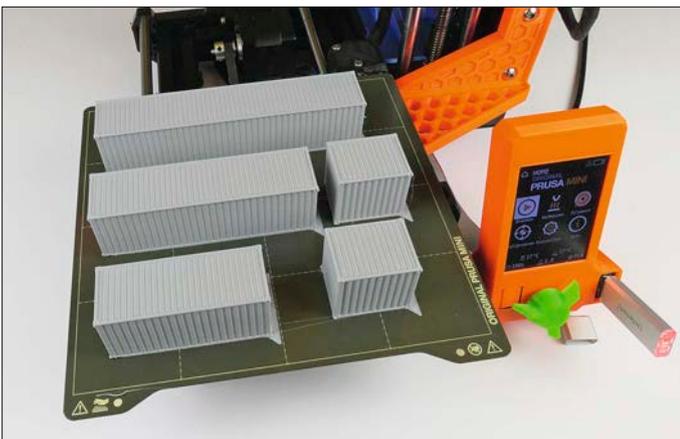
Die Kuppungen für den gedruckten NEM-Schacht inkl. den kleinen Zugfedern für die Kulissenführung können dem Ersatzteil- und Zubehörsortiment der verschiedenen Modellbahnhersteller entnommen werden. Von hier kommen auch die Radsätze für den Betriebseinsatz. Kombiniert mit den ebenfalls in Eigenregie gedruckten Containern steht dem Einsatz auf der Modellbahn nun nichts mehr im Wege. *Maik Möritz*



Die einzelnen Container in den unterschiedlichen Größen kommen als fix und fertige Konstruktionen aus dem Internet. Sie können nach eigenen Wünschen ausgewählt und auf dem Druckbett platziert werden.



Gedruckte Teile aus dem 3D-Drucker sollten vor der Lackierung unbedingt grundiert werden. Gute Erfahrungen habe ich mit der hellgrauen Grundierung von Vallejo aus der Spraydose gemacht.



Nach dem Drucken sehen die Container ohne Beschriftung noch recht unscheinbar aus. Die Oberflächenqualität und die feinen Details zeugen aber von guten Druckeinstellungen und einer sauberen Düse.



Mit den passenden Decals wirken die gedruckten Container gleich viel vorbildgetreuer. Passende Nassschieber gibts im Internet. Sie lassen sich aber auch gut mit Decalfolie und einem Drucker selbst herstellen.



Für den regelmäßigen Fahrbetrieb sollten die Containertragwagen am besten aus PETG oder ABS gedruckt werden. In Verbindung mit dem 3D-Druck lassen sich für kleines Geld interessante Güterzüge zusammenstellen. Fotos: Susanne Möritz



Die Drehscheiben der Sylter Inselbahn in Hörnum und List

Wenden mit dem LT

Um das gelungene Modell des Sylter Leichttriebwagens (ehemals Brekina, jetzt Modellbahn Union) auch an den Endpunkten der Strecke vorbildgerecht einsetzen zu können, mussten Modulkästen mit Drehscheiben her. Uwe Stehr beschreibt, wie er diese Drehscheiben konstruiert und gedruckt hat.

In den 50er-Jahren waren Gleisanlagen und Fahrzeuge der allermeisten Kleinbahnen infolge des Mangels und der steten Überlastung durch die Kriegs-

und Nachkriegszeit arg in Mitleidenschaft gezogen. Auch die finanzielle Lage war kurz nach der Währungsreform angespannt. An großzügige,



Einer der Leichttriebwagen (LT 5) der Sylter Inselbahn, die 1952-54 in der eigenen Werkstatt aus Borgward-Lkws entstanden. Zum Zeitpunkt der Aufnahme im Sommer 1970 war der Streckenabschnitt nach Hörnum bereits eingestellt, nur die Strecke Westerland–List war noch bis Ende 1970 in Betrieb. Bei Fahrtrichtungswechsel an den Endpunkten mussten die Fahrzeuge auf einer Drehscheibe per Hand gedreht werden, hier am 20.8.1970. Foto: Dieter Junker/Eisenbahnstiftung

Hein Hasselbrok muss sich mächtig anstrengen, um den Leichttriebwagen von Hand zu drehen. Aber das Fahrzeug hat nun mal das Getriebe eines Straßen-Lkws mit vier Vorwärts- und nur einem Rückwärtsgang. An den Endpunkten der Strecke muss es folglich gedreht werden.

Die Druckdaten für dieses Drehscheiben-Projekt finden Sie zum Herunterladen unter www.jagsttalbahn-moedelle.de

staatliche Unterstützung war nicht zu denken. In der jungen Bundesrepublik waren viele andere Projekte wichtiger.

Die Lösung sah die meterspurige Sylter Inselbahn in Herstellung und Betrieb von Leichttriebwagen, deren Komponenten aus relativ günstig zu erwerbenden Kfz-Fahrwerken bestanden. Die fünf Leichttriebwagen LT 1 bis LT 5 entstanden dabei aus je einem verkürzten B4000-Fahrgestell samt Führerhaus der Firma Borgward, und einem Personewagen mit Mitteleinstieg. Dieser war an einem Ende als Sattelaufleger konstruiert und hatte am anderen Ende ein Drehgestell. Einziges Manko der genialen Konstruktion: Der Lkw hat vier Vorwärtsgänge und nur einen Rückwärtsgang. Somit mussten die LT an den Streckenenden gedreht werden. Auch die dafür nötigen, mit 15 m sehr langen und leichten Drehscheiben wurden vor Ort auf Sylt gebaut.

Als Modell gab es die LTs vor langer Zeit bei Brekina. Bei Modellbahn-Union wurden sie inzwischen wieder aufgelegt, diesmal in H0m und auf Wunsch mit Decoder und Sound.

Wie so oft werden Neuheiten im Freundeskreis besprochen, so auch diese zusammen mit Stephan Rieche. Wie sollte man die schönen LTs einsetzen? Von uns hat keiner eine Anlage mit Kreisstrecke als vermutlich einfachste Lösung und unseren Modulbahnhöfen fehlten bis dato die für den Einsatz nötigen Drehscheiben. So entstand die Idee zum Bau zweier Drehscheiben auf kurzen Modulen als Ziehgleis an jedem Ende des Arrangements.

Erstaunlicherweise gibt es dazu auch ein aus Polystyrol gefrästes Modell der Handdrehscheibe Sylter Inselbahn in H0m unter https://www.stadtmodell.de/index.php?route=product/product&product_id=176

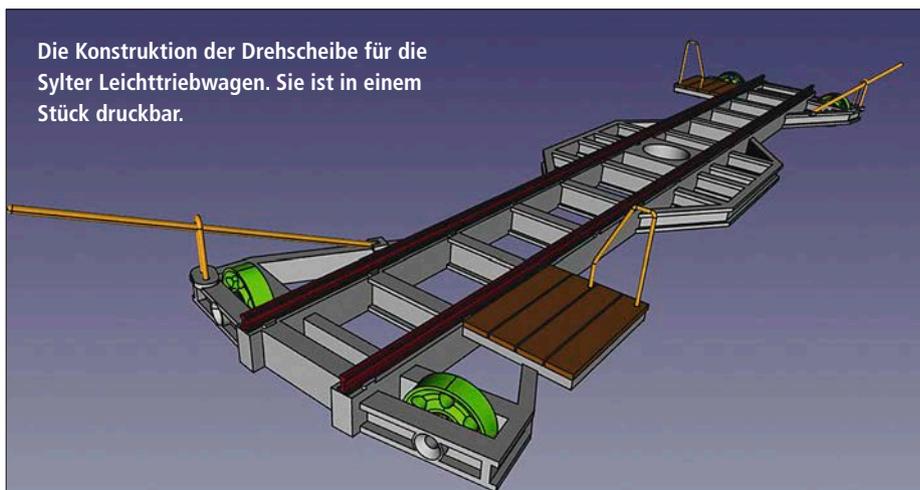
Allerdings ist das Ding mit € 149,- nicht gerade billig und einen Antrieb muss man sich dafür auch noch bauen. Dann lieber gleich neu konstruieren.

Informationen zum Vorbild, vor allem die wichtigen Bilder vom Vorbild, fanden sich beim DEV im Netz unter Sylter Inselbahn | Bildarchiv Kleinbahn-Museum Bruchhausen-Vilsen https://www.kleinbahn-museum.de/bildarchiv/picture.php?/7545/tags/169-sylter_inselbahn

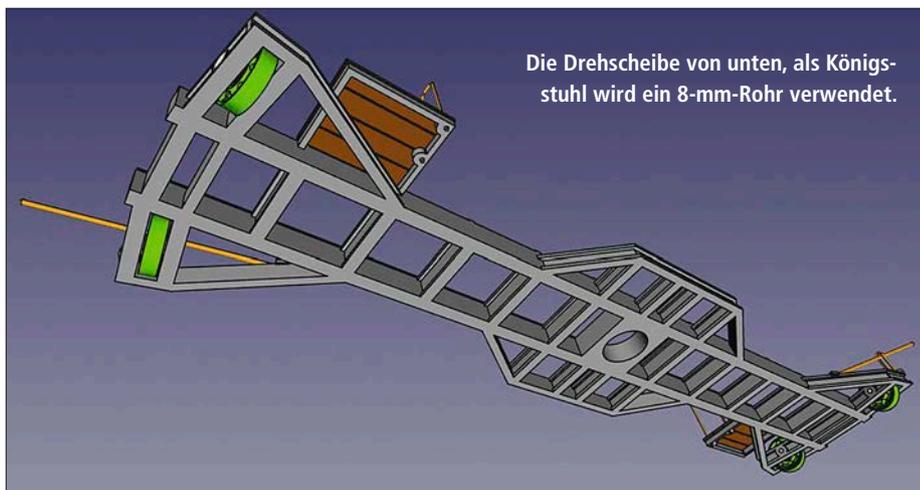
Damit waren die wichtigsten Voraussetzungen gegeben, sodass die Konstruktion beginnen konnte. Folgende Punkte soll sie erfüllen:

- bündiger Einbau in eine 30-mm-Styrodurplatte
- Antrieb von Hand über seitlich in das Modul eingelassene Handräder
- ggf. eine Feststellbremse
- automatische Umpolung der Schienen bei 180°-Drehung
- Verzicht auf elektronische Komponenten

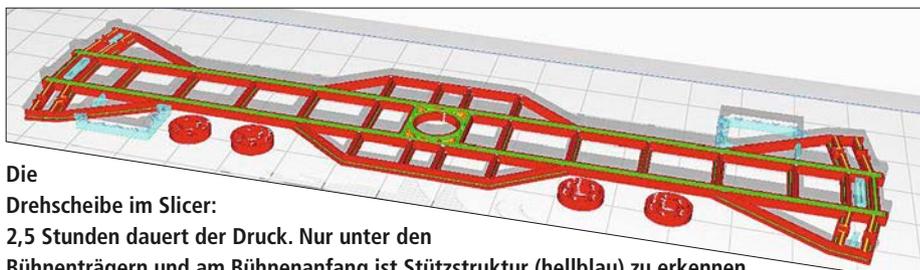
Natürlich könnte man die Drehscheibe auch mit einem Getriebemotor und Endschaltern, einem Schrittmotor oder Servoantrieb antreiben, aber auf einem Treffen für einen einzigen Verbraucher, der nur gelegentlich genutzt wird, 220-V-Leitungen und Transformatoren aufzubauen ist doch etwas zu viel Aufwand, zumal bei der Sylter Inselbahn neben den Weichen auch die Drehscheiben von Hand gestellt werden. Ob die Sylter Drehscheiben besonders leichtgängig liefen oder die Personale besonders kräftig waren, ist nicht bekannt ...



Die Konstruktion der Drehscheibe für die Sylter Leichttriebwagen. Sie ist in einem Stück druckbar.

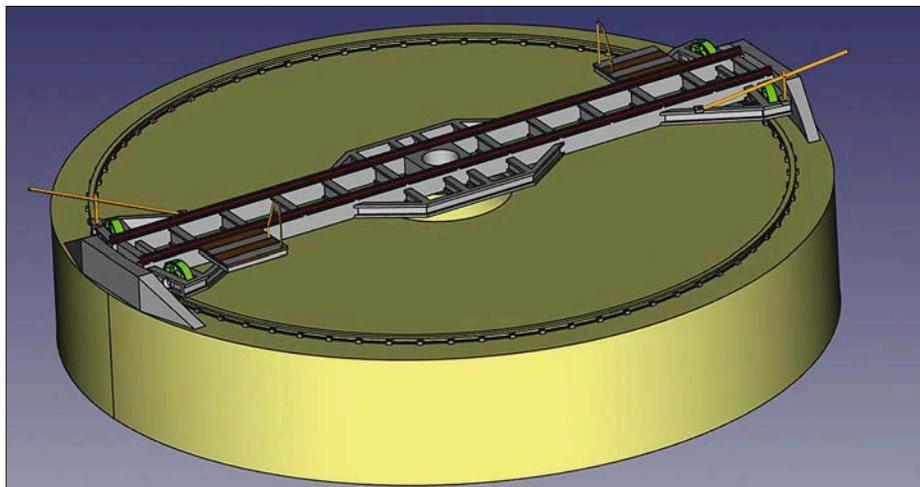


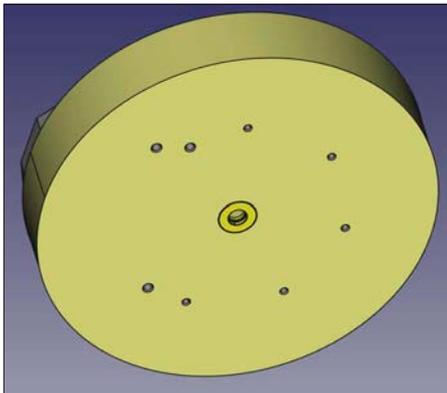
Die Drehscheibe von unten, als Königstuhl wird ein 8-mm-Rohr verwendet.



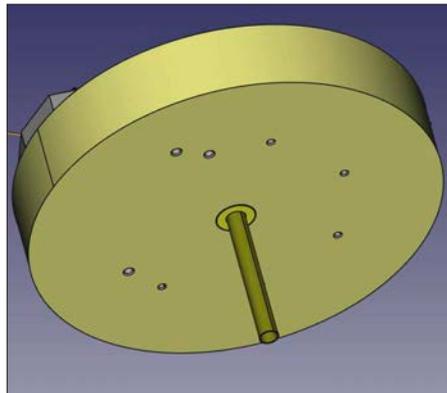
Die Drehscheibe im Slicer: 2,5 Stunden dauert der Druck. Nur unter den Bühnenträgern und am Bühnenanfang ist Stützstruktur (hellblau) zu erkennen.

Unten die komplette Drehscheibe als Konstruktion. Griffstangen und Geländer (gelb) werden später aus Messingdraht ergänzt.

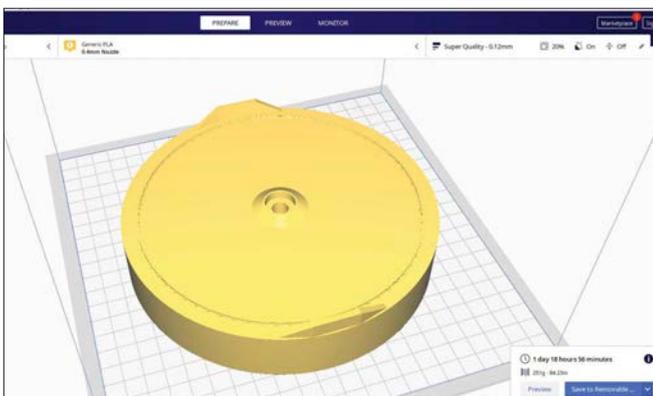




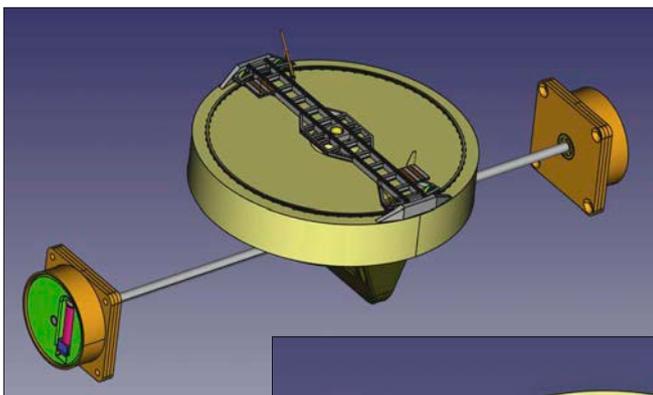
Auf der Unterseite sind alle benötigten Befestigungsbohrungen für den Antrieb vorgesehen.



Nach unten steht nur das 8-mm-Rohr des Königsstuhls hervor. Hier wird das Antriebsrad montiert.

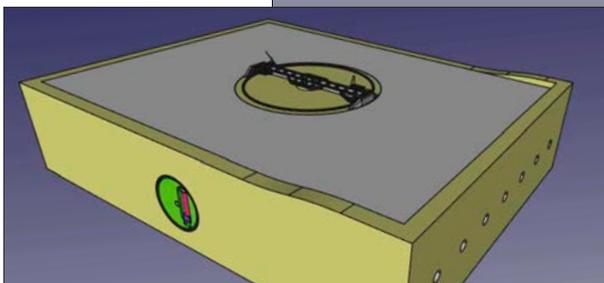
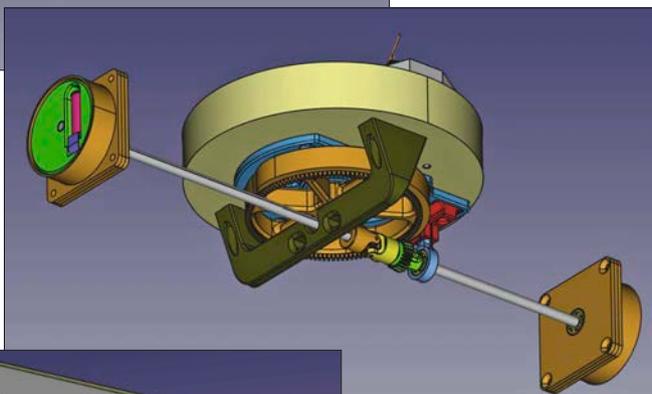


Glück gehabt, die Basis passt soeben in den Drucker Ender 3. Mit einer Druckdauer von 1 Tag und 18 Stunden der längste Druck und das größte Bauteil der ganzen Konstruktion!



Für den Antrieb der Drehbühne werden seitlich Taschen für die Kurbeln – ähnlich wie beim Weichenantrieb – eingebaut. So sind die Bauteile versenkt eingebaut, was bei Modulen vor Unfällen schützt.

Der Antrieb wurde von einer älteren Konstruktion übernommen: durchgehende 6-mm-Welle, die ein Ritzel antreibt, das das große Zahnrad der Drehscheibe antreibt.



Die Drehscheibe wird in ein Endmodul eingebaut, das später einfach an die beiden Enden einer Fremo-H0m-Anlage geschraubt wird und so den Einsatz der Leichttriebwagen ermöglicht.

Die Konstruktion umfasst folgende Bauteile:

- Bühne
- Grundplatte
- Lager und Schalter Platte
- Zahnrad mit Nockentrommel
- Ritzel
- Stützlagerhalter
- Handkurbel

Für den Druck wurde der Drucker Creality Ender 3 pro ausgewählt und mit folgenden Parametern angesteuert:

- Schichtstärke 0,12 mm für alle Teile im sichtbaren Bereich, 0,2 mm für alle anderen Bauteile
- Düsendurchmesser: 0,4 mm
- Temperatur: 195° C
- Bett-Temperatur: 40° C
- Füllung: 20 %
- Z-Naht: Random
- Druckgeschwindigkeit: 60 mm/s
- Retrakt: Ja
- Kühlung: 100 %
- Material: PLA grau (Amazon Basic)

Die Konstruktion der Drehbühne

Leider fand sich in den Büchern zum Thema „Sylt“ keine Zeichnung der Drehscheiben, aber deren Länge wird dort mit 15 m angegeben. Zum Glück fanden sich dort Bilder der Drehbühnen, die von einigen weiteren ergänzt wurden, die ich im Internet gefunden habe. Aber auch so blieben mir viele Abmessungen unbekannt. Sie wurden im Vergleich mit den Bildern rein optisch ermittelt.

Die Schienen liegen auf zwei durchgehenden Balken, in der Mitte ist die Konstruktion seitlich durch angeschweißte U-Profile verstärkt. Um die Spur zu halten sind 14 Streben in Form eines Doppel-T-Profils vorgesehen. In der Mitte befindet sich die Lagerung des Königsstuhls.

Als Königswelle habe ich ein 8-mm-Aluminiumrohr mit 1 mm Wandstärke vorgesehen. In diesem Rohr werden auch die Kabel für den Fahrstrom und der Schleifring untergebracht. Als Abdeckung dient eine Kunststoffplatte mit Rautenmuster.

An beiden Enden der Bühne befinden sich die Aufnahmen für die insgesamt vier Stützrollen. Jede dieser Stützrollen ist in zwei 1-mm-Kugellagern gelagert und wird mit einer M1x10-Schraube im Radschacht der Aufnahmen drehbar befestigt.

Jeweils auf der linken Seite befindet sich eine kleine Plattform. Hier steigt der

Fahrer des LT aus. Damit dies einfacher und sicherer ist, hat man auch einen einfachen Handlauf angebracht. Im Modell ist dieser nicht gedruckt, sondern aus 0,6-mm-Messingdraht gebogen und verlötet. An der gegenüberliegenden Seite ist ein Ausleger angebracht, mit dem die ganze Bühne samt LT von Hand gedreht wird. Auf den Bildern wird die Bühne von einer oder von zwei Personen bewegt. Auch der Ausleger samt Hebel entstand aus 0,6-mm-Messingdraht.

Konstruktion der Basis

Ausgangsbasis ist eine 30 mm dicke Scheibe mit einem Durchmesser von 170 mm. Im Zentrum wird ein 10-mm-Durchgangsloch eingebracht und auf beiden Seiten eine Aufnahme für das Druckkugellager 8 x 16 x 5 mm. An der Oberseite habe ich dafür einen Kegelstumpf als Königsstuhl vorgesehen. Von diesem Teil des Vorbilds habe ich leider keine Bilder, er befindet sich komplett unsichtbar unter der Drehbühne.

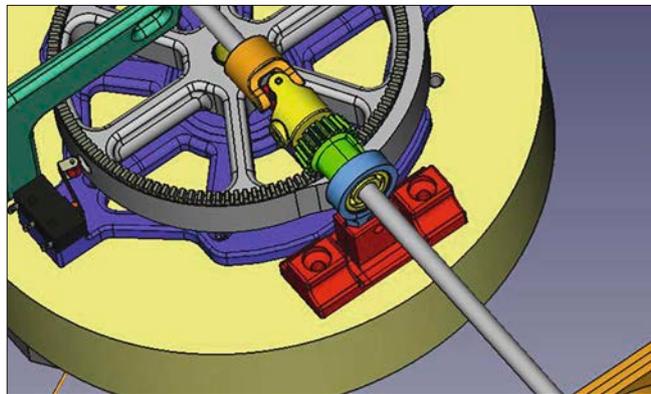
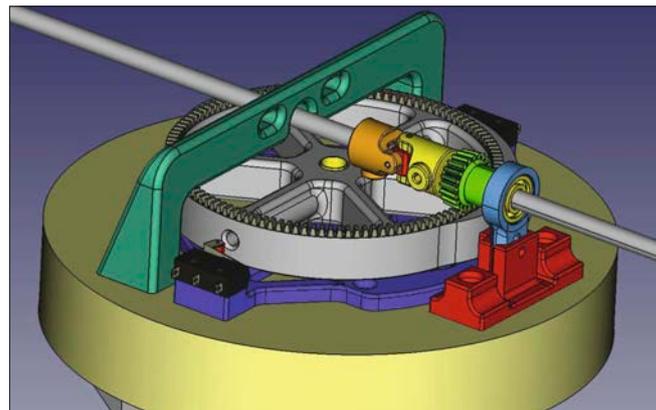
Die Stützrollen laufen auf einer im Kreis verlegten Schiene. Diese wollte ich ursprünglich aus einem Schienenprofil biegen, habe sie dann aber auch als Konstruktion zusammen mit den Kleisen in die Grundplatte eingebracht. Auf den Bildern ist hier nur ein Schienenkopf zu erkennen, der Rest verschwindet im Sand.

An beiden Enden ist deutlich eine betonierete Rampe, auf der das Gleis verlegt ist, zu sehen. Auch diese beiden Rampen sind Teil der Konstruktion. Die Basis ist, wie bereits die Bühne selber, so ausgelegt dass sie in einem Stück gedruckt werden kann.

Konstruktion des Antriebs

Hier habe ich zwei Elemente vorgesehen. Das eine wird mit der Basis verschraubt und trägt das Kugellager 8 x 22 x 8 mm und die beiden Springkontakte als Umschalter für die Polarität der Fahrspannung. Als Vereinfachung habe ich hier auf ein Bauteil zurückgegriffen, das ich für ein ähnliches Projekt (eine kleine Wagendrehzscheibe) verwendet habe. Die somit schon vorgegebenen Befestigungslöcher für Senkkopfschrauben wurden auf die Grundplatte übertragen und dort als Kernlochdurchmesser der entsprechenden Gewinde eingebracht. Die Löcher für die Springkontakte sind Kernlöcher für M2-Gewinde.

Die Brücke (grün) dient der Halterung der Kabel für die Grube, die beiden Springkontakte polen die Schienenprofile der Bühne beim Drehen elektrisch um.



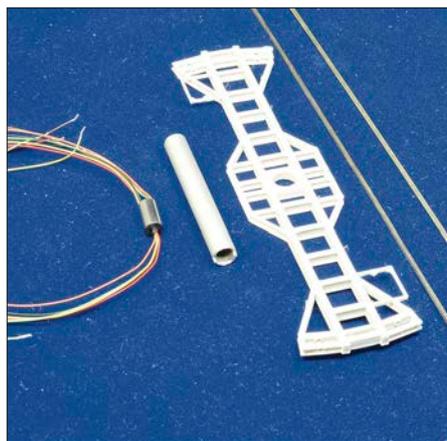
Der Antrieb aus der Nähe. Ein Ritzel treibt das große Antriebsrad der Drehscheibe an. Zum exakten Einstellen des Zahnflankenspiels dient das in der Höhe variable Stützlager (rot). Da die Welle vorn und hinten im Modulkasten gelagert ist, genügt hier eine einzelne Stütze.



Die Basis wird in die Modulgrundplatte aus 30-mm-Styrodur eingeklebt und die Oberfläche mit Papier überzogen.

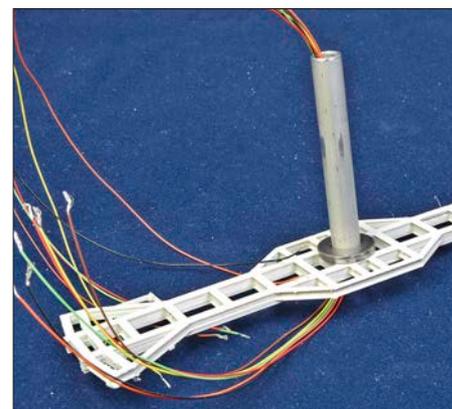


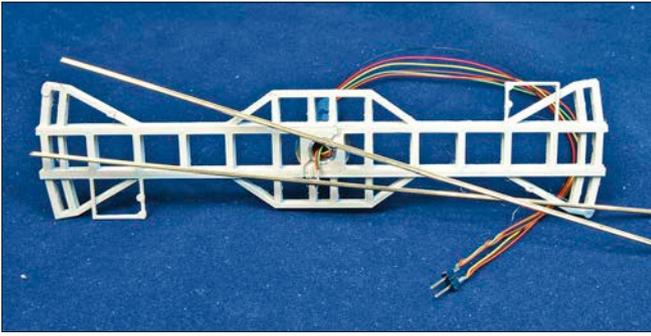
Nach dem Einsetzen der Basis wird das Modul innen weiß gestrichen, damit sich der Holzkasten nicht im Laufe der Zeit verzieht.



Rechts: Die montierte Drehbühne. Der Schleifring wird später im Rohr in die Königsweile integriert.

Links: Die Einzelteile der Drehscheibe: Schleifring, 8-mm-Aluminiumrohr, die gedruckte Drehbühne und die zum Fahren nötigen Schienenprofile in Code 55.

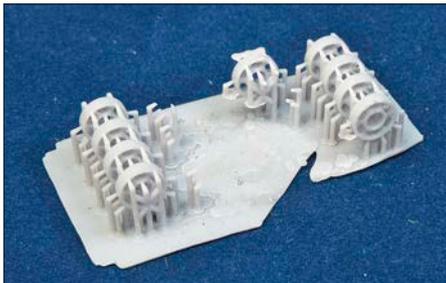
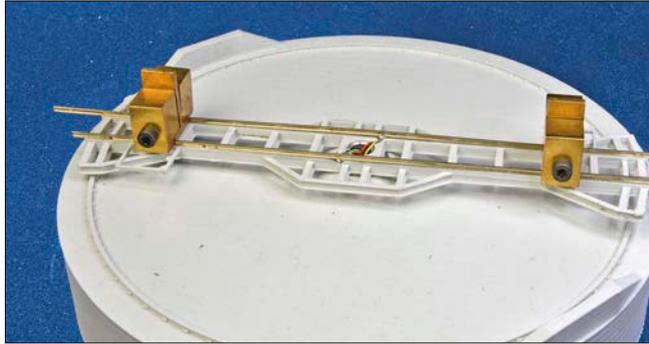




Hier ist der Schleifring bereits in die Königswelle eingesetzt. An den Schienenprofilen sind die durch das Rohr führenden Leitungen angelötet.

Fotos und Screenshots:
Uwe Stehr

Zum Aufkleben der Schienen werden Gleisklemmen verwendet, um die Spurweite exakt einzuhalten. Auch die Lage der Lötstellen für die Kabel lässt sich so gut festlegen. Nach dem Aushärten des Klebers werden die Profile noch abgelängt.



Die gedruckten Stützräder. In der Mitte hat die Stützstruktur versagt, sodass dort die Teile misslungen sind – kommt vor ...



In jedem Stützrad werden zwei winzige Miniatur-Kugellager verbaut. Deren Größe liegt bei nur 1 x 3 x 1 mm.



Die ganz filigranen Bauteile wie Geländer und Drehgriffe werden aus 0,7-mm-Messingdraht angefertigt. Damit ist die Bühne fertig zum Einbau.



Die Halteplatte mit den beiden Springkontakten zum Umpolen der Fahrspannung beim Drehen und das 6-mm-Hauptlager für die Antriebswelle.



Das Stützlager für die Antriebswelle. Es ist zum Einstellen des Zahnflankenspiels über ein einfaches Langloch und eine geschraubte Klemmhalterung in der Höhe einstellbar.

Die weiteren Elemente bestehen aus einem Kronenradkranz mit Modul 1 und 94 Zähnen, der Schaltnocke für die Springkontakte, dem zentrischen 10-mm-Loch für die Königswelle und eine in einer Speiche untergebrachten Klemmvorrichtung M5. Die Höhe der Schaltnocke ist für zwei übereinander montierte Springkontakte vorgesehen, ist also doppelt so hoch wie benötigt. Grund dafür ist die Möglichkeit des Einbaus eines zusätzlichen Springkontaktes als Referenzschalter für die Verwendung eines Antriebs mit Schrittmotor und Arduino-Steuerung. Dies ist allerdings eher eine Option für die feste Installation in einer Heimanlage.

Um nun den Zahnkranz in Bewegung zu setzen, wird noch ein passendes Ritzel benötigt: ebenfalls im Modul 1, 14 Zähne und ein Bund mit durchgehender, zentrischer 6-mm-Bohrung. Im Bund liegt noch ein M3-Gewinde für eine Madschraube zum Festklemmen des Ritzels auf der 6-mm-Welle.

Das Ritzel muss zum Kronenradkranz eine exakte Position einnehmen. Da das ganze Rad samt Nocke auf der Königswelle verschiebbar ist und erst bei der Feinjustage in der benötigten Position geklemmt wird, muss auch das Ritzel in der Höhe einstellbar sein. Auch hier habe ich auf eine bereits existierende Konstruktion für ein in der Höhe verstellbares 6-mm-Kugellager zurückgegriffen. Die Basis dieses Halters ist mit zwei M4-Senkkopfschrauben versehen, deren Position nun auf die Basis übertragen wird und dort als Kernloch für M4-Gewinde eingebracht.

Dadurch ist die durchgehende 6-mm-Welle dreifach gelagert, das ist überbestimmt und wird so gewiss klemmen. Um dies zu verhindern, wird ein zusätzliches Kardangelen für 6-mm-Wellen benötigt, das ich schon vorher für einen Weichenantrieb konstruiert habe.

Konstruktion des Kurbelantriebs

Die Bedienelemente meiner Weichenantriebe werden seitlich in die Modulseitenwände eingelassen. Dafür bohre ich mit einem 60 mm Kronenbohrer ein Loch in die Seitenwand für eine Einbautasche. In dieser Größe möchte ich nun auch die Kurbeln für die Drehbühnen unterbringen. Die Kurbel muss zum Bedienen aus der Seitenwand ragen, was beim Transport unweigerlich zu Problemen oder gar Beschädigungen führt. Die



Lösung ist ein ausklappbarer Griff, der in der eingeklappten Position von einem Magneten in Position gehalten wird.

Die Basis ist nun also die Einbautasche mit 60 mm Außendurchmesser und innen liegendem Befestigungsflansch und Aufnahme des Kugellagers 6x15x4 mm für die 6-mm-Welle.

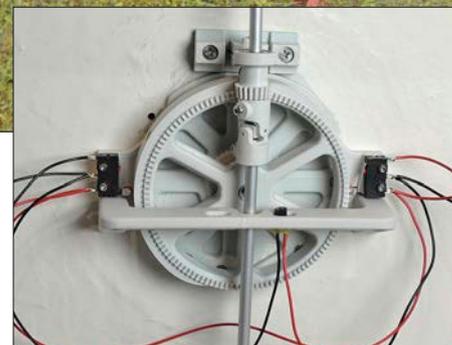
Die Kurbel ist eine Scheibe mit 56 mm Durchmesser, einer Dicke von 16 mm und einer zentralen Bohrung von 6 mm. Seitlich liegt noch ein M3-Gewinde für eine M3 x 12-Schraube zum Klemmen des Handrades. Das Gelenk des Griffes ist ein Klotz 10 x 10 x 12 mm mit einer mittigen 1,5 mm Bohrung für den 1,5 x 40 mm-Stift. In die Stirn des Klotzes ist ein M3-Gewinde zur drehbaren Befestigung des Griffes und zum Klemmen des 1,5 x 40 mm-Stiftes. Um das Drehen zu ermöglichen, sind die beiden unteren Kanten parallel zum 1,5-mm-Stift mit einem 5-mm-Radius versehen. Auf der Rückseite ist ein Sackloch von d3 x 4 mm zum Einkleben eines Magneten d3 x 3 mm. Deren Lage im eingeklappten Zustand wird auf die Scheibe übertragen; dort wird ebenfalls ein 3-mm-Durchgangsloch für den zweiten Magneten eingebracht. Aus optischen Gründen habe ich noch einen Stopfen zum Verschließen des Schraubenloches im Griff konstruiert.

Die Drehbühne wird nach der Montage mit Griffen aus Messingdraht versehen. Die beiden Tritte, die dem Fahrer als Ausstieg dienen, werden mit 0,5 mm dünnem Balsaholz beplankt. Das Modell wird mit Acrylfarben auf Wasserbasis von Vallejo gestrichen und auch leicht gealtert.

Uwe Stehr



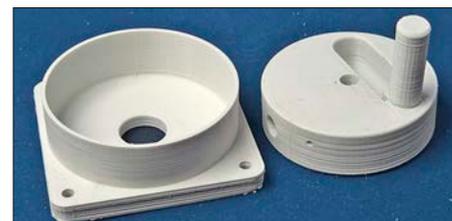
Das Antriebszahnrad hat zur Hälfte einen etwas dickeren Rand. Dieser dient als Schalt-
nocke für die Springschalter.



Die Anschlusskabel der Gleise werden mit den Springkontakten verbunden. Später werden alle Kabel in einem Kabelkanal verstaute.



Die Einzelteile der wegklappbaren Handkurbel. Rechts im zusammengebauten Zustand.



Auch die Rampe zur Drehscheibe mit dem Betonabschluss wurde gedruckt.

Literatur:

Die Sylter Inselbahn, Band 1
 Die Sylter Inselbahn, Band 2
 Die Sylter Inselbahn, Band 3
 Die Sylter Inselbahn, Band 4
 – Die kleine Sylt Serie –
 Autor: H. J. Stöver
 Verlag: Syltbild, Hans Jürgen Stöver,
 1991, Sylt

Kaufteile

- 2 x Druckkugellager 8 x 16 x 5 mm
- 1 x Kugellager 8 x 22 x 8 mm
- 3 x Kugellager 6 x 15 x 4 mm
- 8 x Kugellager 1 x 3 x 1 mm
- 1 x Schleifring 6-polig mit 6 mm Durchmesser
- 2 x Springkontakte
- 4 x Schraube M1 x 8 mm
- 4 x Schraube M2 x 10 mm
- 9 x Schraube M3 x 12 mm
- 7 x Schraube M4 x 16 mm
- 1 x Madenschraube M5 x 10 mm
- 3 x Madenschraube M3 x 6 mm
- 8 x Spaxschraube 3,5 x 17 mm
- 2 x Stifte 1,5 x 15 mm
- 1 x Stift 1,5 x 40 mm
- 4 x Magnet d3 x 3 mm
- 1 x Alurohr d8 x 60 mm
- 1 x Aluwelle d6 x 400 mm
(je nach Breite des Moduls)



Weichen stellen mit 3D-Drehantrieb

Die Kugel macht's

Die Weichen der Jagstalbahn werden ausschließlich durch handbetriebene Weichenstellhebel gestellt. Im Modell hat sich für das Stellen der Weichen ein Drehantrieb bewährt. Um die dafür benötigten Teile nicht von Hand herstellen zu müssen, hat Uwe Stehr sie in freeCAD konstruiert und mit einem FDM-Drucker hergestellt.

Auf deutschen Schmalspurbahnen gibt es kein Stellwerk, von dem aus die Weichen fernbedient gestellt werden. An elektrische Antriebe ist gar nicht zu denken. Hier werden die Weichen vor Ort bedient, ein Rangierer fährt also immer auf den Trittstufen von Lok und Wagen mit. Also ist es nur konsequent, diesen Stellvorgang auch im Modell nachzubilden.

Sind die Gleisanlagen auf Modulen aufgebaut, kann der Modulkasten sehr gut zur Aufnahme der Stellmechanik genutzt werden. Die Bedienung erfolgt dabei vom Rand aus. An der senkrechten Modulwand findet man die notwendigen Hebel und Knöpfe, wobei eine Zuordnung zur jeweils gestellten Weiche in der Regel kein Problem ist.

Doch wie gestaltet man die Stellmechanik so, dass sich nicht nur die Weichenzungen bewegen, sondern auch die Weichenlaterne genau 90° dreht?

Die Idee bei der hier vorgestellten Weichenstellmechanik ist eine quer un-

ter dem Gleis verlaufende 6-mm-Welle, die sehr solide in zwei Kugellagern geführt wird. Diese Kugellager befinden sich in seitlich eingebauten Taschen, in denen ein Stellhebel die Drehung der Welle um rund 180° ermöglicht. Von dieser Welle werden mithilfe von zwei Hebeln, die an der einen Seite mit der 6-mm-Welle verbunden sind und am anderen Ende eine 10-mm-Kugel aufweisen, die Elemente gestellt. Einer dieser Hebel dient dem Antrieb der Weichenzungen, der andere Hebel dem Antrieb der Weichenlaterne.

Beide Antriebe erfolgen über eine Schubstange, an deren einem Ende eine fest angebrachte Kugelpfanne und am anderen Ende eine verschiebbliche Kugelpfanne angebracht ist. So lassen sich alle Wege und Winkel des Antriebs einfach einstellen.

Für den Antrieb der Weichenzungen wird unter der Weiche eine Basis angeklebt, in der die eigentliche Stellschwelle geführt wird. Diese Stellschwelle wird

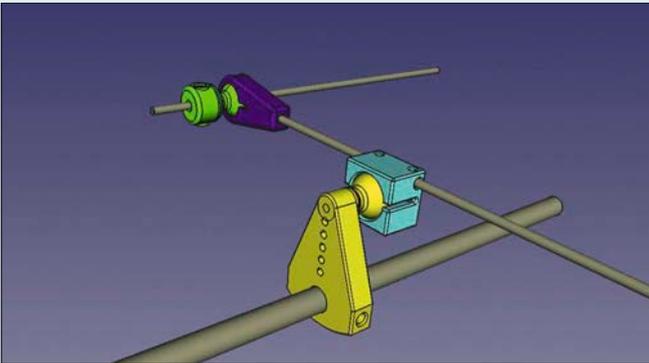
Oben die Weiche mit drehbarer und beleuchteter Laterne. Die Weiche ist ortsbedient, will heißen, dass beim Vorbild ein Rangierer auf dem Zug mitfährt, am Stellbock rechtzeitig abspringt und nach vollzogenem Umstellen der Weiche dem Lokführer signalisiert, dass er nun weiterfahren kann. Rollt der Zug wieder an, springt der Rangierer wieder auf. Im Modell muss man sich anstelle eines winzig kleinen Rangierers eine verborgene Mechanik einfallen lassen, die diesen Stellvorgang nachbildet. Der Lokführer ist hierbei in Personalunion auch zugleich der Rangierer.

von einer sich in der Basis drehenden Welle mit einem Mitnehmer für die Stellschwelle angetrieben. An der Unterseite ist ein Element zur Aufnahme einer 2-mm-Welle, die als Hebel zum Drehen der Welle im Inneren der Basis dient und durch einen Deckel an der Unterseite der Basis gehalten wird.

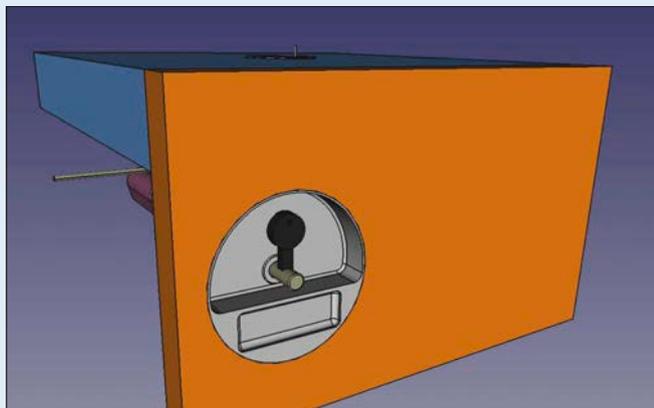
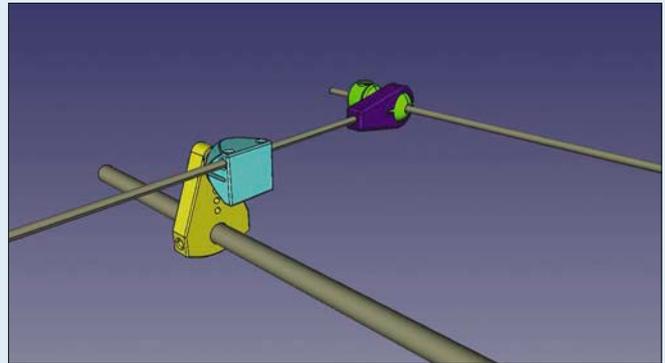
Auf dieser 2-mm-Welle wird eine verschiebbare 10-mm-Kugel für die Kugelpfanne des Schubdrahtes angebracht. Durch das Verschieben dieser Kugel auf der Welle lässt sich der Drehwinkel der Welle in der Basis und somit der Weg der Stellschwelle exakt einstellen.

Der Antrieb für die Weichenlaterne ist ähnlich, nur dass hier keine Einstellung erforderlich ist. Der Drehwinkel der 6-mm-Welle ist mit rund 180° immer gleich, sodass sich ein Hub an der Kugel auf dem Hebel von 42 mm ergibt. Die Drehung der Laterne ist folglich immer 90°, sodass sich hier stets gleichen Hebelverhältnisse einstellen.

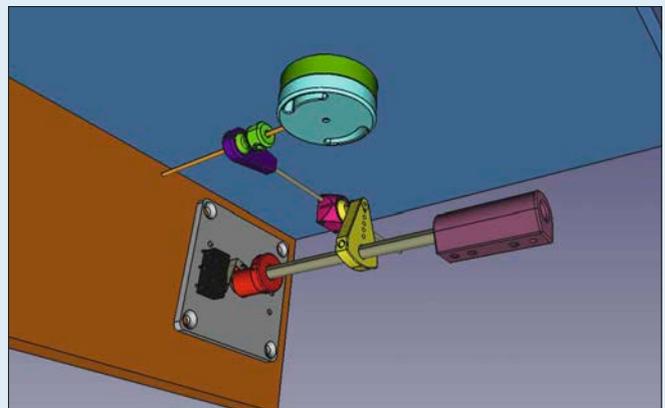
Uwe Stehr



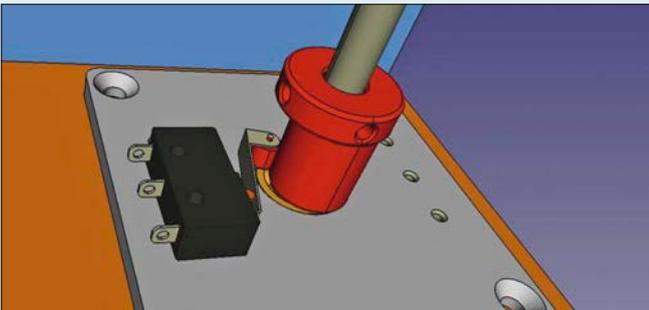
Die Grundidee: Eine 6-mm-Welle dreht einen Hebel mit Kugelgelenk, eine Kugelpfanne auf der Schubstange setzt diese in eine Linearbewegung um und zieht am Hebel der Weichenmechanik.



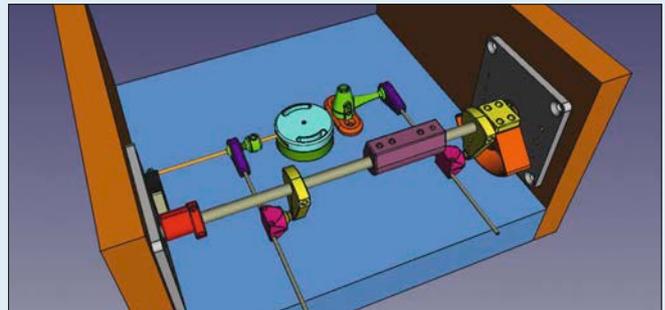
Außen seitlich eingebaute Tasche mit Weichenstellhebel (hier in Mittelstellung) und 6-mm-Kugellager



Die Hebellänge zwischen Weichenmechanik (grün/blau) und Stellkugel (hellgrün) bestimmt den Stellweg der Weichenzungen.

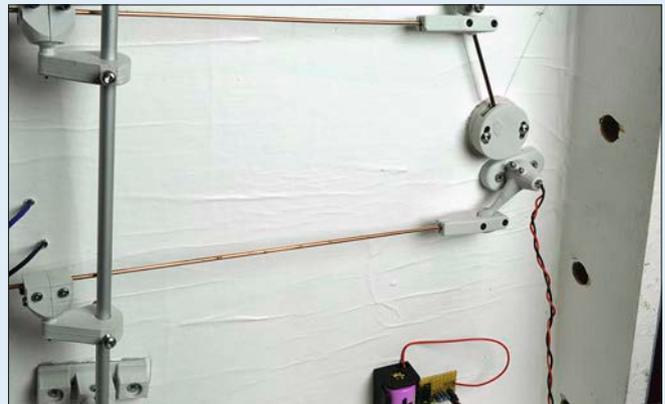
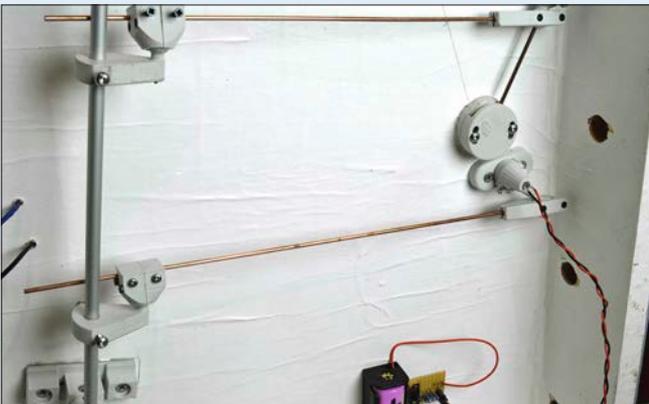


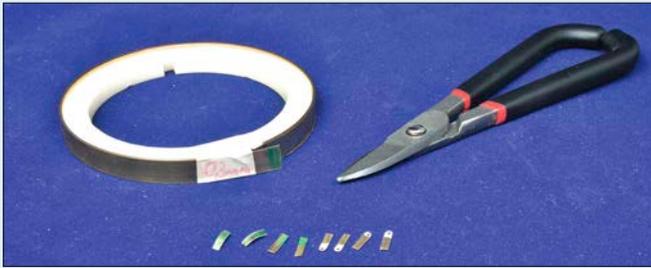
An der Weichentasche liegt ein Springkontakt. Er dient zur Polarisierung des Herzstückes. Angetrieben wird er durch einen Exzenter.



Für eine beidseitige Bedienung, z.B. beim Einbau in Module, werden an beiden Seiten Taschen mit Weichenstellhebeln eingebaut.

Unten: Die Stellmechanik in den beiden Endpositionen. Links im Bild die 6-mm-Welle. Davon ausgehend die beiden Hebel mit der Kugel, die in je eine Kugelpfanne eingreifen. Über eine (kupferfarbene) Stange wird die Bewegung auf den Weichen- bzw. Laternenantrieb übertragen.





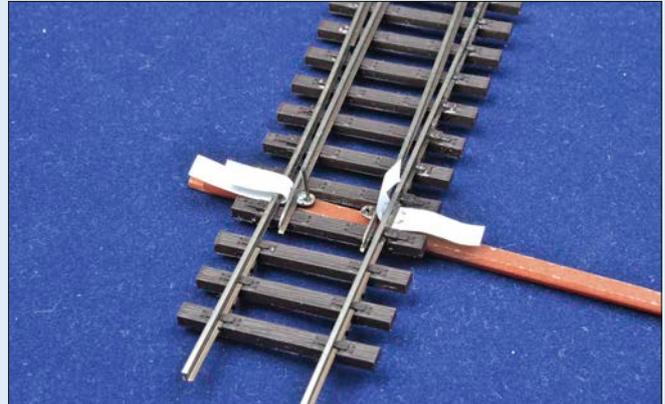
Die Kunststoff-Stellschwelle der Weiche wird entfernt und auch die abgestanzten Stifte aus dem Schienenfuß der Zungen. Die Herstellung der neuen Laschen für die Gelenke erfolgt aus einem 10 mm breiten und 0,3 mm dicken Messingstreifen.



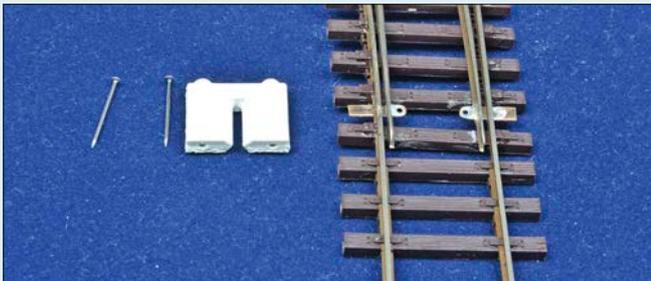
Zum Anlöten der Gelenke benötigt man einen Pertinaxstreifen als Halterung, eine 0,7-mm-Graphitmine, die verhindert, dass das Loch mit Lot zuläuft, und zwei Papierstreifen. Die Papierstreifen werden noch mit einem 0,8-mm-Loch versehen.



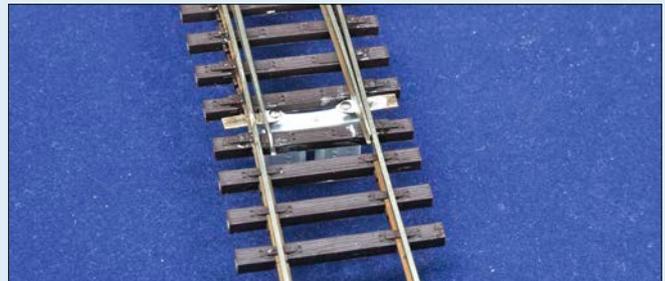
Die Weiche wird nun auf den Pertinaxstreifen gelegt. Der Papierstreifen wird zwischen Backenschiene und Gelenkblech gelegt, das Gelenkblech von der Graphitmine auf dem Pertinaxstreifen gehalten.



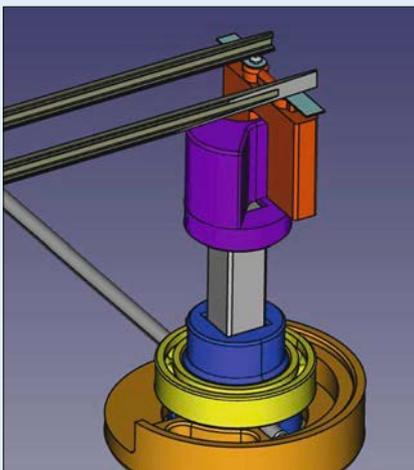
Das Verlöten ist nun sehr einfach. Das Lot wird durch das Papier von der Backenschiene abgehalten und die Graphitmine hält das Loch in der Zungenlasche offen.



Zwei Stecknadeln, die neue Stellstange und die Weiche mit den Gelenkblechen werden nun montiert. Die Stellstange hat auf der Unterseite einen Schlitz, in den der Antrieb eingreift.



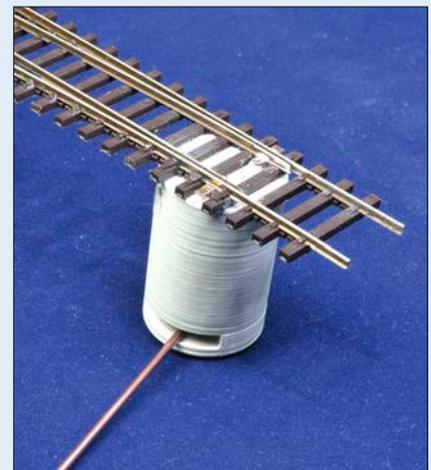
Die Stecknadel wird von oben durch das Loch im Gelenk in das Loch in der Stellschwelle gesteckt. Das hält auch ohne Klebstoff gut und bleibt so für spätere Reparaturen ausbaubar.



Links der innere Aufbau des Weichenantriebs: orange der Deckel, gelb das Kugellager, blau die Aufnahme für den Stelldraht, grau der Vierkant als Verbindung „Aufnahme für den Stelldraht“ zum „Mitnehmer“, lila der Mitnehmer für die hellbraune Stellschwelle. Unten links die Stellstange

Rechts: Im nächsten Schritt wird nun der Antrieb unter der Weiche ausgerichtet und verklebt. Auch die Antriebswelle im Inneren kann montiert und die Funktion der Weiche getestet werden.

Fotos und Screenshots: Uwe Stehr





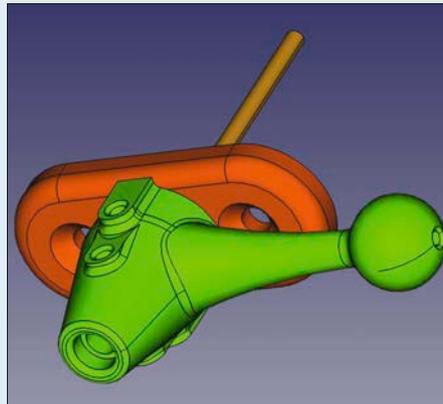
Die Nachbildung des Weichenantriebs gibt auch die Lage der Weichenlaterne vor. Die Weichenlaterne wird auf ein Rohr montiert, sodass sie drehbar gelagert ist.

Unten: Liegen die beiden Taschen nicht genau gegenüber, kann bei der Drehwelle die Verwendung eines Kardangelenks erforderlich werden.

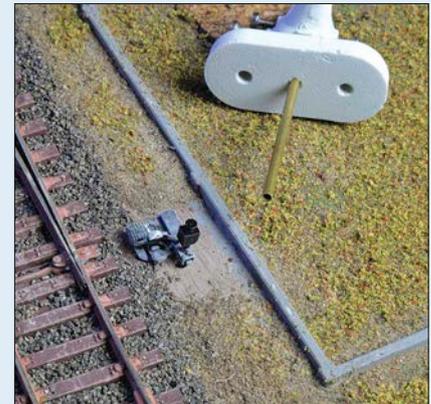


Die 6-mm-Welle ist ein Rohr mit 1 mm Wandstärke. Hier lässt sich ein M5-Gewinde für eine Madenschraube schneiden, die den Stellhebel in einem 2-mm-Querloch klemmt.

Unten: Der Hebel für die Bewegung der Weichenlaterne ist hohl. So kann für die Beleuchtung noch ein Lichtleitkörper eingesetzt werden. Rechts die fertige Laterne



Herstellung der Weichenhebel, von links oben gebogener 2-mm-Draht und Hebel aus Druckteil, daneben eingedrückter Draht und eingeklebter Draht, darunter schwarz lackiert und mit weißer Markierung für die Grundstellung. Bei beidseitiger Bedienung braucht man immer eine „rechte“ und eine „linke“ Variante.



Lfd. Nr.	Anz	3D-Druckteil
1	1	Basis
2	1	Stellschwelle
3	1	Mitnehmer
4	1	Vierkant
5	1	Lagersitz
6	1	Deckel
7	1	Stellkugel
8	1	Stellring
9	2	Kugelkopf
10	2	Kugelkopf-Joch
11	2	Kugelfaust-Hälfte-A
12	2	Kugelfaust-Hälfte-B
13	2	Kurbel-mit-Kugel
14	1	Weichengewicht
15	1	Schaltnocke
16	2	Einbaurahmen
17	2	Stellhebel
18	1	Laternen-Basis
19	1	Laternen-Hebel

Hier die Liste der zu druckenden Teile. Die Anzahl bezieht sich auf die Mechanik für eine Stellwelle einschließlich der Übertragungselemente. Die Druckdaten dieser Bauteile finden Sie auf der Webseite www.jagsttalbahn-modelle.de. Rechts die Liste der zusätzlich benötigten Kaufteile für einen Weichenantrieb mit beleuchteter Laterne.

Lfd. Nr.	Anz	Kaufteil
1	1	Drucklager 12x22x4mm
2	2	Kugellager 2x6x3mm
3	2	Kugellager 6x15x5mm
4	1	Stift d2x80mm
5	2	Stecknadel d0,7x12mm
6	2	Stift d2x30mm
7	9	Radgewicht 5gr (selbstklebend)
8	5	Senkkopfschraube M3x16
9	2	Zylinderkopfschraube M3x16
10	3	Zylinderkopfschraube M3x8
11	4	Senkkopfschraube M4x16
12	12	Zylinderkopfschraube M2x10
13	2	Madenschraube M3x12
14	8	Spax-Schraube d3,5x17
15	1	Springkontakte
16	~30cm	Litze 0,5mm ² rot
17	~30cm	Litze 0,5mm ² schwarz
18	~30cm	Litze 0,5mm ² blau
19	1	3mm LED „warmweiß“
20	1	Vorwiderstand 1k Ohm, 1/4W
21	1	Weichenlaterne (beleuchtbar)
22	~5cm	1mm Lichtleitfaser
23	1	Weiche Tillig



Viele kleine Hilfsmittel lassen sich selbst herstellen

So werden Sie geholfen!

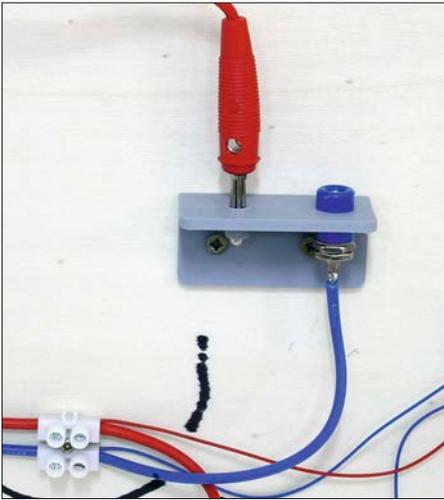
„Wo bekomme ich bestimmte benötigte Teile in größerer Stückzahl günstig her?“ – diese Frage haben sich bestimmt viele Modellbahner schon gestellt. Auch der Gedanke „... genau sowas bräuchte ich jetzt, das gibt es aber noch nicht!“ dürfte nicht unbekannt sein. Dabei kann es manchmal so einfach sein, denn der 3D-Drucker ist oft eine große Hilfe, wenn es um die Anfertigung diverser beim Anlagenbau benötigter Bauteile geht. Markus Meier hat sich das (Modellbahner-) Leben mit verschiedenen Hilfsmitteln in kleinen Serienproduktionen einfacher gemacht – lassen Sie sich inspirieren!



Der große D-Sub-Stecker mit 25 Pins wird mit zwei kleinen M3-Gewindeschrauben und entsprechenden Kontermuttern am gedruckten Halter festgeschraubt – damit hat er genug Halt. Der Halter selbst kann mit zwei kleinen Spaxschrauben im Modulinneren befestigt werden.

Das Drucken von Modellen oder auch von Zubehör für die Modellbahn hält immer mehr Einzug. Doch ein 3D-Drucker kann auch „abseits“ der Modellbahnlandschaft eingesetzt werden. So lassen sich beispielsweise mit wenigen Handgriffen nützliche Hilfsmittel erstellen. Gehen wir dazu doch einmal zur Abwechslung unter unsere Modellbahn. Besitzer von Modulen werden es kennen – ein Stellpult soll mit den einzelnen Modulen verbunden werden. Hier bieten sich fertige D-Sub-Kabel an. Passende Stecker gibt es ebenfalls günstig, doch wie fixiert man solche Stecker wirklich fest?

Früher habe ich aus einem Aluwinkel immer passende Ausschnitte für den Stecker per Hand ausgesägt, aber dies ist mir mittlerweile zu aufwendig. Ein passender Halter in L-Form ist mit wenigen Klicks mit dem Computer erstellt und lässt sich danach für jede Größe an-

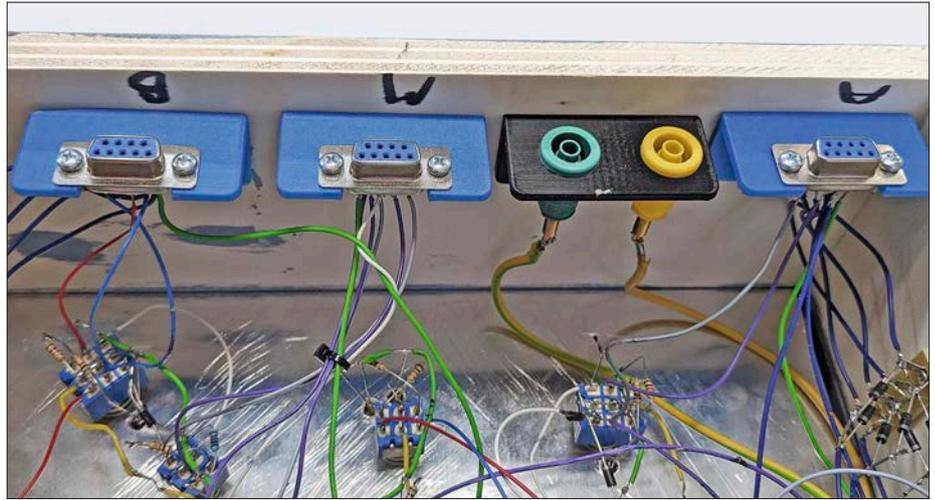


passen. Auch die Löcher für Schrauben zur Befestigung lassen sich gleich mit-einarbeiten. An dem Druck eines ersten Prototyps wird die Passgenauigkeit überprüft; ist diese gegeben, kann die Serienfertigung starten. Ein Stellpult kommt selten mit nur einem Stecker aus!

Wir bleiben unter dem Modul und nutzen das L-Profil für weitere Stecker. Wer schon einmal ein Modul nach FREMO-Norm gebaut hat, wird es kennen: An jedem Ende ist eine 4-mm-Bananenbuchse sowie ein Kabel mit Bananenstecker zu finden, die als Verbindung für den Fahrstrom zum nächsten Modul dienen. Da Kabel und Buchse ebenfalls transportsicher im Modul befestigt werden müssen, kam mir die Idee, ebenfalls passende Halter im 3D-Druck umzusetzen. Unser Halter in L-Form bekommt dazu ein passendes Loch für die 4-mm-Buchse, sodass der Halter festgeschraubt werden kann. Der Bananenstecker könnte dazu natürlich einfach in die eingeschraubte 4-mm-Buchse gesteckt werden – dies hat aber schon oft zu Kurzschlüssen geführt, wenn das Modul auf der anderen Seite bereits angeschlossen war. Um hier auf Nummer sicher zu gehen, habe ich den Halter um ein nach unten verstärktes Loch ergänzt, in dem der Bananenstecker fest sitzt. Kleine Löcher auf der Unterseite zum Verschrauben am Modul dürfen auch bei dieser Halterung nicht fehlen.

Standfest

Auch abseits der Anlage oder der Module ist so manches Mal ein kleines Hilfsmittel notwendig. Wohl jeder von uns hat ab und zu Sekundenkleber im Einsatz – bei mir sind es vorzugsweise die



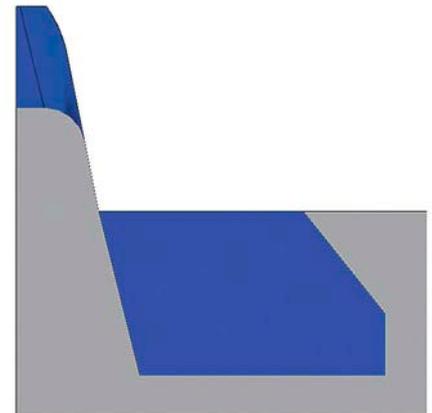
Oben links: Im Transportzustand ist das rote Kabel fest im grauen Halter eingesteckt, das Kabel wird bei Bedarf noch mit einer Wäscheklammer gesichert. Im Einsatz kann das rote Kabel schnell abgezogen und ins nächste Modul gesteckt werden – von dort kommt wiederum das blaue Kabel für unsere Buchse, die fest in den gedruckten Halter eingeschraubt ist.

Oben: Wie vielseitig die Möglichkeiten mit den selbstgedruckten Haltern sind, zeigt die Verdrahtung in einem Stellpult mit 9-poligen D-Sub-Steckern und den Schaltstrombuchsen.

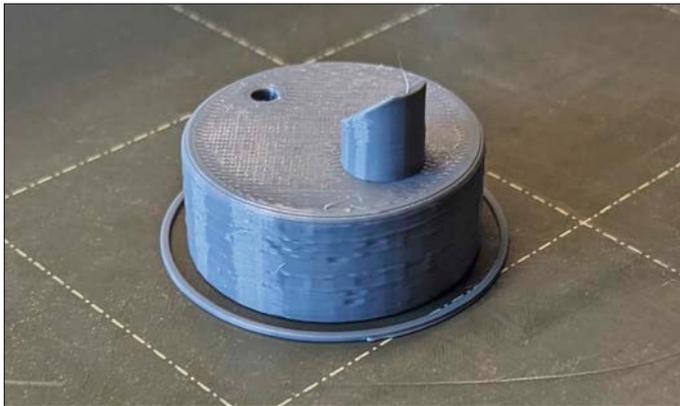
Rechts: Eine Schnittzeichnung verdeutlicht das Innenleben des Sekundenkleberhalters. In der blauen Fläche steht später die Tube, lehnt links oben an der Rückwand an und wird rechts unten zusätzlich durch die Schräge gehalten.

Fotos: Horst Meier (6), Markus Meier (8)

Unten: Ob auf dem Basteltisch, Schrank oder wie hier beim Einsatz auf der Anlage – der Halter für die Sekundenklebertube macht überall eine gute und sichere Figur.



Der Ausgießer ist fertig gedruckt und kann nun vorsichtig mit einem Spachtel oder einem Schaber von der Druckplatte entfernt werden. Der Ring gehört nicht zum Bauteil, sondern diente nur zur optischen Abgrenzung der Druckfläche.



Links Bedingt durch den großen Hohlraum im Innern des Ausgießers war beim Druck eine Stützkonstruktion erforderlich, damit der obere Teil sauber gedruckt werden konnte. Die Stützen lassen sich aber mit etwas Kraft und einer flachen Zange herausziehen und hinterlassen keine Spuren am Gewinde im Innern.



Im Vergleich: Die kleinen Milchfläschchen mit den selbstgedruckten und den Originaldeckeln. Die Flaschen sind mit diversen Schotterkörnungen gefüllt, für Flocken sind größere Schüttöffnungen erforderlich.



kleinen 1-g-Tuben von Uhu. Leider trocknen diese schnell ein, wenn sie flach oder kopfüber auf dem Basteltisch liegen. Ein kleiner Halter für diese Tuben wäre da doch genau das Richtige! Gedacht, getan. Die Außenmaße lassen sich an der Tube selbst abnehmen und werden als Aussparung in unseren Kästen eingearbeitet.

Die Rückseite sollte hier mindestens 20 mm hoch sein, damit die Tuben einen gewissen Halt bekommen. Damit sie nicht seitlich umfallen, habe ich eine Ausrundung eingearbeitet. Die Tube kann so seitlich anliegen, eine Schräge an der Vorderseite der Aussparung verhindert zusätzlich das selbstständige Umfallen der Tube.

Ausgießer nicht nur für Schotter

Ein weiteres nützliches Hilfsmittel beim Anlagenbau ist der Ausgießer für kleine Schotterflaschen. Die Flaschen – ursprünglich waren sie einmal mit Kaffeemilch gefüllt – bekamen für die Modellbahn ein zweites Leben. Jede Schotter-sorten, Sand oder auch Grünflocken erhält eine eigene Flasche, auch mit unterschiedlichen Ausgussgrößen. Früher hatten die Milchflaschen beim Kauf noch einen Ausgießer zum Aufschrauben dabei, der heute mittlerweile längst wegrationalisiert wurde.

Allerdings lassen sich die erwähnten Streumaterialien mit dem neuen Ausgießer deutlich einfacher dosieren und auf der Modellbahn aufbringen. Die Konstruktion ist relativ simpel, ein flacher Zylinder ist die Ausgangsbasis. Der Bereich des Flaschengewindes wird innen vom Zylinder abgezogen. Oben wird ein angeschrägtes Rohr aufgesetzt, durch das später das Streumaterial rieselt. Ein weiteres kleines Loch an der Oberseite kann zur Entlüftung dienen.

Einzige Schwierigkeit für weniger erfahrene Konstrukteure ist das Innengewinde unseres Ausgießers. Hier kommt es darauf an, ob das genutzte Konstruktionsprogramm eine eigene Funktion für druckbare Gewinde aufweist. Falls nicht, kann man die Anzahl der Windungen am Flaschengewinde zählen und das Gewinde für das Bauteil manuell erstellen. In meinem Fall habe ich mir eine

Im Einsatz auf der Anlage: Der H0-Schotter lässt sich ganz hervorragend aufstreuen, sofern keine Klumpen im Glas sind.



Hilfslinie in Form der benötigten Windungen gezeichnet. Auf diese Hilfslinie habe ich einen Halbkreis gelegt und diesen entlang der Linie extrudiert.

Kanäle für die Kabel

Beim Baubeginn meines großen Bahnhofes Weinheim (Bergstraße) überlegte ich, welche Kabelkanäle eingesetzt werden sollten. Bei rund zehn Metern Bahnhofslänge würde dort eine ganze Menge an Kabelkanälen benötigt werden. Außerdem war die Höhe der Kanäle ein wichtiges Kriterium. So kaufte ich mir eine Packung von Busch und Erbert, um deren Kanäle miteinander zu vergleichen. Leider waren in meinem Fall beide Produkte zu hoch, da ich im Bahnhof die Gleise direkt auf dem Holz verlegen wollte. Den Aufwand, alle Kabelkanäle in der Höhe zu kürzen, wollte ich mir unbedingt ersparen ...

So wurden Kabelkanäle und passende Kabelschächte schließlich selbstgedruckt. Mit den Breiten von 3 mm und 8 mm entstanden zwei verschiedene Typen, die mit einer Höhe von 2,4 mm genau zu meiner Gleishöhe passten. Die Konstruktion war schnell gemacht – ein 100 mm langes Rechteck, das alle 7 mm einen kleinen Spalt durch eine Vertiefung erhielt. Auf diese Weise wurde der optische Eindruck der Plattenfugen geschaffen.

Ein erster Testdruck ergab, dass der Spalt zu schmal war und nach dem Druck kaum sichtbar war. Aber das ließ sich schnell beheben – und danach stand einer Serienfertigung für den Bahnhof nichts mehr im Wege. Gedruckt wurde

Im Bahnhof Weinheim wurden die selbstgedruckten und bemalten Kabelkanäle sowohl in der breiten als auch in der schmalen Ausführung verlegt. Beide sind niedrig ausgeführt und passen so bestens in der Höhe zum Schotterbett.

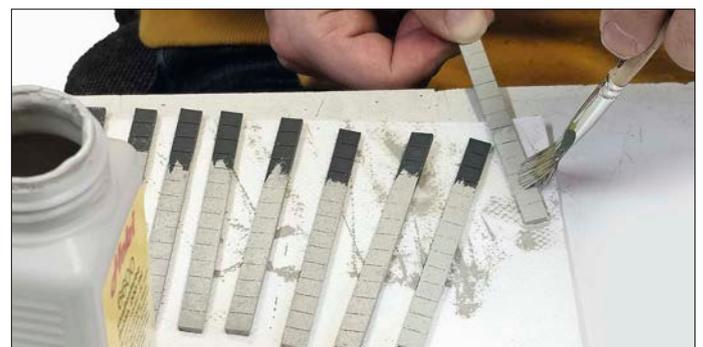
Unten: Nach dem Druck einer ersten Serie konnten die Kabelkanäle zur Probe ausgelegt werden. Der Vergleich mit den Kanälen aus der Großserie zeigt, wie groß der Höhenunterschied ist.



schon mit grauem Filament, anschließend wurden die Kabelkanäle noch einmal mit betongrauer Farbe gestrichen und schließlich mit dunkler Lasur ver-

wittert. Verkleben lassen sich die Teile einfach mit Weißleim auf dem hölzernen Untergrund, was auch noch eine leichte Ausrichtung ermöglicht. *HM/MM*

Die in Dunkelgrau aus dem Drucker kommenden Kanäle müssen farblich noch angepasst werden. Das erfolgt am besten in einem helleren Grau, hier das Betongrau von Heki (getupft).





3D-Resindrucker: Feinste Details aus lichtaktivierbaren Harzen

MSLA-Druck für die Modellbahn

Bei kleinen und besonders detaillierten Modellen haben 3D-Resindrucker gegenüber dem Filamentdruck einige Vorteile. Mithilfe lichtaktivierbarer Harze (Resin) und einer UV-Lichtquelle entstehen filigranste 3D-Druckteile hoher Qualität. Unser Autor Maik Möritz hat sich den MSLA-Drucker Mars 5 Ultra von der Marke Elegoo im Detail angesehen und dabei gleichzeitig eine feine und vielseitig einsetzbare Signalbrücke für die eigene Modellbahnanlage hergestellt.

Wer auf der Suche nach einem 3D-Drucker ist, der bei den Ergebnissen mit kleinsten Details und einer hohen Oberflächengüte punktet, landet über kurz oder lang unweigerlich beim Resindruck. Lichtaktivierbare Harze, auch Photopolymere genannt, härten dabei unter dem Einfluss von UV-Licht partiell aus und bringen im 3D-Druck erstaunliche Ergebnisse zutage.

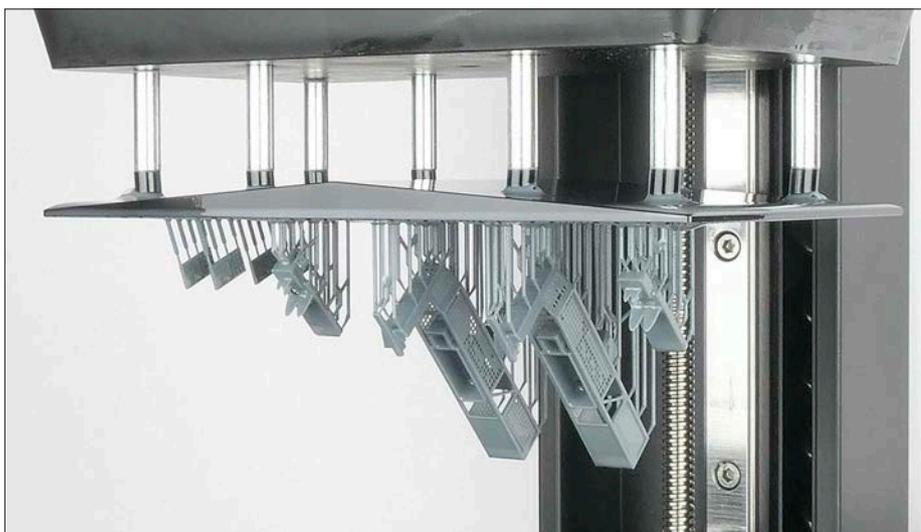
Die heutzutage für den Modellbau besonders interessanten Resindrucker werden in Abhängigkeit ihrer Funktionsweise in SLA-, DLP- oder MSLA-Modelle unterschieden. Für den Einstieg in die Welt des 3D-Resindrucks bieten sich moderne Drucker an, die mit dem Verfahren der maskierten Stereolithografie (MSLA) arbeiten. Die marktüblichen Modelle besitzen ein hochauflösendes LC-

Display (Liquid Crystal Display), welches zwischen dem Druckbett mit dem Resin und einer darunter angeordneten lichtstarken UV-Lichtquelle platziert ist.

Schichtweise werden über das LC-Display bei jedem Belichtungsvorgang die Bereiche maskiert bzw. vom Licht ausgespart, an denen das Harz nicht aushärten soll. Nach jeder Schicht wird das Druckbett ein wenig in der Höhe verschoben, bevor die nächste Ebene belichtet wird. Da bei diesem Verfahren LC-Displays eingesetzt werden, werden die Drucker in den Medien und bei einzelnen Herstellern auch als LCD-Drucker bezeichnet. Mit den Geräten sind hochfeine Oberflächen möglich.

Nicht ohne Nachbearbeitung: Waschen und Aushärten

Gegenüber dem FDM-Druck können die gedruckten Bauteile aus dem Resindrucker nicht sofort eingesetzt werden. Sie müssen von überflüssigem Harz gesäubert und in den allermeisten Fällen zusätzlich nachgehärtet werden. Wer sich diese Arbeitsschritte erleichtern möchte, greift am besten zu den speziell für diese Zwecke angebotenen Gerätschaften.



Die 3D-Druckteile entstehen beim Resindrucker Elegoo Mars 5 Ultra kopfüber. Die Bauplatte wird dabei nach jeder gedruckten Schicht über eine Gewindespindel ein wenig angehoben.

Elegoo Mars 5 Ultra

Bei der Suche nach einem erschwinglichen 3D-Drucker bin ich auf den Mars 5 Ultra aus dem Hause Elegoo gestoßen. Der kompakte MSLA-Drucker mit einem aktuellen Marktpreis von knapp unter € 300 besitzt ein 7 Zoll großes Mono-LC-Display mit einer Auflösung von 8520 x 4320 Pixeln (9 K). Als Lichtquelle kommt eine hocheffiziente COB-Technologie (Chip On Board) mit 25 LEDs zum Einsatz. Der Mars 5 Ultra liefert hochwertige Ergebnisse mit einer Auflösung von 18 x 18 µm und feinsten Details.

Der Elegoo-Drucker verwendet dabei eine spezielle Tilt-Release-Technologie, bei der durch das „Kippen“ des Resintanks nach jeder einzelnen Schicht die Modelle viel leichter von der Trennfolie gelöst werden können als bei anderen Modellen. Die Technologie erlaubt zudem höhere Geschwindigkeiten von bis zu 150 mm je Stunde, wobei zwischen einem langsamen und einem schnellen Druckmodus gewechselt werden kann. Nennenswerte Qualitätsunterschiede zwischen beiden Druckmodi konnte ich bei meinen Projekten bisher nicht feststellen – der schnelle Modus sparte bei Testdrucken jedoch ca. 30 % Zeit ein.

Ein weiteres Merkmal des Mars 5 Ultra ist, dass die Belichtungszeit für jeden einzelnen Abschnitt des zu druckenden Objektes separat eingestellt und fein abgestimmt werden kann. Dies führt zu deutlich mehr Kontrolle über den Druckprozess und zu weniger Fehldrucken.

Automatische Nivellierung und intelligente Sensoren

Dank einer automatischen Nivellierung in Verbindung mit einem mechanischen Sensor liegt die Hürde für den Einsteiger in die Welt des 3D-Resindrucks sehr niedrig. Weitere intelligente Sensoren überwachen den gesamten Druckprozess und warnen bei Problemen wie z.B. Harzrückständen aus dem vorherigen Druckvorgang oder Harzmangel beim Neustart. Nach dem Auspacken führt der Drucker einen schnellen Selbsttest durch, was gerade dem Einsteiger mehr Sicherheit beim Umgang mit dem 3D-Resindruck bietet. Der Hersteller wirbt zusätzlich mit einer integrierten KI-Kamera, die Probleme beim Druck erkennt und über die der Druckprozess beobachtet werden kann.



Der Mars 5 Ultra von Elegoo ist ein MSLA-Drucker mit einer COB-Lichtquelle und einem 9K-Mono-LC-Display zur Maskierung. Die Schutzhaube ist bei dem Modell leider nicht kippbar.



Die Druckdaten werden am besten per USB-Stick übertragen. WLAN ist aber auch an Bord.



Über das Farbdisplay kann der Drucker gut bedient und der Druckprozess verfolgt werden.



Zur Reinigung größerer Druckteile wird von Elegoo eine kleine Waschstation angeboten.



Frische Druckteile aus Resin sind sehr empfindlich und müssen nachgehärtet werden.

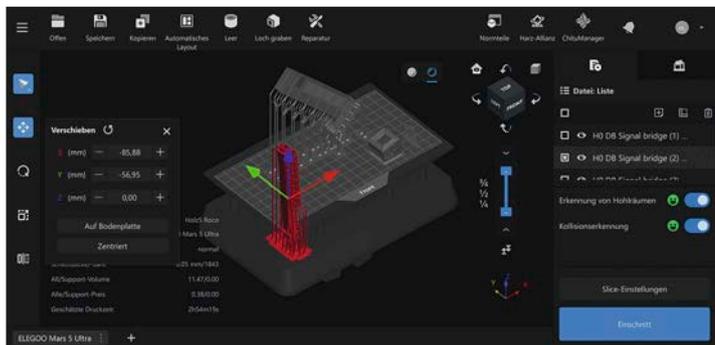


Die fertige Signalbrücke mit dem Blocksignal kann auf der Modellbahn vielfältig eingesetzt werden. Ergänzt mit SMD-LEDs und vordildnah angesteuert, wird auf der Modellanlage daraus schnell ein beliebter Blickfang.

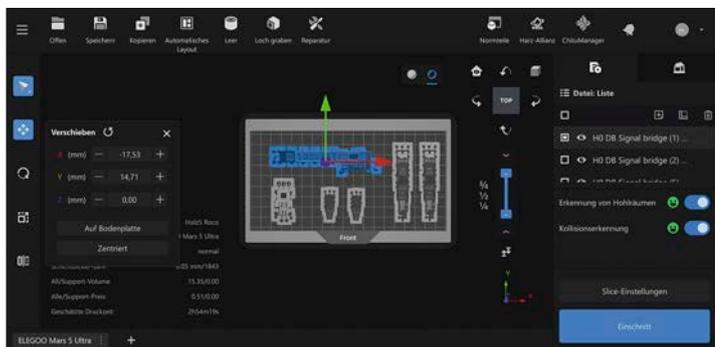
Signalbrücke mit feinen Details im 3D-Resindruck

Der sichere Einstieg in den 3D-Druck mit einem Resindrucker gelingt am besten in Verbindung mit einer fix und fertig konstruierten Datei aus dem Internet. Bei der Suche nach einem interessanten Projekt bin ich in der 3D-Modellbibliothek Cults (<https://cults3d.com>) auf verschiedene vordildnahe DB-Signalbrücken gestoßen, welche in vielen Maßstäben verfügbar sind und eine hohe Detaillierung zeigen. Die fix und fertigen Konstruktionsdaten der von mir ausgewählten H0-Variante in 1:87 inkl. einem Blocksignal kosten gerade einmal € 3,-. Nach dem Download stehen die zu druckenden Einzelteile als fertige Konstruktionen bzw. STL-Dateien mit und ohne Stützmaterial zur Verfügung.

Die zu druckenden Einzelteile können nacheinander geöffnet und dann passgenau auf der Bauplatte platziert werden. Die notwendigen Stützstrukturen sind bereits vorhanden.



In der Draufsicht lässt sich am besten beurteilen, ob die Druckteile oder die Hilfs- und Stützstrukturen über den Rand der Bauplatte herausragen oder nicht.

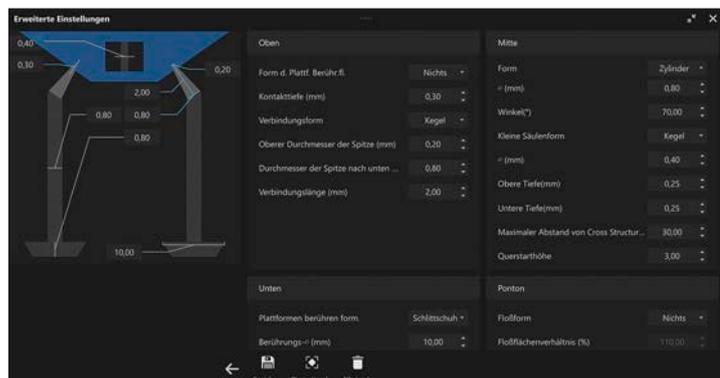


Druckvorbereitung mit Chitubox

Wie schon beim Filamentdruck müssen auch beim 3D-Druck mit Resin die Konstruktionsdaten zunächst aufbereitet werden. Der Druckerhersteller Elegoo empfiehlt für seine Produkte die Slicer-Software Chitubox (<https://www.chitubox.com>). Bereits in der kostenlosen Basisversion bringt die professionelle und weitgehend intuitiv zu bedienende Software eine Vielzahl an Möglichkeiten zur individuellen Bearbeitung der Druckdaten mit.

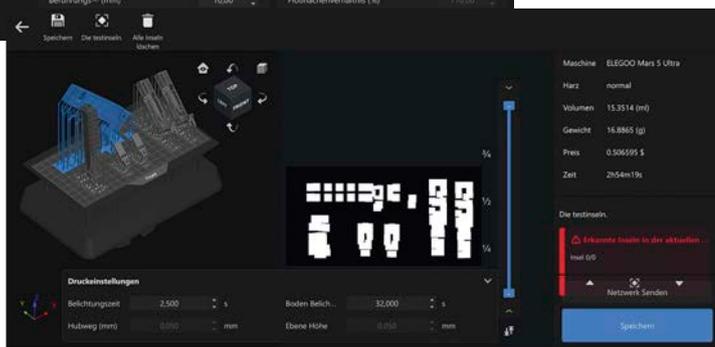
Nach dem Programmstart werden zunächst die notwendigen Basisdaten wie z.B. das Druckermodell und das verwendete Resin abgefragt. Anschließend können die heruntergeladenen STL-Dateien nacheinander geöffnet und auf der druckerspezifischen Druckplatte platziert werden. Die Druckplatte lässt sich aus verschiedenen Perspektiven betrachten, was eine optimale Platzierung der zu druckenden Elemente ermöglicht. Auch ein Drehen und Neigen der Objekte ist möglich. Zum einfachen Einstieg habe ich die Druckdaten mit den bereits vorhandenen Hilfs- und Stützstrukturen – dem sogenannten Support – gewählt.

Wer ein wenig tiefer in die Materie einsteigen möchte, kann den benötigten Support auch individuell definieren und automatisch von der Chitubox-Software berechnen und erzeugen lassen. Da das spätere Entfernen des Supports nicht immer ganz einfach ist, lohnt es sich durchaus, mit zunehmender Erfahrung hier ein wenig zu experimentieren.



Sämtliche Parameter für die Hilfs- und Stützstrukturen lassen sich in der Software individuell den eigenen Wünschen und den jeweiligen Anforderungen des Modells anpassen.

Nachdem die Software die einzelnen Schichten für den Resindruck ermittelt hat, können diese in einer Vorschau auf dem PC angezeigt werden.



Druckvorbereitungen und die erste Inbetriebnahme

Dank der einfachen Bedienung des Mars 5 Ultra kann schon kurze Zeit nach dem Auspacken des Gerätes mit dem Druck der Signalbrücke begonnen werden. Mit dem Entfernen aller Schutzfolien, der erstmaligen Reinigung der Druckplatte mit Isopropanol o.Ä. sowie der Montage von Harztank und Druckplatte sind die wesentlichen Vorbereitungen bereits erledigt.

Nach dem Einschalten führt der Drucker eine umfangreiche Selbstdiagnose durch. Anschließend kann das Harz in den Resintank eingefüllt werden, wobei selbstverständlich die Markierungen für den minimalen und maximalen Füllstand berücksichtigt werden müssen. Ich verwende das originale 8K-Standardresin von Elegoo. Für die Harzkalibrierung wird auf einem USB-Stick ein Mustermodell mitgeliefert.

Die von der Slicer-Software Chitubox bereitgestellten Druckdaten im CTB-Format werden im einfachsten Fall auf einen USB-Stick kopiert und damit zum Drucker übertragen. Die Dateien können über das Farbdisplay anhand des Namens und eines Vorschaubildes ausgewählt werden. Danach lässt sich der 3D-Druck starten. Nach dem Start des Prozesses beginnt der Drucker mit der Kalibrierung der Sensoren und der Nivellierung der Druckplatte.

Reinigung und Entfernen des Support-Materials

Der gesamte Druckvorgang läuft automatisch ab. Nachdem die letzte Schicht gedruckt wurde, wird die Bauplatte automatisch über eine Gewindespindel in die obere Endstellung gefahren. Über einen einfachen Verriegelungsmechanismus kann die Bauplatte abgenommen und zur Reinigung in eine Waschstation o.Ä. eingehängt werden. Wer keine Waschstation besitzt, kann die Druckplatte samt aller gedruckten Teile zur Not auch in einer kleinen Wanne mit einem Pinsel abwaschen.

Erst nach der gründlichen Reinigung kommen die feinen Details und die durchbrochenen Gitter der Signalbrücke so richtig zur Geltung. Jetzt müssen die gedruckten Einzelteile nur noch vorsichtig von der Bauplatte entfernt werden. Dies gelingt recht gut mit einem kleinen Spachtel. Sollten einzelne Teile



Nach dem Ende des Druckprozesses wird die Bauplatte selbstständig nach oben gefahren.



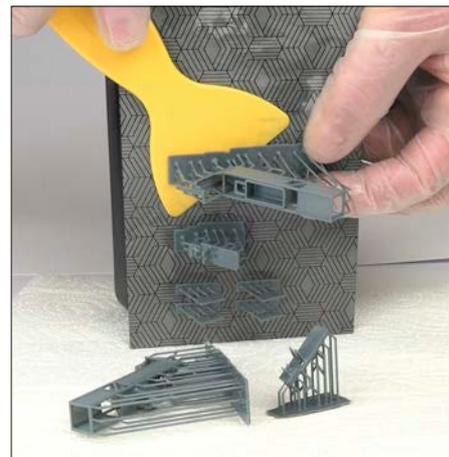
Um die Resinreste zu entfernen wandern die Druckteile am besten in eine Waschstation.



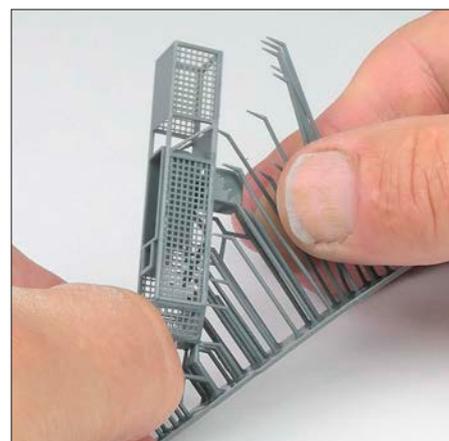
Nach der Reinigung mit Isopropanol kommen die feinen Details so richtig zum Vorschein.

doch einmal zu fest haften, helfen kleine Hammerschläge auf den Spachtelgriff.

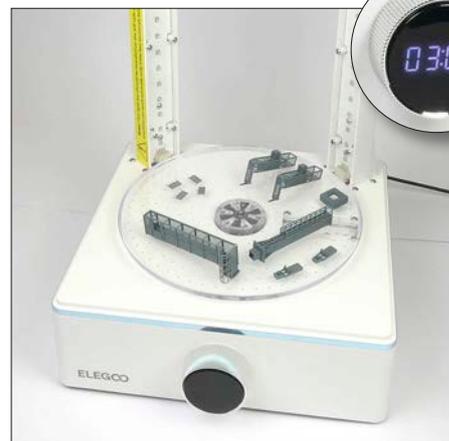
Nach dem Druck müssen die gedruckten Einzelteile noch unter UV-Licht nachgehärtet werden. Ob die Hilfs- und Stützstrukturen vor oder nach dem Aushärten entfernt werden, hängt von den persönlichen Vorlieben und dem Modell ab. Bei der Signalbrücke habe ich diese



Die fertigen Druckteile sind noch sehr empfindlich und werden vorsichtig abgehelt.



Die Stützstrukturen lassen sich gut im weichen Zustand entfernen.



Für das Nachhärten aller Bauteile wird eine kleine Härtestation mit UV-Licht eingesetzt.

im ungehärteten Zustand entfernt und damit gute Erfahrungen gemacht.

Im letzten Schritt wandern die frischen 3D-Druckteile am besten in eine Aushärtestation und werden dort einige Minuten einem intensiven UV-Licht ausgesetzt. Alternativ zum Einsatz einer UV-Lichtquelle können die Teile auch eine längere Zeit in der Sonne nachhärten.

Die Montage der einzelnen Druckteile erfolgt mit UV-Kleber. Gegenüber dem klassischen Sekundenkleber härtet dieser erst unter dem Einfluss einer UV-Lichtquelle aus. Damit sind in gewissen Grenzen Korrekturen auch noch nach dem Auftragen des Klebers möglich.



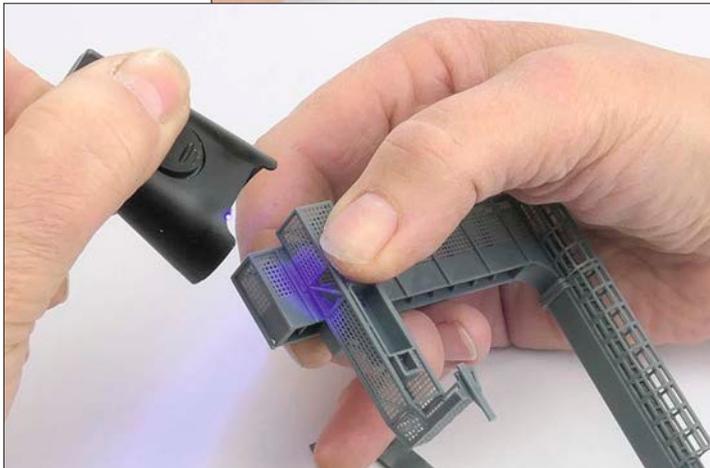
Montage und Farbgebung

Nachdem alle Einzelteile gedruckt und ausreichend nachgehärtet wurden, kann die finale Montage der Signalbrücke beginnen.

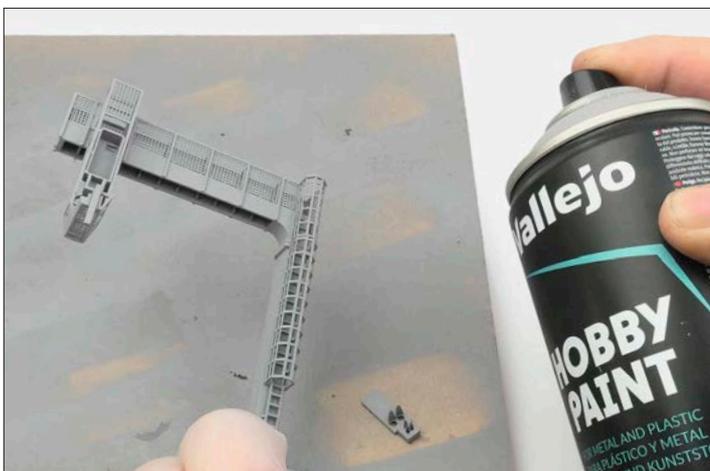
Als Klebstoff für 3D-Modelle aus dem Filament- oder Resindrucker verwende ich gerne den UV-Kleber von UHU. Dieser wird im Fachhandel unter der Bezeichnung LED-Light-Booster angeboten. Der Klebstoff kann in Ruhe auf die zusammenzufügenden Teile aufgetragen und deren Sitz noch eine Zeit lang korrigiert werden. Zum Aushärten des Klebstoffes wird von UHU eine passende UV-Lichtquelle auf LED-Basis mitgeliefert. Nur wenige Sekunden Bestrahlung genügen, um die Einzelteile sicher miteinander zu verbinden.

Die fix und fertig montierten 3D-Druckteile der Signalbrücke sollten vor der eigentlichen Farbgebung möglichst grundiert werden. Gute Erfahrungen habe ich mit der Grundierung von Vallejo gemacht. Obwohl die Grundierung in einer handelsüblichen Spraydose geliefert wird, lässt sie sich extrem dünn auftragen ohne die winzigen gedruckten Details bzw. die Durchbrüche der Gitterkonstruktion zuzukleistern. Die Grundierung benötigt eine gute halbe Stunde zum Trocknen. Anschließend kann die Signalbrücke im gewünschten Farbton mit der Airbrushpistole lackiert werden. Als Farbton habe ich RAL 6011 bzw. Resedagrün gewählt. Vallejo bietet beispielsweise unter der Artikelnummer 71.095 (Pale Green) eine passende spritzfertige Acrylfarbe für die Airbrushpistole auf Wasserbasis an.

Die zum Aushärten notwendige UV-Lichtquelle ist in der Regel im Lieferumfang des Klebstoffes enthalten. Bewährt hat sich bei Modellen aus dem 3D-Drucker der LED-Light-Booster von UHU.



Die Grundierung von Vallejo lässt sich mit der Spraydose sehr dünn aufsprühen, sodass weder die feinen Oberflächendetails noch die durchbrochenen Gitter verklebt werden.



Signalschirm mit SMD-LEDs für Hp 0, Hp 1 und Zs 1

Für eine vorbildgetreue Blocksignalfunktion erhält die Signalbrücke im nächsten Schritt SMD-LEDs der Baugröße 0402 mit fix und fertig ab Werk angelöteten Mikrolitzen. Für die Montage der LEDs im Signalschirm benutze ich ebenfalls den UV-Kleber von UHU. Nachgebildet habe ich nicht nur das rote und grüne Licht für Hp 0 und Hp 1, sondern auch die drei weißen Lichter für das Ersatzsignal Zs 1. Die drei weißen Lichter in Form eines A werden immer dann gezeigt, wenn am Signal Hp 0 oder an einem gestörten Lichthauptsignal ohne einen schriftlichen Befehl vorbeigefahren werden soll.

Nach dem Trocknen der Grundierung wird die Basisfarbe der Signalbrücke am besten mit der Airbrushpistole aufgetragen. Hier passt der Farbton Resedagrün bzw. RAL 6011.



Elektrischer Anschluss und passende Vorwiderstände

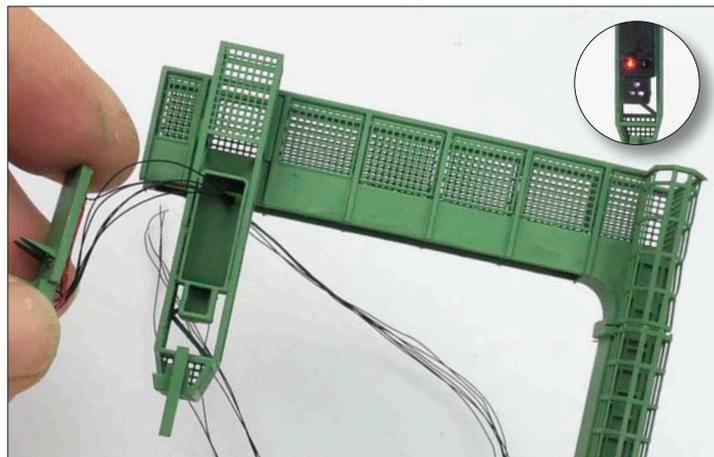
Nachdem die SMD-LEDs eingeklebt und zur Sicherheit an einem Netzteil mit Strombegrenzung noch einmal auf Funktion geprüft wurden, wird nun auch der Signalschirm mit UV-Kleber an der Signalbrücke befestigt. Die dünnen Mikrolitzen können unauffällig unterhalb des Querganges verlegt und durch den Mast nach unten geführt werden.

Für den elektrischen Anschluss werden alle Anodenanschlüsse bzw. Pluspole der LEDs zusammengelötet und gemeinsam mit einem Kabel versehen. Die Kathodenanschlüsse bzw. Minuspole der LEDs erhalten am Ende der jeweiligen Mikrolitzen noch passende Vorwiderstände zur Strombegrenzung.

Bei den von mir ausgewählten SMD-LEDs ergibt sich für die drei weißen LEDs in Parallelschaltung und die einzelne grüne LED je ein Widerstandswert von 82 k Ω . Die einzelne rote LED bekommt einen Widerstand von 10 k Ω . Zum Schluss wird der Signalschirm noch mattschwarz eingefärbt, bevor die Signalbrücke auf der Modellbahn ihren Dienst aufnehmen darf. *Maik Möritz*

Als LEDs für den Signalschirm kommen SMD-Typen der Baugröße 0402 mit angelöteten Mikrolitzen zum Einsatz. Auch das Ersatzsignal Zs1 wurde mit weißen LEDs nachgebildet. Wird dieses angezeigt, darf das Signal ohne schriftlichen Befehl passiert werden.

Der Signalschirm wird mit dem Pinsel mattschwarz eingefärbt. Die LEDs erhalten am Ende der durch die Signalbrücke geführten Leitungen noch die passenden Vorwiderstände zum Anschluss an den Modelltrafo bzw. an eine Steuerelektronik.



In einer vorbildnahen Modellbahnlandschaft macht die Signalbrücke eine richtig gute Figur. Kaum zu glauben, dass sie in Verbindung mit einem 3D-Resindruker selbst hergestellt wurde. Und dank der kleinen SMD-LED ist auch für eine vorbildgetreue Funktion gesorgt. *Fotos: Susanne Möritz*



Ein Schotterwagen 268 der DB in H0. Leider hat sich die Industrie bis dato nicht dazu hinreißten lassen, diesen doch formschönen Wagen im Modell anzubieten. Dank der 3D-Drucktechnik ist es dennoch möglich, sich einen solchen Wagen selbst anzufertigen.

Von der Zeichnung zum fertigen Modell

Wunschwagon wird Wirklichkeit

Der Schotterwagen 268 der DB (später Facs 140) wurde in einer Stückzahl von 150 Exemplaren beschafft, trotzdem fand es bis heute kein Hersteller von Modelleisenbahnen interessant genug, ein Modell des durchaus ansehnlichen Wagens als H0-Modell herauszubringen. Will man trotzdem ein Modell des Wagens sein Eigen nennen, bleibt einem nur der Eigenbau.

Eine Abwechslung zu den üblichen Personen- und Güterzügen stellt immer ein Bauzug dar. Werden Gleise neu verlegt oder erneuert, muss auch Gleis-schotter herangebracht werden. Für diesen Zweck gibt es spezielle Dienstgut-wagen, welche den Schotter direkt ins

Gleisbett entleeren können. Hierfür be-nötigt der Wagen spezielle Schütten, die so ausgerichtet werden können, dass der Schotter direkt an den richtigen Stellen im Gleis landet.

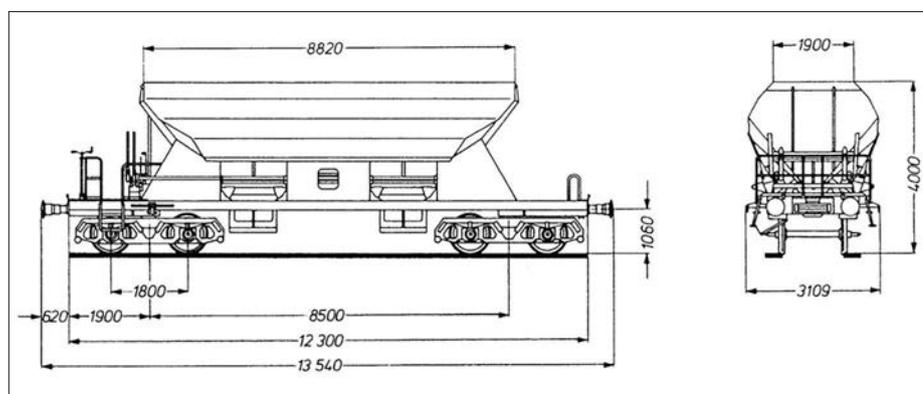
Die DB hatte hierfür unter anderem auch einige Wagen des Typs „Schotter-

wagen 268“ in ihrem Bestand. Diese Wagen sucht man bis dato leider verge-bens im Handel, obwohl die Bahn immerhin rund 150 Wagen hatte. Die Wa-gen wurden später verkauft und wieder zurückgemietet. Sie wurden anschlie-ßend unter der Bezeichnung Facs 140 geführt. Genauere Informationen zu den Wagen findet man in den Publikationen von Stefan Carstens: Güterwagen, Band 4, „Offene Wagen in Sonderbauart“.

Da es sich bei dem Modell um einen attraktiven Wagen handelt, welcher auf dem Schienennetz gar nicht mal so sel-ten anzutreffen war, lohnt es sich, ein Modell im Eigenbau anzufertigen.

Vorbereitungen

Damit der Wagen im 3D-Druckverfahren hergestellt werden kann, muss zuerst eine entsprechende Zeichnung angefer-



Eine Bemaßungsskizze stellt die Basis für das Erstellen der benötigten 3D-Skizze dar.

tigt werden. Um diese zu erstellen, ist es sehr hilfreich, eine Bemaßungsskizze des Vorbilds zu haben. Neben einer solchen Skizze sind Fotos des Vorbilds notwendig. Hat man alles zusammen, kann man mit der Zeichnung des Modells beginnen.

In diesem Fall wird das Programm ‚Fusion360‘ von Autodesk benutzt. Die Firma stellt Privat Anwendern das Programm gratis zur Verfügung. Hierfür muss man sich bei Autodesk nur anmelden und die Installationsdatei von der Homepage des Anbieters herunterladen. (<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/personal>)

Die 3D-Zeichnung

Mit dem Programm Fusion360 fertigt man Skizzen in Form von technischen Zeichnungen an. Die gezeichneten Teile können anschließend zu 3D-Objekten extrudiert werden. Auf diese Art und Weise werden alle Teile gezeichnet und zusammengesetzt.

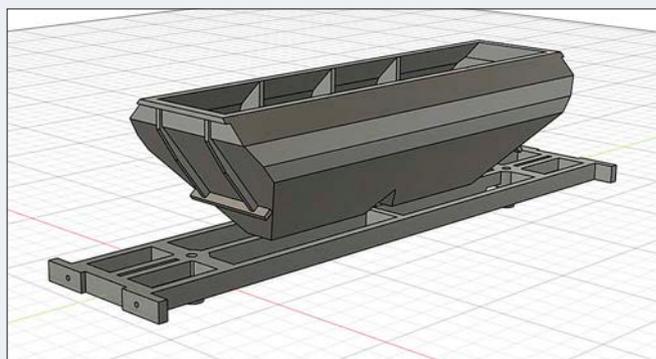
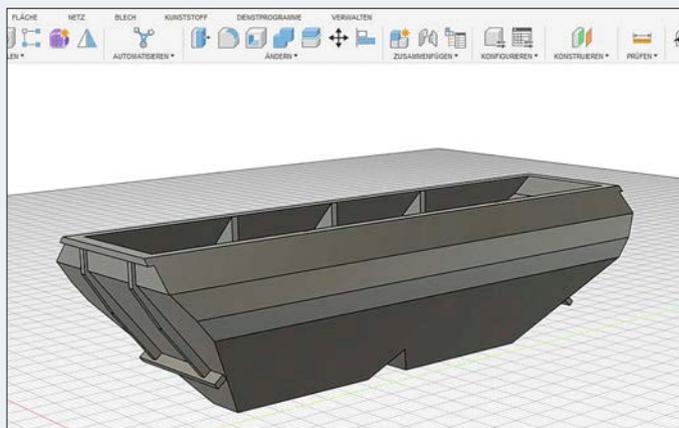
Angefangen wurde mit dem Trichter. Nachdem dieser komplett gezeichnet und extrudiert war, konnte als nächstes Teil das Fahrgestell des Wagens gezeichnet werden. Anschließend wurden die Seitenwände gezeichnet. Auf die gleiche Art und Weise entstanden nach und nach alle Teile, welche später im Drucker hergestellt werden sollten. Nachdem alle einzelnen Komponenten gezeichnet waren, wurde der Wagen virtuell zusammengesetzt. Dies dient nicht nur der visuellen Begutachtung des Modells, sondern auch der Kontrolle, ob alle Teile passgenau angefertigt wurden. Stellt man hier Fehler fest, sind sie noch leicht zu korrigieren.

Es gilt beim Anfertigen der Teile eine gewisse Balance zwischen „so wenige wie möglich“ und „noch leicht zu lackieren und zusammenzubauen“ zu finden. Auch ist es von Vorteil, kleinere Teile einzeln zu fertigen, da es so leicht möglich ist, beschädigte oder abgebrochene Teile schnell und einfach zu ersetzen.

Sind alle Teile fertig gezeichnet, müssen sie in eine druckbare Datei umgewandelt werden. Die Teile – oder zusammengesetzte Baugruppen – werden in STL-Dateien umgewandelt. STL-Dateien können vom Slicer-Programm des Druckers geladen und in druckbare Dateien umgewandelt werden. Der Export der Teile in STL-Dateien ist in Fusion360 mit nur wenigen Klicks erledigt.

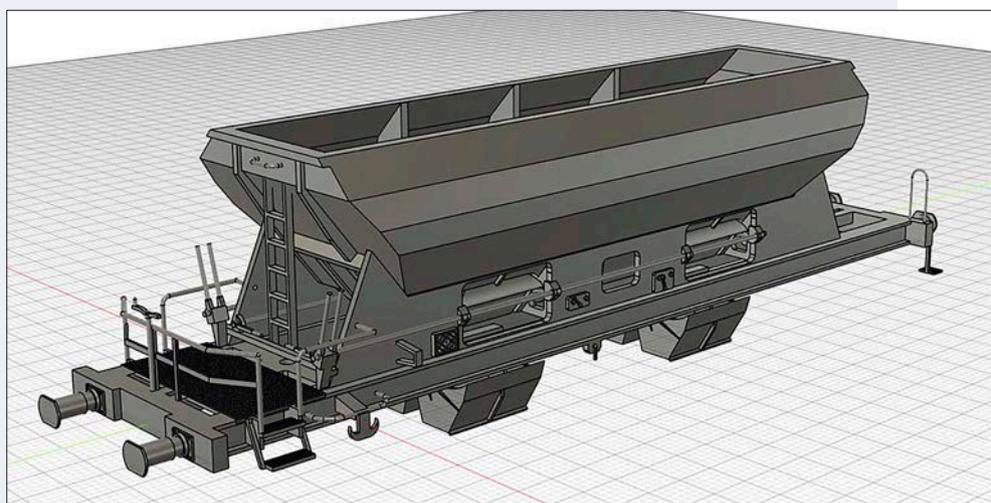
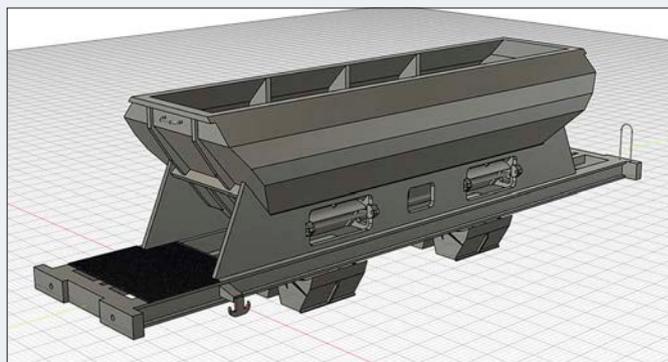
Rechts und unten:

Als erstes Teil wurde der Trichter des Wagens gezeichnet. Das so gezeichnete Teil wird als Komponente abgespeichert. Ebenso wird mit dem Fahrgestell ...



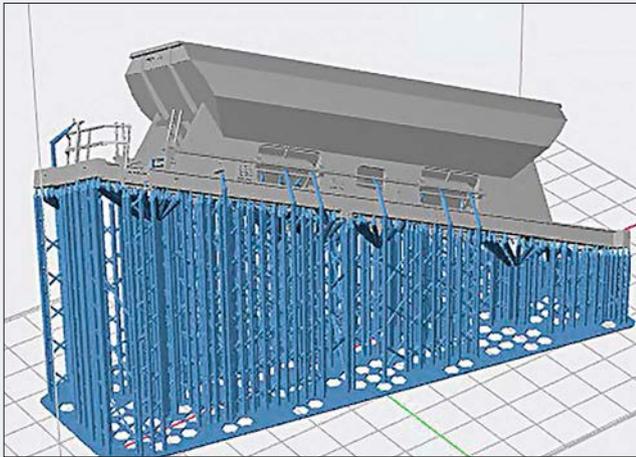
... verfahren. Ist auch diese Komponente fertig, wird sie mit dem Trichter verbunden. Nach und nach entstehen so alle Komponenten, welche man für den Zusammenbau des Wagens benötigt.

Rechts: Nach den großen Teilen des Wagens werden auch die kleineren gezeichnet und am Wagen platziert. Hier sieht man bereits die Schütten und einen Seilhaken.



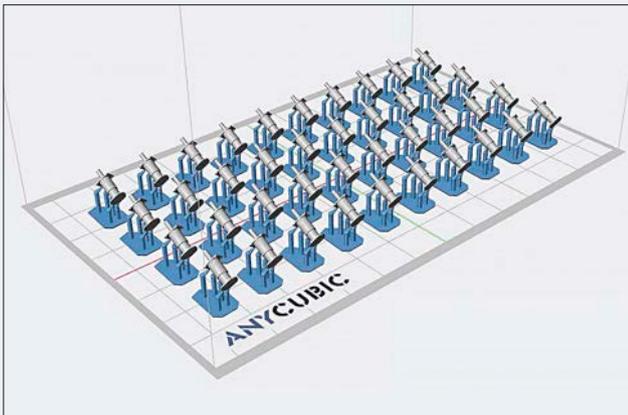
Alle Teile wurden gezeichnet und als Komponenten abgespeichert. Der komplette Wagen wurde virtuell zusammengesetzt, sodass man ein Bild vom fertigen Wagen hat. Die Drehgestelle wurden nicht gezeichnet, da hier auf solche der Industrie zurückgegriffen wird.

Der 3D Druck



Links: Im Slicer, einem Programm was mit den Drucker gratis mitgeliefert wird, werden die nötigen Stützen für den Druckvorgang an den Modellen angebracht. Hier ist Handarbeit angesagt, die sogenannten Automaten liefern bis dato keine zufriedenstellenden Ergebnisse.

Rechts: Die filigranen Zurrhaken des Wagens werden als Einzelteile gedruckt. Auf diese Weise kann man sie besser lackieren und man läuft keine Gefahr, sie am gedruckten Modell durch Unachtsamkeit abzubringen.



Links: Auch die Puffer werden als Einzelteile gedruckt. Man kann sie auch für andere Projekte benutzen. Da es sich um kleine Bauteile handelt, kann man sich solch „allgemeine Bauteile“ auf Vorrat drucken, sodass man immer Ersatz vorrätig hat.

Rechts: Fertig gedruckte Teile für den Wagen. So kommen die Trichter mit der Stützstruktur aus dem Drucker. Diese hier wurden bereits mit Isopropanol-Alkohol von Resinresten befreit, allerdings noch nicht unter einer UV Lampe gehärtet. Dies wird erst nach dem Entfernen der Stützen geschehen.



Die vorerwähnten STL-Dateien werden in den Slicer geladen, wo man sie für den Druck vorbereitet. Zum einen kann man dort die gewünschte Schichtstärke (Feinheit des Drucks) einstellen, zum anderen werden im Slicer auch die benötigten Stützstrukturen dem zu druckenden Modell hinzugefügt. Hierbei sollte man sich nicht unbedingt auf die Automatik verlassen, selten sind die so gesetzten Stützen auch wirklich dort, wo sie für einen problemlosen Druck benötigt werden. Aber vielleicht wird sich das in naher Zukunft unter Anwendung von KI noch bessern ...

Sind die zu druckende Teile auf der Druckplatte verteilt, kann zum nächsten Schritt übergegangen werden. Die Datei wird „gesliced“, was soviel bedeutet, dass das Teil virtuell in Schichten zerlegt wird, die der Drucker anschließend zu einem Körper zusammensetzt. Die fertige Datei wird dann an den Drucker übertragen. In unserem Fall geschieht dies per USB-Stick, ist aber auch über ein vorhandenes Wifi-Netz möglich.

Benutzt wird für den Druck ein Resin-Drucker von Anycubic (M5s), der alle für den Modellbau erforderlichen Parameter bietet. Aber auch vergleichbare Drucker aus aktueller Produktion haben eine Minimalauflösung von 4K oder weit höher, was für unsere Drucke mehr als ausreichend ist.

Die eingestellte Schichtstärke wurde auf 0,05 mm gesetzt. Es ist zwar möglich, mit noch feineren Einstellungen zu drucken, allerdings hat sich in der Praxis gezeigt, dass ein Druck mit einer Schichtdicke von 0,03 mm, optisch keine Vorteile bietet, der Druckvorgang jedoch erheblich verlängert wird. Mit den gemachten Einstellungen und dem erwähnten Drucker dauerte der Druck des Trichters etwas mehr als sechs Stunden, was für ein derart voluminöses Objekt eine durchaus bemerkenswert schnelle Zeit darstellt.

Reinigung

Nachdem der Drucker fertig ist, wird das gedruckte Objekt von der Druckplatte gelöst und gereinigt. In unserem Beispiel wurde „Texture“-Resin von Anycubic verwendet. Um Reste des Resins vom Druckergebnis zu entfernen, wird Isopropanol-Alkohol verwendet. Man kann das Lösungsmittel von Hand in ein ge-

eignetes Behältnis gießen, oder aber, wie hier, in einen speziellen „Washer“, welcher ebenfalls von Anycubic angeboten wird. Ein solches Gerät ist vor allem dann empfehlenswert, wenn man größere Teile druckt. Die kleineren Teile, wie z.B. die Puffer und die Zurrhaken, werden in kleineren Behältnissen mit Isopropanol-Alkohol gereinigt.

Bevor die Teile unter einer UV-Lampe ausgehärtet werden, wird die Stützstruktur vom Modell entfernt. Hierbei sollte man behutsam vorgehen, da man ansonsten Gefahr läuft, filigrane Teile am Modell zu beschädigen oder abzureißen.

Härten des Modells

Sind alle Stützen entfernt, kann man die gedruckten Teile härten. Nach dem Druck fühlt sich das Resin weich an. Um das Material zu härten, bedarf es UV-Licht.

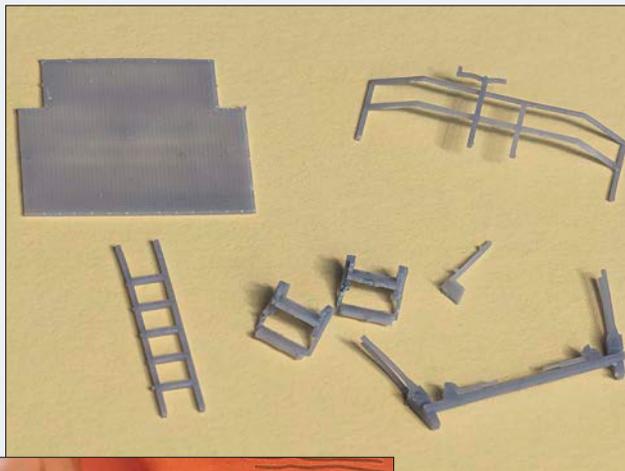
Man kann das gedruckte Teil nach draußen in die Sonne stellen, wobei eine direkte Sonneneinstrahlung allerdings absolut zu vermeiden ist. Im Schatten härtet das Material bei schönem Wetter in etwa 2 bis 3 Stunden aus. Bei geringen Temperaturen sollte man eine Aushärtung im Freien allerdings ebenfalls unterlassen.

Eine andere Methode, das Material zu härten, ist die Anwendung einer UV-Lichtquelle. Auch hier gibt es vom Druckerhersteller ein geeignetes Gerät, in diesem Falle ein Kombigerät, welches das Modell sowohl waschen als auch härten kann. Darüber hinaus kann man auch sogenannte Lichthärtungsgeräte für Fingernägel benutzen. Diese arbeiten ebenfalls mit UV-Licht und sind bei den üblichen Onlineanbietern zu einem günstigen Preis zu erwerben.

Nachbearbeitung

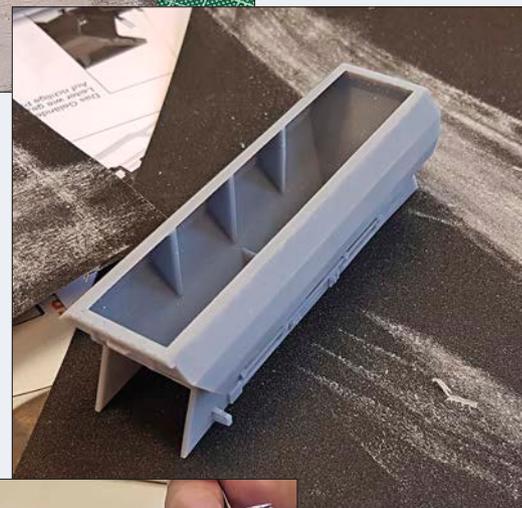
Nach der Aushärtung des Resins kann man die Teile nun nachbearbeiten. Denn eins sollte von vornherein klar sein: Alle Teile müssen nachgearbeitet werden, möchte man ein ordentliches Resultat erlangen. Diese Arbeiten umfassen das Entfernen der Grate, welche von der Stützstruktur stammen. Diese entfernt man am besten mit feinen Kneifzangen, Schneidpinzetten oder einem scharfen Bastelmesser. Daneben benötigt man feines Schleifpapier mit Körnungen von 400 bis 1000.

Rechts: Auch die filigranen Teile wie die Geländer oder der Rangierertritt werden aus Resin gedruckt. Bei diesen Teilen sollte man besonders vorsichtig vorgehen, wenn man die Stützstrukturen entfernt, da man ansonsten Gefahr läuft, die Teile zu beschädigen.



Links und unten: Wenn alle Teile von ihren Stützstrukturen befreit wurden, müssen die einzelnen Flächen plan geschliffen werden. Insbesondere die Stützen hinterlassen dort, wo die Verbindung zum Druckobjekt war, ihre Spuren, die ...

... es zu beseitigen gilt. Hierfür benutzt man am besten Nassschleifpapier in den Körnungen von 320 bis 1000. Alle größeren Flächen sollten so bearbeitet werden, um eine glatte saubere Oberfläche zu erhalten. Auch beim Resindruck entstehen minimale Rillen, welche durch das Schleifen entfernt werden können. Sind alle Teile plan geschliffen, ...

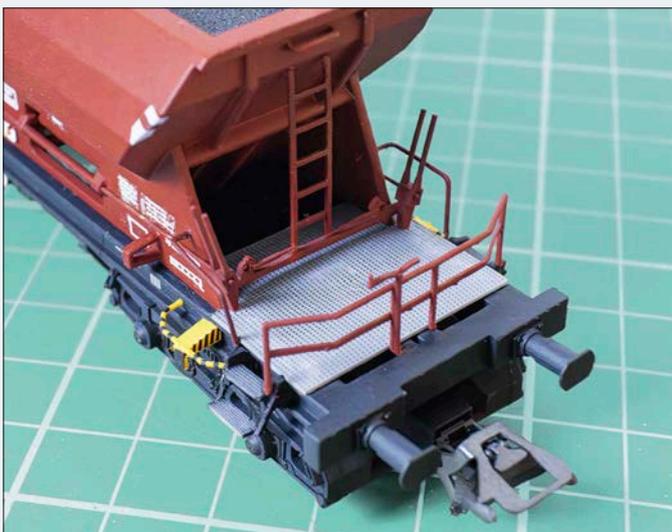


... müssen die Löcher für die Zurrüsteile auf das richtige Maß aufgeweitet werden. Hierfür eignen sich kleine Bohrer, welche man in einen Handbohrer einspannt, oder aber feine Reibahlen.



Links: Verschiedene Teile oder zusammengebaute Gruppen werden vor dem weiteren Zusammenbau lackiert, damit erspart man sich eine Menge an lästigen Abklebearbeiten.

Rechts: Sind Untergestell und Trichter miteinander verklebt, können die Teile mit glänzendem Klarlack lackiert werden. Damit wird eine optimale Basis für die Nassschiebilder geschaffen. Nach erfolgter Trocknung werden die Beschriftungen aufgetragen.



Links: Nachdem die Beschriftungen aufgebracht wurden, werden die Kleinteile wie Bremserbühne, Geländer, Stellhebel, Leiter, Aufstiege, Seilhaken usw. angeklebt. Die Teile wurden vorher lackiert, noch bevor sie am Wagen angebracht wurden.

Rechts: Mit einem feinen Pinsel werden verschiedene Details wie die Bremsstellhebel lackiert und somit optisch hervorgehoben. Die Platten werden dabei weiß, die Hebel rot, resp. gelb lackiert.



Hat man die Grate entfernt, müssen verschiedene Flächen glatt geschliffen werden. Denn egal wie fein der Druck auch ist, das fertige Teil besteht aus feinen Schichten, welche man plan schleifen muss, will man sie nach dem Lackieren nicht mehr erkennen. Beim Drucken können auch schon mal kleine Fehler passieren, welche unschöne Stellen in der Modelloberfläche ergeben. Hier kann man mit einem Glasfaserradierer arbeiten und anschließend mit feinem Schleifpapier glätten.

Alle Löcher, welche beim Zeichnen des Modells bereits berücksichtigt wurden, müssen auf das richtige Maß aufgebohrt oder mit einer Reibahle aufgerieben werden, damit die vorgesehenen Teile perfekt passen. Sind alle Teile bearbeitet, kann mit dem Zusammenbau des Modells begonnen werden.

Zusammenbau und Lackierung

Verschiedene Teile können nun miteinander verklebt werden, andere sollten erst lackiert werden, bevor sie zusammengefügt werden. Man kann den Wagen in zwei Gruppen teilen: die Teile, die schwarz lackiert werden, und diejenigen, die eine braune Lackierung erhalten.

Am Fahrgestell können nun die Puffer und die Aufstiege festgeklebt werden, bevor das Ganze schwarz lackiert wird. Die Schütten sollten vor der Montage erst lackiert werden. Sind auch diese schwarz lackiert, kann man sie am Fahrgestell anbringen. Zum Verkleben der einzelnen Teile wird übrigens Sekundenkleber verwendet.

Die Zurrhaken erhalten eine zweiteilige Lackierung. Zum einen wird das Teil gelb lackiert, der Haken selbst jedoch ist schwarz. Anschließend kann auch der Zurrhaken am Fahrgestell angesetzt werden. Fehlt noch der Rangierertritt. Da dieser sehr filigran ist, sollte man ihn erst ganz zum Schluss am Wagen festkleben. Man riskiert ansonsten, dass man ihn bei den weiteren Arbeiten unbeabsichtigt abbricht.

Einige Teile am Wagen werden nicht im 3D-Druckverfahren hergestellt. Dies sind die Kupplungskinematiken sowie die Kupplungsschächte von Symoba, die Drehgestelle von Märklin/Trix sowie einige Geländer, welche aus 0,5-mm-Messingdraht gebogen werden.

An der Fahrgestellgruppe können nun die Kurzkupplungskinematiken samt Kupplungsschächten festgeklebt wer-



Ein fertig zusammengebauter, lackierter und beschrifteter Wagen. Wenn man einen solchen Eigenbau aus 3D-Druckteilen sauber zusammenbaut und lackiert, können sie durchaus mit Wagen aus der Industrie mithalten.

den. Auch die Drehgestelle können montiert werden. Für die Montage sind zwei 2 x 8 mm-Selbstschneideschrauben nötig.

Das Geländer auf der gegenüberliegenden Seite der Bremserbühne wird mit einer Rundzange gebogen. Es wird ebenfalls schwarz gefärbt und kann danach montiert werden. Nach der Montage vorerwähnter Teile kann man einen ersten Rolltest durchführen und die Höhe der Kupplung auf Maßhaltigkeit überprüfen.

Alle anderen Teile werden braun lackiert (RAL 8012). Nur die Plattform für die Bremserbühne erhält eine hellgraue Farbe. Nachdem die Farben gut durchgetrocknet sind, können die Teile miteinander verklebt werden. Erst wird der Trichter mittig auf das Fahrgestell geklebt. Hierbei auf die Ausrichtung achten, das Ende mit dem Haltegriff muss zur Bremserbühne weisen. Anschließend werden die Bremserbühne, Stelhebel, Leiter und Geländer angebracht.

Beschriften

Der Wagen wird mit Nassschiebebildern beschriftet. Deswegen wird er vor dem Beschriften mit glänzendem Klarlack überzogen, welcher mit einer Spritzpistole aufgetragen wird. Benutzt wird dabei ein wasserlöslicher Klarlack von der Firma Bergswerk (<https://www.bergswerk.de>). Dieser lässt sich leicht auflackieren und trocknet schnell und gleichmäßig. Der glänzende Klarlack ergibt eine glatte Fläche, auf die die Beschriftung aufgetragen wird.

Einen Beschriftungssatz für den Wagen erhält man beim Anbieter für Eisen-

bahnbeschriftungen Andreas Nothhaft (<https://www.modellbahndecals.de>).

Mit einem Pinsel wird die Oberfläche des Wagens mit entspanntem Wasser eingestrichen, dann kann man das Decal vorsichtig an seinen Platz schieben. Nun wieder mit dem weichen Pinsel das überschüssige Wasser abwischen, sodass die Beschriftung plan anliegt. Anschließend einen Weichmacher (Micro Sol von Microscale) auf das Decal auftragen und trocknen lassen. Das Decal darf

man in diesem Stadium keinesfalls berühren oder verschieben, es würde sofort reißen und zerstört werden.

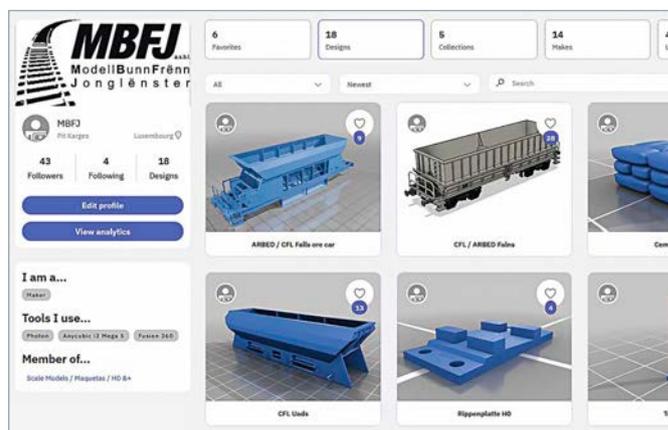
Nach erfolgter Trocknung werden die Beschriftungen mit glänzendem Klarlack versiegelt. Erst nach der Versiegelung mit dem Glanzlack wird der Wagen mit seidenmattem oder mattem Klarlack überzogen, um einen einheitlichen Glanzgrad zu erreichen. Die Beschriftungen sind nun geschützt und absolut griffest.

Pit Karges



Das Vorbild für unser Modell, ein Schotterwagen 268 der DB. Foto: Stefan Carstens

Rechts: Die STL-Dateien für den Wagen kann man bei Thingiverse unter <https://www.thingiverse.com/mbfj/designs> kostenlos herunterladen. Man findet dort auch noch andere interessante Dateien für die Ausgestaltung einer Modellbahnanlage. Fotos u. Screenshots: Pit Karges



Der RHB-Autotransporter im fertigen Zustand. Die schlanke Bauweise kommt so harmlos daher, birgt aber gewisse Tücken, denn je dünner das gedruckte Bauteil ist, desto leichter wird es krumm. Wer genau hinsieht, wird auch bei diesem Foto noch eine leichte Durchbiegung des Modells bemerken. Das passiert genau an den Stellen, an denen die Messingplatte (siehe rechts) endet. Leider ist das trotz konstruktiver Maßnahmen nicht ganz zu verhindern. Das Modell jedenfalls kann es problemlos mit kommerziellen Modellen aufnehmen.

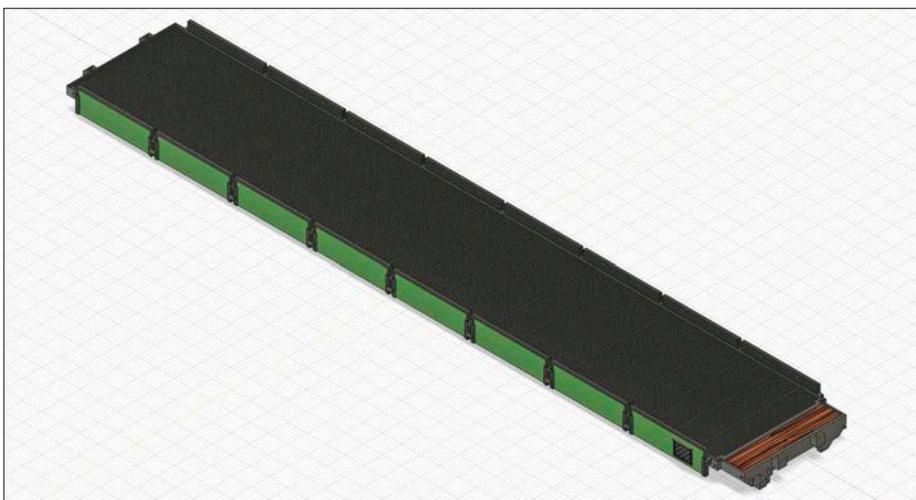


3D-Druck in Theorie und Praxis

Druckfehler-Lösungen

Es klingt toll. Mit 3D-Druck erstellen wir uns unsere eigenen Modelle, die wir dann ausgedruckt nur noch lackieren müssen. Im Prinzip stimmt das, allerdings birgt die Technologie diverse Hürden und Fallen, die man besser umschiffen sollte, wenn man Freude an seinen Modellen haben möchte. Guido Weckwerth hat bei der Produktion seines Wunschmodells viel Erfahrung sammeln müssen, die an dieser Stelle allen Lesern zugute kommen sollen. Schließlich müssen Sie ja nicht alle Fehler wiederholen.

Wer „3D-Druck“ sagt, sollte die beiden wesentlichen Technologien kennen, die für den Heimbereich am wichtigsten sind. Tatsächlich ist es so, dass es nicht nur eine Methode gibt, ein Modell erstehen zu lassen. Für uns als Hobbyanwender sind eigentlich nur zwei Verfahren so preisgünstig in der Anwendung, dass sie in Betracht kommen können. Profis kennen da noch wesentlich mehr, die Geräte kosten dann aber auch gerne einmal fünf- oder sechsstellige Summen. In diesem Artikel geht es dabei ausschließlich um das SLA-Druckverfahren, auch als „Stereolithografie“ oder Resindruck bezeichnet. Um einige Probleme, die bei diesem Ver-



Links: Im CAD sieht der Wagen auf dem Bildschirm noch komplett gerade aus. Doch leider ist das nur die Theorie ...

Gerade dieser Wagen macht riesige Probleme. Die Seitenwände wären toll als formgebende Stütze – wären sie nicht in kleinere Auffahrbleche unterteilt. Genau an den Spalten zwischen den Blechen kann sich hinterher das fertige Modell durchbiegen. Die Messingplatte stabilisiert die Mitte des Wagens sehr gut, leider brauchen die Räder der Drehgestelle Platz, sodass hier keine Messingplatte mehr hinpasst. So gut wie möglich wurde der Bereich daher mit Streben verstärkt, ohne den freien Durchblick zu stören.

fahren auftreten können zu verstehen und damit auch eine Lösung anbieten zu können, ist zunächst einmal das prinzipielle Verständnis für diese Druckart erforderlich.

Schicht für Schicht

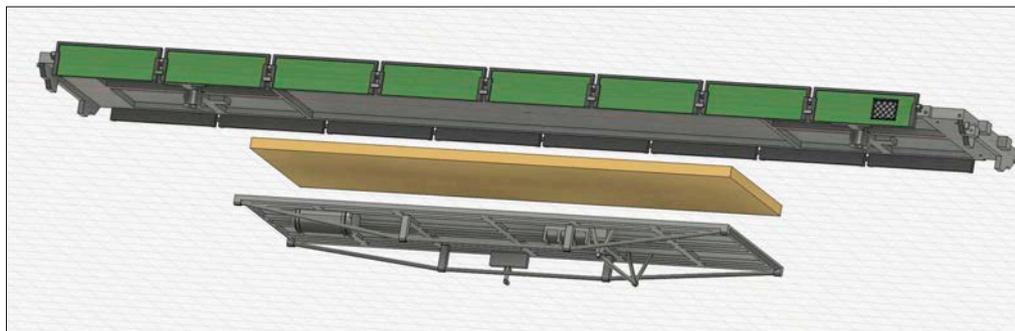
SLA-Drucker erzeugen die Modelle aus einem Resintank, bei dem mittels UV-Licht (Laser oder LCD-Display) eine Schicht gehärtet wird. Die ersten Schichten setzen sich (hoffentlich) auf der Bauplatte fest, die in das Resin eintaucht. Die anderen Schichten docken dann an die schon vorhandenen Schichten an. Dabei wird die Bauplatte vom Drucker pro Schicht jeweils um die Schichtdicke nach oben bewegt, üblicherweise zwischen 0,05 und 0,1 mm. Mit einem LCD-Schirm wird dabei eine komplette Schicht von unten auf einmal belichtet, ein Laser muss jeden Punkt einzeln ansteuern.

Damit das alles funktioniert, ist der Resintank unten mit einer speziellen durchsichtigen Folie abgeschlossen, die für UV-Licht gut durchlässig ist und die möglichst wenig Haftung bietet. Tatsächlich soll ja die neu erstellte Schicht an der Bauplatte beziehungsweise am Modell und nicht auf der Folie haften.

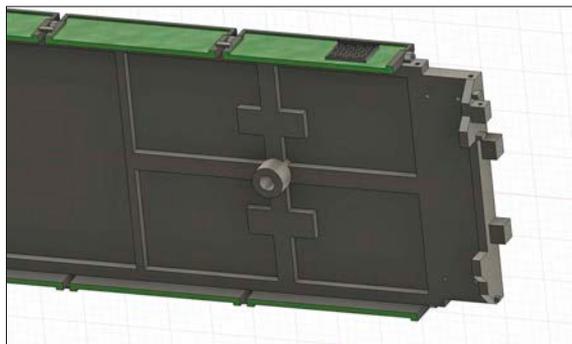
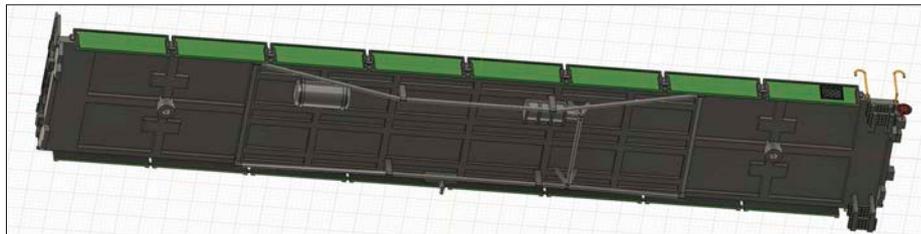
Druckereinstellungen

Hierbei ist es wichtig, die korrekten Druckereinstellungen zu haben. Belichtet man zu lange, so haftet die gerade erstellte Schicht auf der Folie und reißt eventuell ab. Belichtet man zu kurz, kann es passieren, dass die neue Schicht nicht am Modell kleben bleibt. Die korrekten Einstellungen lassen sich am besten mittels Datenblatt des benutzten Resins ermitteln. Ganz ohne eigene Versuche geht es dann aber doch nicht, wie ich aus leidvollen Fehlversuchen erfahren musste.

Ein guter Start sind hier immer die vorgegebenen Einstellungen des Herstellers. Ich kann nur empfehlen, für die ersten Drucke mit einer Kombination aus Drucker und Resin vom selben Hersteller zu beginnen. Dann ist man ziemlich sicher, dass die beiden Komponenten gut aufeinander abgestimmt sind und eventuelle Fehler nicht an falschen Parametern liegen. Erst wenn man hier ausreichend Erfahrung gesammelt hat, empfiehlt es sich, auch Resin anderer Hersteller zu verwenden.

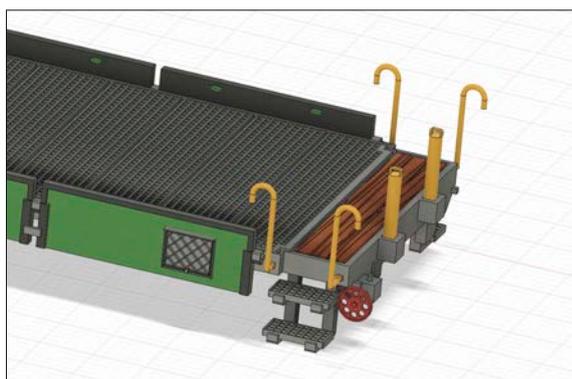
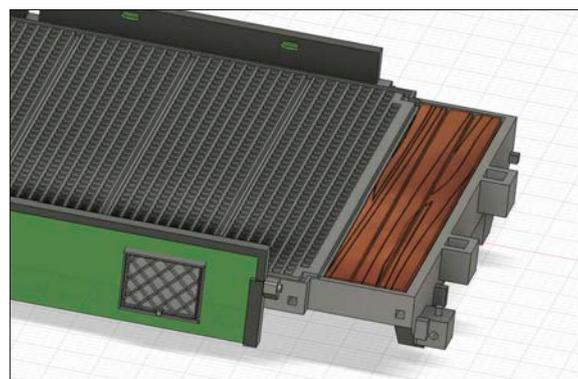


Die erste Maßnahme zur Verhinderung von Verzug: Zwischen Oberteil und Bodengruppe wird eine Messingplatte von 1 mm Dicke vorgesehen. Sie stabilisiert das Mittelteil des Modells. Bei Wagen, die vom Vorbild her nicht ganz so flach sein müssen, sollte die Messingplatte bis hinter die Pufferträger reichen. Im zusammengebauten Zustand (unten) ist die Platte nicht mehr zu sehen.

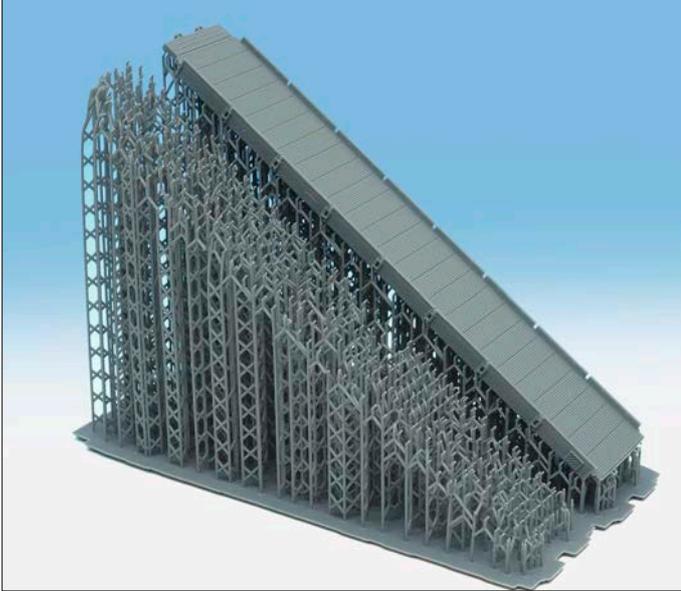


Hier sind nochmal detailliert die Aufnahme für das Drehgestell und die möglichen Verstrebungen zu sehen. Die beiden kleineren Auflageflächen an der mittleren Strebe sind die Gleitflächen für das verwendete Drehgestell von Bemo.

Empfindliche Teile sollte man separat anlegen. Hier sind die typischen Griffstangen für die Rangierer nicht im 3D-Druck angelegt – sie würden bei geringster Belastung brechen. Stattdessen sind an der Bühne lediglich Löcher vorgesehen, in welche die Griffstangen separat eingesetzt werden.

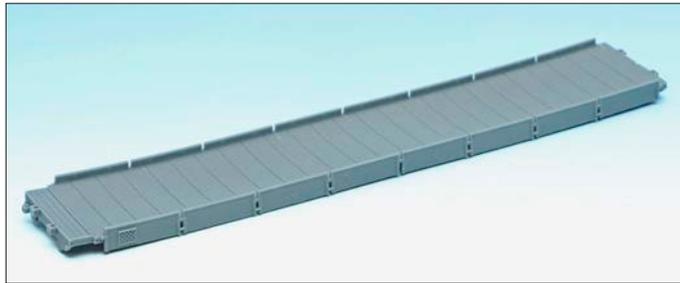


Gedruckt werden die speziell geformten Stirnungen, die Aufstiegstritte und das Handrad für die Bremse. Hier zwar in der Konstruktion berücksichtigt, beim realen Modell jedoch aus Draht geformt sind die Griffstangen neben den Trittstufen.



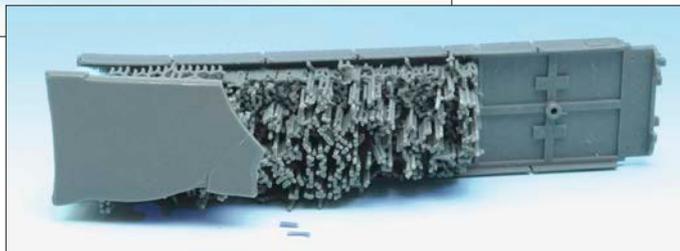
Im Slicer wird die Konstruktion so positioniert, dass sie auf die Grundfläche des Druckers passt und schräg im Raum liegt. Zudem sorgt die Stützstruktur dafür, dass die Geometrie des Modells stimmt – vorausgesetzt, die Konstruktion und das Resin passen zueinander. Hinten ein Beispiel, wenn dies nicht zusammenpasst.

Trotz aller Vorsicht ist der erste Versuch misslungen: Der Wagen wölbt sich, als wäre er für Bananen statt für Autos gedacht ...



Die Ursache dieses Problems liegt vermutlich im zu flachen Winkel bei der Slicer-Positionierung.

Die Dichte der Stützkonstruktion ist jedenfalls groß genug, daran kann es eigentlich nicht liegen ...



Das hätte eigentlich ein Musterbeispiel werden sollen, wie krumm so ein Modell nach dem Druck sein kann. Frisch aus dem Drucker war es völlig verbogen, bis zum Fototermin hatte es sich aber perfekt gerade gerichtet – ein Beispiel, dass der Zeitpunkt zum Lösen der Stützstruktur auch versuchsweise zu ermitteln ist.

Am Beispiel des Autotransportwagens lassen sich viele weitere Fehler aufzeigen, die wir hier im Einzelnen besprechen. Der Autotransporter ist lang und flach. Man könnte meinen, es wäre am einfachsten, diesen auch ganz flach zu drucken. Tatsächlich aber stellt sich das als keine gute Idee heraus, da der Resin drucker seine Bauplatte immer wieder auf und ab bewegen muss. Dabei erfährt er bei diesen Bewegungen durch das flache Modell einen großen Widerstand im Resin. Damit ist die Gefahr groß, dass das Modell von den Stützen bei einer der Verfahrbewegungen abreißt.

Es ist sehr viel besser, das Modell in einem schrägen Winkel zu drucken, sodass schon allein von der Materialströmung her keine allzu großen Kräfte auf das Modell einwirken. Es gibt noch weitere Vorteile für die Schrägstellung. Tatsächlich hilft diese Positionierung dabei, dass das Resin leicht während des Druckes von dem bereits gedruckten Modell abfließen kann.

Die Schrägstellung erreicht man dadurch, dass viele Stützen unter dem Modell gedruckt werden, die von der Bauplatte ausgehen. Diese Stützen helfen außerdem dabei, die Formstabilität des gedruckten Modells sicherzustellen. Jeder Slicer für SLA-Drucker unterstützt die automatische oder manuelle Erstellung solcher Stützen. Durch die Schrägstellung des Modells lassen sich auch Modelle drucken, die über die Begrenzungen des LCD-Displays des Druckers hinausragen würden.

Stützen sind entscheidend

Allerdings ist es auch hier wieder wichtig, den richtigen Winkel für das Modell einzustellen. Je steiler das Modell positioniert wird, desto länger dauert auch der Druck, da die ganze Konstruktion dann stärker in die Höhe baut. Um Zeit zu sparen, hatte ich es einmal mit einem sehr flachen Druckwinkel versucht. Das fehlgeschlagene Ergebnis ist in den Bildern deutlich zu sehen. Das Resin konnte aus den Stützen, die sehr nahe beieinander liegen, nicht ablaufen und produzierte einen massiven Materialklotz, der sich vom Modell nicht mehr trennen ließ. Als ideal haben sich bei meinem Drucker Winkel von etwa 35° bis 50° herausgestellt.

Generell sollte man seine Modelle auf Stützen drucken. Die ersten sechs Schichten werden üblicherweise sehr

lange belichtet, damit das Modell eine gute Haftung auf der Bauplatte hat. Diese lange Belichtungszeit führt dazu, dass Details auf diesen sechs Schichten kaum darzustellen sind. Zudem besteht die Gefahr, dass das Modell beim Lösen von der Bauplatte beschädigt wird, insbesondere dann, wenn die Haftung mal wieder besonders gut ausfällt.

Waschen und föhnen

Endlich ist es also geschafft – unser erstes 3D-Modell wurde erfolgreich gedruckt. Nun müssen die nächsten Bearbeitungsschritte erfolgen. Dazu gehört zum einen das Waschen des Modells in Alkohol. Danach muss das Modell mit UV-Licht final ausgehärtet werden. Es sollte eigentlich klar sein, aber mir ist dieser Fehler auch schon passiert: Wenn Sie das Modell aus dem Drucker entnommen haben, sollten Sie es abgeschirmt von Sonnenlicht in das Alkoholbad transportieren. Schon der kleinste Sonnenstrahl führt dazu, dass noch anhaftende Resinreste aushärten und das Modell augenblicklich zerstören. Dabei reichen wirklich wenige Sekunden aus, um das Material hart werden zu lassen.

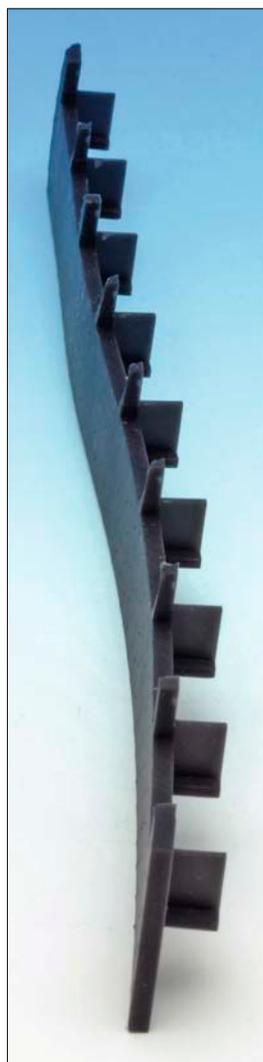
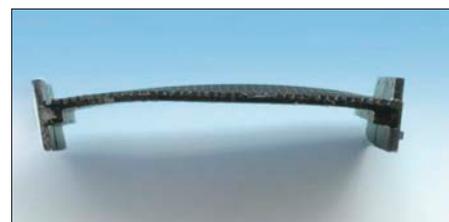
Gerade beim Waschen ist Sorgfalt wichtig. Sorgen Sie immer dafür, möglichst frischen Alkohol zu benutzen und das Modell gründlich zu reinigen. In der Praxis hat es sich bewährt, nach dem Waschen das Modell mit Druckluft trocken zu blasen. Auf diese Weise entfernen Sie auch kleinste anhaftende Resinreste. Insbesondere, wenn – wie beim Autotransporter – winzige Löcher für die Griffstangen vorhanden sind, sollte man ausgesprochen sorgfältig auf die Sauberkeit seines Modells achten.

Gurken und Bananen

Wenn der Druck nun von allen Resinresten befreit ist, schließt sich der finale Härtevorgang an – wenn es denn Sinn ergibt. Ob Ihr Modell nämlich so benutzbar ist, hängt von einigen Faktoren ab. Die Beispiele auf dieser Seite illustrieren recht eindrücklich, wie krumm das alles werden kann. Mit einem speziellen Resin (ABS-like) hatte ich bislang sehr gute Ergebnisse erzielt, bei diesem filigranen Modell aber blieb so gut wie nichts gerade. Beim Unterboden war nichts mehr zu retten. Andere Teile blieben gerade, wenn ich die Stützen erst nach dem Härten entfernte.

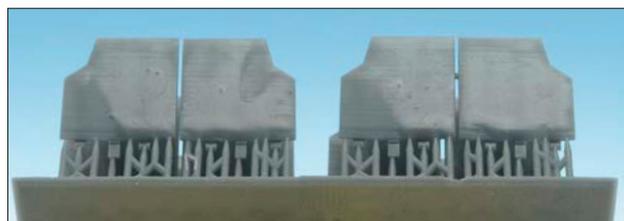
Ernüchternd war auch das erste Ergebnis beim Drucken des äußerst dünnen Unterbodens mit seinem filigranen Unterzug.

Unten: Als wäre ein Verziehen in Längsrichtung nicht schon genug: Der dünne Wagenboden kann sich durchaus auch in Querrichtung wölben.



Links: Kein Wagenbauteil, aber auch wichtig! Die Lackierschablone für die Seitenwangen des Autotransporters sollte zweckmäßigerweise dicht am Wagenkasten anliegen. Der erste Druckversuch erfüllt diese Anforderungen offenbar nicht.

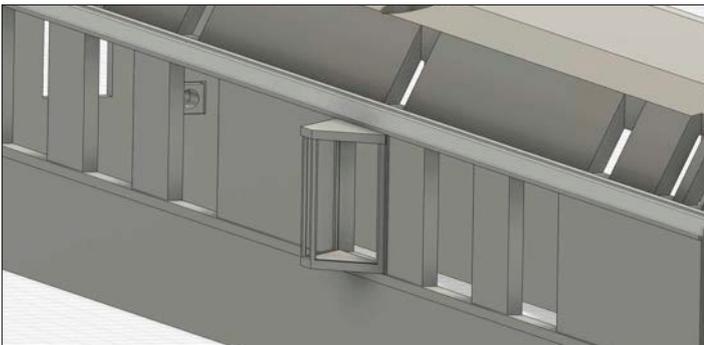
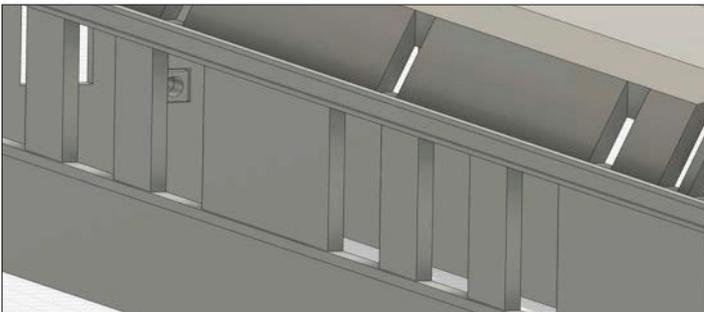
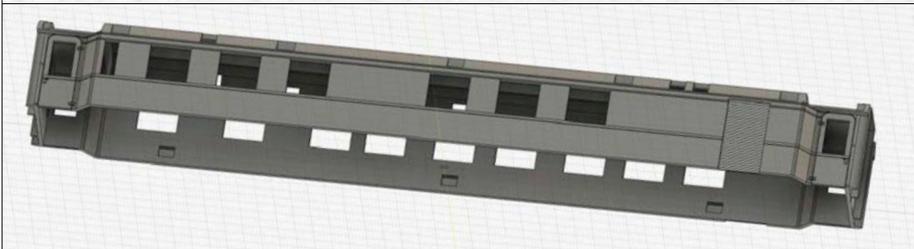
Unten: Ist der Druck fertig, muss überflüssiges (den Begriff kann man durchaus wörtlich nehmen!) Resin vor dem Aushärten abgewaschen werden. Verbleibt dabei Resin an den falschen Stellen, verlieren Details jegliche Konturenschärfe – wie hier der Zettelkasten am hinteren Modell.



Die Unterseite der Überfahrbleche war in der Konstruktion noch sehr schön detailliert. Unsorgfältiges Abwaschen nach dem Druck machte die Teile jedoch unbrauchbar.

Der Lü-Begleitwagen basiert beim Vorbild auf einem Vorkriegs-Eilzugwagen. Hier wurden für die besonderen Aufgaben Rollläden und zwei (einklappbare) Aussichtserker eingesetzt. Theoretisch kann man diese Umbauten auch an vorhandenen Modellen nachvollziehen, aber im 3D-Druck werden die Details präziser. Einen exakten Druck vorausgesetzt ...

Unten die andere Seite des Lü-Begleitwagens. Statt Fenstern hat er zum Beispiel im Bereich der Küche eine verschlossene Wand. Neben den Rollläden befindet sich ein Lagerraum für Werkzeug, sodass auch hier Fenster fehlen.



Es wäre äußerst mühsam, den einklappbaren Erker von Hand zu fertigen. Die filigranen Fensterstreben ließen sich nicht mit der nötigen Präzision nachbilden. Daher wurde auch dieses Bauteil als separates 3D-Druckteil erstellt und eingesetzt. Unten: Weil die Schlusslaternen beim Entfernen der Stützkonstruktion sehr empfindlich sind, wurden auch sie separat angelegt.



Eigentlich bin ich ein Freund davon, die Stützen direkt nach dem Waschen vom Modell zu lösen, um die Beschädigungen möglichst gering zu halten. Auf der anderen Seite aber kann die Stützkonstruktion erheblich für ein maßhaltiges Modell sorgen. Was da nun besser ist, können nur Versuche zeigen. Die Auswahl des verwendeten Resins spielt ebenso eine wichtige Rolle. Nachdem es eine Unzahl von Resinarten auf dem Markt gibt, kann an dieser Stelle kaum eine Empfehlung stehen. Bezüglich Formstabilität hatte ich bei filigranen Drucken mit dem vom Druckerhersteller empfohlenen Resin die besten Ergebnisse.

Die so gedruckten Modelle neigten allerdings dazu, sich im Laufe der nächsten Wochen noch erheblich zu verbiegen, wie an der Lackierschablone gut zu sehen ist. Diesem Problem kann man mit zwei Methoden begegnen. Zum einen hilft es, die Geometrie des Modell so auszulegen, dass nicht nur eine flache Struktur existiert. Bei der Lackierschablone half eine Grundstruktur in L-Form, das Teil stabil zu halten.

Stabil muss es sein

Solche Maßnahmen funktionieren natürlich nur, wenn im Modell eine solche Stabilisierung vom Platz her möglich und sinnvoll ist. Der Autotransporter erlaubt von seiner flachen Bauweise her keine solchen Maßnahmen, weshalb hier ein anderer Trick helfen musste. Über den Großteil der Wagenlänge



Bei diesem Lü-Begleitwagen wurde zunächst versucht, ein vorhandenes Modell umzubauen. Weil das Ergebnis nicht gefiel, wurde der Wagenkasten mit allen Modifikationen konstruiert und gedruckt.

konnte ich ein 1 mm dickes Messingblech unterbringen, welches in den Wagen eingeklebt wird. Damit bleibt der Wagen in diesem Bereich formstabil und erhält noch zusätzliches Gewicht. Im fertigen Modell ist davon nichts mehr zu sehen, da die Messingplatte von der Unterbauplatte verdeckt wird.

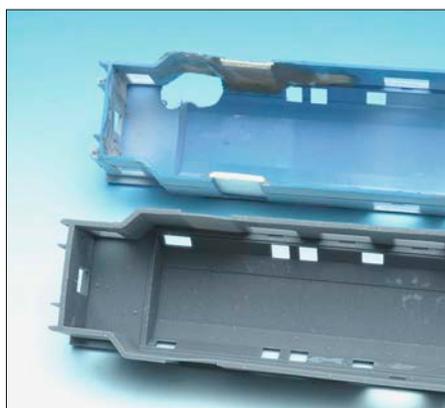
Wie Sie im konkreten Fall solche Probleme lösen, hängt ganz stark von der Form Ihres Modells ab. Der gezeigte Lü-Begleitwagen beispielsweise hatte solche Fehler im Dachbereich überhaupt nicht. Durch die kompakte Form war der Wagenkasten an der Stelle absolut formstabil. Im Bereich des Rolltores, wo konstruktionsbedingt die Wandstärke nur einen Bruchteil eines Millimeters beträgt, traten jedoch Verwindungen wieder auf. Hier war der Ansatz zweigeteilt: Zum einen wird der Wagenkasten durch das Fahrwerk in Form gezogen; eine leichte Verstärkung der Wanddicke an Stellen, an denen es in der Konstruktion möglich war, behob das Problem dann endgültig.

Die Konstruktion ist wichtig

Wie Sie solche Themen bei Ihren eigenen Modellen angehen, hängt natürlich sehr stark von der Konstruktion selbst ab. Vielleicht passt ein kleines Messingrohr oder ein Stab irgendwo hinein, vielleicht können Sie noch unsichtbare Streben anbringen. Je stabiler die Konstruktion ausgeführt wird, desto stabiler wird hinterher auch Ihr Modell sein.



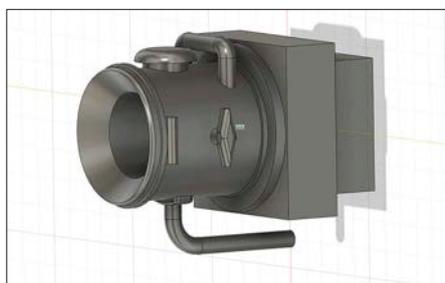
Hier die jeweils andere Seite der Wagenkästen. Beim vorhandenen Modell zeugt das Loch im Dach von einem Bastelunfall ...



Türen mit Tücken: Im Bereich der Rollläden war die Konstruktion beim ersten Versuch noch zu dünn. Die Folge waren Wellen, die nicht überzeugend aussahen.



So sehen die Zubehörteile aus. Die Lampe wird mit ihrem Sockel in die Aussparung im Wagenkasten eingesetzt, das Fenster bekommt Scheiben aus Kunststoffolie und passt genau in einen Fensterausschnitt hinein. Gut zu sehen sind die Aufnahmen für die Fensterfolien.



So muss ein Schwertransport bei der Bundesbahn aussehen. Der Schwerlastwagen von Trix macht eine tolle Figur, der Gerätewagen von Brawa und die 218 von Trix sind ebenfalls die richtigen Zutaten. Es fehlte nur noch der Lü-Begleitwagen, den es als käufliches Modell eben nicht gibt.



Der fertige Wagenkasten im lackierten Zustand. Die Beschriftung wurde auf spezieller Folie mit einem Laserdrucker erstellt und als Nassschieber aufgebracht.



Oben: Die detailgetreuen und filigranen Lampen wurden separat eingesetzt. Nur so ließen sie sich komplett unbeschädigt drucken, aus der Stützstruktur lösen und am vorbereiteten Modell anbringen.

Links: Auch das Erkerfenster entstand separat. Hauchdünne Streben und kleine Kunststoffolien machen die Filigranität dieses für einen typischen Lü-Begleitwagen charakteristischen Details aus. Fotos: Guido Weckwerth

Bei beiden Modellen musste ich übrigens die Konstruktion mehrfach ändern. Tatsächlich war meine erste Idee, die kleinen Anbauteile wie etwa Handgriffe, Treppen oder die filigranen Stirnlampen beim Lü-Wagen gleich mit dem Wagen zu drucken. Der Ansatz erwies sich als sehr problematisch. Nahezu ausnahmslos wurden die kleinen Teile beim Lösen des Drucks von der Stützstruktur beschädigt. Damit ist dann das ganze Modell wertlos, obwohl der Wagenkasten selbst völlig in Ordnung gewesen wäre.

Teile und herrsche

Tatsächlich zum Erfolg führte dann der Ansatz, den Wagen als stabiles Grundmodell zu drucken, die Ansatzteile aber separat. So ließen sich dann bei den Laternen des Lü-Wagens die Stützen optimal platzieren. Die fertigen Laternen wurden dann beim Zusammenbau einfach in die vorgesehenen Aussparungen geklebt. Ähnlich war es beim Autotransporter: Griffstangen, Auffahrbleche, Treppen, Handräder und Sicherungspoller sind alles separate Teile. Die Griffstangen habe ich dann sogar aus Messingdraht gebogen, die gedruckten Teile waren einfach viel zu empfindlich.

Fazit: Es lassen sich wunderschöne Modelle im SLA-Druckverfahren herstellen. Aber seien Sie nicht frustriert, wenn es beim ersten Mal nicht sofort hinhaut. Ohne eigene Versuche wird es nicht gehen, die Tipps in diesem Artikel haben Ihnen hoffentlich dennoch einige Mühsal ersparen können. Guido Weckwerth

Ihr digitaler Einstieg



Testen Sie 2x
Digitale Modellbahn

Jetzt Vorteile nutzen:

- ✓ 2 für 1: Sie sparen die Hälfte
- ✓ Die *Digitale Modellbahn* kommt bequem frei Haus
- ✓ Nach den 2 Ausgaben jederzeit kündbar!
- ✓ Starten Sie mit der brandaktuellen Ausgabe

Testen Sie jetzt die *Digitale Modellbahn*:

Auf 84 Seiten erhalten Sie jetzt Praxis- und Erfahrungsberichte, Grundlagen, Marktübersichten, Themen aus Modellbahnelektronik, Software und Computeranwendungen für Modellbahner, außerdem Neuheiten-Vorstellungen, sowie Tests und fundierte Bastel- und Selbstbauberichte.

Wie geht es weiter?

Wenn ich zufrieden bin und nicht abbestelle, erhalte ich *Digitale Modellbahn* ab dem dritten Heft bis auf Widerruf für € 8,55 pro Heft (statt € 8,90 am Kiosk, Jahrespreis € 34,20) 4x im Jahr frei Haus. Ich kann den Bezug jederzeit kündigen.

Hier geht's
direkt zum Abo



Jetzt online bestellen unter vgbahn.shop/digitalstarten

Wer schon einmal mit einem Resindrucker gearbeitet hat, weiß, dass sich auf diese Weise hochdetaillierte Modelle mit winzigen Details herstellen lassen. Für den Modellbahner eröffnen sich in Verbindung mit dem 3D-Druck aus lichtaktivierbaren Harzen eine Vielzahl unterschiedlicher Einsatzmöglichkeiten. Maik Möritz zeigt auf den folgenden Seiten, wie aus dem 3D-Drucker ein kompletter Militärtransport entsteht und was mit dem eigentlichen 3D-Druck und einer anschließenden Detailgestaltung alles möglich ist.



Einfach machen: Detaillierte Güterwagen und Ladegüter aus dem 3D-Resindrucker

Leopard & Marder fahren Bahn

Ob die Darstellung von Panzern oder Militärfahrzeugen auf eine Modellbahn gehört, muss jeder für sich selber entscheiden. Wer jedoch neben all den üblichen Holz-, Schotter- und Kohleladungen der verschiedenen Klein- und Großserienhersteller nach einer besonderen Transportszene für seine Modellbahnanlage sucht, findet rund um die Darstellung von vorbildgetreuen Militärtransporten ein weites Betätigungsfeld.

Die speziell für schwere Lasten ausgelegten Flachwagen der Bahn, aber auch die eigentlichen Ladegüter lassen sich heutzutage bequem im 3D-Druck herstellen, wie ich Ihnen und Euch in Verbindung mit dem Mars 5 Ultra von Elegoo (siehe auch Seite 40) gerne in der Praxis vorstellen möchte.

Druckdaten aus dem Internet

Sowohl die detaillierten Druckdaten für die Schwerlast-Flachwagen SSys/SSysm als auch für die Modelle des Schützenpanzers Marder und des Kampfpanzers Leopard stammen aus der 3D-Modellbibliothek Cults (www.cults3d.com). Der Download ist mit Preisen ab € 12,50 kostenpflichtig.

Die Vorbilder für die geschweißten Schwerlastwagen wurden in den 1940er-Jahren für den Transport von Schwergut entwickelt. Die ersten Flachwagen trugen das Gattungszeichen „SS-kra“ und waren für eine Traglast von 48 t ausgelegt. Kurze Zeit später wurden die vierachsigen Schwerlastwagen mit dem neuen Gattungszeichen SSy (ab

1942 SSys mit eckigeren Langträgern) versehen, was u.a. für ein Ladegewicht von 50 t steht.

Bei der sechssachsigen Variante mit dem Gattungszeichen SSysm handelt es sich um Flachwagen bzw. Schwerlastwagen mit einem Ladegewicht von 80 t. Im Laufe der Jahre wurden die Wagen noch mehrfach umgeschlüsselt. Sie waren bis in die 1990er-Jahre im Einsatz, sodass sie durchaus vorbildgetreu auf Modellbahnanlagen bis in die Epoche IV und sogar ein wenig darüberhinaus eingesetzt werden können.

Bei der Wahl geeigneter Ladegüter sind dem Modellbahner kaum Grenzen gesetzt. Neben den hier vorgestellten Schützen- bzw. Kampfpanzern im Rahmen eines Militärtransportes lassen sich selbstverständlich auch andere schwere Güter mit den Flachwagen vorbildnah transportieren. Wer ein wenig die Gewichtsklassen des Vorbilds recherchiert, findet schnell geeignete und vorbildnahe Kombinationsmöglichkeiten.

Nach dem Herunterladen stehen die Konstruktionsdaten der Modelle im STL-Format zur Verfügung. Während der Schützenpanzer Marder und der Kampfpanzer Leopard jeweils als komplettes Modell zur Verfügung stehen, sind bei den Schwerlastwagen der Wagenkasten, die Drehgestelle und weitere Kleinteile in Einzeldateien zu finden. Je nach zur Verfügung stehendem Bauraum ist ein gemeinsamer Druck natürlich dennoch möglich. Zusätzlich kann dabei zwischen Modelldaten mit und ohne Support-Material ausgewählt werden.



Mit den aktuellen MSLA-Druckern lassen sich erstaunliche 3D-Druckergebnisse erzielen. Die Schwerlast-Flachwagen und die Panzer der Bundeswehr entstanden quasi in einem Stück.

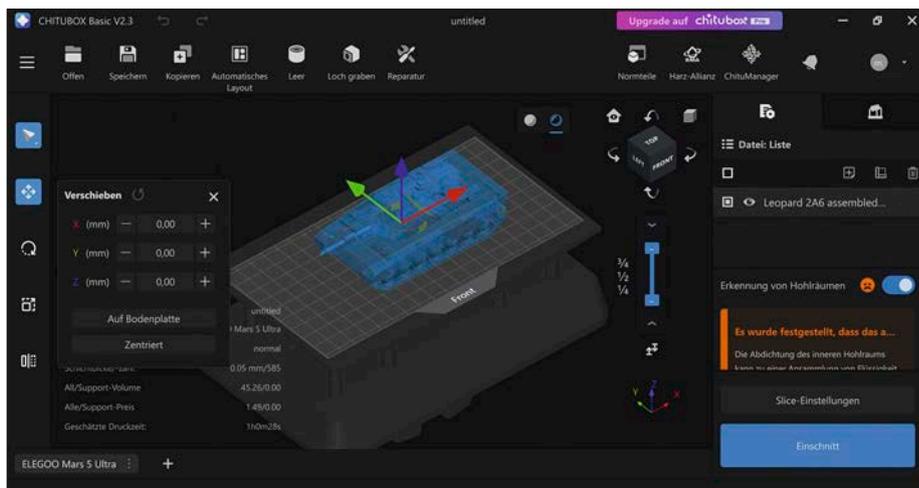
Gewusst wie: Die Anordnung der Modelle auf der Druckplatte

Dass die Modelldaten nach dem Herunterladen noch nicht direkt zum Drucker gesandt werden können, wissen wir bereits. Zur Druckvorbereitung wird eine Slicer-Software benötigt, welche die Daten passend zum verwendeten 3D-Drucker und den verwendeten Materialien aufbereitet. Hier kommt die Software Chitobox ins Spiel, welche wir schon bei der Vorstellung des 3D-Druckers Mars 5 Ultra aus dem Hause Elegoo kennengelernt haben.

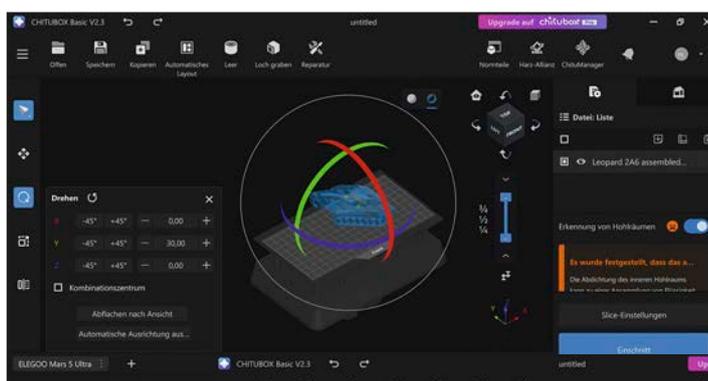
Die Ausrichtung des zu druckenden Objektes innerhalb des zur Verfügung stehenden Bauraums kann den Unterschied zwischen einem Druckerfolg und einem Fehldruck ausmachen. Die Platzierung auf der Druckplatte beeinflusst unmittelbar sowohl die Stabilität und die Oberflächenbeschaffenheit des Ergebnisses als auch die grundsätzliche Druckbarkeit.

Die Ausrichtung großer, ebener Flächen bis zu einer Neigung von wenigsten 20–30° erhöht die Erfolgsquote dabei deutlich. Wird ein Modell in einem Winkel gedruckt, verringert sich der Flächeninhalt jeder Schicht, während gleichzeitig der Kontakt des Druckteils mit dem Resintank verringert wird. Durch die Reduzierung des Flächeninhalts wird weniger Druck auf das zu druckende Teil ausgeübt, sodass die Gefahr von Ablösungen und Fehldrucken erheblich geringer wird.

Je nach zu druckenden Objekten werden beim Resindruck mehr oder weniger viele Stützen und Hilfskonstruktionen (Support) benötigt, die später wieder mühsam entfernt werden müssen. Oft hilft das Schrägstellen im Bauraum, um die Menge des notwendigen Support-Materials zu reduzieren. Die Chitobox-Software ist imstande, das für den Druck notwendige Support-Material eigenständig zu generieren. Da jedoch selbst der beste Resindrucker keine überhängenden Teile in die Luft drucken kann, ist eine manuelle Kontrolle der Stützkonstruktionen immer zu empfehlen und die Anordnung bzw. Ausrichtung des Modells gegebenenfalls anzupassen. Ganz nebenbei lassen sich durch Neigen und Schrägstellen der zu druckenden Elemente auch Modellteile drucken, die bei horizontaler Anordnung auf der Druckplatte den zur Verfügung stehenden Bauraum überschreiten würden.

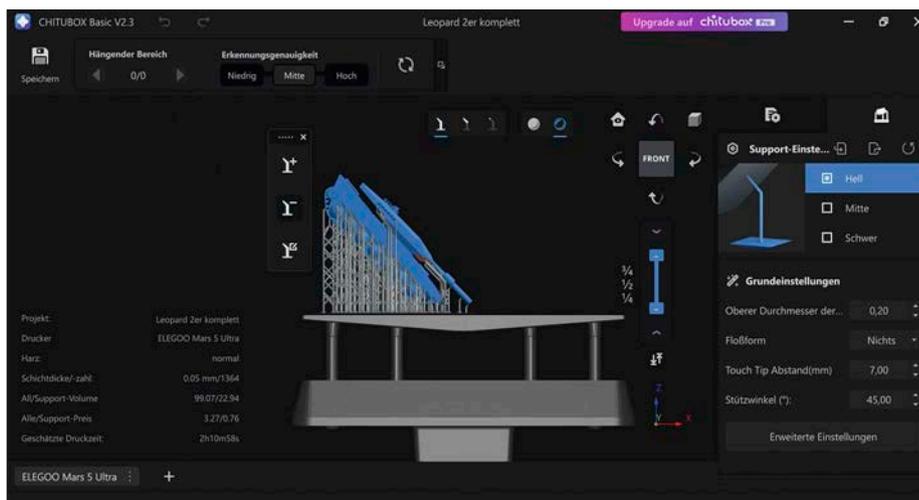
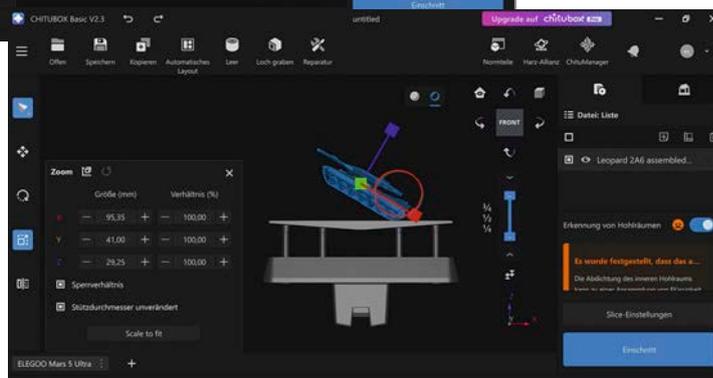


Chitobox ist eine beliebte Software für den Resindruck. Nach der Auswahl des jeweiligen Druckers können die zu druckenden Elemente flexibel auf der Druckplatte platziert werden.

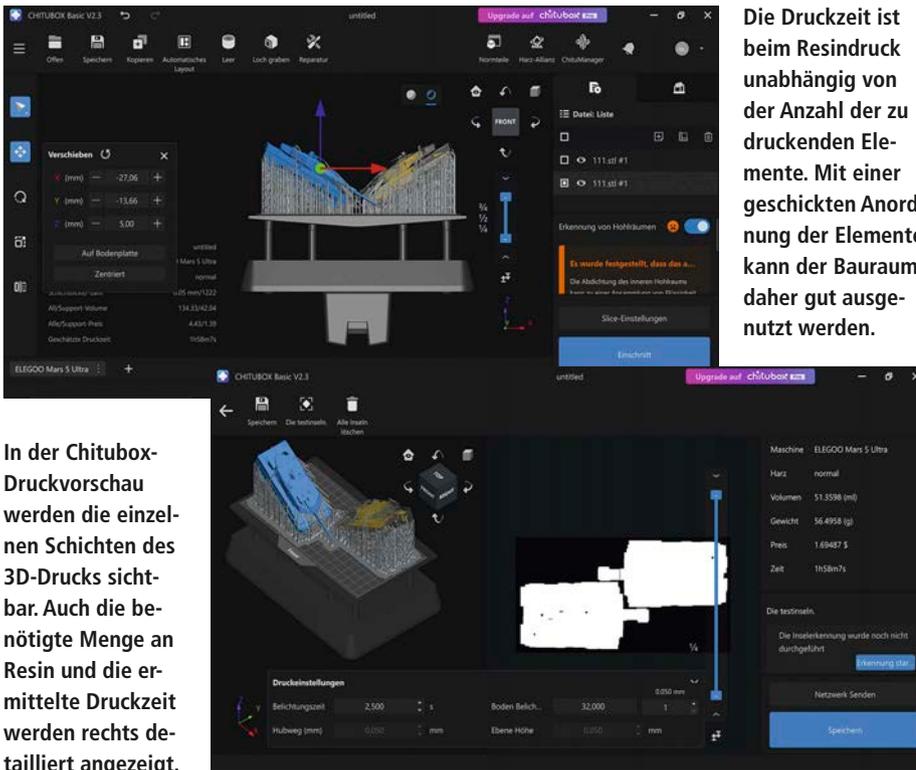


Über einen separaten Menüpunkt lassen sich die zu druckenden Objekte in allen drei Achsen frei im Raum bewegen und somit auch geneigt anordnen.

Die geneigte Anordnung von Objekten benötigt oft weniger Stützen. Aber Achtung: Auch der beste Drucker kann ohne Stützen den Geschützturm nicht in der Luft drucken.



Im Vergleich zu dem vorherigen Bild entstehen bei dem nach vorne geneigten Panzer keine Druckprobleme. Die einzelnen Schichten können beim Druck hier gut aufeinander aufbauen.



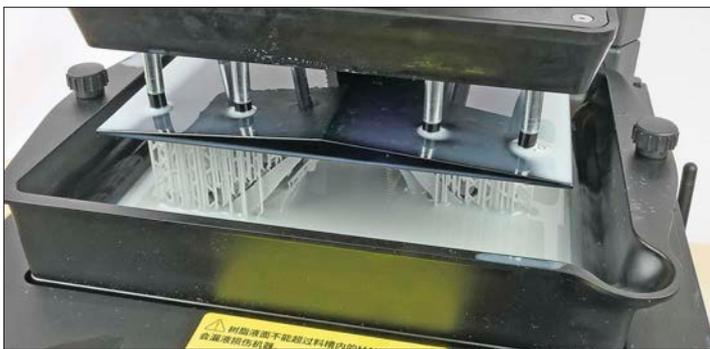
In der Chitubox-Druckvorschau werden die einzelnen Schichten des 3D-Drucks sichtbar. Auch die benötigte Menge an Resin und die ermittelte Druckzeit werden rechts detailliert angezeigt.

Die Druckzeit ist beim Resindruck unabhängig von der Anzahl der zu druckenden Elemente. Mit einer geschickten Anordnung der Elemente kann der Bauraum daher gut ausgenutzt werden.

Da es beim Resindruck keinen Einfluss auf die Druckzeit hat, ob ein oder mehrere Elemente in einem Durchgang gedruckt werden, sollte der zur Verfügung stehende Bauraum durch eine platzsparende Anordnung der Einzelteile immer gut ausgenutzt werden.

Sobald das Modell nach den genannten Kriterien auf der Druckplatte positioniert worden ist, kann es über die Software in einzelne Schichten zerlegt und damit die Druckdatei erzeugt werden. Etwaige Unstimmigkeiten und Hinweise zu Druckproblemen werden von der Software gemeldet und sollten stets beachtet und gegebenenfalls natürlich auch korrigiert werden.

Ergänzend dazu ermittelt die Chitubox-Software u.a. noch den Resinbedarf und die geschätzte Druckzeit und zeigt diese auf dem Bildschirm an. Nachdem die CTB-Druckdatei von der Software fix und fertig erstellt wurde, kann sie auf einen USB-Stick kopiert und auf diese Weise schnell und einfach zum 3D-Drucker übertragen werden.

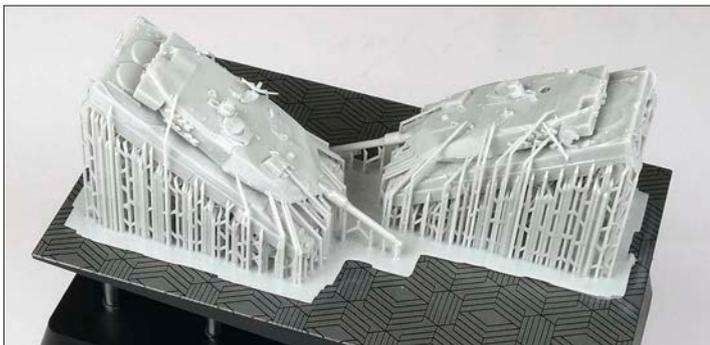


Die Panzermodelle entstehen kopfüber, wie wir es ja schon von den ersten Kapiteln dieser Spezialausgabe kennen. Nach jeder gedruckten Schicht fährt die Bauplatte ein wenig nach oben.

Kopfüber und aus einem Stück

Beim Resindruck entstehen die Schwerlastwagen und die Panzer kopfüber und quasi als fix und fertig einsetzbare Modelle. Lediglich die beiden Drehgestelle der Schwerlastwagen und ein paar Kleinteile wurden hier separat gedruckt.

Nach dem Start des Druckprozesses kann der Aufbau der einzelnen Schichten Schritt für Schritt verfolgt werden. Leider befinden sich anfangs die ersten 40 - 50 mm des neu gedruckten Modells unterhalb der Harzoberfläche und damit unsichtbar im Resintank. Wer unsicher ist und frühzeitig kontrollieren möchte, ob das Modell auch wirklich an der Druckplatte hängt, kann den Druckvorgang über die Pausenfunktion kurz unterbrechen. Die Druckplatte wird daraufhin angehoben und gibt den Blick auf die bis dato gedruckten Schichten frei. Der Druck sollte dann jedoch zügig fortgesetzt werden.



Noch sind die fix und fertig gedruckten Panzer von den Stütz- und Hilfsstrukturen umgeben. Sie werden nun mitsamt der Bauplatte mit Isopropanol gereinigt und von Resinresten befreit.



Nach der Reinigung müssen die gedruckten Elemente noch von der Bauplatte entfernt werden. Hierbei haben sich ein Spachtel und ein leichtes Schlagwerkzeug als Hilfsmittel bewährt.

Reinigen und Entfernen des Supports

Nach Beendigung des Druckvorgangs sind die gedruckten Teile noch von Resinresten bedeckt, welche vor der weiteren Bearbeitung natürlich entfernt werden müssen. Als Reinigungsmittel hat sich Isopropanol bewährt. Ich bevorzuge für

die Reinigung eine kleine Waschanlage, wie sie z.B. von Elegoo passend zu den 3D-Druckern angeboten wird. Wahlweise finden darin entweder gleich die gesamte Bauplatte mit den Druckteilen oder in Verbindung mit einem kleinen Korb auch nur die einzelnen gedruckten Teile Platz.

Nachdem das überflüssige Resin abgewaschen wurde, können die Hilfs- und Stützkonstruktionen entfernt werden. Allerdings muss hier mit großer Vorsicht vorgegangen werden, da die gedruckten Modelle des Schwerlastwagens und der beiden Panzer im ungehärteten Zustand noch sehr empfindlich sind. Je nach Modell kann es daher auch sinnvoll sein, die Modelle vor dem Entfernen des Support-Materials erst unter UV-Licht nachzuhärten.

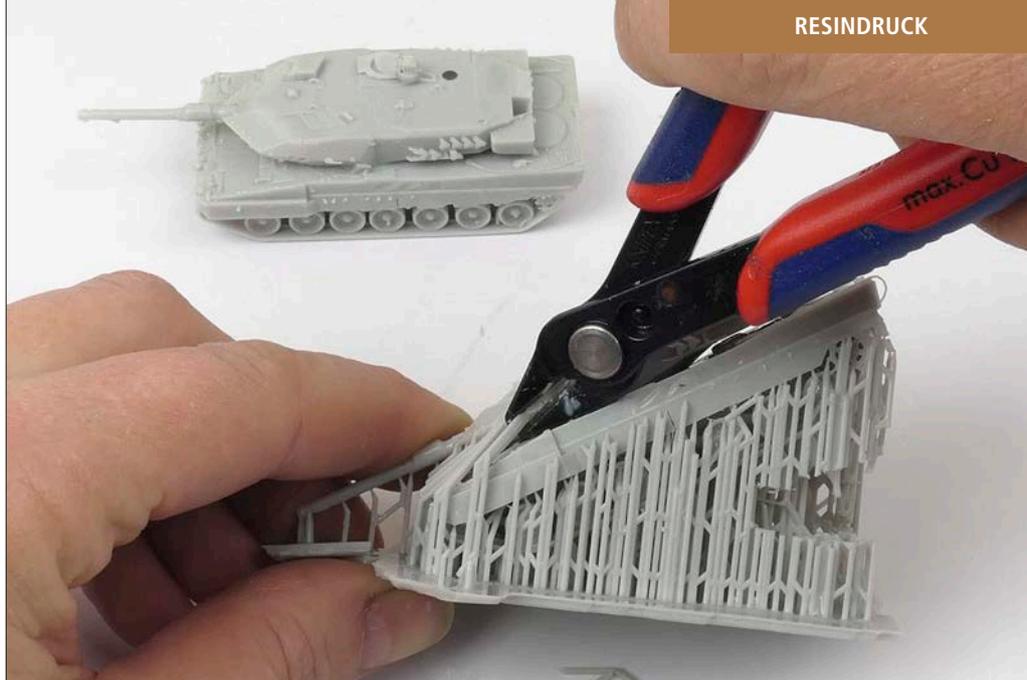
Nachhärten unter UV-Licht

Wie wir wissen, sind die hergestellten Teile aus Resin nach dem Druckprozess noch sehr empfindlich. Bei kleinen dünnwandigen Druckteilen kann alleine schon das Entfernen des Supportmaterials die eine oder andere Beschädigung mit sich bringen.

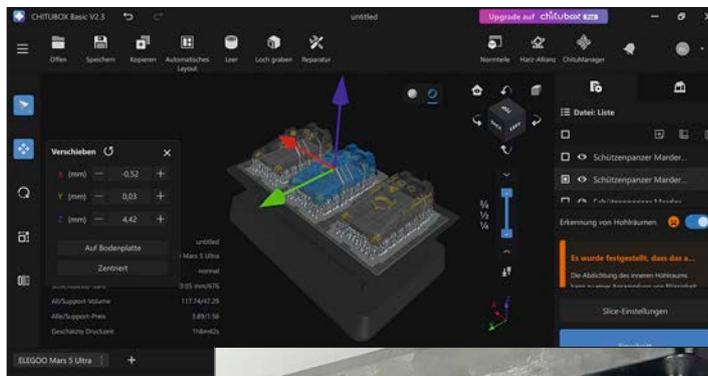
Um die frisch gedruckten Modelle belastbarer und stabiler zu machen, müssen sie nachgehärtet werden. Dies gelingt im Anschluss an die Trocknung unter dem Einfluss von Wärme und UV-Licht. Wie wir schon von den Waschstationen her kennen, bieten viele Hersteller von 3D-Druckern eine Reihe passender Gerätschaften zur Nachbearbeitung der Druckerzeugnisse an. Dazu zählen auch spezielle Aus- und Nachhärtestationen, die meist auf die Bauräume der hauseigenen Drucker abgestimmt sind. Die einfachsten Modelle für den Hobbyanwender arbeiten lediglich mit UV-Licht und verzichten auf eine eigene Heizung. Elegoo ruft für seine Wasch- und Aushärtestationen je nach Größe Preise zwischen € 90,- und 180,- auf.

Grundieren

Vor der finalen Farbgebung mit Pinsel und Airbrushpistole werden die nachgehärteten Modelle grundiert. Hierzu eignen sich sowohl Grundierungen, die mit der Airbrushpistole aufgebracht werden können, als auch Grundierungen aus der Spraydose. Wichtig ist, dass die Grundierung nur hauchdünn aufgespritzt wird und keine Details zugekleistert werden.



Beim Entfernen der Stützstrukturen muss sehr vorsichtig vorgegangen werden. Solange die Modelle noch nicht nachgehärtet wurden, sind sie sehr empfindlich und nehmen schnell Schaden.



Auch der Schützenpanzer Marder kann als STL-Datei heruntergeladen werden. Wer das Modell auf 98 % skaliert, kann mit dem Mars 5 drei Modelle gleichzeitig drucken.

Die Druckqualität ist beim Resin-druck so hoch, dass selbst die kleinen Antennen mitgedruckt werden. Auf ein Schrägstellen der Modelle wurde hier verzichtet.



Bevor die gedruckten und gereinigten Resinmodelle ihren Originalfarbton erhalten, sollten sie grundiert werden. Dies kann mit Grundierungen aus der Spraydose oder mit einer handelsüblichen Airbrushpistole erfolgen.



Die kleinen Schützenpanzer Marder passen mit einem max. Gewicht von 35 Tonnen gut zu den vierachsigen Flachwagen SSys.

Authentische Farbgebung mit Airbrushpistole und Pinsel

Nachdem die Grundierung vollständig getrocknet ist, steht im nächsten Schritt die Farbgebung der Modelle an. Vorbildfotos aus der Fachliteratur oder Dokumentationen im Internet helfen dabei, die Farbtöne und den Gesamteindruck des großen Vorbilds realistisch ins Modell umzusetzen.

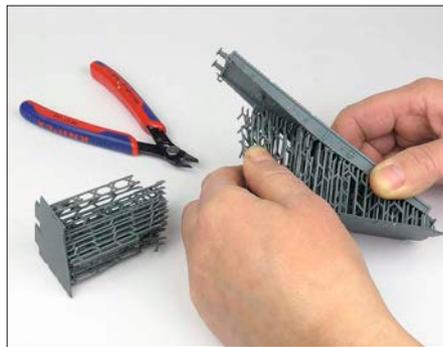
Bei meinen Projekten haben sich die Acrylfarben auf Wasserbasis der Marke Vallejo bewährt. Diese sind unter den Bezeichnungen Model Color für die Verarbeitung mit dem Pinsel sowie Model Air zur spritzfertigen Verwendung mit der Airbrushpistole im Fachhandel erhältlich. Da sich bei Vallejo im Produktprogramm auch spezielle Farbzusammenstellungen befinden, wie sie z.B. zur vorbildnahen Gestaltung von Holzoberflächen oder zur Nachbildung von Witterungseinflüssen benötigt werden, steht einer detaillierten Farbgebung der zuvor grundierten Modelle nichts im Wege.

Den hölzernen Ladeboden habe ich mit den Farben aus dem Set 71.187 nachgebildet. Die typischen Spuren von Wind und Wetter entstanden in Verbindung mit einzelnen Farben aus dem Vallejo-Farb-Set 71.194, wobei mit ähnlichen Farbtönen anderer Hersteller sicherlich ähnliche Ergebnisse erzielt werden können. Die Tarnbemalung des Schützenpanzers vom Typ Marder und des Kampfpanzers vom Typ Leopard 2 erfolgte mit dem Pinsel. Alternativ zu den für diese Anwendung ebenfalls lieferbaren Farbsets von Vallejo habe ich mir die passenden Farbtöne allerdings aus Farbresten selbst angemischt.

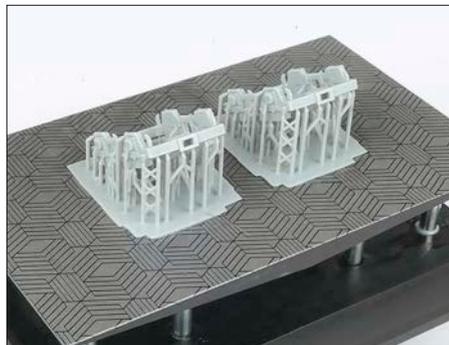
Der Kampfpanzer Leopard 2 bringt es auf ein Gewicht von über 50 Tonnen und wird daher besser auf dem sechsachsigen SSysm verladen.



Die Schwerlastwagen kommen als fix und fertiges Modell inkl. Puffern aus dem Drucker.



Die Stützstrukturen lassen sich bei den Modellen der Flachwagen recht einfach entfernen.



Die Drehgestelle der Schwerlastwagen wurden in einem separaten Vorgang gedruckt.



Die Elegoo-Härtestation benötigt gut 10 Minuten, um die Modelle mit UV-Licht zu härten.



Bei kleineren Teilen reicht auch schon einmal ein Pinsel mit Isopropanol zur Säuberung.



Vor dem finalen Farbfinish erhalten auch die Flachwagen eine hauchdünne Grundierung.

Beschriftung mit Decals

Die für die Schwerlastwagen und Militärfahrzeuge geeigneten Beschriftungen können u.a. bei Peddinghaus-Decals (<https://www.peddinghaus-decals.de>) aus Hemer bestellt werden. Die Auswahl in allen wichtigen Modellmaßstäben umfasst sowohl Beschriftungen für zivile als auch für militärische Zwecke.

Zur Beschriftung der sechsachsigen Schwerlastwagen SSysms habe ich mir die Nassschieber unter der Artikelnummer 0658 ausgesucht. Der vierachsige Flachwagen wurde mit den Decals aus dem Bundeswehr-Set 2650 gestaltet. Auch die Beschriftungen der Panzer stammen von Peddinghaus.

Finish und Fazit

Zu guter Letzt erhalten die gedruckten Schwerlastwagen mit ihrer imposanten Beladung noch einsteckbare NEM-Kupplungsköpfe sowie die zum jeweiligen Gleissystem passenden Metallradsätze.

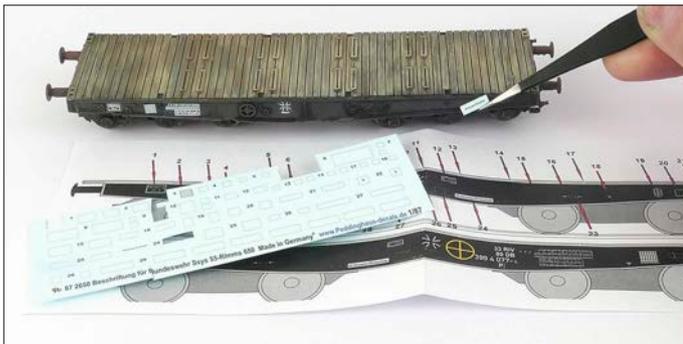
Keine Frage: Der 3D-Druck mit Resin liefert hochdetaillierte Modelle mit tollen Oberflächen und ist lange kein Hexenwerk mehr. Moderne und einfach zu bedienende 3D-Drucker sind dabei schon zum Preis einer guten Lokomotive zu bekommen und lassen sich rund um das Modellbahnhobby vielfältig einsetzen. In Verbindung mit fix und fertigen Modelldaten aus dem Internet gelingt der Einstieg zudem schnell und unkompliziert.

Dass bei aller Begeisterung die Sicherheit jedoch nicht zu kurz kommen darf, versteht sich von selbst. Schutzbrille, Handschuhe und Co. sollten stets griffbereit sein.

Maik Möritz



Farbfotos helfen bei der vorbildnahen Umsetzung des Militärtransportes im Modell. In Verbindung mit Metallradsätzen können die Schwerlastwagen auch am Fahrbetrieb teilnehmen.



Passende Nassschiebebilder zur Beschriftung der Schwerlastwagen und Panzer kommen von Peddinghaus (<https://www.peddinghaus-decals.de>).



Die Farbtöne für die Panzer wurden selber angemischt. Auch beim Schützenpanzer Marder sorgen die Decals für ein authentisches Bild.



Für den Leopard 2 (hier in der Version A5) kommt aufgrund des Ladegewichtes von deutlich über 50 Tonnen nur der sechsachsige Schwerlastwagen mit dem Gattungszeichen SSystem infrage. Die Panzer wurden zugunsten der knappen Lichtraumprofile auf 97 % skaliert. Fotos: Susanne Möritz



Bahnhofsleuchten selbst gefertigt – genau nach Vorbild

Mehr Licht an den Gleisen

Die vorbildgerechte Beleuchtung in einem Bahnhof ist eine kleine Wissenschaft für sich. Die Entscheidung, welcher Lampentyp aufgestellt werden soll, ist vom Beleuchtungszweck, der Epoche und natürlich der Bahnverwaltung abhängig. Einen kurzen Abriss über die Typen der Deutschen Bundesbahn und ihre Modellumsetzung geben Horst und Michael, Markus hat die Bauteile gedruckt.



Links: Betonmasten mit oberem halbrundem Abschluss sind vereinzelt im Südwesten Deutschlands zu finden – so wie hier an der Wechnitztalbahn. Sie konnten sich gegen die Einheitsbauarten nicht durchsetzen, waren aber mancherorts noch bis in die 1990-Jahre zu sehen. Fotos: Sammlung HM (3)

Als Erbauer einer Betriebsstelle im Modell – sei es ein Bahnhof, ein Güteranschluss oder ein Betriebswerk – steht man über kurz oder lang an dem Punkt, die Szenerie mit Lampen auszustatten. Beim Vorbild erfüllen sie unterschiedliche Zwecke, je nach Standort, darüber muss man sich zunächst ein paar Gedanken machen. Beleuchtet werden natürlich die Bahnsteige, damit Reisende in allen Wetterlagen und Jahreszeiten einen sicheren Überblick über die Bahnanlagen erhalten.

Doch auch andere Bereiche im Bahngelände benötigen Licht. Grundsätzlich ist eine Beleuchtung an jenen Orten erforderlich, an denen Leute außerhalb der Fahrzeuge arbeiten. Dies ist beispielsweise an Ladestraßen, Laderampen oder in Rangierbahnhöfen der Fall: Hier müssen Frachtzettel gelesen, Wa-



Links: Alt und Neu nebeneinander. Zu sehen die klassische Bauform mit Betonmast und mittiger Befestigung des Schirms. Bis zur Demontage funktionierten sogar beide gleichzeitig.

Rechts: Standard Gleisfeldleuchte mit zwei Leuchtstoffröhren beiderseits der Befestigung.



Hier ist der zweigeteilte Lampenschirm von oben zu sehen. Fotos: Michael Weiß (5)



Oben: Im Bahnhof Hanau ist im Südteil auch heute noch viel alte Eisenbahntechnik zu finden. Während der Nordkopf für den ICE-Verkehr in Richtung Fulda schon ab 1991 modernisiert wurde, findet man an der Strecke nach Aschaffenburg noch ein elektromechanisches Stellwerk und teilweise nicht modernisierte Bahnsteige samt den zeitgenössischen Bahnsteiglampen.

gen gekuppelt oder Waren verladen werden. Gerade im Winter sind dort Leuchtmittel nicht nur für die Sicherheit nötig – sie werden auch benötigt, um einfach die Arbeit erledigen zu können. Dabei geht es hier sowohl um das Sehen als auch das Gesehen werden. Doch auch in Betriebswerken und Abstellanlagen sind Lampen unabdingbar. So waren in der Vergangenheit die Wege für das Personal nicht immer befestigt; daher war es wichtig zu sehen, wo man hinläuft. Wenn Rangierfahrten stattfanden, konnte man auch mit Warnweste vom Lokführer nicht unbedingt wahrgenommen werden. Weitere Gefahrenbereiche, die es auszuleuchten gilt, sind außerdem noch die Bahnübergänge.

Grundsätzlich kann man in der Art und Weise der Ausleuchtung zwischen Bahnsteigleuchten und Gleisfeldleuchten unterscheiden. Erstere ähneln in ihrer Konzeption eher Straßenlampen. Sie sind jedoch so gestaltet, dass sie einerseits das Zugpersonal nicht blenden und andererseits die Verkehrsbereiche für die Reisenden angemessen ausleuchten. Die zweite Form ist primär dafür gedacht, größere Bahnhofsbereiche auszuleuchten und für das im Gleisbereich arbeitende Bahnpersonal einsehbar zu machen. Folglich sind diese Lampen auf hohen Masten montiert und unterschei-



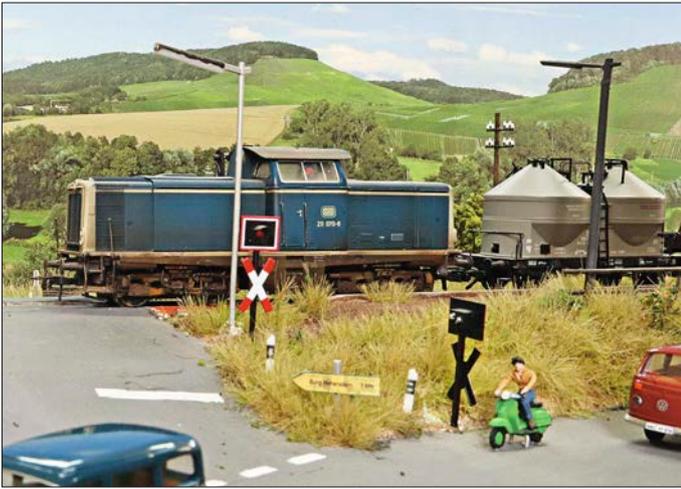
Oben: Auf dem alten Inselbahnsteig von Mosbach ist der klassische Lampenschirm zu sehen – hier jedoch mit den beiden außenliegenden Befestigungen.



Unten: Die typische DB-Leuchte mit Betonmast für Bahnsteige, Bahnübergänge oder Fußwege auf dem Bahngelände.



Oben: Typisch für die frühe Bundesbahnzeit waren Holzmasten mit kleinen Auslegern und runden Lampenschirmen. Links: Gleis 2 in Lengries behielt nach der Modernisierung die alten Lampen mit eckigem Schirm.



Links: Am Haltepunkt Beithard wurden gedruckte einseitige Auslegerleuchten der kleineren Bauform aufgestellt. Am Bahnübergang steht eine Leuchte von Viessmann, die als Großserienmodell dem Vorbild noch am nächsten kommt – hier in der Ausführung mit langem Lampenschirm.

Foto: Michael Weiß

eckigen Betonmast oder ein Stahlrohr. Es gab Lampenschirme in einer langen und in einer kurzen abgerundeten rechteckigen Form, die in der Regel für Bahnsteige verwendet wurden. Für Mittelbahnsteige gab es Bauformen, bei denen die Lampenschirme oben auf der Mastspitze montiert wurden. Diese Anbindung besaß meist zwei Metallbügel in geschwungenen S-Formen, die den Lampenschirm hielten. In den späteren Bundesbahnjahren wurden die Lampenschirme dann bei gleichbleibenden Masten durch kantigere Gehäuse ersetzt; diese Bauform hielt sich bis zur Modernisierungswelle der späten 1990er-Jahre.

Die Stahlmasten waren entweder in Resedagrün gestrichen oder verzinkt. Die älteren Lampenschirme waren meist grau gehalten, die neuen eckigen sind eher weiß. Gleisfeldleuchten erhielten Gittermasten aus Metall. Anfangs waren sie mit einseitigen runden und nach unten gebogenen Lampenschirmen ausgestattet. Später wurde diese Bauform durch eine den Bahnsteigleuchten ähnliche Form ersetzt. Für größere Gleisfelder wurde hier ein mittig angeordneter zweigeteilter Lampenschirm mit Röhrenleuchten verwendet; die Farbgebung dieser Schirme ist resedagrün.

Bahnsteigleuchten im Modell

Modelle für Bahnsteiglampen gibt es im Zubehörbereich zuhauf – alle namhaften Hersteller haben hier verschiedene Bauformen im Angebot. Diese verbindet jedoch eines: Da sie einerseits für die Herstellung nicht zu komplex und andererseits natürlich funktionsfähig sein sollen, ergeben sich für die Produktentwickler Zwangspunkte, die zu optischen Kompromissen führen können.

So kann man zwar bei den meisten Leuchten ihren Vorbildursprung erkennen – allerdings bildet kaum eine Modelleuchte eine typische Bundesbahn-Bauform ab. Natürlich ist der Anspruch in den letzten Jahren gestiegen, analog zur Detaillierung von Lokomotiven, Gleisen oder Signalen. Die meisten im Handel erhältlichen Modelleuchten wurden allerdings schon vor mehreren Jahrzehnten entwickelt; neuere Modelle sind aus den genannten Gründen oft stark vereinfacht umgesetzt worden. Das Thema wird also zumindest in optischer Hinsicht dann doch eher stiefmütterlich behandelt ...

Eine Zusammenstellung der Lampenschirme in unterschiedlichen Bauformen, die für den Druck vorbereitet wurden. Neben den bereits erwähnten Varianten ist hier noch eine punktuell strahlende Hängeleuchte vorhanden, ebenso eine einseitige Auslegervariante für die Gleisfeldbeleuchtung. Trotz der Vielfalt wurden längst nicht alle Variationen umgesetzt.

Unten: Die drei Haupttypen der Masten für die Beleuchtung des Bahngeländes. Die Gleisfeldbeleuchtung wurde an den hohen Gittermasten montiert, bei elektrifizierten Gleisen

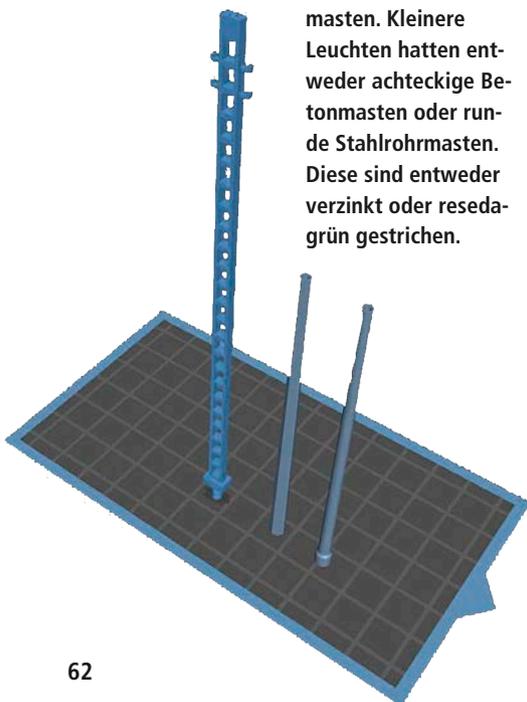
oft an den Turmmasten. Kleinere Leuchten hatten entweder achteckige Betonmasten oder runde Stahlrohrmasten. Diese sind entweder verzinkt oder resedagrün gestrichen.

den sich zudem in der Form der Lampenschirme.

So wie in anderen Bereichen der Bahn gab es auch bei den Bahnsteigleuchten eine sukzessive Standardisierung und Modernisierung der Bauarten. Dennoch sind in den meisten Bahnhöfen auch heute noch oft ältere Lampen zu finden. In früheren Jahren wiesen Bahnsteiglampen entweder hölzerne oder gusseiserne und teilweise sogar aufwendig verzierte Masten auf. Die Leuchtmittel befanden sich unter runden Lampenschirmen oder innerhalb rund gebogener Profile.

Hier war die Vielfalt ziemlich groß. Gleisfeldleuchten waren oft an hohen hölzernen Masten angebracht, wobei der Lampenschirm seitlich montiert war. Da der Lichtkegel dabei meist relativ klein war, war auch der ausgeleuchtete Bereich nicht sehr groß.

Nach dem Krieg wurden einheitliche Bahnsteiglampen eingeführt. Bahnsteiglampen erhielten entweder einen acht-



Nicht jeder möchte eine Modellbahnanlage beleuchten, aber natürlich dürfen Lampen im Gleisbereich nicht fehlen. Gerade in solch einer Situation kann es für den Modellbahner unbefriedigend sein, viel Geld für eine nicht notwendige Funktion bei mittelmäßiger Optik auszugeben.

Das dachten auch wir uns und konstruierten bereits vor einigen Jahren besonders typische Leuchten der Bundesbahn nach. Nach mehreren „Prototypen“, die wir bei kommerziellen 3D-Druckern herstellen ließen, setzten wir zunächst auf eine weitere Vervielfältigung mit Resinabgüssen. Seinerzeit waren 3D-Drucker für den Heimgebrauch entweder zu teuer oder ermöglichten nur eine viel zu grobe Auflösung.

Doch gerade dünnere Teile brachen schnell ab – und die händische Nacharbeit der Masten war mühsam. Da aber die Zeit vorangeschritten ist, haben wir nun einen eigenen 3D-Drucker angeschafft. Er ermöglicht eine akzeptable Stabilität der Bauteile, die Nacharbeit beschränkt sich nur noch auf das leichte Schleifen im Bereich der entfernten Stützstruktur.

Hierbei haben wir das Ganze modular gehalten. Dazu konstruierten wir für unsere Bahnsteiglampen zwei besonders typische Masten, die mit fünf verschiedenen Lampenschirmen kombiniert werden können. Etwas kleiner ist die Auswahl bei den Gleisfeldleuchten. Der Gittermast kann hier sowohl mit der alten und der neuen einseitigen Leuchtenbauform bestückt werden als auch mit der weit verbreiteten zweiseitigen rechteckigen Schirmbauart. Dabei ist von Vorteil, dass bereits vor dem Zusammenbau Lampenschirme und Masten separat voneinander lackiert oder bemalt werden können. *HM, MM, MW*



Nach gut zwölf Stunden ist der Druck der Masten abgeschlossen. Sie hängen hier noch kopfüber an der Druckplatte, damit das flüssige Resin abtropfen kann.



Nach dem Entfernen der Masten von der Druckplatte wurden sie mit Isopropanol gereinigt. Man erkennt jetzt deutlich die Kontur und die Hilfsstützen für den Druck.

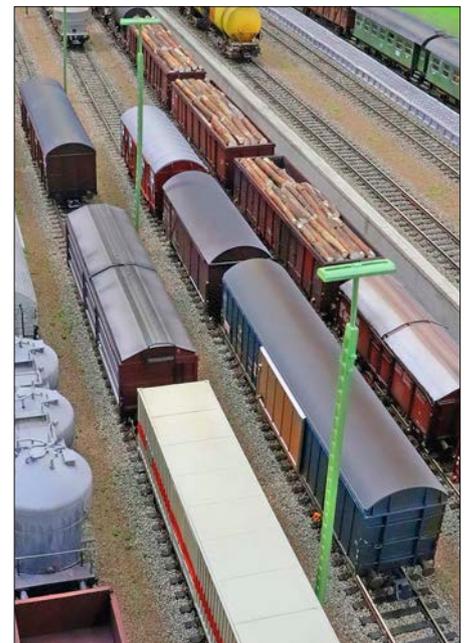


Die Gittermasten sind bereits reseda-grün lackiert. Mit der Hand wurde das Loch an der Oberseite etwas geweitet, damit der Lampenschirm angebracht werden konnte. Abschließend wurde der Sockel an der Unterseite des Gittermastes noch betonfarben angemalt.

Rechts: Im Rangierbahnhof von Willisberg stehen zwischen den Richtungsgleisen hohe Gleisfeldleuchten. Gut zu erkennen, der mittig durchbrochene Lampenschirm, wie er dem Vorbild entspricht.

Als polygone Betonmasten sind hier diese Bahnsteiglampen ausgeführt.

Fotos:
Horst Meier (3)
Michael Weiß
Markus Meier (5)





Langenschwalbacher in H0 als Bauprojekt

Kurzer Vierachser für die Nebenbahn

Die Personenwagen der Bauart Langenschwalbach hatten es Lutz Kuhl schon lange angetan – besonders die Wagen der dritten Bauserie mit Tonnendach, die beim Vorbild zu Beginn der 1920er-Jahre gebaut wurden. Also machte er sich an die Konstruktion und Realisierung seines ganz persönlichen Wunschmodells ...



Modelle von Wagen der Langenschwalbacher Bauart sind jetzt nichts wirklich Neues – von Liliput gab es schon vor vielen Jahren die Nachbildungen der ersten Bauserie mit dem auffälligen Haubendach, Märklin und Trix folgten mit der zweiten Bauserie, die einen Oberlichtaufbau ähnlich den preußischen Abteilwagen aufwies. Den Anfang machte aber schon Mitte der 1960er-Jahre die Firma Schicht aus Dresden, die mit dem Modell des Wagens der Gattung BC4i pr 23 ein Exemplar aus der dritten Bauserie realisierte, das bereits einen Ganzstahlaufbau – mit vielen Nieten – und ein Tonnendach ganz ähnlich wie bei den „Donnerbüchsen“ aufwies.

Immerhin war das Modell von Schicht schon genau maßstäblich, und im Lauf der Zeit sollten die anderen Ausführungen mit jeweils zwei geschlossenen bzw. offenen Bühnen ebenfalls folgen. Ihr Konstrukteur Karlheinz Brust hatte bereits von vorneherein vorgesehen, dass

Die Knollendorfer Eisenbahnfreunde freuen sich über den Neuzugang für ihren Museumszug – der „Langenschwalbacher“ zeigt sich schon im neuen Anstrich. Die Beschriftung fehlt zwar noch, aber die chromoxidgrüne Farbe deutet darauf hin, dass sie wohl der Epoche III entsprechen soll ...

Fotos und Grafiken: Lutz Kuhl

Eine vierachsige „Donnerbüchse“ mit Drehgestellen – so mutet der ehemalige C4id pr 23 an, der zwei offene Bühnen aufweist. Karlheinz Brust konnte diesen Langenschwalbacher mit Tonnendach im November 1960 im Bahnhof Meiningen fotografieren.

die Bühnen ausgetauscht werden konnten. Allerdings bauten alle Modelle auf dem Fahrgestell des BC4i auf, das beim Vorbild 1,40 m länger als die anderen war.

Bei einem Gespräch sagte mir Karlheinz Brust vor vielen Jahren: „Damals hat mir der längere Wagen einfach besser gefallen, den hatte ich in Meiningen gesehen. Außerdem hat sich danach niemand daran gestört, dass die anderen Modelle ein gutes Stück zu lang waren – so genau haben wir es zu der Zeit doch noch nicht genommen ...“.

Eigentlich wäre es jetzt also einmal an der Zeit, dass Modelle dieser Wagengattung in einer dem heutigen Detaillierungsstandard entsprechenden Ausführung erscheinen würden. Bislang hat sie jedenfalls noch kein Hersteller angekündigt – da bleibt also wieder einmal nur der Selbstbau übrig ...

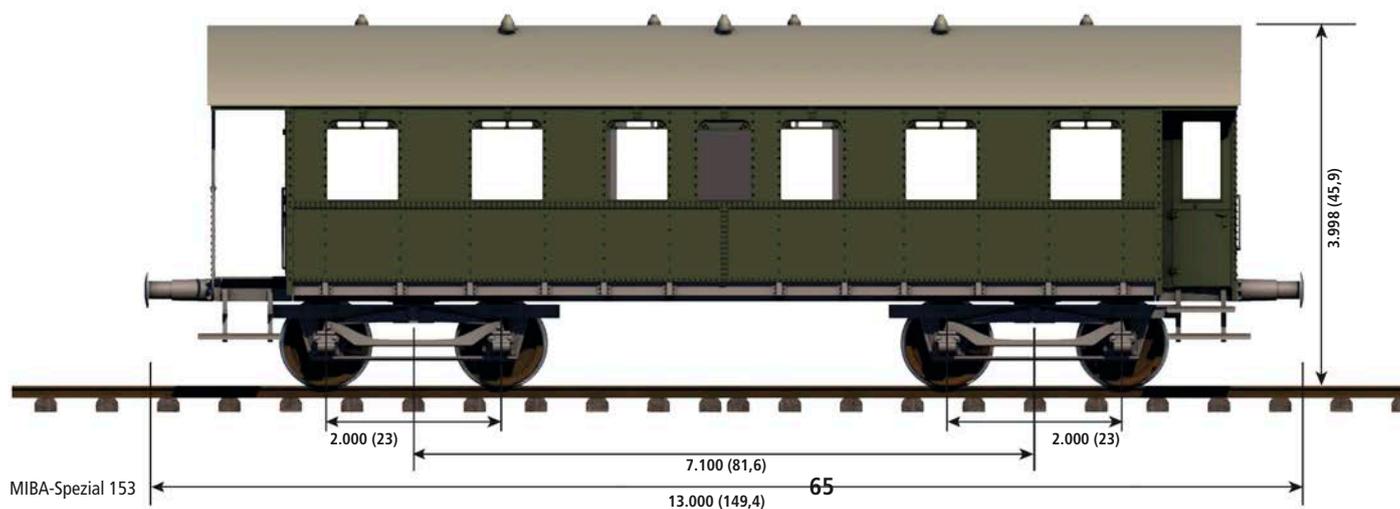
Die Langenschwalbacher mit Tonnendach hatten es mir aber wie gesagt angetan. Bereits vor rund dreißig Jahren hatte ich versucht, die Schicht-Modelle auf eine maßstäbliche Länge zu bringen und dazu die Seitenwände als Ätzzvorlage gezeichnet. Mit dem Ätzen hat es dann aber nicht wirklich gut funktioniert. Die Nieten waren viel zu fein und nach dem Lackieren nicht mehr zu sehen – und so verschwand mein „Langenschwalbacher-Projekt“ im ersten Anlauf zunächst wieder sang- und klanglos in einer der vielen Bastelkisten.

Mit dem 3D-Druck bieten sich nun aber ganz andere Möglichkeiten. Feine



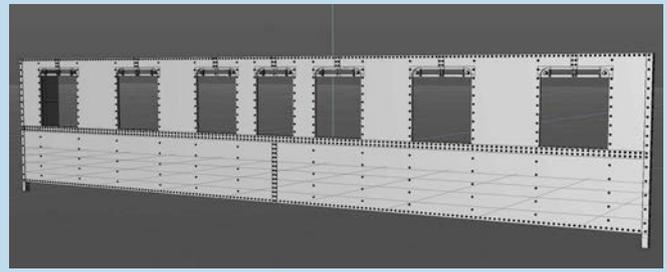
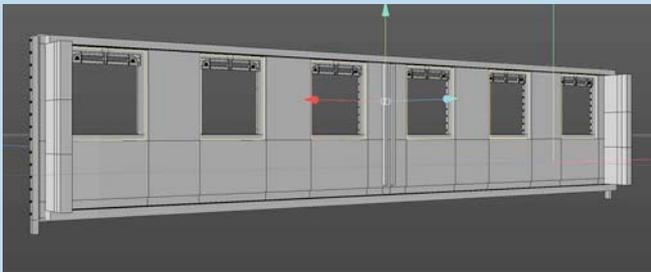
Links: Die offene Bühne des Langenschwalbachers beim „Hessencourrier“. Bei der Modellumsetzung sind noch einige Frage offen – so wird es zwischen Drehgestell und Trittbrettern doch recht eng. Bei einer korrekt maßstäblichen Umsetzung wäre für den erforderlichen Ausschlag des Drehgestells zu wenig Platz. Hier muss noch ein Kompromiss gefunden werden ...

Unten: Die Zeichnung zeigt den CC4id Pr 23 mit den wichtigsten Abmessungen in H0-Größe.

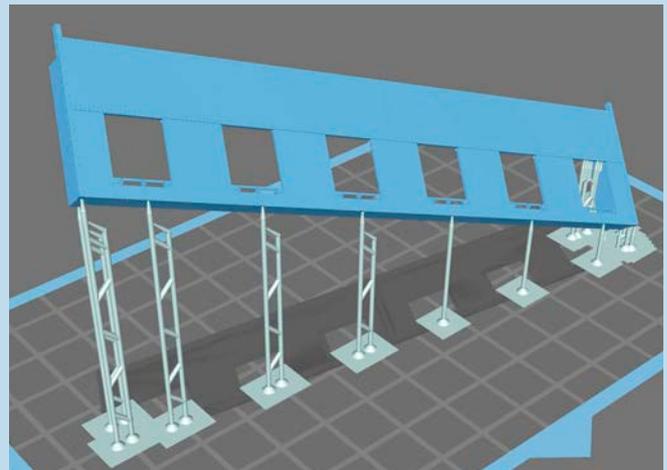
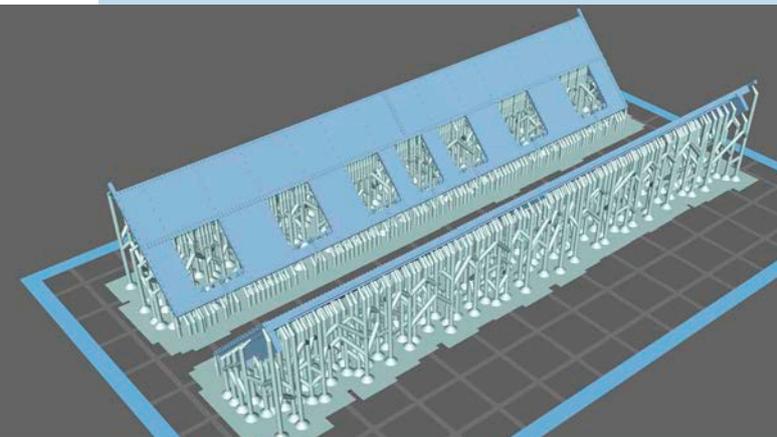




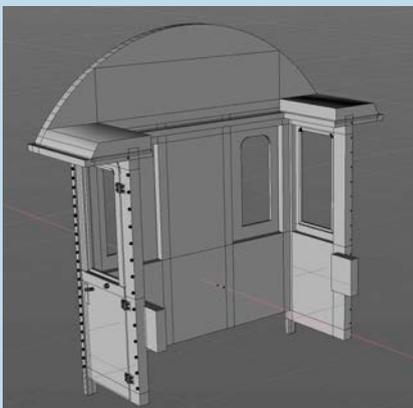
Auch wenn es verführerisch erscheinen mag, den Wagenkasten in einem Stück zu drucken – damit kommt man doch schnell an die Grenzen des Machbaren oder besser des Druckers. Außerdem sollten mit möglichst wenig Aufwand alle Varianten mit offenen und geschlossenen Bühnen gebaut werden können. Daher wurden Seiten- und Stirnwände, Dach und Bodenplatte als Einzelteile angelegt.



Die beiden Seitenwände mit der unterschiedlichen Fensteranordnung. Auf der Rückseite im Bild oben links muss an der Unterkante noch eine weitere Versteifung angebracht werden – sonst wird das mit dem Druck nichts. Die flache Wand neigt sonst beim Aushärten zum Verziehen.



Die Seitenwände im Slicer-Programm „Chitubox“. Oben der erste Versuch zum Drucken – trotz der umfangreichen Stützkonstruktion wurde die Oberkante über den Fenstern beim Drucken wellig. Rechts: Danach wurde das Ganze steiler gestellt, dabei verlängert sich aber die Druckzeit. Die Stützen sind hier noch etwas sparsam, für einen sicheren Druck müssen es deutlich mehr sein ...



Die Konstruktion der geschlossenen Bühne ist weitgehend abgeschlossen. Auf den ersten Blick mögen manche Details etwas grob erscheinen, dennoch sind sie nach dem Drucken kaum noch zu sehen. So sollten beispielsweise die Deckleisten mindestens 0,15 mm dick sein – sind sie dünner, würden sie sich kaum von der Wandfläche abheben. Die Niete sollten mindestens einen Durchmesser von 0,3 mm aufweisen, damit sie nach dem Lackieren gut sichtbar sind.

Nieten lassen sich problemlos auch in der Baugröße H0 drucken, das hatte ich schon beim Bau der kleinen Dampflokomotive „Atlas“ gesehen. Warum also nicht noch einmal an das alte Projekt herangehen?

Die ersten Bauteile entstehen

Gesagt, getan. Der Wagen sollte im Prinzip nicht so schwierig zu konstruieren sein. Wichtige Abmessungen, die aus den bekannten Übersichtszeichnungen nicht hervorgehen, wie etwa die genaue Höhe und die unterschiedlichen Breiten der Fenster, konnte ich vor einigen Jahren an dem erhalten gebliebenen und betriebsfähigen Langenschwalbacher beim „Hessencourrier“ abnehmen, einem ehemaligen CC4id Pr 23.

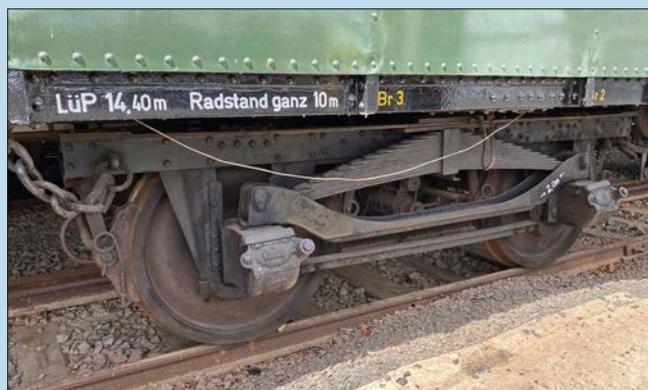
Der Wagenkasten wurde in mehrere Baugruppen aufgeteilt. Seiten und Stirnwände sowie das Dach und der Rahmen mit der Bodenplatte sollten separat gedruckt werden. Auf diese Weise sollten sich dann auch die Varianten mit zwei offenen bzw. geschlossenen Bühnen realisieren lassen, ähnlich wie schon seinerzeit bei den Schicht-Modellen.

Bei der 3D-Konstruktion sieht man ja gleich, ob die Bauteile zusammenpassen. Was man dagegen nicht sieht, sind die Toleranzen, die berücksichtigt werden müssen, damit sich die Bauteile problemlos zusammenfügen lassen. Ein erfahrener Konstrukteur wird vielleicht wissen, was hier geht und was nicht – als Laie musste ich mich daher mit diversen Probedrucken an das richtige Ergebnis herantasten. Probieren geht also wieder einmal über Studieren ...

Die ersten Ergebnisse aus dem Drucker waren jedoch zunächst ernüchternd. Probleme bereiteten vor allem die flachen Seitenwände, die einfach nicht gerade bleiben wollten. Auch das Schrägstellen der Wände im Slicer-Programm und das händische Hinzufügen zahlreicher weiterer Stützen reichte nicht. Der erste Druck sah zwar schon vielversprechend aus, aber im Bereich der Leiste mit der doppelten Nietreihe unter den Fenstern hatten sich die Seitenwände auf beiden Seiten um jeweils 0,1 mm zusammengezogen, während Ober- und Unterseite das genaue Maß aufwiesen. Abhilfe schufen letztendlich L-förmige Verstärkungen an Ober- und Unterseite sowie ein stärkeres Schrägstellen beim Druck.

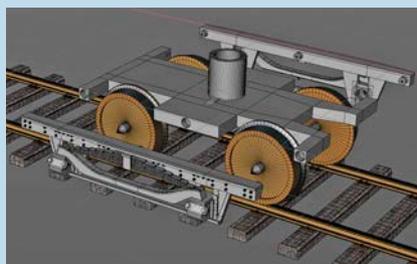
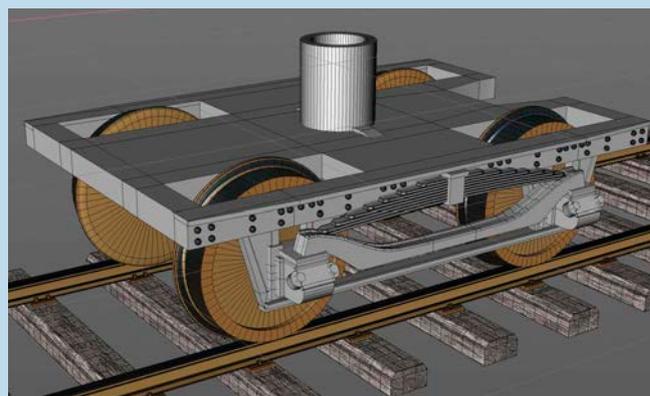
Zugegebenermaßen am Rande des Machbaren bewegen sich die Fensterlüf-

Das Modell des CC4id pr 23 nimmt Form an. Die Wendler-Lüfter auf dem Dach wurden nicht gedruckt – sie kommen später von Weinert.



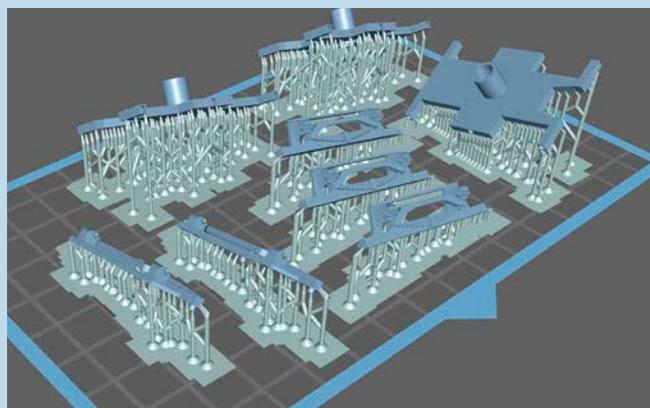
So sieht es beim Vorbild aus – das Drehgestell eines Langenschwalbachers, aufgenommen wieder beim „Hessencourrier“ in Kassel-Wilhelmshöhe.

So sieht dann das 3D-Modell des Drehgestells aus. Hier fehlen noch die Bremsen, die an den Querträgern angebracht werden sollen. Die hier etwas grob aussehenden Räder entsprechen dem RP-25-Profil.



Links: Die Seitenteile wurden separat angelegt. So können später auch noch die Öffnungen für die Achslagerbuchsen aufgebohrt werden – beim 3D-Druck wird sich die Öffnung immer etwas mit Harz zusetzen, sodass die Buchsen nicht so ohne weiteres eingedrückt werden können.

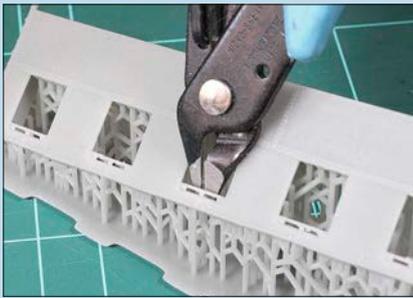
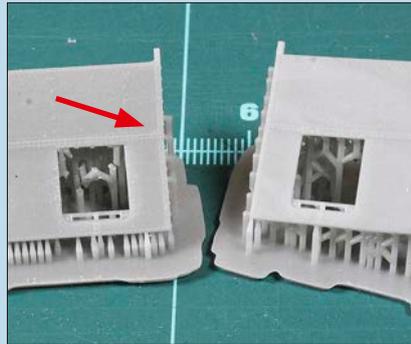
So wurden die Bauteile auf der Druckerplatte angeordnet. Sie ist groß genug für drei Drehgestelle, mit etwas Quetschen würde aber auch noch ein viertes darauf passen.



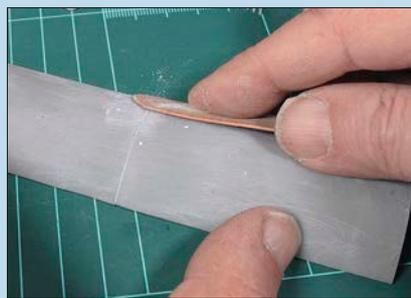
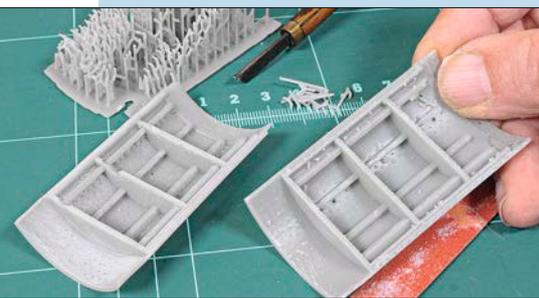


Von der Theorie zur Praxis – so kamen die ersten brauchbaren Teile für den Wagenkasten aus dem Drucker. Das Dach ist hier noch zweiteilig ausgeführt – es wird in der endgültigen Version wieder aus einem Stück bestehen. Gut zu erkennen ist auch die dichte Stützstruktur, sie ist erforderlich, damit sich die Bauteile sowohl beim Drucken als auch beim anschließenden Aushärten möglichst wenig verziehen.

Rechts: Der erste Druck der Seitenwände ging jedenfalls daneben. Im Bereich unter den Fenstern hat sich die Wand etwas zusammenggezogen – so konnte sie nicht verwendet werden. Beim zweiten stärker schräg gestellten Druck auf der rechten Seite war die Ecke dann wieder gerade ...



Links: Gleich nach dem Druck wurden die Stützen an den Fensterlüftern vorsichtig gekappt. Nach dem Aushärten würden sie nämlich allzu leicht brechen.



Beim Dach wurden neben den Spanten noch zusätzliche Längsverstärkungen vorgesehen – damit konnte das Verziehen verhindert werden. Die zweiteilige Ausführung machte aber eine aufwendige Schleifarbeit erforderlich, bis das Dach wieder glatt war.

Rechts: Der fertig zusammengeklebte Wagenkasten, die Bauteile wurden mit Sekundenkleber zusammengefügt.



ter, die eine Stärke von gerade einmal 0,2 mm aufweisen. Die hier auf der Rückseite ansetzenden Stützen habe ich gleich nach dem Drucken noch vor dem Aushärten mit einem kleinen watefreien Seitenschneider gekappt. Versucht man dies nach dem Aushärten, geht der feine Lüfter unweigerlich zu Bruch.

Auch das Dach zeigte trotz des Schrägstellens nach dem Drucken und Aushärten zunächst eine ausgeprägte Bananenform. Auch hier halfen wieder einige zusätzliche Längsrippen dabei, das Bauteil ausreichend zu stabilisieren. Das schräggestellte Dach benötigte zum Druck immerhin mehr als sechseinhalb Stunden. Da ich aber ungeduldig war, teilte ich das Dach kurzerhand in zwei Teile. Das war jedoch keine gute Idee: Es halbierte zwar die Druckzeit, erforderte aber nach dem Zusammenkleben der beiden Hälften viel Schleifarbeit, da die Materialstärken an der Ansatzstelle nach dem Aushärten leicht unterschiedlich ausgefallen waren. In der endgültigen Ausführung wird daher das Dach wieder aus einem Stück bestehen ...

Noch ein Tipp am Rande: Wer in einer Altbauwohnung mit Holzdecken lebt, sollte außerdem darauf achten, in der Nähe des laufenden Druckers nicht allzu hart aufzutreten – leichte Schwingungen können ihn offenbar schnell aus dem Takt bringen. Dies macht sich dann am Bauteil in den Druckschichten durch einen schmalen Bereich mit deutlich sichtbaren Unregelmäßigkeiten bemerkbar. Sie waren in einem Fall so stark, dass sie auch nicht weggeschliffen werden konnten – da blieb nur ein erneutes Drucken übrig.

Nicht unterschätzen sollte man außerdem die Materialkosten, ein Liter Harz schlägt in der Regel zwischen € 30,- und € 50,- zu Buche. Bei diversen Probedrucken ist ein Liter schnell aufgebraucht, zumal ein großer Teil davon nur für die Stützkonstruktion benötigt wird. Letztendlich sollte man sich davon aber nicht abschrecken lassen und die Ausgaben einfach als Lehrgeld betrachten. Mit der zunehmenden Erfahrung reduziert sich auch der Ausschuss deutlich ...

Noch nicht ganz abgeschlossen habe ich die Konstruktion der Drehgestelle. Dazu orientierte ich mich zunächst einfach an den Langenschwalbacher Drehgestellen von MäTrix und Liliput. Meine Achslager und die typische Federung sollten aber etwas plastischer ausfallen – gerade diejenigen der Göppinger sind

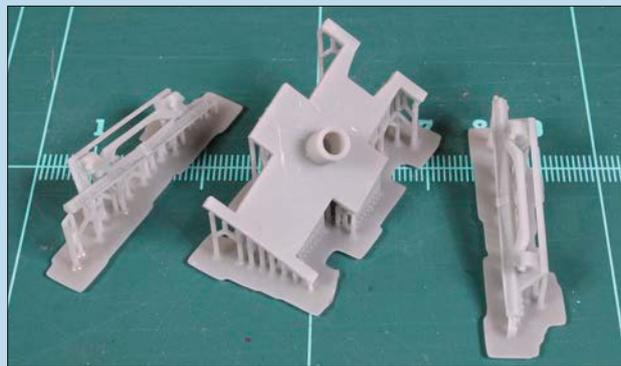
etwas flach graviert, wie ein Blick auf das Vorbild zeigt. Die Achsspitzen sollten natürlich nicht im Resindruck gelagert werden. Im Sortiment von Bahnsinn findet man jedoch gedrehte Achslagerbuchsen aus Messing (erhältlich unter wagenwerk.de). Sie müssen in Bohrungen mit 2 mm Durchmesser eingesetzt werden; aus diesem Grund wurden die Seitenteile separat gedruckt, denn sonst hätte man die Öffnungen für die Buchsen nicht sauber aufbohren können. Meine Radsätze stammen von Weinert, bei einem Durchmesser von 11 mm entsprechen sie dem Raddurchmesser des Vorbilds mit 980 mm. Ich verwendete diejenigen mit der kürzesten Achslänge (24 mm, Art.-Nr. 9746), damit das Drehgestell so schmal wie möglich ausfallen konnte.

Ein Problem ist zudem der enge Abstand zwischen den Vorderkanten der Drehgestelle und den Trittstufen zu den Bühnen. Der ist bei mir im Moment noch etwas knapp ausgefallen; für den normalen Modellbahnbetrieb reicht der Platz für den erforderlichen Ausschlag nicht aus. Hier müssten die Trittbretter entweder weiter nach außen gesetzt werden (was zu völlig anderen Proportionen führen würde) oder aber einen kleinen Ausschnitt erhalten, der beim Modell optisch weniger auffällig wäre. Das Abschrägen der Rahmenvorderkanten an den Drehgestellen wäre eine weitere Möglichkeit, die auch an den Märklin-Modellen zu finden ist. Hier werde ich wohl um einen Kompromiss nicht herumkommen ...

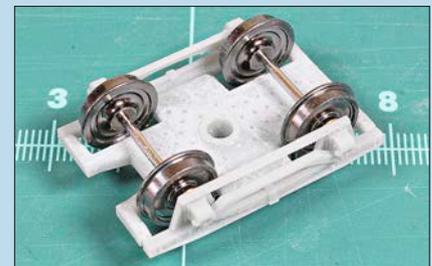
Die Kupplungsfrage ist ebenfalls noch nicht geklärt. Damit mein Modell auf der Anlage eingesetzt werden kann, sollte es noch eine Kulissenführung für die Kurzkupplung erhalten. Diese müsste noch in die Bodenplatte eingearbeitet werden – wobei natürlich zu beachten ist, dass die Kupplungsdeichseln nicht mit den Drehgestellen kollidieren. Wenn man es sich einfacher machen will, könnte man auch die Kurzkupplungskulissen zum Nachrüsten von Roco verwenden (Art.-Nr. 40343 und 40344). Dazu muss aber ebenfalls ein passender Ausschnitt im Wagenboden vorgesehen werden.

Viele Details des Wagens muss man glücklicherweise nicht unbedingt selbst anfertigen. So stammen die Wendler-Lüfter auf dem Dach von Weinert, sie gibt es in Kunststoff (Art.-Nr. 89532) und aus Messingguss (Art.-Nr. 8955). Auch die Federpuffer kommen aus Weyhe-Dreye.

lk



Die Bauteile für das Drehgestell. Die Seitenteile wurden separat angelegt, damit die Bohrungen für die Achslagerbuchsen noch eingebracht werden konnten.

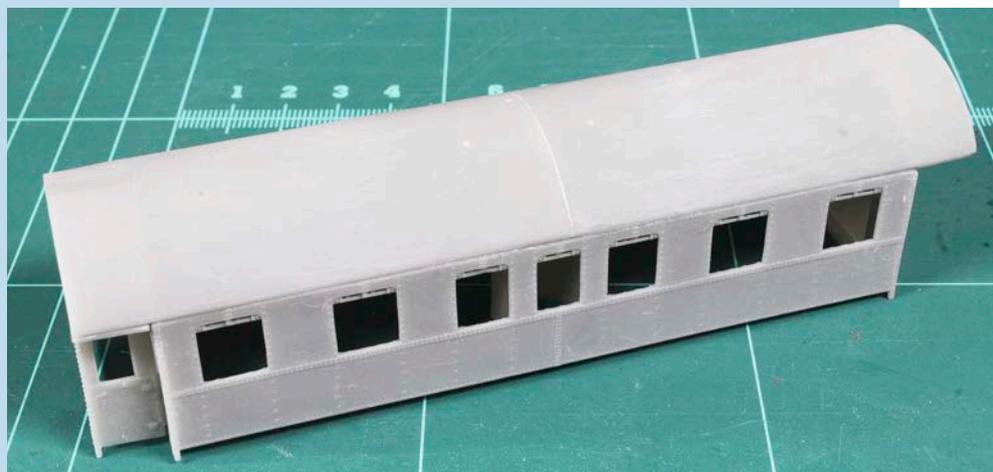


In die Bohrungen werden die Achslagerbuchsen aus Messing eingesetzt. Sie sind so klein, dass sie später von außen nicht mehr sichtbar sind. Die RP-25-Radsätze von Weinert laufen darin sehr leichtgängig.



Langenschwalbacher Drehgestelle im Vergleich – links der Eigenbau, in der Mitte das Drehgestell von Märklin und rechts dasjenige von Liliput.

Unten: Der fertiggestellte Wagenkasten – gewissermaßen der noch nicht ganz ausgereifte Prototyp. Die Seitenwand weist an der Oberkante noch deutlich sichtbare Dellen über den Fenstern auf. Das kann freilich noch besser werden; zumindest weiß man nach dem ersten Zusammenbau meist sehr schnell, wo die Fehler liegen und kann es dann besser machen ...





Grundlagen Lasercut im Modellbau

Schneiden mit starkem Licht

Lasercut-Bausätze sind mittlerweile ein fester Bestandteil für den Modellbahner. Sie lassen sich kostengünstig produzieren, somit rechnen sich auch Gebäude, die im Spritzguss nicht erschienen wären. Also perfekt geeignet für eigene Konstruktionen. Doch selbst wenn man mit einem Zeichenprogramm schnell erste Entwürfe umsetzen könnte, bleibt die Frage offen, wie lassen sich eigene Kreationen umsetzen? Warum nicht mit einem eigenen Laser, es ist einfacher als man denkt. Markus Meier berichtet über den Einstieg in die eigene Fertigung mit einem einfachen und günstigen Laser.

Watt is'n Laser? Da stelle mer uns mal jaanz dumm. Ein Laser ist ein Gerät, das Licht in gebündelter Form erzeugt.“ Dies kann je nach Anwendung durch verschiedene Arten erfolgen, man kann Laser daher wie folgt unterteilen: Gaslaser, Festkörperlaser, Faserlaser, Flüssigkeitslaser und Diodenlaser. Letzterer findet Anwendung im Modellbau und wird nach der Leistung des Lasers in Watt unterschieden.

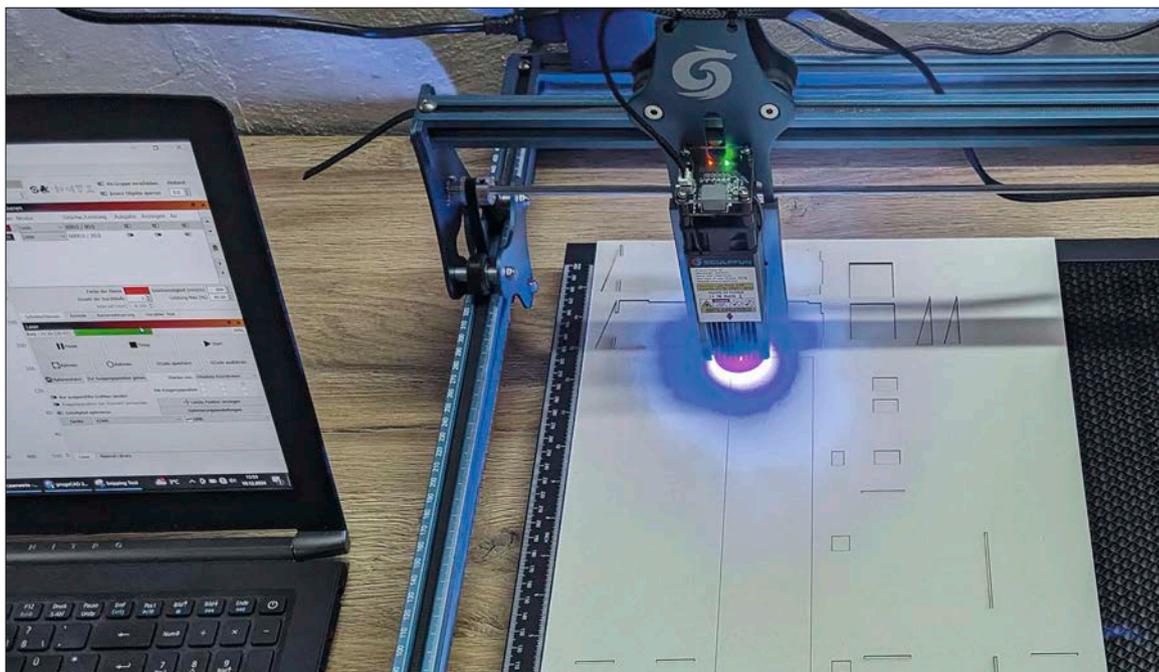
Als Modellbahner hat man die Qual der Wahl, wenn es um Gebäudebausätze geht. Es gibt zwar sehr viele Anbieter, auch deren Sortiment ist vielseitig. Wünscht man sich aber ein ganz bestimmtes Gebäude, lässt es sich nicht finden. Noch schlimmer, man benötigt ein konkretes Vorbild. Da hilft nur der Selbstbau, am besten via Lasercut. Das Thema Lasercut hat mich schon seit vielen Jahren fasziniert. Bereits seit 2007

bin ich unregelmäßig am Konstruieren verschiedener Gebäude, fast immer nach originalem Vorbild. Die bisher erstellten Datensätze habe ich extern lasern lassen, was sich preislich immer im Rahmen hielt. Dass die Zahl der Anbieter für solche Projekte überschaubar ist, war bisher kein Problem, da im Jahr nur ein bis zwei Projekte angefallen sind.

Mit den Gedanken im Hinterkopf, ein eigener Laser ist größer als ein Back-

Links: Wer ganz bestimmte Gebäude erstellen will – so wie hier das EG von Fürth/Odenw. – kommt um die Lasertechnik nicht herum.

Rechts: Der Laser arbeitet in vollem Einsatz. Die Finnplatte wird mit 80 % Laserstärke geschnitten, was deutlich an dem hellen blauen Licht zu erkennen ist. Der rote Sichtschutz unterhalb des Lasers hilft zwar etwas, aber ohne entsprechende Schutzbrille sollte man nicht in den Laser sehen.



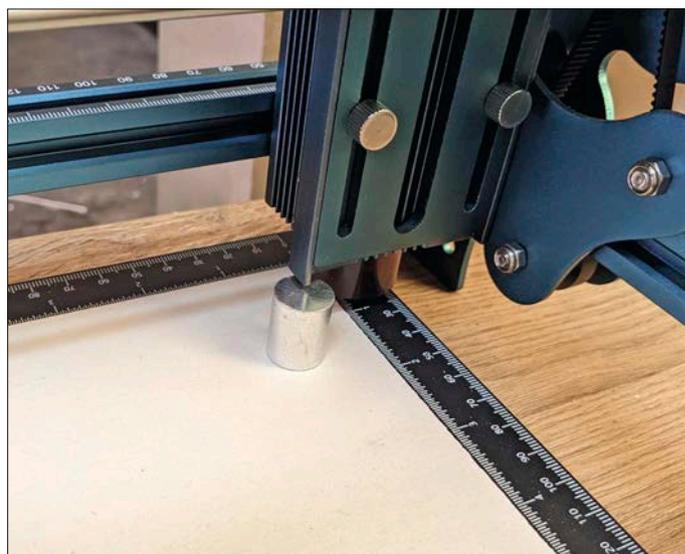
ofen, braucht eine eigene Absaugung und liegt preislich im unteren vierstelligen Bereich, gab es auch keinen Grund, über Jahre daran was zu ändern. Leider blieb damit auch die Entwicklung der Laser außerhalb meines Fokus.

Dank eines Modellbahnfreundes änderte sich das aber ganz schnell. Als er auf einmal mit einem eigenen Laser und einem ersten damit gefertigten Gebäude überraschte, war ich sofort Feuer und Flamme. Ein gemeinsamer Test seines Lasers mit bereits erstellten Daten von mir räumten die letzten Zweifel aus dem Weg. Zugegeben, mit 5 Watt Leistung und einem ganz einfachen Gestell liegt der *Sculpfun S9* als Chinaprodukt ganz am Anfang der Liste der verfügbaren Laser. Mit knapp 300€ inklusive verschiedenem Zubehör ist aber auch der Preis kein großes Risiko, selbst wenn man ihn nur für private Projekte nutzen will.

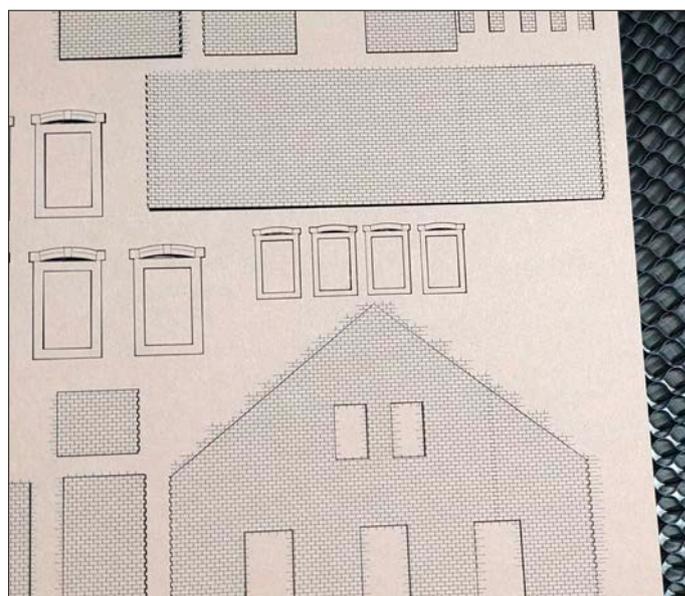
Das Gerät ist mit zwei Schrauben an einem Gestell befestigt und wird über zwei Riementriebe auf der X- und Y-Achse verfahren. Die Arbeitsfläche ist mit 420 x 420 mm für die meisten Projekte ausreichend. Längere Gebäude müssen in der Konstruktion dann eben auf zwei Teile verteilt werden.

Ein passendes und unbedingt empfehlenswertes Zubehör ist das „Honeycomb“, zu deutsch: „Wabennest“. Wer nicht auf dem nacktem (Holz-) Tisch lasern will, hat damit eine passende Unterlage, die gleichzeitig für eine gute Belüftung sorgt und es vor allem ermöglicht, das Material zu fixieren. Ansonsten

Der günstige Preis fordert an mancher Stelle noch Handarbeit. Der Abstand zwischen Laser und Material wird hier manuell über ein selbstgefertigtes Distanzstück passend eingestellt. Ist der Abstand zu groß, streut der Laser und das Ergebnis wird ungenau.

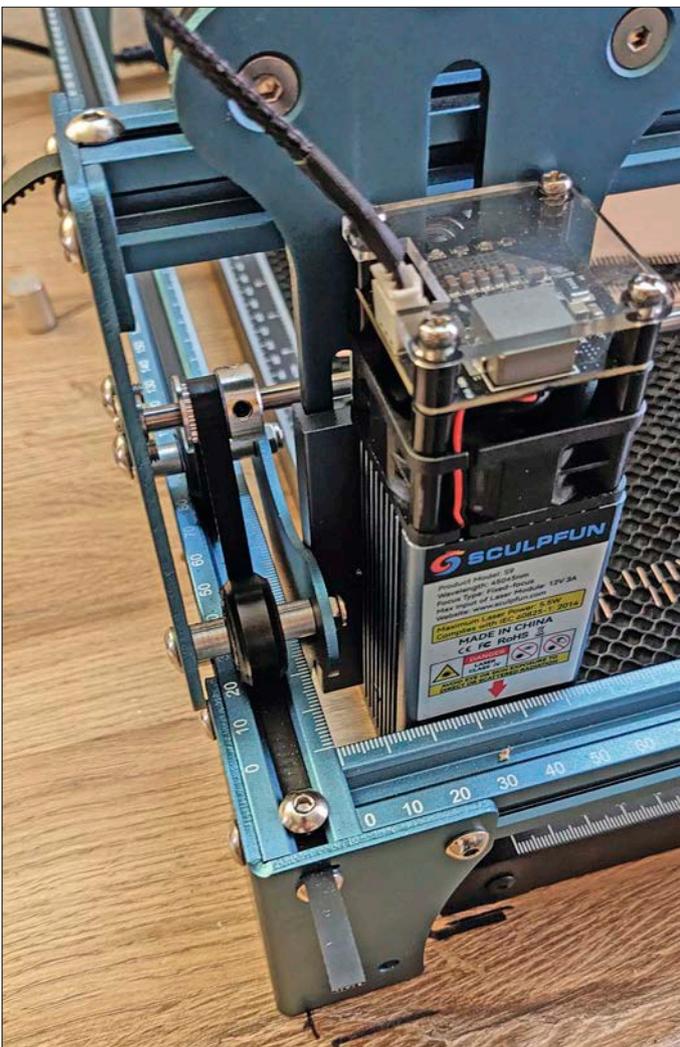


Das fertige Ergebnis überzeugt. Aus 0,4 mm dickem Fotokarton wurden verschiedene Verkleidungselemente mit Mauerwerk hergestellt. Die Ziegelsteingravur darf in der Zeichnung ruhig nach außen überstehen, sie wird ja eh abgeschnitten. Dies kostet aber je nach Umfang etwas mehr Bearbeitungszeit.





Eine breite Farbauswahl an Fotokarton hilft, die eigenen Projekte zu realisieren. Nicht jede Farbe sieht in natura so aus, wie die Vorschau bei der Internetbestellung vorgibt. In der Prototypenphase lassen sich manche Elemente auch in verschiedenen Farben lasern, somit kann die finale Wahl am fertigen Objekt getroffen werden.



Fotos: Horst Meier (7)
Markus Meier (12)

Auch hier zeigt sich die preislich bedingte einfache Technik. Je ein Riementrieb in X- und Y-Achse bringen den Laser in Position. Der Riementrieb sollte unbedingt sauber gehalten werden, um einen ruhigen Lauf zu gewährleisten. Beim Herausnehmen der fertig gelaserten Teile fällt gerne mal ein Kleinteil in die Mechanik. Es sollte dort nicht verbleiben ...

gibt es kein Gehäuse, keine Absaugung und auch keine Belüftung für den Laser, die z.B. den Laserstaub wegblasen könnte. Allerdings lässt sich das alles für meine einfachen Anwendungsfälle verschmerzen, ich will ja hauptsächlich Pappe lasern.

F wie Finn oder Foto

Und damit wären wir bei der nächsten Komponente, dem Material. Prinzipiell kann man vieles Lasern, jedoch sollte man sich bewusst sein, wie viel Leistung der eigene Laser hat und wie sich diese Leistung mit dem gewünschten Material verträgt. In meinem Fall kann ich mit 5 W Leistung keine wirklichen großen Sprünge bzw. in diesem Fall dicke Materialien bearbeiten. Projekte aus Sperrholz oder anderem festeren Material fallen damit raus, die Anzahl der Durchläufe würde dem Nutzen entgegenstehen oder teils gar nicht funktionieren wie z.B. bei MDF.

Ich habe mich daher für das bewährte Material Pappe entschieden. Genauer gesagt, Finnplatte für den Grundkörper und Fotokarton für die Außenflächen. Finnplatte hat den großen Vorteil, dass sie stabiler ist als Graupappe. Mit der richtigen Geschwindigkeit gelasert, hinterlässt sie auch kaum Schmauchspuren an den Rändern, wie man das vielleicht von gekauften Bausätzen kennt. Es gibt sie im Architekturbedarf in verschiedenen Materialstärken. Hier gilt logischerweise, je dicker, desto stabiler. Allerdings auch hier wieder die Erinnerung an die Leistung des Lasers.

Bei passend konstruierten Versteifungen, reicht eine Materialstärke von 1,5 bis 2 mm für den Grundkörper aus. Mein 5-W-Laser muss hierfür die Kontur 3 mal hintereinander abfahren, was sowohl zeitlich als auch von der Qualität her akzeptabel ist.

Fotokarton für die Außenverkleidung gibt es in jedem Schreibwarenladen, allerdings oft nur in den Größen A4 oder A2. Wer A2 nicht passend zuschneiden will, nimmt das Mittelmaß von A3, was in diesem Fall relativ gut zur Arbeitsfläche passt. Die Auswahl an Farben für Fotokarton ist ausreichend groß, es gibt verschiedene Brauntöne für Holz, Weiß und Hellgrau für Putz oder Beton sowie passende Rottöne für Mauerwerke. Hier ist am Ende etwas Geduld gefragt, bis man für jeden Anwendungsfall die passende Farbe gefunden hat.

Beim Heraussuchen des Grundmaterials muss man unter dem Oberbegriff Fotokarton noch genau auf die Materialstärke achten. Ideal ist eine Stärke von 0,4 mm. Oftmals wird aber die Eigenschaft in Gramm pro m² angegeben. Zum Vergleich: Normales Druckerpapier hat 80 bis 120 g, stärkeres Papier 180 g. Der Fotokarton rangiert zwischen 300 und 350 g.

Licht brennt

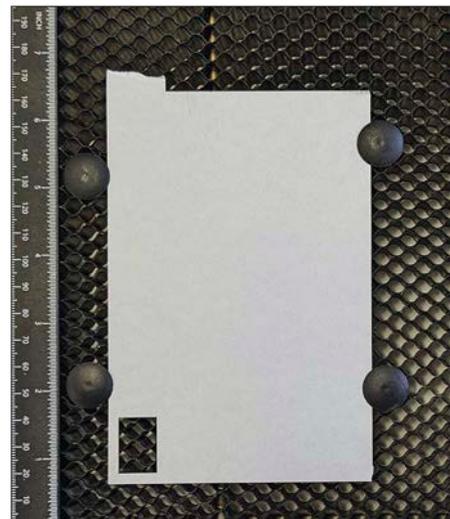
Hat man Laser, gewünschte Materialien und eine erste Zeichnung vorbereitet, könnte es eigentlich losgehen. Doch wie kommt die Zeichnung „in“ den Laser. Eine entsprechende Software war bei meinem Laser leider nicht dabei, ich greife daher auf eine Art „universelle“ Software zurück, die verschiedene Laser und Schneidemaschinen ansteuern kann und sich wirklich leicht handhaben lässt. Die Software „LightBurn“ kann 30 Tage lang kostenlos getestet werden, danach kostet sie einmalig ca. € 120 in der Basis-Version, die für diese Zwecke völlig ausreichend ist.

Die Zeichnung kann nun einfach per Drag & Drop in LightBurn geladen werden und an die gewünschte Stelle gezogen werden. Hilfreich ist es, die Größe der Arbeitsfläche bereits in der Zeichnung zu berücksichtigen. Die Software erkennt sofort alle in der Zeichnung vorhandenen Farben und zeigt diese separat an. Man kann für bestimmte Vorgänge einzelne Farben auch ausschalten.

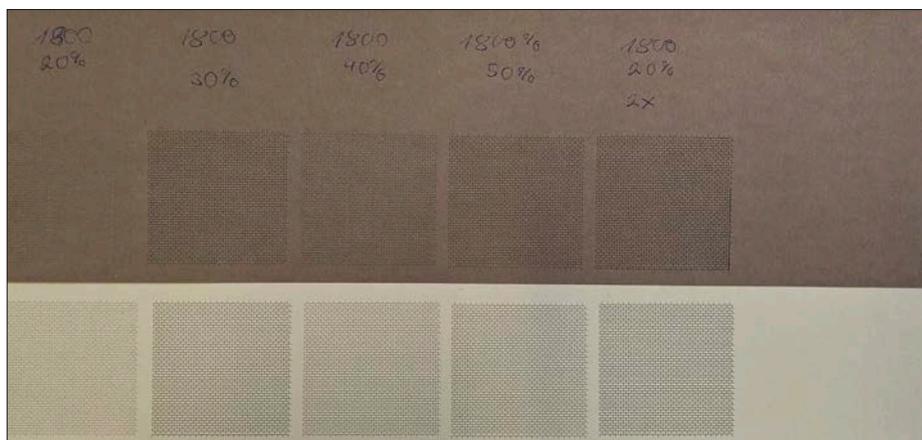
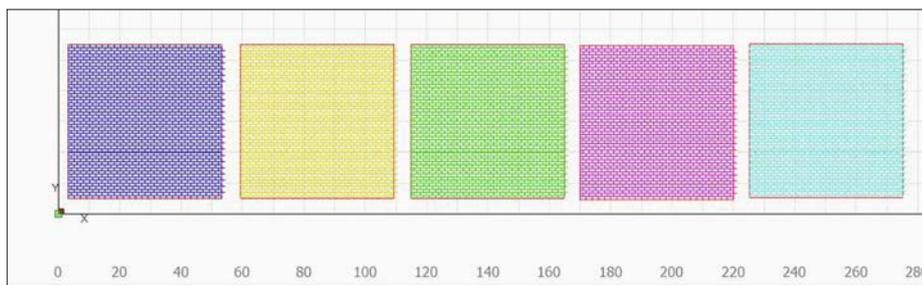
Unterschiedliche Farben in der Zeichnung spielen eine wichtige Rolle für das Lasern. In LightBurn lässt sich nämlich jeder Farbe eine bestimmte Einstellung für den Laser zuweisen. Angefangen von der gewünschten Leistung des Lasers über die Geschwindigkeit des Riementriebs, der Anzahl der Durchgänge bis hin zur Definition der Linie. Hier kann gewählt werden, ob die Linie nur abgefahren werden soll oder die Fläche komplett ausgefüllt werden soll. Letztere Option ist vor allem für das Gravieren interessant.

LightBurn selbst benötigt nur wenige Einstellungen, hauptsächlich die Daten des Lasers. Zu Beginn kann daher der Laser aus einer Liste ausgewählt werden. Ist der eigene Laser dort nicht zu finden, kann er aber auch manuell angelegt werden. Hierzu müssen der vorhandene Arbeitsbereich und die Leistung des Lasers eingegeben werden.

Auch Kleinvieh macht Mist. Nicht immer muss ein Teil aus einem vollen Bogen gelasert werden, es lohnt sich, kleine Reststücke aufzuheben. Damit diese fest fixiert werden können, gibt es Kunststoff-Befestigungspins, die ähnlich wie Dübel aussehen. Sie lassen sich nach dem Lasern wieder einfach aus der Wabenstruktur der Basisplatte herausziehen.

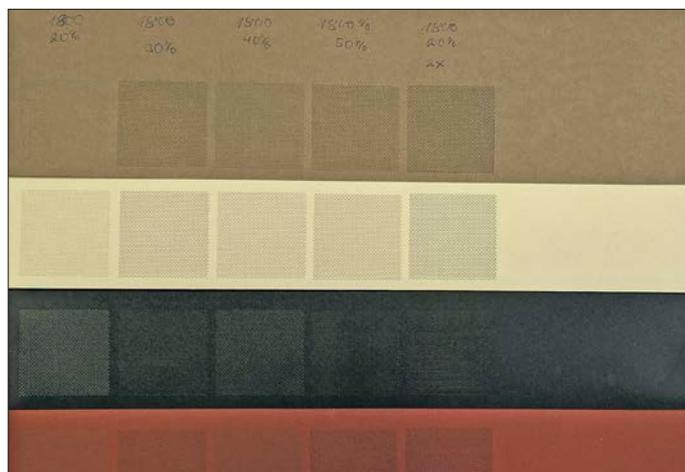


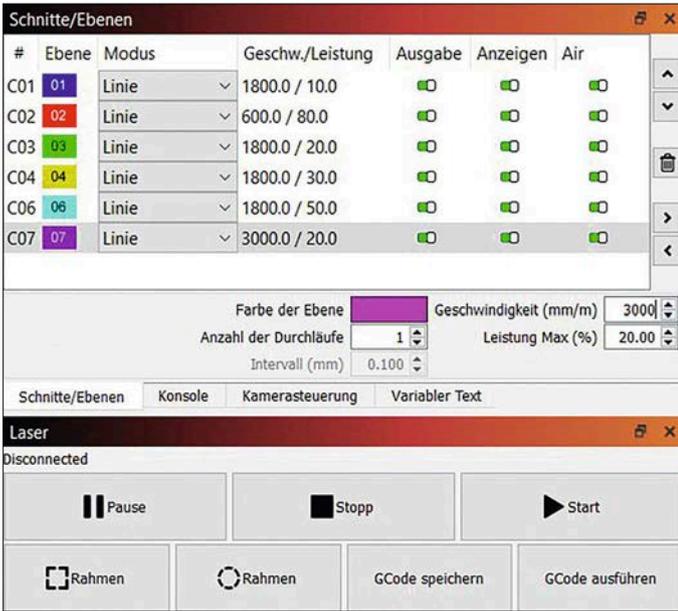
Unten: Fünfmal das gleiche Bauteil, ein kleines Stück Mauer mit der gewünschten Gravur. Die Farbe der äußeren Kontur bleibt immer Rot, denn jedes Bauteil soll bei Bedarf ausgeschnitten werden. Die Farbe der Gravur ist für jedes Teil verschieden, damit ihr im Programm ein anderer Wert zugewiesen werden kann.



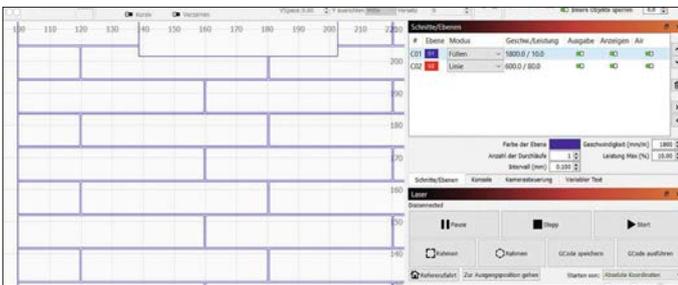
In der Detailaufnahme erkennt man die unterschiedliche Stärke der Gravur auf den ersten beiden Farben. Die handschriftlichen Notizen beziehen sich auf die Leistung in Prozent und die Geschwindigkeit. Von links nach rechts wurde mit 20 % gestartet und bis 50 % gesteigert.

Im Vergleich aller vier Farben sieht man deutlich: Die hellen Kartonfarben brauchen mehr Leistung des Lasers, um eine sichtbare Gravur zu bekommen. Dunklen Kartonfarben reichen hingegen schon 20 %, um sichtbare Gravuren zu erzeugen. Bei mehr Leistung wird die Gravur weniger sichtbar.





LightBurn hatte alle Farben der Testdatei erkannt, zum Test bekommt jede Farbe nun andere Werte für Geschwindigkeit und Leistung, um das Ergebnis beurteilen zu können. Sollen die einzelnen Stücke nicht ausgelasert werden, sondern nebeneinander erstellt werden, kann in diesem Menü einfach die Ausgabe der roten Linien ausgeschaltet werden. Der Laser ignoriert somit alle roten Linien.



Wird in den Einstellungen der Modus auf „Füllen“ gestellt, so fährt der Laser die gezeichneten Flächen mit vielen kleinen Linien ab, sodass die Fläche vollständig vertieft ist.

Ebenfalls wichtig für ein optimales Ergebnis ist der Abstand zwischen Laserkopf und Material. Ist der Abstand zu groß, hat der Laser mehr Streuung und der Schnitt durch das Material wird automatisch dicker, was vor allem bei Gravuren unsauber wirkt. Mein Laser hat daher im Lieferumfang einen kleinen Metallzylinder, der die benötigte Höhe zwischen Material und der Unterseite des Lasers zeigt. Andere Geräte haben höhenverstellbare Führungsstifte. Hier ist aber unbedingt darauf zu achten, dass dieser nicht auf dem Material aufsitzt, weil er es sonst verschieben kann.

Aufschlussreiche Tests

Ich empfehle für den Anfang, eine Art Testdatei zu erstellen, um die passenden Werte für die Einstellungen des Lasers zu finden. Beim Material für den Grundkörper ist die wichtigste Frage, wie viele Durchgänge werden benötigt, bis das Material auch wirklich durchgeschnitten ist? Sollten nach dem Lasern noch Teile am Bogen hängen, ist der Bogen verdorben. Das Material wieder so exakt auf dem Laser zu positionieren, dass der Laser die Kontur nochmal abfahren kann, ist schier unmöglich.

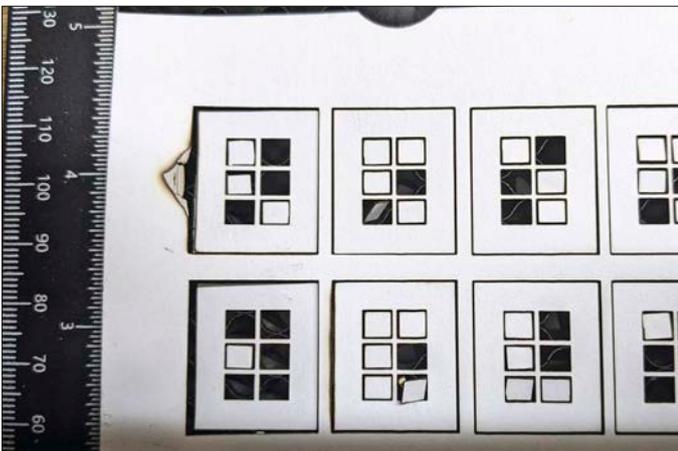
Für den Fotokarton habe ich mir eine spezielle Testdatei gemacht, welche auch eine kleine Mauerwerk-Gravur enthält. In den meisten Fällen ist der Fotokarton bei einer Stärke von 0,4 mm in einem Durchgang gelasert, allerdings verhält sich jede Farbe bei der Gravur anders. Dunkle Farben brauchen oft wenig Leistung (10-20 %), damit eine Gravur sichtbar wird, helle Farben hingegen mehr (30-50 %). In meiner Testdatei habe ich daher unterschiedliche Farben für das jeweilige Mauerwerk gewählt, somit kann ich jeder Farbe eine andere Leistung zuweisen.

Fotokarton hat in der Regel eine sehr geringe Rauchentwicklung und Geruchsbelastigung. Etwas mehr Rauch entsteht bei der Fippappe, das Ausmaß ist aber auch noch akzeptabel. Zum Vergleich habe ich mal Sperrholz getestet, hier war deutlich mehr Rauch und Brandgeruch wahrzunehmen. Generell ist ein Laser ohne Absaugung nicht für geschlossene Räume geeignet. Auch sollte der Laser immer unter Aufsicht betrieben werden. Denn wenn der Riemenantrieb mal hängt, ist sehr schnell mit einer Brandentwicklung des Materials zu rechnen.

Der Laser und der daran montierte Sichtschutz müssen regelmäßig von Schmauchspuren befreit werden. Während beim Sichtschutz nach der Demontage einfaches Wasser reicht, wird die Linse des Lasers mit einem Wattestäbchen, getränkt in Isopropanol, vorsichtig gesäubert.



So schnell kann es passieren: Als der Laser am linken Rand des Kartons war, hat der Antrieb kurz blockiert. Also war der Laserstrahl zu lang auf dem Karton, was zu einem kleinen Brandloch geführt hat. Zum Glück war die Flamme so schnell wieder aus, wie sie entstanden ist.



Wartungsintervall

Wie jede Maschine benötigt auch der Laser etwas Wartung. In erster Linie bezieht sich das auf die Reinigung des Laserkopfes. Dazu wird dieser vom Tisch abgeschraubt und entsprechend zerlegt. In meinem Fall wird der runde, rote Sichtschutz sowie ein innenliegender Trichter durch Lösen der Madenschrauben ausgebaut. Diese können anschließend mit Wasser gereinigt werden. Die Glasfläche vor dem Laser wird hingegen mit einem Wattestäbchen und etwas Isopropanol gereinigt. Der Riementrieb am Tisch sollte je nach Häufigkeit der Nutzung auch auf Leichtgängigkeit kontrolliert werden.

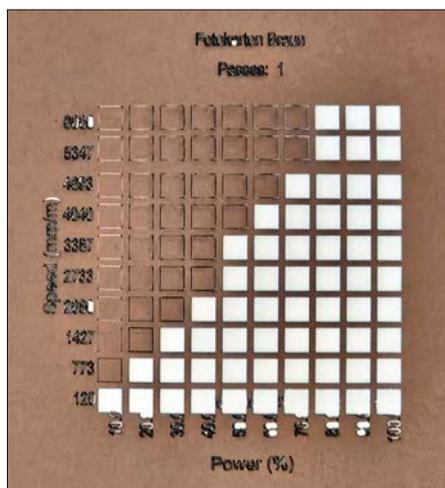
Wer seine ersten Projekte realisiert hat und fleißig weiter konstruiert, wird mit der Zeit den Wunsch nach einem „Upgrade“ haben. Da die Geräte wie ein Baukasten aufgebaut sind, lassen sie sich beliebig erweitern. So kann der Laser selbst durch ein Bauteil mit mehr Leistung ersetzt werden. Ebenfalls kann der Arbeitsbereich durch Erweiterung des Gestells vergrößert werden. Gerade bei den günstigen Einstieglasern ist hier aber auf den Kosten-Nutzen-Faktor zu achten. Teils ist ein Komplettpaket mit einem starken Laser günstiger als bei einem Einzelkauf. In der nächsten Stufe mit 10 oder 20 Watt Leistung ist der Arbeitsbereich nicht unbedingt größer, aber man kann mit höheren Geschwindigkeiten fahren und hat meist auch eine Belüftung am Laser.

Rauchzeichen

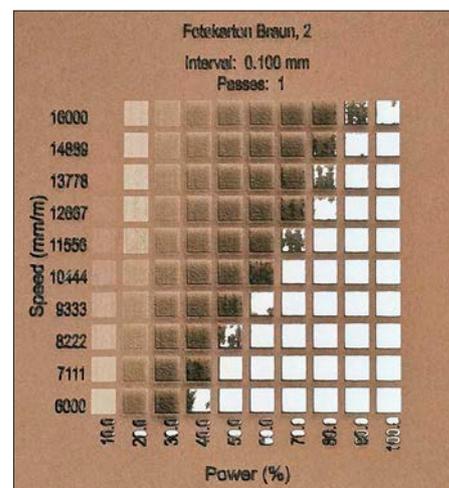
Nicht zu unterschätzen ist der beim Gravieren und vor allem beim Schneiden entstehende Rauch und Feinstaub. Selbst bei geschlossenen Geräten kann der über die offene Unterseite austretende Staub schon ziemlich störend und auch gesundheitsgefährdend sein. Es empfiehlt sich, auf gute Belüftung zu achten, eine Schutzmaske zu tragen und/oder einen Luftfilter anzuschließen.

Hierzu gibt es Spezialgeräte für den direkten Anschluss an den Laser mittels biegsamem Schlauch oder Raumluftreiniger (wie z.B. für Schreinereien o.Ä.). Die Luftverunreinigung tritt übrigens umso stärker auf, je dicker und fester das Material ist (beispielsweise Sperrholz oder Finnplatte) und je langsamer der Laser dann läuft.

Markus Meier, Horst Meier



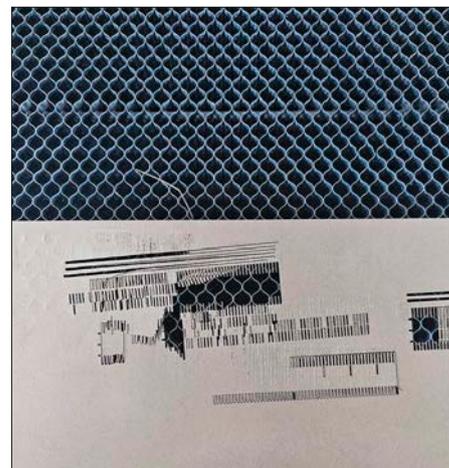
Die Materialtestdatei zeigt bei einem „Hochgeschwindigkeitslaser“ die verschiedenen Schneidergebnisse bei unterschiedlicher Geschwindigkeit (bis 6000 mm/m) und Stärke.



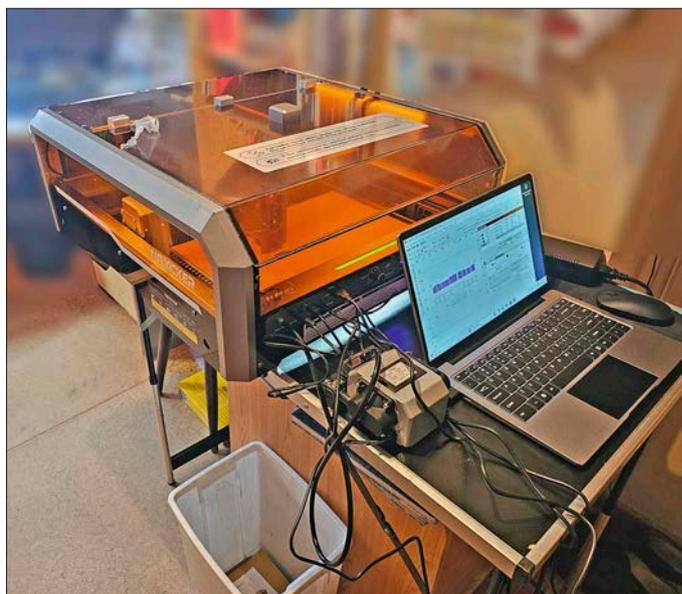
Ebenso unterschiedlich sind die Gravierergebnisse im Bereich von 6000 bis 16000. Sie reichen von kaum sichtbar über sehr hell bis fast verbrannt und dann doch durchgelasert.



Der Abstandshalter des Lasers (sofern vorhanden) darf nicht auf dem Schneidmaterial aufsitzen, sondern sollte eine Papierstärke Abstand haben, sonst kann er mitunter das Papier verschieben, was – wie im rechten Bild zu sehen ist – zu unbrauchbaren Ergebnissen führt. Mit den Honeycomb-Pins, den Wabenlaserbett-Befestigungen, kann man dies noch weiter minimieren. Man kann das Justierteil aber nach dem Einrichten auch wegdehnen.



Der vergleichsweise große „Woxcker L 8 Plus“ ist ein 20-Watt-Diodenlaser mit Haube, Absaugungen und Luftunterstützung. Auch eine ansteuerbare Kamera ist dabei. Komfortabel sind die unterschiedlichen Geschwindigkeitsstufen, mit denen die Schneid- oder Graviervorgänge sehr feinfühlig angesteuert und ausgeführt werden können.



Das aus dem Weschnitztal-Überwald-Projekt (WÜP) bekannte Empfangsgebäude von Mörlenbach wurde am PC konstruiert und mit dem Laser aus Pappe und Karton geschnitten. Das Ergebnis kann sich sehen lassen!



Konstruieren für den Lasercut

Viele Wege führen nach Rom

Zur Erstellung der Daten für den eigenen Laser gibt es mehrere Wege. Diese sind teils abhängig von den eigenen Ansprüchen sowie der Komplexität des geplanten Bauwerks. Eine Übersicht über verschiedene Herangehensweisen sowie ein paar Erfahrungswerte für die Versteifung der Gebäude usw. liefern Horst und Markus Meier.

Was braucht unser Laser am Ende, damit wir aus einem Bogen Papier einzelne Bauteile ausschneiden können? Eigentlich nur eine Konstruktionszeichnung, deren Ergebnis ein paar farbige Linien in der richtigen Länge sein müssen, denn darauf reagiert die Software, die das Schneide- und Graviergerät ansteuert. Klingt einfach und ist es letztendlich auch. Denn das Programm, welches den Laser mit Angaben „führt“, kann relativ viele Daten und Formate und damit auch verschiedene Quellen verarbeiten. Angefangen von PDFs über Vektorgrafiken bis hin zu 2D-CAD-Zeichnungen ist vieles möglich, es braucht also nicht unbedingt eine neue, teure Software.

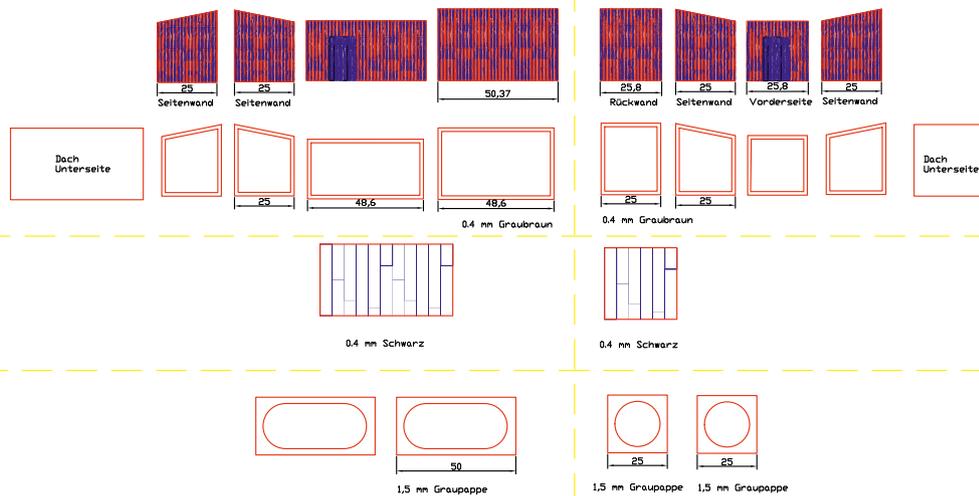
In einem einfachen Zeichenprogramm können einfache Projekte direkt gezeichnet werden. Zum Beispiel ein Gebäude mit vier Wänden, ein paar Fenstern und einer Tür ist schnell gezeichnet und bedarf keines großen räumlichen Denkens. Selbst wer die Wände verzahnen möchte, sieht auf der Zeichnung fast sofort, ob die einzelnen Elemente ineinander greifen.

Zunächst hat man vielleicht ein Foto, eine Zeichnung oder einfach nur eine Vorstellung, wie das geplante Projekt aussehen soll. Vielleicht erstellt man sich auch eine einfache Handskizze, mit ein paar Bleistiftstrichen ohne Maße hingekritzelt. Wer ein bisschen zeichnerische Fähigkeiten hat, bekommt mitunter so-

gar eine perspektivische Ansicht hin. Nun gilt es, das Gesamtkonstrukt in seine Einzelteile zu zerlegen – quasi, wie wenn man bei einem Gebäude alle Wände nach außen fallen ließe.

Mit Lineal und Bleistift könnten nun feinere und präzisere Planungen entstehen, aber im Zeitalter des Computers macht man sich besser mit einem Zeichenprogramm oder noch besser mit einem Konstruktionsprogramm ans Werk, zumal ja der Laser bei seiner späteren Arbeit auch unbedingt digitale Daten braucht. Hierbei ist es von Vorteil, dass man zumeist auch genaue Maße (in Millimetern) angeben kann und auch die benötigte Farbgebung gleich mit definieren kann.

Gr. Bretterverschlag, Höhe 25/30 mm | Kl. Bretterverschlag, Höhe 25/30 mm



Mit einem einfachen 3D-Konstruktionsprogramm, wie ProgeCAD, lassen sich Zeichnungen erstellen, die die Grundlage für das Lasern bilden. Genutzt wurde hier das Programm im 2D-Modus für verschiedene technische Zeichnungen und Gleispläne. Dabei sind die Gebäudeelemente farbig abgesetzt, wobei rot für Schneiden und blau für Gravieren steht.

Digitale Daten

Auch ein Umrechnungsprogramm der Vorbildmaße hilft weiter und statt auf dem Taschenrechner Maße einzugeben, kann man bei vielen Maßumrechnern im Netz einfach diese Werte eingeben und erhält gleich alle Modellmaße in allen möglichen Nenngrößen angezeigt.

Erste Striche führen zu einem bzw. mehreren Rechtecken, man fügt Fenster und Türen ein, denkt an Treppenstufen, Fensterbänke und Geschosshöhen. Egal womit man seine technische Zeichnung nun entworfen hat, das Ganze nimmt Gestalt an. Zwischendrin vergleicht man die Längen, die horizontale oder vertikale Ausrichtung und schreitet allmählich fort.

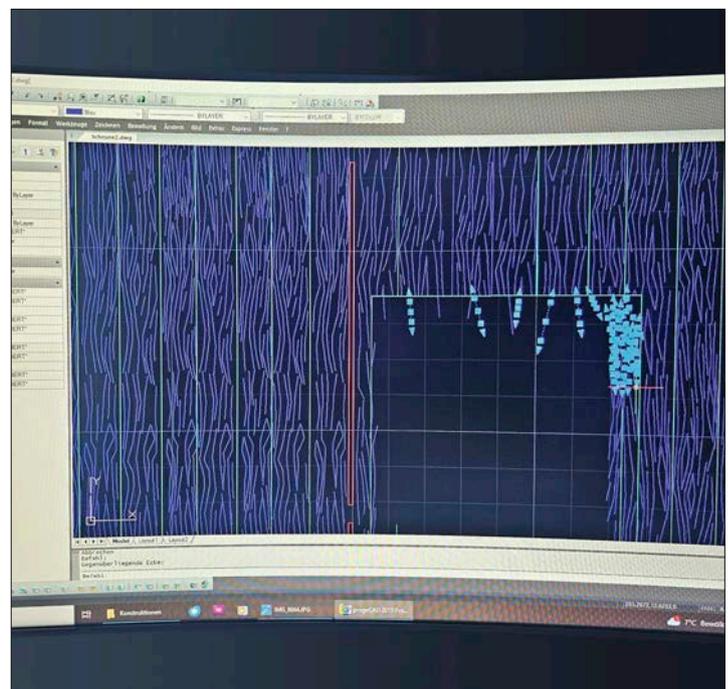
Unbedingt sollte man auf absolut plane Linien achten, in manchen Programmen helfen einem Einrastpunkte, womit man gleiche Abmessungen erhält, aber hier lauern auch schon die ersten Fallen, denn gerne lässt die „magnetische“ Funktion – je nach vorgewählter Einstellung – auch mal irgendwo anders, kurz davor oder kurz daneben andocken. Also unbedingt immer wieder die Ansicht vergrößern und überprüfen!

Weiter geht es mit hinzugefügten Verzapfungen und deren Passöffnungen im Gegenpart. Auch hier immer wieder nachmessen und kontrollieren! Eine wichtige Funktion beim Zeichnen ist einerseits die Gruppierungsmöglichkeit einzelner Elemente, in anderen Programmen mit „Einfügen als Block“ bezeichnet. Hiermit kann man eine Gruppe von Objekten, z.B. Fenster, mit einem Klick anfassen und verschieben.



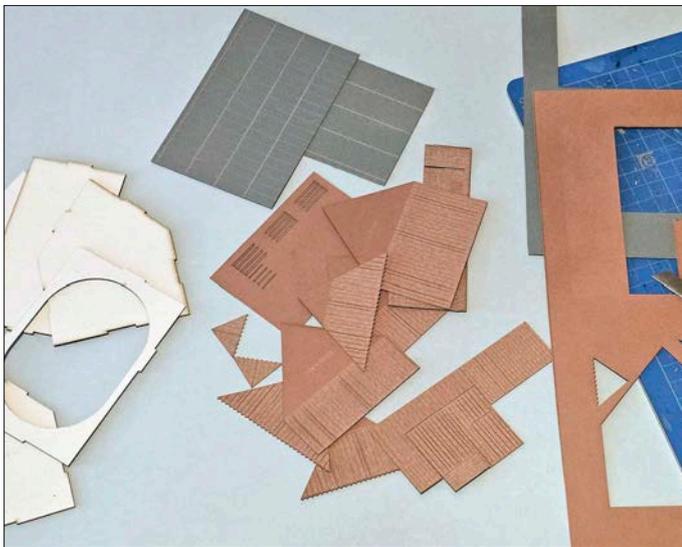
Man kann die Konstruktionszeichnungen aber auch mit einem einfachen Zeichenprogramm wie Paint oder dem etwas anspruchsvolleren CorelDraw erstellen. Man muss nur gerade Linien zeichnen, Überschneidungen entfernen und Linien einfärben können. Hier wurden alle Elemente erst einmal gezeichnet (schwarz) und dann für den Laser umgefärbt: rot für Schneiden, blau und türkis für unterschiedliche Gravuren.

Beim Konstruieren (hier im Programm ProgeCAD) ist es hilfreich, überschüssige Linien, die in freibleibenden Bereichen hineinragen, mit einer Sammelmarkierung erfassen und auf einmal löschen zu können. Auch der Befehl „Rückgängig“ wird oft gebraucht, weil man doch im Eifer des Gefechtes mehr als einmal etwas zu viel löscht.





Diese Scheune aus dem Spessart hat einen großen Stauraum zum Unterstellen von Traktoren bzw. zum Einfahren der Ernte sowie einen fest vermauerten Teil, der Kleintierställe, Werkstatträume oder Ähnliches umfasst. Das Dach bildet eine Zinkblecheindeckung nach, die schon stärker verrostet ist. Die Hütte ist eine von drei Scheunen von www.homerau.de und hat die Best.-Nr. 13102.



Die ausgelaserten Teile, bereits an den Haltestützen mit dem scharfen Bastelmesser abgetrennt, harren nun ihrer weiteren Verarbeitung. Zunächst wird dabei die Grundkonstruktion als formgebender Korpus zusammengeklebt. Auf diesen Korpus werden dann die jeweiligen Außenlagen geklebt. Diese sind bereits in den passenden Kartonsfarben angelegt.

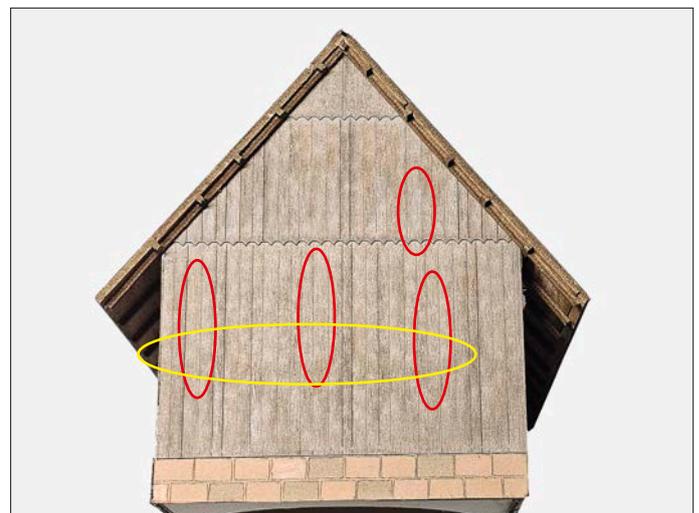
Da bin ich aber stutzig

Ein anderes wichtiges Instrument ist die Stutz- oder Kürzen-Funktion, besonders, wenn man ganze Ansammlungen von Linien, Kreisen oder Hilfspunkten auf einmal löschen kann. Gerade, wenn man Strukturen miteinbezieht und dann wegen eines Fensters o.Ä. einen neuen Bereich wieder leeren will, ist dies sehr hilfreich.

Diese 2D-Zeichnungen tragen eine nicht zu unterschätzende Tücke in sich. Selbst bei allergrößter Konzentration übersieht man immer mal wieder die Materialstärken, und seien es nur die 0,4 mm des noch auf die Grundpappe zu klebenden Deckkartons.

In der Konstruktionszeichnung sieht man die roten Schneidelinien, die türkisfarbenen, tieferen Gravurlinien, die blaue Holzstruktur und (gelb umrandet) die Lücken, die als Haltestützen fungieren.

Beim fertig zusammengeklebten Gebäude werden die Fehler in der Gravur deutlich: hier rot umrandet die doppelten Gravurlinien, gelb umrandet die zu dicht gewordene Holzstruktur.



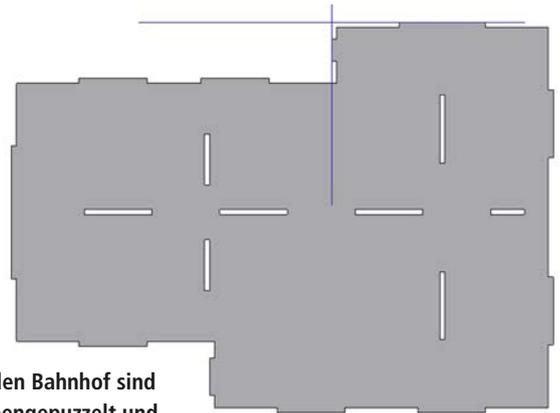
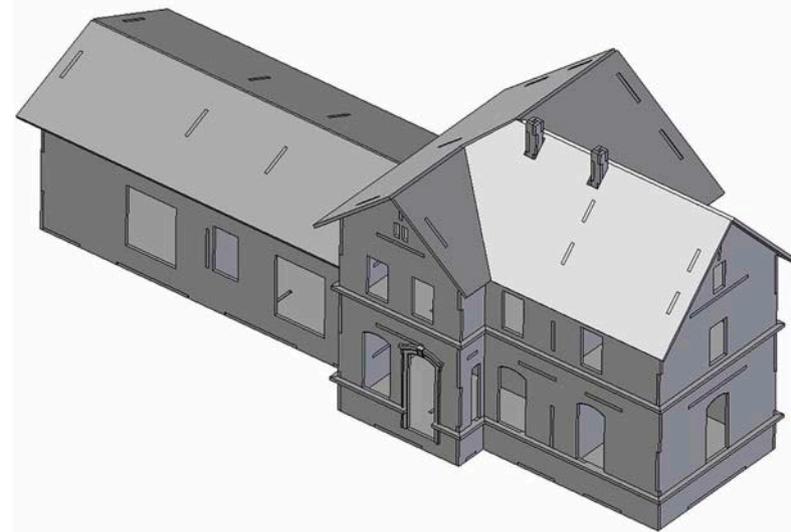
Komplexe Bauten

Wie aber konstruiert man Gebäude, die relativ komplex oder verwinkelt sind, weil sie Anbauten, verschiedene Dachschrägen oder Verschachtelungen haben? Markus geht hier den Weg der ersten „optischen“ Kontrolle. Da man in dem Zeichenprogramm selten alle Teile passend nebeneinander sieht und man in der Vorstellung gerne mal die Materialstärke vergisst, puzzelt er sein Gebäude schon vorher am PC in einer 3D-Ansicht zusammen. Hierzu nutzt er ein 3D-CAD-Programm in welchem sich jedes Bauteil als 3D-Modell konstruieren lässt.

Wichtig ist an dieser Stelle, dass man die erforderliche Materialstärke kennt und sie in dieser Art der Konstruktion berücksichtigt. Im Beispiel des Bahnhofsmörlenbach sind alle Wände und Bodenplatten als einzelnes 3D-Bauteil entstanden. Diese Bauteile konnten dann im Konstruktionsprogramm in einer Zu-



Die Scheune nach dem Vorbild in Semd/Hessen (www.homerau.de, Best.-Nr. 13101) ist ebenfalls eine echte Selbstkonstruktion. Der Grundkorpus besteht aus 1,5 mm starker Finnplatte, die Decklagen sind vier verschiedene Fotokartons in der Materialstärke 0,4 mm. Es gab nur wenige farbliche Anpassungen zu berücksichtigen. Die beiden durchbrochenen Anbauten gehören im Modell genauso dazu wie beim Vorbild.

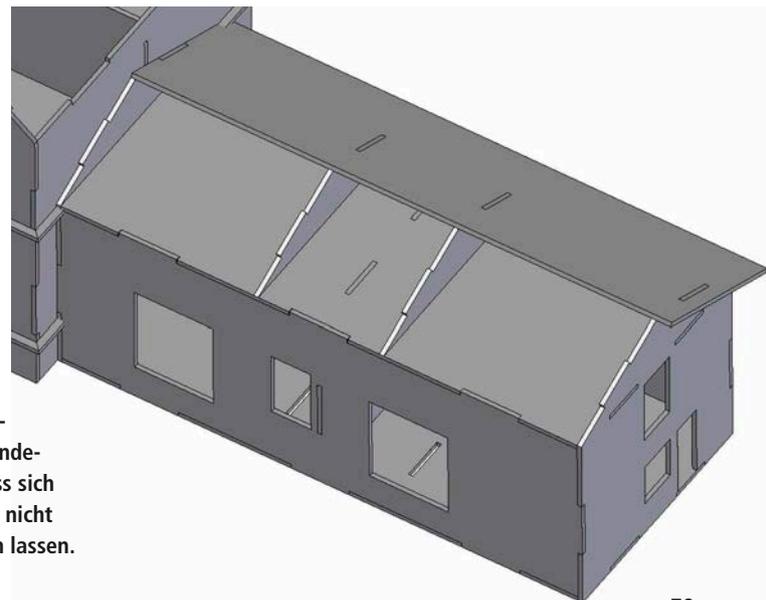


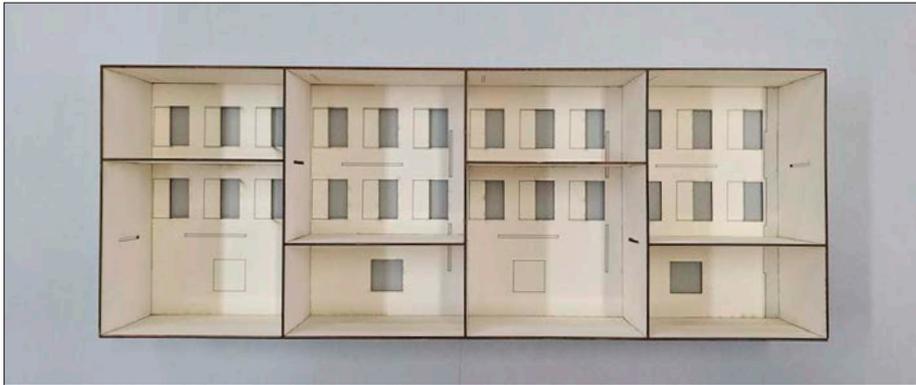
Alle Teile für den Bahnhof sind fertig zusammengepuzzelt und passen. In der Draufsicht erkennt man, wie die Zeichnung jedes einzelnen Bauteils später aussieht, die dritte Ebene, in unserem Fall die Materialstärke, spielt hier keine Rolle mehr. Einzelne Bauteile lassen sich ausblenden, um die Passgenauigkeit der darunterliegenden Teile zu prüfen.

sammenbauzeichnung mit verschiedenen Beziehungen verknüpft werden, sodass sie sich später zusammenfügen ließen. Mögliche Fehler in der Verzahnung oder Größe sind dann sofort sichtbar. Je weiter das virtuelle Gebäude fortschreitet, desto mehr wächst auch der erste Eindruck ob die gewählten Größen für das Gebäude stimmig erscheinen.

Sind alle Bauteile fehlerfrei, kann es an den nächsten Schritt gehen. Von jedem Bauteil alleine wird von der Frontansicht aus eine 2D-Zeichnung im Maßstab 1:1 erstellt und gespeichert. Diese 2D-Zeichnungen aller Bauteile lassen sich in einer Datei sammeln und anschließend via Steuerprogramm, z.B. LightBurn an den Laser schicken.

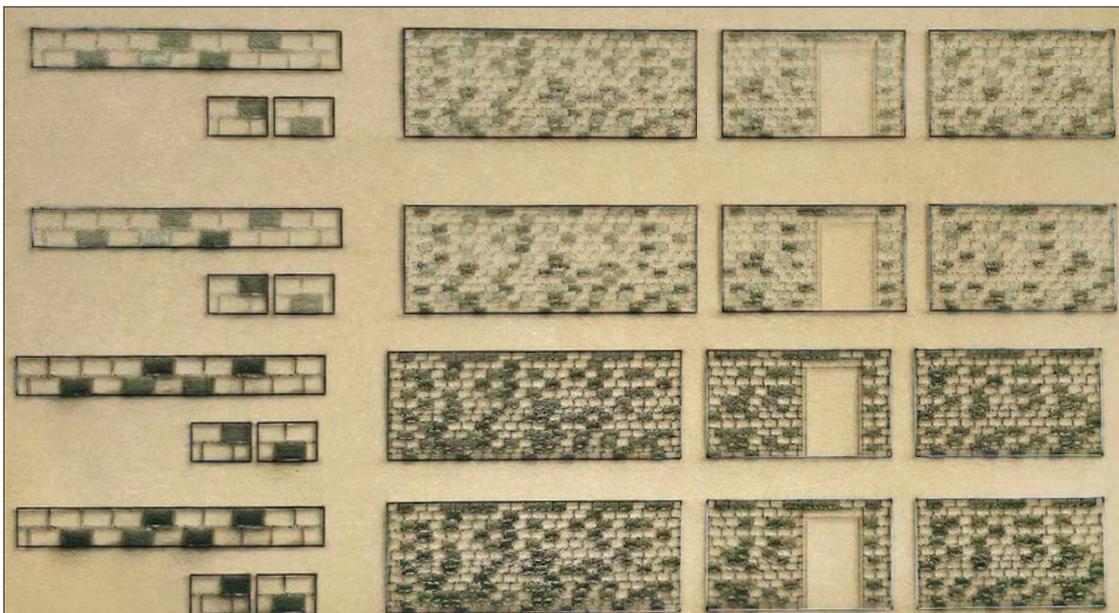
Hier wurde ein echtes 3D-Konstruktionsprogramm, das mit seinen 3D-Funktionen die Überprüfung der Passgenauigkeit der Teile miteinander ermöglicht, genutzt. Nur so ist garantiert, dass alle Teile zueinanderpassen und es keine Lücken gibt. Gerne übersieht man nämlich beim Konstruieren die eine oder andere Materialstärke, sodass sich die fertigen Teile später nicht korrekt zusammenfügen lassen.



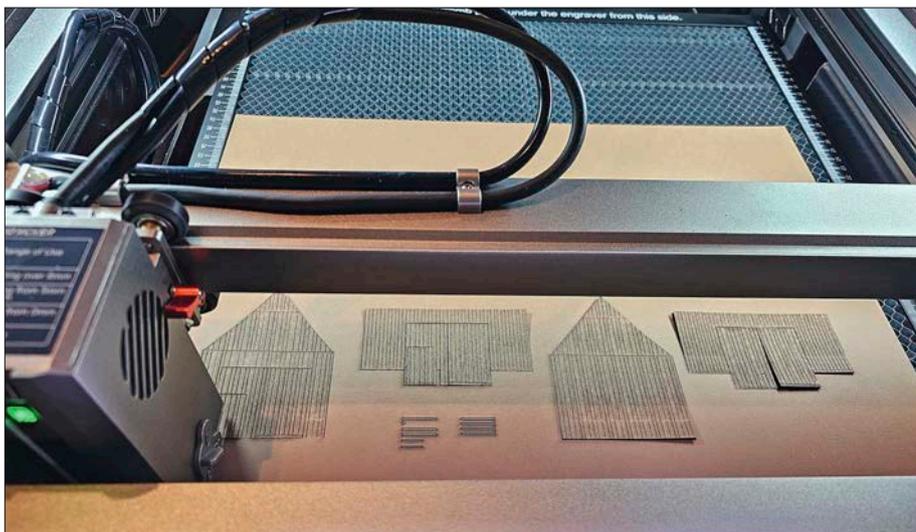


Versteifungen, wie hier bei einem Fabrikbau (Halbreliefgebäude) sind unbedingt notwendig, da die Pappe zum Durchbiegen neigt. Zudem ließen sich so passende Innengestaltungen oder Beleuchtungen installieren. (Die zusätzlichen Linien stammen von vorherigen Graviersuchen.)

Unterschiedliche Geschwindigkeiten und Stärkeeinstellungen des Lasers führen zu stark abweichenden Ergebnissen. Je langsamer und je intensiver der Laser graviert, umso stärker kommen Verbrennungsrückstände und Rußspuren auf die Bauteile.



Hat man keine oder zu wenige Haltebrücken eingeplant, kann es passieren, dass die ausgeschnittenen Teile hochstehen und den Laser beim Verfahren behindern.



Alle Linien, alle Farben

Steht die Zeichnung, gilt es, sie mit denen vom Laser geforderten Farben zu versehen. Neben dem grundlegenden Rot für die Funktion Schneiden (Cut-Funktion), kommen dann alle möglichen (Blau) Töne zum Gravieren (Engrave-Funktion) zum Einsatz. Man kann so unterschiedlich tiefe oder flächige Gravuren entstehen lassen.

Ziegel oder Holzmaserungen graviert man, Fensteröffnungen schneidet man aus. Oberflächenstrukturen lassen sich recht einfach mit Copy/Paste erstellen und schnell hat man seine Steinreihe vermeintlich erstellt. Doch fügt man nur Rechtecke zusammen, so überdecken sich manche Linien, was zu Ansichtsfehlern führt, denn das Laserprogramm erkennt immer alle Linien und alle Farben, egal wie viele übereinander liegen. Also muss man Ziegelmauerwerk z.B. nicht aus Rechtecken, sondern aus lauter Ls entstehen lassen.

Im Falle der Scheune lagen in manchen Bereichen die Bretterabgrenzungen doppelt und dreifach übereinander. Erst nach dem Auslasern fiel dies auf, weil einige der Linien ausgeprägter waren. Noch auf dem Bildschirm waren die übereinanderliegenden Linien nicht erkennbar.

Ebenso tückisch waren die Holzmaserungen. Man muss bei solchen Strukturen Dichte und Abstand zueinander in ein gutes Verhältnis zum gewählten Maßstab setzen. Beim willkürlichen Aneinandersetzen können ganz schnell zu dichte Materialanhäufungen entstehen, die beim gelaserten Modell ins Auge fallen. Hier muss dann mitunter nachgearbeitet werden.

Bei der Konstruktion sollte man auch auf ausreichende Sollbruchkanten achten. Das heißt, dass die ein Objekt umlaufende rote Linie mehrere Male unterbrochen ist, was ein Herausfallen aus dem Rahmen verhindert. Ansonsten stehen gerne bereits ausgeschnittene Teile hoch und behindern womöglich den noch hin und her fahrenden Laser.



Zwischenwände

Bei größeren Bauwerken oder komplex angeordneten Gebäuden sind mitunter mehrere Versteifungen nötig. Manchmal kommt diese Erkenntnis auch erst, wenn der erste Prototyp steht. Doch auch nachträgliche Versteifungen lassen sich einarbeiten. Im einfachsten Fall muss eine bestehende Versteifungswand einfach nur nochmal auf den Bogen kopiert und deren Zapfenlöcher in die anderen Wände eingearbeitet werden.

Doch nicht nur die geringe Eigensteifigkeit des Materials zwingt zu zusätzlichen Versteifungen, auch das Bekleben und Anmalen von Teilen führt zu einem Verziehen, wenn nicht ausreichend Steifigkeit vorhanden ist. Gleiches gilt für Luftfeuchtigkeit und Hitze, deren Einfluss nicht unterschätzt werden darf. Hier haben Pappe und Karton als Material, das leicht Feuchtigkeit aufnehmen kann, leider gegenüber Kunststoff einen großen Nachteil.

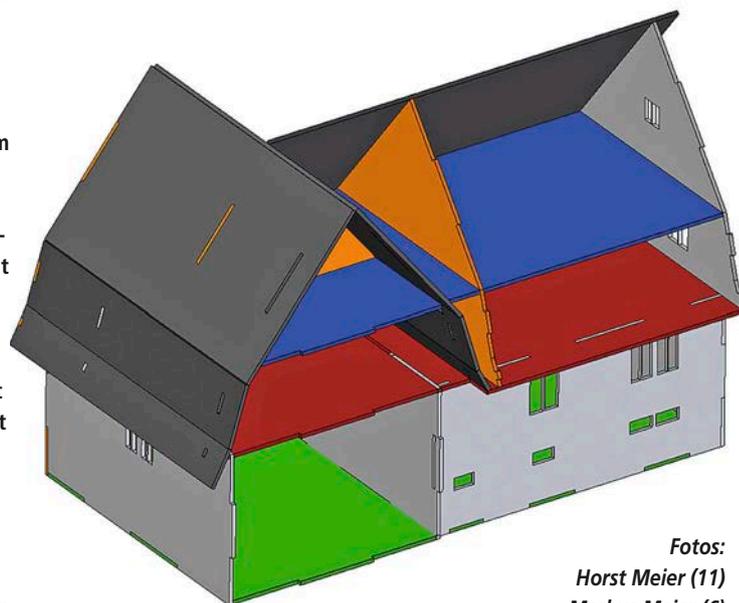
Als weitere Tipps darf man den Ratsschlag geben, nicht zu sehr auf die optimale Ausnutzung der Papierbögen zu achten. Reizt man die Grenzen zu sehr aus, fährt der Laser am Rand möglicherweise auf, ruckt, zuckt und hat anschließend eine verschobene Position. Da er nicht kontinuierlich von links nach rechts arbeitet, kann dann der ganze Schnitt unbrauchbar werden. Angesichts des günstigen Materialpreises ist das vernachlässigbar, aber die verlorene Zeit für den Laserschnitt muss ja nicht sein. Hilfreich ist es deshalb, die Größe der Arbeitsfläche bereits in der Zeichnung zu berücksichtigen.

Horst Meier, Markus Meier

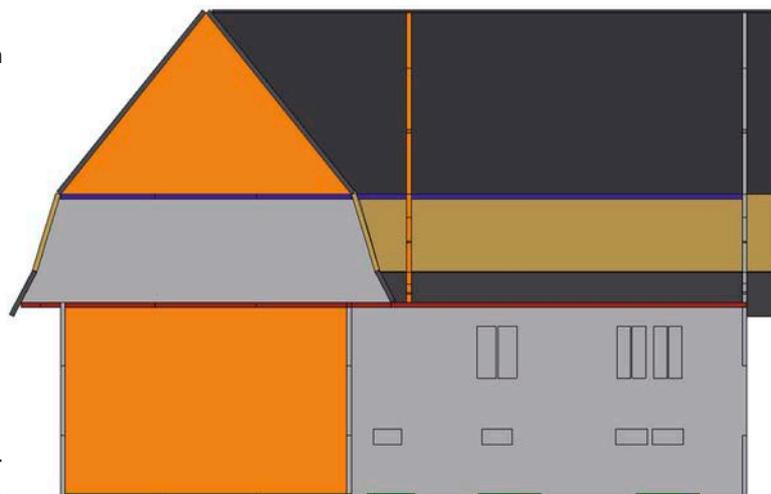
Die Stuhlfabrik in Weinheim konnte trotz ihrer Größe gut per Lasercut umgesetzt werden. Dank ausreichender Versteifungen drückt sich das lange Dach an keiner Stelle durch. Auch das ebenso lange Vordach wird durch die Unterkonstruktion an mehreren Stellen gehalten. Das Materiallager der Fabrik auf der linken Seite wurde ebenfalls per Lasercut gefertigt. Bei einem offenen Gebäude muss zwangsläufig auch eine Verkleidung auf die Innenseite.

Komplexe Gebäude benötigen mehrere Zwischenebenen sowie Versteifungen. Im gezeigten Beispiel sind diese farblich dargestellt. Eine weitere Steifigkeit erhält man durch die Zapfenverbindung der einzelnen Bauteile. Das Dach kann somit auf der Schräge nicht mehr rutschen, denn es wird bereits an den orangefarbenen Zapfen gehalten.

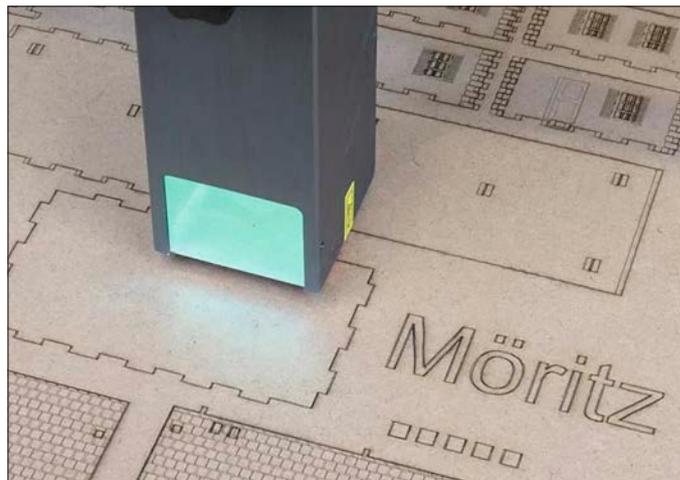
Das oben gezeigte Arbeiterhaus ist hier in der Frontansicht zu sehen. Die verschiedenen Winkel der einzelnen Dachpartien konnten wunderbar umgesetzt werden, solange man auf die jeweiligen Überhänge achtet. Insgesamt besteht jede Dachseite aus drei Teilen, farblich schwarz, gold und schwarz dargestellt. Abgeschlossen wird das Dach später mit einem Bogen Dachziegel.



Fotos:
Horst Meier (11)
Markus Meier (6)



Wer sich individuelle Bauwerke oder Modellgebäude nach konkretem Vorbild auf seine Modellbahn holen möchte, kann zwischen verschiedenen Bauweisen und Werkstoffen wählen. Gerade dann, wenn es um reproduzierbare Einzelstücke oder kleine Stückzahlen geht, haben Modelle in Lasercutbauweise die Nase vorn. Der Einsatz von Laserschneidgeräten ist heutzutage dabei nicht nur auf den Profianwender beschränkt. Wie sich eigene Entwürfe in Verbindung mit einem Laserschneider im Modell umsetzen lassen, stellt Maik Möritz in diesem Artikel vor.



Lasercutgebäude für die Modelleisenbahn nach eigenen Entwürfen

Zeichnen – schneiden – bauen

Welcher Modelleisenbahner möchte sich nicht gerne das eine oder andere besondere Gebäude aus seiner persönlichen Umgebung oder gar das eigene Wohnhaus auf die Modellbahn holen? Was vor einiger Zeit noch undenkbar oder zumindest mit einem erheblichen Aufwand verbunden war, rückt mit der aktuellen Entwicklung von bezahlbaren Gravier- und Laserschneidgeräten in greifbare Nähe.

Kleinere Laserschneider für den Hobbyanwender sind heutzutage schon für den Preis einer guten Digitallokomotive erhältlich und eröffnen dem Modellbahner eine Vielzahl neuer Möglichkeiten. Die Geräte liefern dabei präzise und hochwertige Lasercutergebnisse und lassen damit – gewusst wie und mit ein wenig Erfahrung – den Traum vom eigenen Wunschgebäude auf der Modellbahn Wirklichkeit werden.

Sicherheit hat immer Vorrang!

Bei aller Begeisterung für die Lasercuttechnologie darf die Sicherheit selbstverständlich niemals zu kurz kommen! Gerade bei offenen Geräten besteht immer die Gefahr von Augenschäden beim versehentlichen Blick in den Laserstrahl. Eine geeignete Schutzbrille ist daher stets Pflicht. Noch besser ist es, sich für ein Gerät in einem geschlossenen Gehäuse zu entscheiden oder sich ein eigenes spezielles Gehäuse mit Abluftmöglichkeit selbst anzufertigen.

Da mit dem Betrieb eines Laserschneiders auch eine gewisse Brandgefahr verbunden ist, sollte dies bei der Materialauswahl zum Bau eines Gehäuses selbstverständlich berücksichtigt oder am besten gleich auf ein fix und fertiges Gehäuse zurückgegriffen werden. Je nach Gerätegröße sind passende Schutzgehäuse schon zu Preisen von deutlich unter € 100,- erhältlich. Dass ein Laserschneider nur unter Aufsicht betrieben und Kinder während des Betriebs keinen Zutritt haben sollten, versteht sich von selbst.

Nicht zuletzt aufgrund der entstehenden Rauch- und Geruchsentwicklung betreibe ich meinen Laserschneider in der Regel übrigens nicht in der Wohnung, sondern lieber hinter geschlossenen Türen im gut temperierten und mit einer separaten Abluftöffnung versehenen Gartenhaus. Für den Rauchabzug sorgt ein Abluftschlauch mit einem kleinen Ventilator aus dem Sanitärzubehör.



Bei aller Begeisterung muss die Sicherheit stets die höchste Priorität haben. Beim Umgang mit einem Laser ist eine geeignete Schutzbrille Pflicht! Noch besser ist es, wenn die Geräte in einem geschlossenen und feuerfesten Gehäuse mit einem integrierten Luftabzug untergebracht sind.

Erste Modelle für den einfachen Einstieg aus dem Internet

Nicht jedes Vorbild eignet sich zum Einstieg in die Lasercutwelt. Gerade der Einsteiger sollte sich zunächst an einfachen Gebäuden versuchen und sich nach und nach mit zunehmender Erfahrung steigern. Für den Einstieg kann es durchaus sinnvoll sein, auf fix und fertige Konstruktionsdaten aus dem Internet zurückzugreifen, wie sie beispielsweise auf der Internethörse Etsy (<https://www.etsy.com>) für kleines Geld angeboten werden.

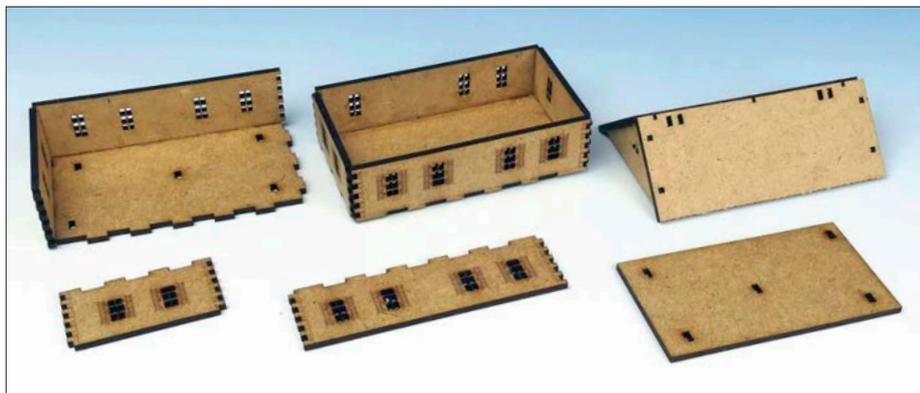
Wie ich aus eigener Erfahrung weiß, wird der zeitliche Aufwand bei der Konstruktion eines Gebäudes in Lasercutbauweise schnell unterschätzt. Wer für die ersten Modelle auf fertige Daten zurückgreift, kann sich von Anfang an auf die Bearbeitung mit dem Laserschneider und den Zusammenbau konzentrieren. Außerdem lässt sich auf diese Weise ganz nebenbei eine Menge hinsichtlich der Grundstruktur und der möglichen Konstruktionsprinzipien lernen. Die Auswahl an geeigneten Modellen ist dabei groß und nicht selten können die heruntergeladenen Dateien mit einer geeigneten PC-Software weiter bearbeitet und verfeinert werden.

Vektorgrafiken als Basis und die passende Steuerungssoftware

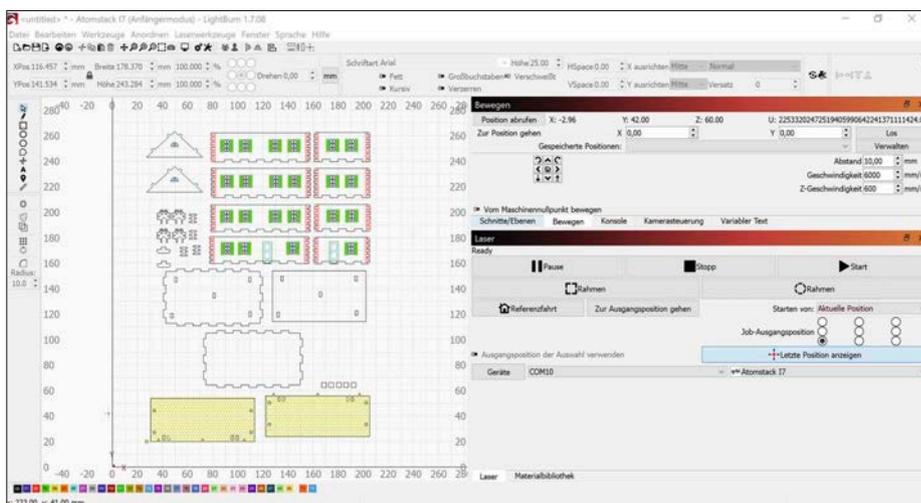
Gearbeitet wird beim präzisen Schneiden und Gravieren in den meisten Fällen mit einer Vektorgrafik bzw. einer SVG-Datei (Scalable Vector Graphics). Der große Vorteil von SVG-Dateien besteht darin, dass diese ohne Qualitätsverlust vergrößert oder verkleinert werden können und von einer Vielzahl an professionellen und semiprofessionellen CAD- und Zeichenprogrammen unterstützt werden.

Um eine bestehende Vektorgrafik mit dem Laserschneider oder Lasergravierer abarbeiten zu können, muss diese zunächst in einen geeigneten Maschinencode übersetzt werden. Diese Aufgabe übernimmt eine spezielle Steuerungssoftware, wie z.B. die kostenlos nutzbare OpenSource-Software LaserGRBL (<https://lasergrbl.com>).

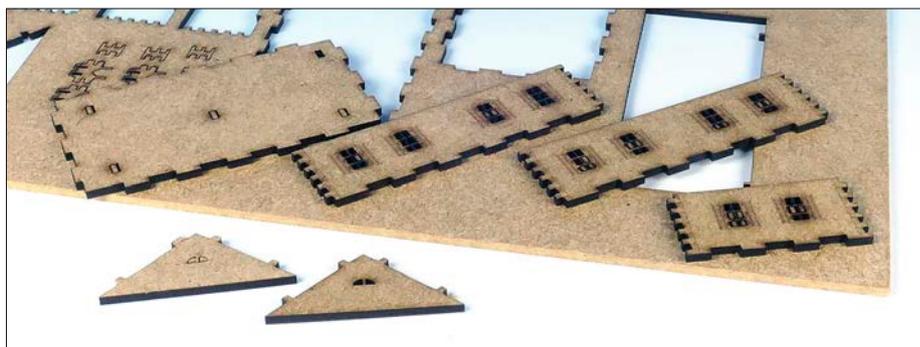
Weit verbreitet und im Hobbysegment überaus beliebt ist auch die Software LightBurn (<https://lightburnsoftware.com>). LightBurn schlägt mit einmaligen Kosten ab ca. € 100,- zu Buche und ist



Für die ersten Gehversuche mit dem Laserschneider sollten einfache Modelle ausgewählt werden. Fix und fertige Konstruktionsdaten werden auch für kleines Geld im Internet angeboten, wie hier am Beispiel eines einfachen Wohnhauses von der Internethörse Etsy zu sehen ist.



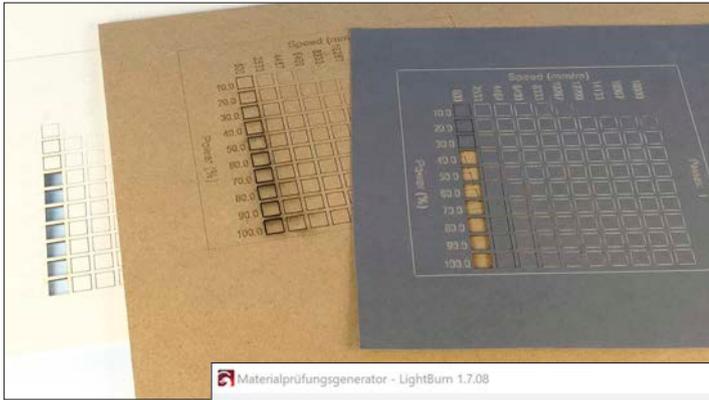
Die fertigen Konstruktionsdaten werden in der separaten Steuerungssoftware (hier LightBurn) geöffnet und dann in den passenden Maschinen-Code für den Laserschneider umgewandelt. Die PC-Software ist für die Steuerung des gesamten Schneide- und Graviervorgangs zuständig.



Mit den richtigen Einstellungen in der PC-Software gelingen mit dem Laserschneider schon nach kurzer Zeit die ersten Erfolge. Besonders wichtig für ein gutes Schnittergebnis ist das Zusammenspiel zwischen der Laserleistung und der Geschwindigkeit beim Abfahren der Schnittkanten.

mit den meisten marktgängigen Laserschneidern und Graviermaschinen kompatibel. Wer sich bei der Programmauswahl unsicher ist, kann die LightBurn-Software vor einem möglichen Kauf einen Monat lang kostenlos und unverbindlich testen und dabei natürlich auch gleich die Kompatibilität zu seinem jeweiligen Endgerät überprüfen.

Soweit die Bauart und die Hardware des eigenen Gerätes es erlauben und unterstützen, lassen sich über die Steuerungssoftware selbstverständlich auch alle wichtigen technischen Einstellungen, wie z.B. die Geschwindigkeit des Schneidvorgangs und die Leistung des Laserstrahls, für alle einzeln abzuarbeitenden Ebenen vornehmen.



Nicht jedes Material lässt sich gleichermaßen gut mit dem Laser schneiden oder gravieren. Holz, Pappe und Papier gehören zu den beliebtesten Werkstoffen beim Bau von Laser-cutmodellen.

Die richtige Materialauswahl

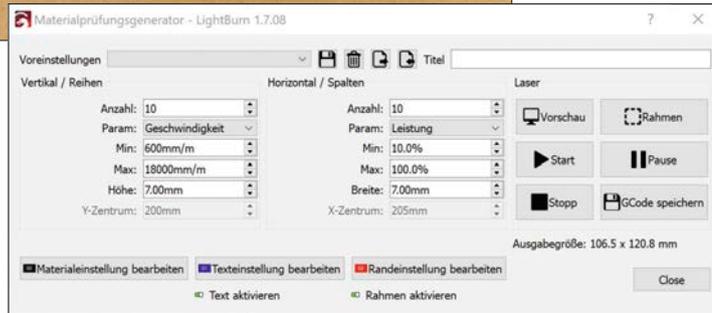
Selbstverständlich eignen sich nicht alle Materialien gleichermaßen gut zum Gravieren und Schneiden mit dem Laser. Manche Werkstoffe wie z.B. chlorhaltige Kunststoffe (PVC etc.) erzeugen beim Lasern sogar hochgiftige Gase und sind für den Betrieb mit dem Laserschneider tabu. Aber auch andere Kunststoffe sind mit Vorsicht zu genießen und gehören meiner Meinung nach nicht unter einen Laserschneider oder Lasergravierer. Aber auch ohne den Einsatz von Kunststoffen ist die Materialauswahl noch immer riesig und es will gut überlegt sein, welches Material beim Bau eines Laser-cutmodells infrage kommt bzw. welche Werkstoffe für welche Anwendungen am besten geeignet sind.

Ohne Zweifel gehören Holz, Pappe und Papier zu den wichtigsten Werkstoffen beim Bau eines Gebäudes in Laser-cutbauweise. Für Bodenplatten, Zwischen- und Seitenwände sowie notwendige Versteifungen haben sich mitteldichte Faserplatten (MDF) bewährt. Diese sind in verschiedenen Materialstärken ab 1 mm erhältlich und lassen sich sehr gut mit dem Laser schneiden. Wer nicht auf die teuren Platten aus speziellen Geschäften des Architekturmodellbaus zurückgreifen möchte, findet MDF-Platten in 3 mm Stärke auch wesentlich preiswerter im Baustoffhandel oder Baumarkt. Diese sind zum Aufbau der tragenden Grundkonstruktionen in meinen Augen ideal.

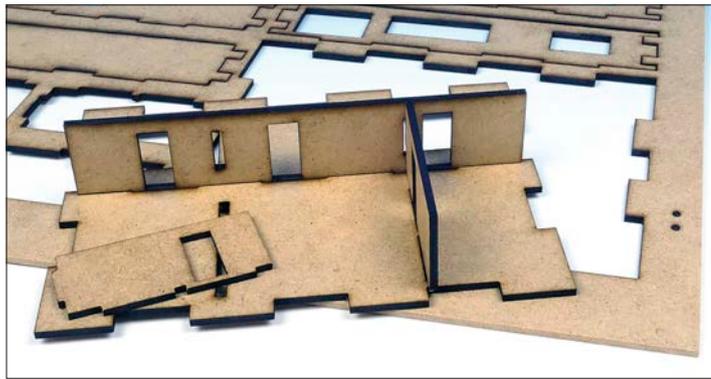
Ebenfalls gut geeignet für die Grundkonstruktion ist ungefärbte Finn-pappe. Diese ist im ausgewählten Fachhandel für Architekturmodellbau in Stärken von 1 mm bis 4 mm erhältlich und lässt sich ebenfalls sehr gut mit dem Laser schneiden und gravieren. Bereits mit 2-3 mm starken Platten lässt sich mit der richtigen Konstruktion eine hohe Stabilität erreichen. Für sichtbare Bereiche wie z.B. zur Verkleidung von Außenwänden oder im Dachbereich sind MDF oder Finn-pappe im unbehandelten Zustand eher ungeeignet. Ein nachträgliches Einfärben ist zwar möglich, aber nicht selten mit Aufquellen oder Verwerfungen verbunden.

Zur Verkleidung von Grundkonstruktionen oder für andere sichtbare Anwendungen setze ich gerne durchgefärbtes Material in Form von Tonpapier oder Fotokarton ein, das sich ebenfalls wunderbar schneiden und gravieren lässt. Da diese

Die PC-Software LightBurn erlaubt einen Materialtest, mit dem sich die Schnittgeschwindigkeit und die Laserleistung gut abstimmen lassen.



Mitteldichte Faserplatten, kurz MDF, eignen sich hervorragend für Bodenplatten, Wände und andere tragende Konstruktionen, die später nicht sichtbar sind oder noch verkleidet werden.



Finnpappe ist ein leicht beiger Werkstoff, der in verschiedenen Materialstärken zwischen 1 und 4 mm angeboten wird. Das Material eignet sich, ähnlich wie MDF, für Unterkonstruktionen.



Durchgefärbter Fotokarton bzw. Tonpapier lässt sich wunderbar mit dem Laser schneiden und gravieren. Die vom Laser erfassten Stellen werden bei dunklen Grundfarbtönen aufgehellt.



Materialien nur einen optischen Zweck verfolgen, sind hier bereits kleine Materialstärken bzw. Gewichte ausreichend.

Wer gerne mit echtem Holz arbeitet, sollte unbedingt auch einmal ein paar Schnittversuche mit dünnen Echtholz-furnieren machen. Auch diese sind im Baumarkt oder besser noch als preiswerte Reststücke im Internet erhältlich. Die optische Wirkung einer Holzverkleidung oder einer Bretterwand aus echtem Holz ist meines Erachtens kaum zu übertreffen und mit Papier und Pappe nicht zu vergleichen.

Konzeptionelle Überlegungen

Speziell bei eigenen Konstruktionen, aber auch dann, wenn es darum geht, einen heruntergeladenen Datensatz zu optimieren und an den Einsatz auf der Modellbahn anzupassen, sollten wir uns über ein paar wesentliche Dinge im Vorfeld noch ein paar Gedanken machen. So kann es durchaus sein, dass bei größeren Bauwerken die Arbeitsfläche des zur Verfügung stehenden Laserschneiders an ihre Grenzen stößt und größere Elemente des Modells geteilt werden müssen. Die Trennstellen sollten dann natürlich so platziert werden, dass sie später möglichst gut kaschiert werden können und das Modell hier nicht an Stabilität verliert.

Soll das Gebäude später vorbildnah beleuchtet werden, sind eventuell zusätzliche Innenwände und Zwischendecken sinnvoll, die das Licht von der Decke und nur in den angedeuteten Zimmern erstrahlen lassen. Verzahnt mit den Außenwänden und dem Boden tragen diese natürlich auch zusätzlich zur Stabilität des gesamten Bauwerks bei.

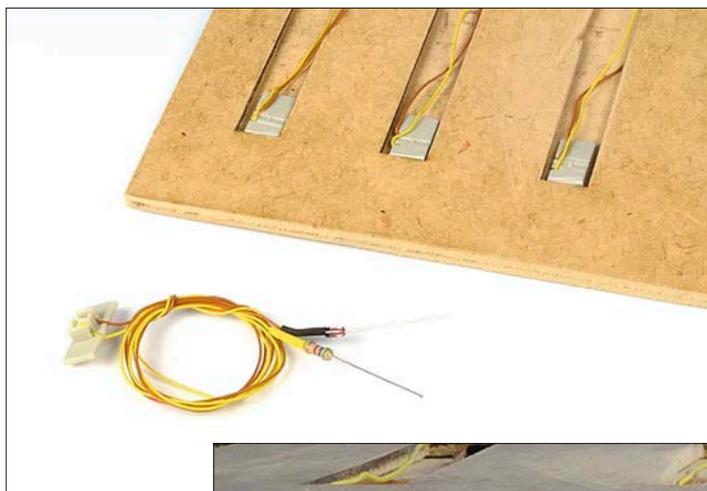
Im Zusammenhang mit größeren Fensterflächen kann je nach Standort auf der Modellbahnanlage auch die Nachbildung einer Inneneinrichtung sinnvoll sein, was nach der Montage in der Regel noch eine Zugangsmöglichkeit erfordert, wie sie z.B. durch eine große Bodenöffnung oder ein abnehmbares Dach realisiert werden kann.

Liegt der spätere Standort auf der Modellbahnanlage schon genau fest, müssen die abgewandten bzw. nicht einsehbaren Seiten des Gebäudes vielleicht gar nicht mit Fenstern, Türen und anderen Details ausgestaltet werden. Dies spart unter Umständen viel Arbeit, die besser in die Detailgestaltung der sichtbaren Bereiche investiert werden kann.



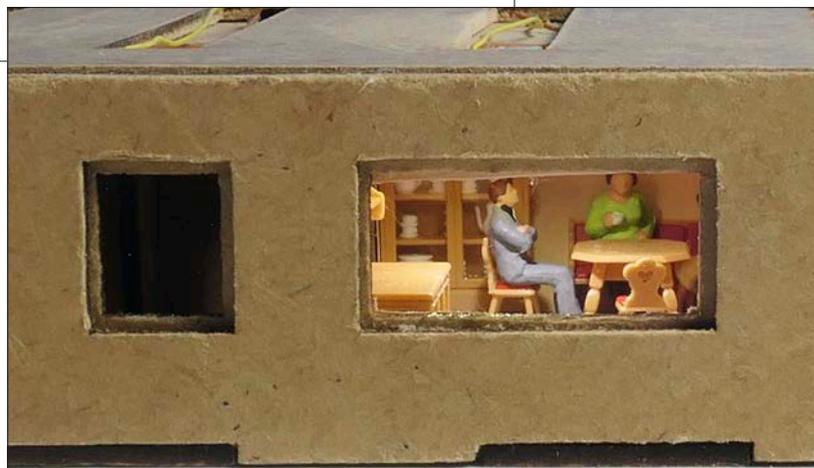
Da die eigentliche Konstruktion der einzelnen Gebäudeteile die meiste Zeit in Anspruch nimmt, sollte man im Vorfeld prüfen, ob später alle Seiten des Objektes einsehbar sind. Wenn die Gebäuderückseite nicht sichtbar ist, sind Fenster und Türen unnötig.

Wer seine Laser-cutgebäude mit einer Inneneinrichtung versehen möchte, sollte schon bei der Konstruktion an die Zugänglichkeit denken. Eine abnehmbare Decke zur späteren Gestaltung der Zimmer ist Gold wert.



Wenn die spätere Beleuchtung schon frühzeitig in die Planung einbezogen wird, hat dies viele Vorteile. Die Aussparungen für die Viessmann-LEDs der Etagen-Innenbeleuchtung wurden hier mit dem Laser erstellt.

Dank der vorhandenen Zwischenwände kann jedes Modellzimmer separat beleuchtet werden. Gegenüber einer zentralen Hausbeleuchtung wirkt eine Einzelfensterbeleuchtung wesentlich interessanter.





Das eigene Elternhaus in 1:87

Wer mit Konstruktionsdaten aus dem Internet seine ersten Erfolge erzielt hat, wird sich mit hoher Wahrscheinlichkeit schnell mit neuen Herausforderungen und Projekten nach eigenen Modell-daten beschäftigen wollen. Mir ging dies nach den ersten erfolgreichen Gehversuchen mit fertigen Internetmodellen nicht anders.

Um eigene vorbildnahe Modelle für den Laserschneider zu entwickeln, ist zunächst einmal eine Vorbildrecherche im Internet, in Zeitschriften oder natürlich – wie bei mir – im persönlichen Umfeld angesagt. Auf den folgenden Seiten möchte ich Ihnen und Euch gerne den Nachbau meines Elternhauses im Sauerland, eines Flachdach-Bungalows im Stil der 1970er-Jahre, vorstellen.

Wer ein Gebäude aus seinem persönlichen Umfeld als Vorbild zum Nachbauen wählt, kann vielleicht die originalen Bauzeichnungen einsehen und daraus die komplette Bemaßung ablesen.

Die ermittelten Maße des Vorbilds sollten vor Konstruktionsbeginn am besten in den Modellmaßstab umgerechnet werden. Im Internet sind dazu zahlreiche Hilfsprogramme verfügbar.

Eingabefeld Originalgröße:	<input type="text" value="975"/>
<input type="button" value="Jetzt berechnen »"/>	
Spur 1:	<input type="text"/>
Spur 0:	<input type="text" value="20,3125"/>
Spur H0:	<input type="text" value="11,2069"/>
Spur TT:	<input type="text" value="8,125"/>
Spur N:	<input type="text" value="6,09375"/>

Maße und Abmessungen nach Bauzeichnungen oder Fotos

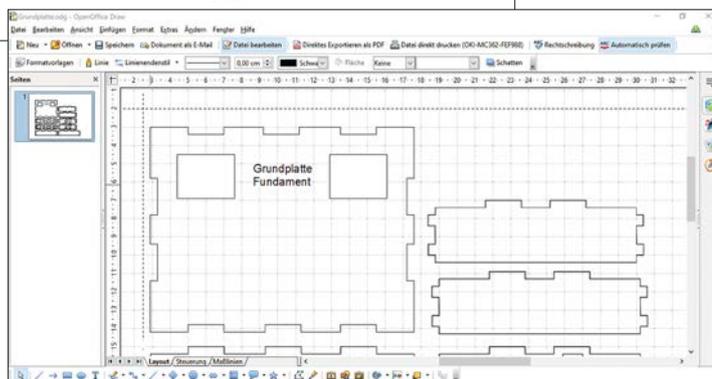
Nachdem das passende Objekt gefunden ist, gilt es, dieses zunächst genau zu vermessen und die jeweiligen Maße in den gewünschten Modellmaßstab umzurechnen. Wer auf die ehemaligen Baupläne des Originals zurückgreifen kann, erspart sich eine Menge Arbeit.

Aber auch in Verbindung mit möglichst verzerrungsfreien Vorbildfotos können die notwendigen Maße ausreichend genau ermittelt und ins Modell übertragen werden. Hilfreich ist es dabei, auf eigene Fotos mit einer Referenz zurückzugreifen. Dies kann z.B. eine Dachlatte sein, die auf 2 m abgelängt und farblich markiert wurde. Wer dann noch eine liebe Hilfsperson im Familien- oder Bekanntenkreis bittet, sich damit vor dem Objekt fotografieren zu lassen, kann später die wichtigsten Daten bequem anhand der Bilder mit dem Lineal ermitteln.



Die quelloffene Bürosoftware OpenOffice bringt u.a. auch ein Zeichenprogramm mit. Die Software ist sowohl für private als auch für gewerbliche Zwecke kostenlos.

OpenOffice Draw lässt sich schnell erlernen und weitgehend intuitiv bedienen. Die Zeichnungen können über den Datenexport bequem ins SVG-Format übertragen werden.



Konstruktion am PC mit CAD-Software oder Zeichenprogramm

Nachdem die Abmessungen des Vorbildgebäudes ermittelt und in den passenden Maßstab für die Modellbahn umgerechnet wurden, werden sie am besten in Form einer kleinen Handskizze zu Papier gebracht. Anschließend erfolgt die Konstruktion und Zeichnung des Objektes mit einer CAD-Software bzw. einem Zeichenprogramm. Als Endergebnis sollte zur Weiterverarbeitung eine

SVG- oder DXF-Datei zur Verfügung stehen. Diese kann dann später problemlos mit einer für den Laserschneider geeigneten Steuerungssoftware geöffnet und in einen maschinenlesbaren G-Code umgewandelt werden. Anschließend wird die fertige Datei über ein USB-Kabel oder einen Datenträger zum Laserschneider übertragen.

Apache OpenOffice Draw

Die quelloffene Bürosoftware Open Office der Apache Software Foundation (<https://www.openoffice.org/de>) umfasst die Textverarbeitung (Writer), die Tabellenkalkulation (Calc), die Präsentationssoftware (Impress), die Datenbank (Base) sowie das Zeichenprogramm (Draw). Ein OpenOffice-Download ist für Windows, macOS und Linux möglich – wobei die Software sowohl für die private als auch für die gewerbliche Nutzung kostenlos ist.

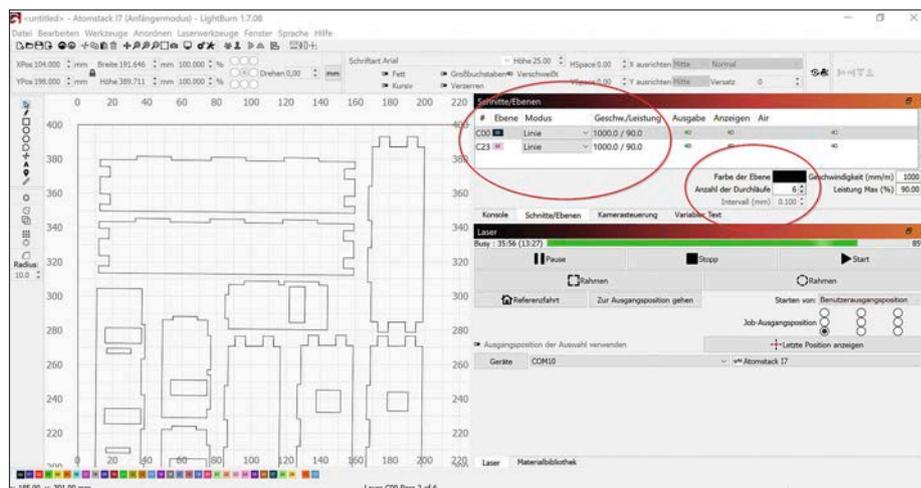
Bei OpenOffice Draw handelt es sich um ein einfach zu bedienendes Zeichenprogramm, welches sich in meinen Augen sehr gut zum Einstieg in die Welt der Lasercutkonstruktionen eignet. Die erstellten Konstruktionszeichnungen stehen später über eine Exportfunktion als SVG-Datei zur Verfügung.

Grundplatte und Wände

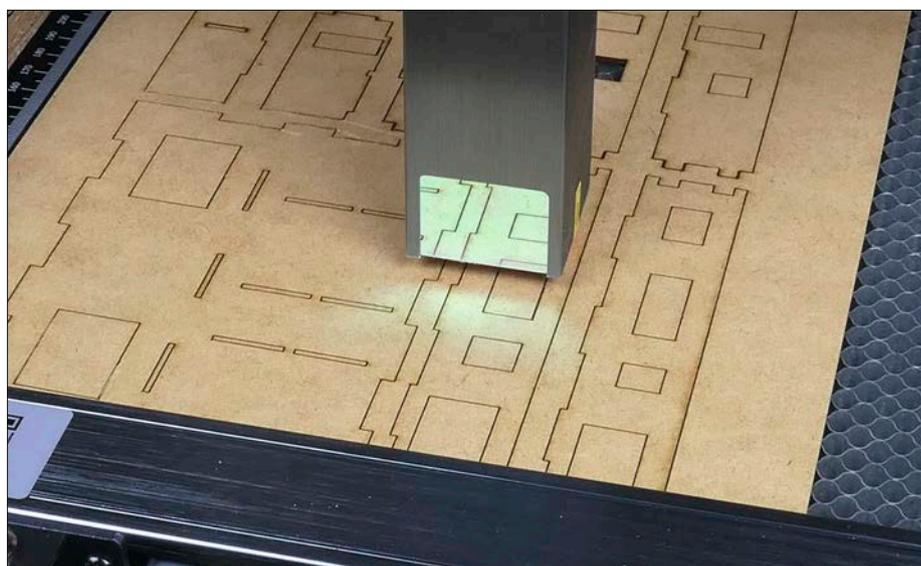
Der Bungalow im Stil der 1970er-Jahre besteht aus einem Erdgeschoss und einem Obergeschoss. Im ersten Schritt entsteht die Grundplatte. Sie trägt die gesamte Gebäudekonstruktion und besteht bei dem Modell meines Elternhauses in 1:87 aus 3 mm dickem MDF.

Grundsätzlich sollte bei der Konstruktion eines Bauwerkes in Lasercuttechnologie auf einfache stumpfe Verbindungen verzichtet werden. Alle Einzelteile werden daher verzahnt, was einerseits eine hohe Stabilität mit sich bringt und andererseits auch das passgenaue Zusammenfügen der einzelnen Gebäudeteile erleichtert. Da die Bodenplatte nicht nur das Fundament, sondern gleichzeitig auch den Boden des Erdgeschosses für eine Inneneinrichtung bildet, habe ich diesen bis auf zwei kleine Öffnungen zur Kabeldurchführung einer Beleuchtung im rückwärtigen Bereich als geschlossene Platte konstruiert.

Bei der Grundkonstruktion der Außenwände habe ich mich dazu entschlossen, jede Wand mit ihren individu-



Die SVG-Datei wird in LightBurn geöffnet. Wichtig für einen sauberen Schnitt sind die Einstellungen der Laserleistung, der Geschwindigkeit sowie die Anzahl der geplanten Wiederholungen bzw. Durchläufe. Je nach verwendetem Material weichen diese erheblich voneinander ab.



Der Laserschneider wird über einen USB-Port mit dem PC bzw. mit der Steuerungssoftware verbunden und arbeitet die einzelnen Schnitte anschließend nacheinander selbstständig ab. Wer vorher einen Materialtest gemacht hat, kann sicher sein, dass der Laser auch durchschneidet.

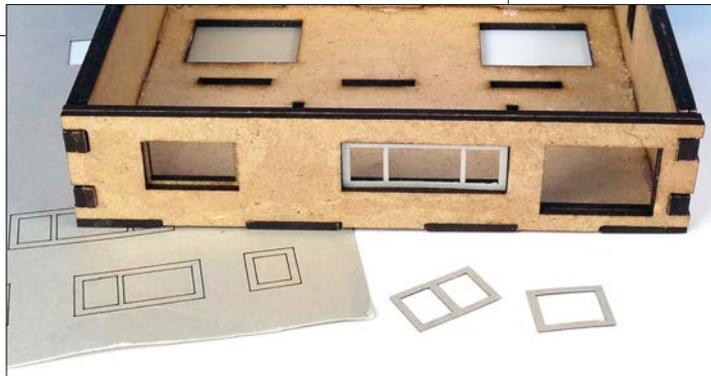


Stumpfe Verbindungen zwischen einzelnen Bauteilen sollten bei der Konstruktion möglichst vermieden werden. Die Verzahnungen an den Seiten und am Boden sorgen für eine einwandfreie Passgenauigkeit bei der Montage und steigern die Stabilität des gesamten Bauwerks enorm.



Beim Vorbild sitzen die Fenster in tiefen Nischen. Daher wurden die Außenwände aufgedoppelt. Die Fensterausschnitte sind in der Innenwand 1 mm kleiner.

Dank der doppelten Wandkonstruktion lassen sich die einzelnen Fenster- rahmen später sauber einsetzen. Auch diese werden mit dem Laser geschnitten und bestehen aus Karton.



ellen Öffnungen für die Fenster und Türen aus zwei MDF-Platten mit je 2 mm Dicke zu erstellen und diese schlichtweg aufeinanderzukleben. Die Öffnungen für die separat geschnittenen Fenster und Türen werden bei der innen liegenden MDF-Platte rundherum 1 mm kleiner ausgeschnitten, sodass sie später sehr einfach in die Fassadenteile eingeklebt werden können.

Da einzelne Zimmer des Gebäudes später beleuchtet werden sollen, dürfen in den von außen einsehbaren Bereichen selbstverständlich auch die Innenwände des Erdgeschosses nicht fehlen. Die rückwärtigen Zimmer mit ihren Lichtschächten und Fenstern beider Geschosse sind später nicht einsehbar und müssen daher auch nicht unbedingt ein- gezeichnet bzw. konstruiert werden.

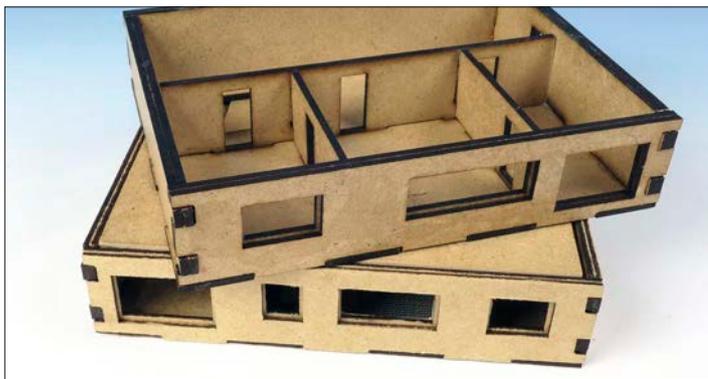
Decken mit LED-Beleuchtung

Wie schon beschrieben, bildet die Grundplatte des Hauses gleichzeitig den Boden der Zimmer im Erdgeschoss. Die jetzt noch fehlende Zimmerdecke der von außen durch die Fenster einsehbaren Räume liegt auf den Zwischenwänden auf und bleibt zur Nachbildung einer Inneneinrichtung abnehmbar. Sie besteht ebenfalls aus 2 mm starken MDF-Platten, weshalb die Zwischenwände in diesem Bereich entsprechend niedriger geplant werden müssen. Wer mag, versieht die Deckenplatten bei der Konstruktion am besten gleich mit ein paar Öffnungen und Kabelführungen für eine stimmungsvolle LED-Beleuchtung.

Obergeschoss, Balkon und Dach

In gleicher Bauweise wie das Erdgeschoss entsteht auch das Obergeschoss. Es bekommt ebenfalls eine eigene Grundplatte als Basis der oberen Zimmer. Passende Innenwände sowie eine abnehmbare Decke inkl. den Aussparungen für eine LED-Beleuchtung gehören auch hier dazu.

Eine kleine Besonderheit bei dem Gebäude ist der zurückliegende Balkon, welcher bei der Konstruktion mit seinen Innenwänden und der Balkontür entsprechend berücksichtigt werden muss. Der besseren Zugänglichkeit halber bleibt auch das Gebäudedach des Flachdachhauses abnehmbar. Es besteht von der Basis her ebenfalls aus MDF und steht gegenüber der Außenwand ein klein wenig über.



Die Innenwände von Erd- und Obergeschoss müssen um die Materialstärke der Geschossdecken niedriger ausfallen. Sonst passen die beiden Geschosse nicht ohne Spalt aufeinander.



Die Rohbauten des Erd- und Obergeschosses sind fertig. Auch das Obergeschoss hat eine LED-Beleuchtung samt abnehmbarer Zimmerdecke erhalten. Das Flachdach ist ebenfalls schon aufgesetzt.



Die Verkleidung des Obergeschosses erfolgt mit weißem Tonpapier oder Bastelkarton. Danach können die Fenster noch mit einer Verglasung und Gardinen versehen und eingeklebt werden.

Fenster, Türen und Außenfassade

Nachdem die tragende Grundkonstruktion erstellt wurde, wenden wir uns den weiteren Gebäudedetails zu. Da diese lediglich der Optik dienen und keine tragende Funktion mitbringen, werden sie mit dem Laserschneider aus Fotokarton hergestellt.

Auf diese Weise entstehen nacheinander die Attika des Flachdaches, die Balkonbrüstung und die gesamte Außenwand des Obergeschosses. Letztere kaschiert die gesamte Grundkonstruktion mit der Verzahnung, sodass bei der Verwendung von weißem Fotokarton auf eine zusätzliche Farbgebung der oberen Außenwände verzichtet werden kann.

Nach dem Aufkleben der Fassade aus Fotokarton können zu guter Letzt auch die ebenfalls aus Fotokarton gelaserten Fenster und Türen in die Öffnungen geklebt werden. Das Dach erhält schließlich noch eine umlaufende Kante und eine dem Original entsprechende dünne Kiesschicht.



Das Flachdach ist beim Vorbild mit einer Kiesschüttung versehen, die wir im Modell mit Gleisschotter oder Sand nachbilden. Der Rand des Daches besteht aus gelasertem Fotokarton in Silber und Grau.

Das Erdgeschoss des Vorbilds ist mit Riemchen verkleidet. Diese bilden wir mit Fotokarton nach, der mit verminderter Laserleistung passend graviert wurde.



Erdgeschoss mit Verblendern bzw. Riemchen aus Marmor

Das Erdgeschoss des großen Vorbilds ist mit Marmor-Riemchen verkleidet, die auch im Modell nicht fehlen sollten. Wer dunklen Foto- oder Bastelkarton lasert, wird feststellen, dass sich das Material bei Einfluss mit dem Laser leicht erhellt. Genau diesen Effekt machen wir uns zunutze und bilden damit die einzelnen Riemchen bzw. die Fugen dazwischen nach. Dabei muss die Intensität des Lasers soweit zurückgeregelt werden, dass das Material nur graviert und nicht durchgeschnitten wird.

Anders als beim massiven Ziegelmauerwerk muss bei der Nachbildung von flachen Verblendern aus Naturstein nicht darauf geachtet werden, dass die Oberflächen der langen und kurzen Ziegel an den Ecken stimmig sind. Während die Fassadenverkleidung des Obergeschosses in einem Stück gelasert wurde und an den Ecken lediglich scharf geknickt werden muss, habe ich mich beim Erdgeschoss dazu entschieden, für jede Seite des Hauses eine eigene Wandverkleidung zu zeichnen und diese mit einem vollen Marmor-Riemchen bzw. einer vertikalen Fuge beginnen zu lassen. Mit dem Verkleben der gravierten Fassadenverkleidungen ist die Montage des Gebäudes auch schon beendet.



Keine Frage: Ein Gebäude auf der eigenen Modellbahn zu haben, in dem man einen großen Teil seiner Kindheit verbracht hat, ist schon etwas Besonderes. Die Planung und die Montage haben eine Menge Spaß gemacht. Die reinen Materialkosten schlagen mit weniger als € 10,- zu Buche.

Zum guten Schluss

Eines ist gewiss: Der Eigenbau eines Modellgebäudes nach einem konkreten Vorbild ist trotz Lasercuttechnologie mit einem nicht zu unterschätzenden Aufwand verbunden. Die meiste Zeit nimmt dabei die Konstruktion der Einzelteile in Anspruch. Wer sich hier ausreichend Zeit nimmt und sich gerade zu Beginn mit einfacheren Konstruktionen zufriedengibt, wird am Ende mit einem schö-

nen Ergebnis belohnt, das mit großer Sicherheit Lust auf mehr macht.

Ich habe mich bei diesem Artikel ganz bewusst für die Nachbildung eines recht einfachen und damit auch für den Einsteiger geeigneten Flachdach-Bungalows entschieden und würde mich freuen, wenn ich den einen oder anderen Modellbahner unter uns an dieser Stelle abholen und zu eigenen Projekten anregen konnte.

Ihr und Euer Maik Möritz



Dieser Torpedopfannenwagen in Baugröße H0 ist ein Modell von Floris Dilz, welches aus 3D-Druckteilen zusammengesetzt wurde. Ein gutes Beispiel dafür, dass man mit dem 3D-Druckverfahren ansehnliche Modelle bauen kann – vorausgesetzt man arbeitet präzise und sauber. Foto: Floris Dilz

Wie und wo man an druckbare Dateien gelangt

Futter für den Drucker

Viele Modellbahner finden die Möglichkeiten des 3D-Drucks zwar toll, schrecken aber oft davor zurück, da sie selbst keine 3D-Zeichnungen erstellen können. Es gibt jedoch die Möglichkeiten, sich druckbare STL-Dateien aus dem Internet herunterzuladen. Man muss somit nicht unbedingt ein 3D-Zeichenprogramm beherrschen, um sich seine eigenen Modelle drucken zu können.

Im Internet gibt es verschiedene Downloadportale für druckfertige STL-Dateien. Es werden dort auch immer mehr Teile angeboten, welche für den Modellbahner von Interesse sind. Oft werden diese Dateien gratis zur Verfügung gestellt oder aber gegen eine meist geringe Gebühr zum Downloaden angeboten.

Von kompletten Lokomotiven über Personen- und Güterwagen bis hin zu allen nur erdenklichen Zubehörartikeln findet man eine Menge an Modellen, welche das Modellbahnerherz höher schlagen lassen. Dabei handelt es sich meist um Modelle, die es eben nicht im Handel zu kaufen gibt.

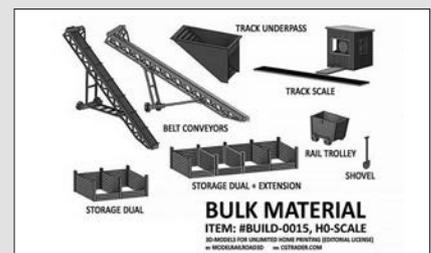
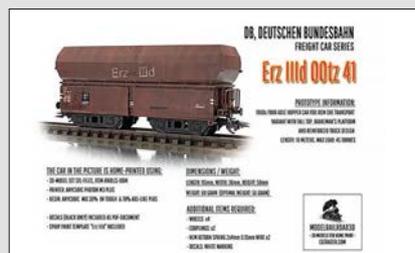
Bei verschiedenen Zubehörartikeln kann man dabei auch noch eine Menge an Geld sparen, da man diese so oft wie benötigt drucken kann. Man denke nur an Palettenstapel, die, wenn sie in größeren Mengen angeschafft würden, schon ganz erheblich das Budget strapazieren würden.

Aber nicht nur Teile für die Modellbahn selbst werden angeboten. Auch eine Menge an nützlichen Helferlein wird man finden. So z.B. Gleisabstandslehren, Schotterhilfen, Prägerollen für Pflastersteine, Servohalter usw.

Was das Druckmedium angeht, so wird man sowohl für den Filamentdrucker wie auch für den Resindrucker fündig werden. Verschiedene Teile sind ausschließlich mit Resin druckbar, andere machen sich besser aus PLA. Gerade die

Downloadseiten für 3D-Druckdateien mit Modellbahndateien

- Thingiverse <https://www.thingiverse.com/> gratis Downloads
- Cults <https://cults3d.com/de> gratis und gebührenpflichtige Downloads
- Cgtrader <https://www.cgtrader.com/> gratis und gebührenpflichtige Downloads



Der Anbieter modelrailroad3d bietet bei Cgtrader diverse Ausschmückungssets und Wagen zum Selberdrucken an.

vor erwähnten Helferlein können meist mit dem Filamentdrucker hergestellt werden. Rollmaterial und kleine Ausschmückungsteile wiederum sind eher für den Resindruck geeignet. Hier sollte berücksichtigt werden, dass feine Details und glatte Oberflächen von Modellen eigentlich nur mit dem Resindrucker richtig darstellbar sind – jedenfalls dann, wenn man in der Baugröße H0 und kleiner arbeitet.

Maßstab

Und damit wären wir beim Maßstab. Meistens werden die Druckdateien direkt in der Größe H0 angeboten, aber oft auch in größeren Maßstäben. Dies stellt aber in der Regel kein Problem dar, denn im Slicer kann man die Teile nach Belieben skalieren und so in den benötigten Maßstab konvertieren.

Dies funktioniert allerdings nicht immer, da auch die Wandungen der Teile beim Skalieren proportional verringert werden. Es kann also passieren, dass diese Materialstärken manchmal zu dünn werden und ein Druck nicht mehr möglich ist. Im schlimmsten Fall ist das Resultat nicht mehr formstabil. Doch so ein „worst case“ ist eher selten der Fall und normalerweise kann man die Modelle problemlos im Maßstab verändern.

Aber auch für die größeren Maßstäbe bis hin zu Modellen für den Gartenbahner findet man Dateien. In diesen Größen wird meist mit Filamentdruckern gearbeitet, wobei man dann darauf achten sollte, ein Filament zu benutzen, das den Witterungsbedingungen standhalten kann. Während man Filamente problemlos findet, die UV beständig sind, muss man bei Gartenbahnmodellen auch darauf achten, dass man ein temperaturbeständiges Material benutzt. Denn die meisten Filamente aus PLA verlieren ihre Festigkeit ab etwa 50 bis 60 °C. Das kann für ein in praller Sonne stehendes Modell problematisch sein.

Fazit

Die Anzahl der verfügbaren Modelle – ob gratis oder gebührenpflichtig – wächst stetig an. Es gibt auch Modellbahnhersteller, die begonnen haben, Modelle als STL-Dateien anzubieten, so z.B. Makette. Auf der Internetseite des Herstellers (<https://www.makette.de/>) findet man bereits zwei Dateien zum Selbstaussdrucken.

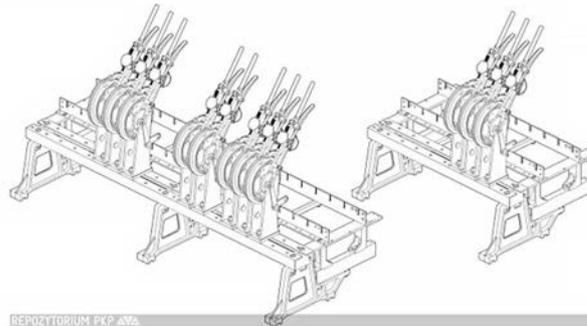
Pit Karges

Rechts: Diese schmutzige Industrie-Dampflok vom Typ Tubize 104 kann man sich bei Cults gratis herunterladen. Verschiedene Anbieter stellen dort ihre Modelle kostenlos zur Verfügung, andere verlangen eine – meist geringe – Gebühr. Ein Durchforsten des Downloadportals lohnt sich auf jeden Fall.



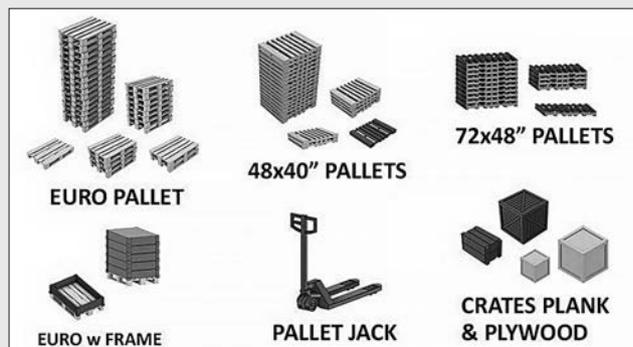
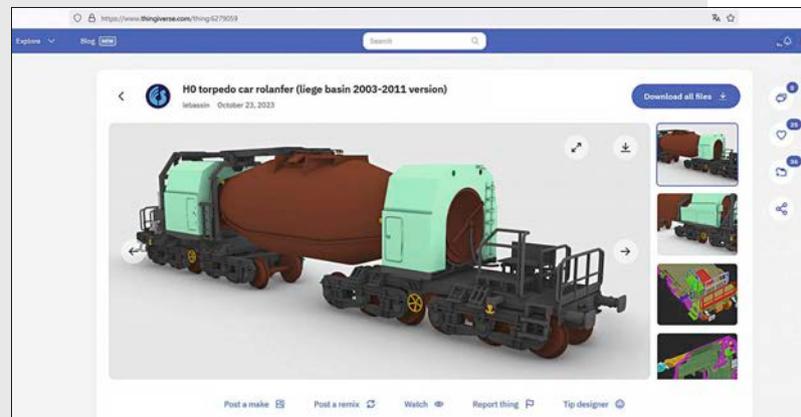
Teile werden für FFF 3D-Druck (Druck mit PLA oder PETG Kunststofffilamente) vorbereitet. Empfohlene Basisoptionen des Drucks:

- Schichthöhe: 0,2 mm,
- Fülldicke: 20% (z. B. Gitternetz-Füllmuster),
- ausgewählte Teile sollen mit Stützen bedruckt werden.



Links: Auch solche Teile findet man zum Selbstdrucken. Funktionierende Weichenstellhebel im Maßstab 1:5 für ein selbst gebautes Stellwerk. Die Teile für den Zusammenbau findet man unter: <http://pkprepo.net/mechanisches-stellwerk-hebelbank>

Rechts: Bei Thingiverse findet man auch den links oben abgebildeten Torpedopfannenwagen von Floris Dilz als kostenlosen Download. Ein absolut hochwertiges Modell in H0, das es in dieser Form im Handel nicht gibt.



Links: Bei Cgrader kann man sich für rund € 6,- eine ganze Sammlung von Paletten und Transportkisten herunterladen. Eine günstige Alternative zu den käuflichen Produkten! Screenshots: [Pit Karges](#)

Scannen und drucken von Personen

Figuren selbst herstellen

Scannen von Personen, welche man dann im gewünschten Maßstab selbst druckt – wie funktioniert das und stimmt die Qualität? Diese Fragen stellen sich bestimmt viele Modellbahner, denn wer will sich nicht mal selbst als Lokführer in seine Lieblingslok setzen. Es geht. Wie, erläutert Pit Karges in folgendem Artikel.

Es gibt mittlerweile eine Menge an Handskannern, welche laut Werbung alles Mögliche scannen können und das sieht dann auch sofort super aus. Nun, so einfach ist es zwar nicht, aber es ist eben auch vieles möglich. Konkret geht es hier um das Einscannen von Personen, welche man anschließend im 3D-Druck im gewünschten Maßstab ausdrucken kann.

Im folgenden Beispiel wurde ein Scanner von Creality benutzt. Es handelt sich dabei um das Modell „Otter“ mit angegeschlossenem Wifi-Griff, der das kabellose Arbeiten ermöglicht. Es gibt viele andere Anbieter und Modelle. Wie gut das Scannen mit diesen Geräten funktioniert, kann ich nicht angeben, da eben nur der „Otter“ getestet wurde.

Hardware

Der „Creality Otter“ wird mit allem geliefert, was benötigt wird, um mit dem Scannen sofort loslegen zu können. Das benötigte Programm kann von der Internetseite des Herstellers heruntergeladen werden. Ohne weiteres Zubehör wird der Scanner per Kabel mit dem PC oder Laptop verbunden, was die Bewegungsfreiheit beim Scannen allerdings stark einschränkt. Deshalb ist ein Wifi-Griff von Vorteil, welcher am Scanner befestigt werden kann. Über diesen Griff kann der Scanner dann über eine Wifi-Verbindung kabellos betrieben werden, was beim Einscannen von Personen von großem Vorteil ist.

Was den Rechner angeht, sollte unbedingt darauf geachtet werden, ein leistungsstarkes Gerät zu verwenden, da

der ganze Scanvorgang ansonsten wohl eher langsam ablaufen wird. Wichtig ist dabei vor allem, dass eine leistungsstarke Grafikkarte verbaut ist, denn eine sogenannte „onboard“-Grafikkarte genügt den Anforderungen des Scanners mit Sicherheit nicht.

Scannen

Um eine Person einzuscannen, sollte sie sich so platzieren, dass man neben ihr auf allen Seiten noch etwa einen Meter Platz hat. Dieser Platz wird benötigt, um mit dem Scanner um die Person herumgehen zu können. Die Person sollte eine bequeme Position einnehmen, da der Scanvorgang selbst etwa zwei bis drei Minuten dauert. Während dieser Zeit sollte die Person sich keinesfalls bewegen, wobei etwas Wackeln kein Problem für einen stabilen Scan darstellt.

Rechts: Der verwendete Scanner sowie der als Zubehör erhältliche Wifi-Griff stammen von der Firma „Creality“. Es handelt sich bei dem Gerät um das Modell „Otter“, welches problemlos zum Scannen von Personen verwendet werden kann. Ein Wifi-Griff wird dringend empfohlen, ansonsten muss der Scanner über ein Kabel mit dem Rechner verbunden werden.



Hier das Resultat, nachdem die Personen gescannt, verarbeitet, gedruckt und bemalt worden sind. Ganz individuelle Figuren mit Wiedererkennungswert sind so möglich. Foto: Paul Schalz

Man sollte mit dem Gesicht beim Einscannen beginnen, denn dort entstehen die größten Unstimmigkeiten, wenn die Person wackelt. So könnte es vorkommen, dass eine Nase doppelt vorhanden ist, weil sich die Person etwas bewegt hat. Beim Scannen wird am Rechner angezeigt, welche Teile schon erfasst wurden, diese erscheinen in Grün. Sollte der Scanner die Orientierung verlieren, weil man z.B. zu schnell war, braucht man ihn nur auf einen bereits gescannten Bereich zu richten, der Scanner richtet sich neu aus und das Scannen kann fortgeführt werden. Das Scannen stellt sich als relativ einfach heraus und nach kurzer Zeit gelingen einem die Scans problemlos. Hat man die Person komplett gescannt, beendet man das Scannen und der Rechner beginnt, die gescannten Einzelpunkte in ein zusammenhängendes Objekt zu verrechnen.



Nachbearbeitung

Dieser Vorgang dauert bedeutend länger als das Scannen selbst. Wie lange, hängt vom verwendeten Rechner ab. In vorliegendem Fall wurde ein Rechner mit einem I9-Prozessor (letzte Generation) mit 16 GB Ram und einer 12 GB-Grafikkarte verwendet. Der Verrechnungsvorgang dauerte rund 5 Minuten.

Jetzt kann man überflüssige Teile, welche mitgescannt wurden, entfernen. Dies sind meist solche Bereiche wie mitgescannte Teile des Fußbodens oder eines Stuhls. Hat man dies getan, wird die Datei in eine STL-Datei exportiert. Diese ist nun druckbar, allerdings bedarf es noch weiteren Nachbehandlungen, bis wir unsere Modellfigur drucken können. Eine weitere Verarbeitung der Figur erfolgt im „Mesh-Mixer“, ein kostenloses Tool von „Autodesk“, mit dem man die Figur noch verbessern kann.

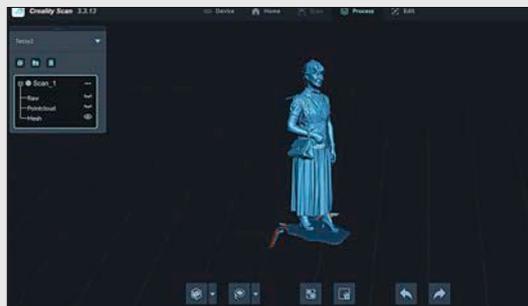
Die so erhaltene STL-Datei ist sehr groß, da die Person als 1:1-Datei gescannt wurde. Die nächste Nachbearbeitung findet im „3D Builder“ statt, einem bis vor kurzem in Windows enthaltenen Programm, mit welchem STL-Dateien bearbeitet werden können. Hier wird die Größe angepasst und die Datei vereinfacht, um die Dateigröße zu reduzieren. Ist die Figur fertig bearbeitet, kann sie mit einem Resindrucker ausgedruckt werden. Nach dem Druck erfolgt das übliche Bemalen der Figuren.

Fazit

Näher auf die vorbeschriebenen Vorgänge einzugehen, würde den Rahmen des Artikels sprengen, es soll hier nur gezeigt werden, dass das Herstellen von eigenen Modellfiguren möglich ist. Nur so viel: Mithilfe eines Handscanners ist es möglich, sehr hochwertige Figuren zu erschaffen. Zudem ist man sehr flexibel und gelangt an Figuren, die im Handel in dieser Form mit Sicherheit nicht erhältlich sind.

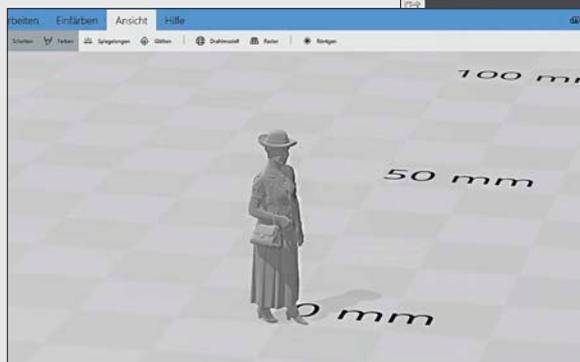
Ob sich das Anschaffen eines Scanners nun preislich lohnt – immerhin sprechen wir hier über einen Anschaffungspreis von etwa 1.200,- Euro (bei vorerwähntem Scanner mit Wifi-Griff) – muss jeder für sich entscheiden. Als Verein lohnt sich eine solche Anschaffung schon eher, kann man so die Kosten doch teilen. Ein Modellwagen mit den eingescannten Vereinsmitgliedern hat doch bestimmt auch seinen Charme. *Pit Karges*

Rechts: Mit dem Handscanner wird eine Person erfasst. Hierbei sollte genug Platz vorhanden sein, damit man beim Scannen um die Person herumgehen kann. Der am Scanner angebrachte Wifi-Griff ermöglicht ein freies Arbeiten, ohne dass dabei eine Kabelverbindung zum Rechner hergestellt werden muss. Der Scanvorgang dauert etwa zwei bis drei Minuten – dies hängt allerdings stark vom verwendeten Rechner ab.



Links und unten: So sieht eine eingescannte Person in der Scannersoftware aus, nachdem die einzelnen Punkte, welche der Scanner aufgenommen hat, zu einem Gesamtbild zusammengefügt wurden. Der Scan kann nun in eine STL-Datei exportiert und weiterverarbeitet werden.

Im folgenden Schritt wird die Figur bereinigt und kleinere Fehler werden korrigiert. Dies macht man in diesem Fall mit dem kostenlosen Programm „Mesh Mixer“ von „Autodesk“. Sind alle Unregelmäßigkeiten behoben, wird die Figur mit dem in Windows ...



... enthaltenen Programm „3D Builder“ reduziert und auf die richtige Größe gebracht. Anschließend kann die Figur in einem 3D-Drucker erstellt werden.



Einige selbst gescannte, gedruckte und bemalte Figuren in H0. Auch andere Größen wie 0 oder 1 sind möglich. Die selbstgefertigten Figuren können problemlos mit hochwertigen Produkten der Industrie mithalten. Man hat zudem die Möglichkeit, ganz individuelle Posen darzustellen. *Screenshots: Pit Karges*

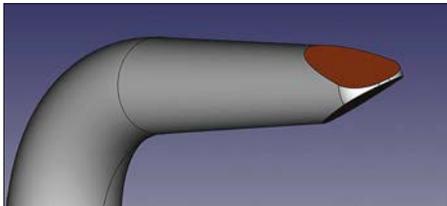


Dieser Petbank Zahnsteinentferner für Haustiere ist bei Amazon erhältlich und kostet incl. vier Köpfen und diversem Zubehör knapp € 40,-.

Ultraschallgerät zum Entgittern

Bruch vermeiden

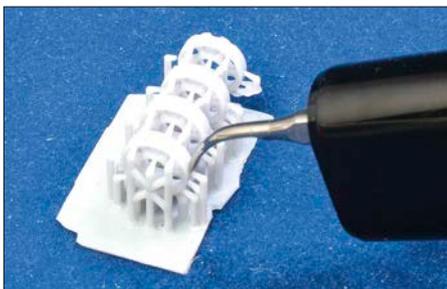
Beim DLP-3D-Druck ist eine Stützstruktur nötig, die nach dem Druck entfernt werden muss. Bei großen Drucken mit einfach zugänglichen Haltekanten reicht ein feiner Seitenschneider. Bei Modellen mit feineren Strukturen brechen kleine Bauteile beim Abknipsen mit dem Seitenschneider sehr leicht ab. Uwe Stehr stellt ein Gerät vor, das diese Probleme vermeidet.



Die Zeichnung erklärt das Umschleifen. Im Ausgangs- oder Anlieferungszustand sind alle Köpfe vorne gerundet, um Verletzungen zu vermeiden.



Hier wird nun an der Ober- und Unterseite der Klinge mit einer Schleifscheibe etwas Material abgeschliffen, eine Art Meißel entsteht. Der Winkel beträgt etwa 40°.



Zum Entgittern braucht es keinen Druck, die Klinge muss nur anliegen. Unten die Lücke in der Stützstruktur. Sie ist so klein, dass man sie kaum sieht. Fotos: Uwe Stehr



Ein Modellbau-Kollege hatte Probleme mit einem gedruckten Modell, dessen Details kleiner als die angesetzte Stützstruktur waren. Keines der Bauteile ließ sich unbeschadet entgittern. Die Lösung bestand in der Anschaffung eines Ultraschall-Schneidegeräts. Der einzige echte Nachteil ist dessen Preis: Wer die knapp € 400,- ausgeben kann, ist damit aber gut bedient.

Eine Suche nach Alternativen ergab bei Amazon Geräte zur Zahnstein-Entfernung bei Haustieren (z.B. den „Petbank Zahnsteinentferner“), die auch mit Ultraschall funktionieren. Die Leistung dieses Akkugerätes ist vermutlich geringer als ein vom 230-V-Netz gespeistes Gerät, aber zum Trennen der Stützstruktur sollte es ausreichen.

Die beiliegenden vier Reinigungsköpfe sind allseitig abgerundet und hochglanzpoliert. Das wird dem Haustier gefallen, für die Stützstruktur ist es aber eher ungeeignet. Beim breitesten der vier Reinigungsköpfe habe ich mit einer Trennscheibe aus der gerundeten Spitze eine flache, ca. 2 mm breite Klinge geschliffen. Die leicht raue Oberfläche habe ich dabei bewusst nicht geglättet, sie soll die Funktion der Sägezähne übernehmen.

Ein längeres Drücken der „Ein“-Taste schaltet das Gerät ein, zumindest leuchtet eine grüne LED. Ein weiteres kurzes Drücken und die Leistung wird in vier Stufen erhöht. Man hat „Soft“, „Comfort“, „Strong“ und „Super Strong“ zur Auswahl. Akustisch macht das alles keinen Unterschied, das Gerät gibt nicht das kleinste Geräusch von sich.

Der Testkandidat waren die Stützräder der Drehscheibe „Sylt“ (siehe S. 20 bis 24 in diesem Heft). In den Einstellungen „Soft“ und „Comfort“ tat sich zunächst mal nichts. Auch war bis zu diesem Zeitpunkt kein noch so leises Geräusch zu hören. Auch in der Einstellung

„Strong“ nicht, aber an den Stützrädern war eine kleine Lücke zwischen Bauteil und Stützstruktur zu sehen. Also an die nächste Stütze gehalten: zack, weg! So geht das nun von Stütze zu Stütze. Ohne Geräusch, ohne Druck, ohne Staub und noch viel wichtiger: ohne abgebrochene Kleinteile.

Sind die Stützen vom Modell getrennt (dort entsteht eine ca. 0,5 mm breite Lücke) kann der Rest der Stützstruktur von der Grundplatte mit dem Seitenschneider entfernt werden. So wird nach und nach der Zugang zu der weiter innen liegenden Stützstruktur für den kleinen Messerkopf frei.

Ist das Modell von der Stützstruktur befreit, wollte ich auch die Möglichkeiten testen, das Gerät als Schaber zum Versäubern von leichten Überständen der Stützstruktur am Modell zu verwenden. Hierbei ließ sich bei genauem Hinsehen sogar ein leichter Partikelnebel um die Klinge herum wahrnehmen.

Fazit nach dem ersten Test:

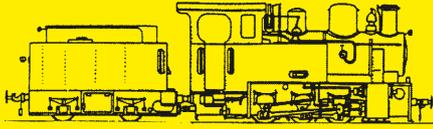
- Der Petbank-Zahnsteinentferner eignet sich nach dem Umschleifen eines Reinigungskopfes ideal zum Abtrennen der Stützstruktur.
- Das Gerät ist leicht und handlich.
- Vorne ist eine LED eingebaut, die den Arbeitsbereich der Klinge beleuchtet.
- Die Laufzeit ist zum Entgittern etlicher Drucke ausreichend.
- Es sind noch weitere Werkzeuge dabei, die man zum Basteln gut verwenden kann.
- Der Preis ist für die Funktion sehr günstig.

Vollständig ist dieser Test freilich nicht. Ob man damit den Zahnstein von Haustieren entfernen kann, weiß ich nicht. Am Rottweiler meines Nachbarn wollte ich das nicht ausprobieren, der guckt mich eh schon immer so komisch an.

Uwe Stehr

PARTNER VOM FACH

Hier finden Sie Fachgeschäfte und Fachwerkstätten. Bei Anfragen zu Anzeigenschaltungen beziehen Sie sich bitte auf das Inserat »Partner vom Fach« in der MIBA.



Modellbahnen am Mierendorffplatz

Ihr freundliches **EUROTRAIN**-Fachgeschäft mit der ganz großen Auswahl
10589 Berlin-Charlottenburg • Mierendorffplatz 16
Mo., Mi.-Fr. von 10-18 Uhr (Di. Ruhetag, Sa. bis 14 Uhr) • Telefon: 030/3 44 93 67 • Fax: 030/3 45 65 09
www.modellbahnen-berlin.de ••• **Große Secondhand-Abteilung** ••• **Direkt an der U 7**

**Märklin-Shop • Ständig Sonderangebote
Digitalservice und große Vorführanlage**

Das Fachgeschäft
auf über 500 qm • Seit 1978

Der Online-Shop

www.menzels-lokschuppen.de

Friedrichstraße 6 • 40217 Düsseldorf • fon 0211.37 33 28 • fax 0211.37 30 90



Markt 9-15
52062 Aachen
Tel. 0241-3 39 21
Fax 0241-2 80 13

Modell Center Aachen

www.huenerbein.de



fohrmann-WERKZEUGE GmbH
für Feinmechanik und Modellbau

Infos und Bestellungen unter: www.fohrmann.com

Über 50 Jahre Spezial-Werkzeuge für Modelleisenbahner
und Zangen, Bohrer, Messgeräte, Bleche, Profile und vieles mehr ...

NEU: Ginsterstraße 2 • 78141 Schönwald • Telefon: 07722 86 98 78



Dirk Röhrich
Girbigsdorferstr. 36
02829 Markersdorf
Tel. / Fax: 0 35 81 / 70 47 24

MODELLBAHNSERVICE

**SX/SX2/DCC Decoder von D&H
aus der DH-Serie**

Steuerungen SX, RMX, DCC, Multiprotokoll
Decoder-, Sound-, Rauch-, Licht-Einbauten
SX/DCC-Servo-Steuer-Module / Servos
Rad- und Gleisreinigung von LUX und
nach „System Jörger“

www.modellbahnservice-dr.de



MODELLBAHN-Spezialist

28865 Lilienthal b. Bremen
Hauptstr. 96 ☎ 04298/91 6521
info@haar-lilienthal.de

Öffnungszeiten: Mo.-Fr. 9.00-18.30 Uhr • Sa. 9.00-14.00 Uhr

WERST

MODELL BAHN UND BAU
WIR LEBEN MODELLBAHN



Ihr Spezialist im Rhein-Neckar-Dreieck
für Modellautos, Eisenbahnen
und Slotbahnen
Riesige Auswahl – Günstige Preise

Schillerstraße 3 | 67071 Ludwigshafen-Oggersheim
Telefon 0621/68 24 74 | info@werst.de

Breyer Modellbahn GmbH

Kaiserdamm 99 • 14057 Berlin

Tel.: 030/3 01 67 84

www.breyer-modellbahn.de

info@breyer-modellbahn.de



über
51
Jahre
Öffnungszeiten:
Mo.-Fr. 10-18.30 Uhr
Sa. 10-13.30 Uhr

HOBBY SOMMER
www.hobbysommer.com

Roco, Heris, Liliput, Lima, Rivarossi, Trix, Dolischo, Electrotren Piko, etc.
österreichische Sonderserien, Exportmodelle, Modellbahn und Autos

Versand: A-4521 Schiedlberg • Waidern 42 • ☎ 07251 / 22 2 77 (Fax DW 16)

Shop: Salzburg • Schranngasse 6 • ☎ 0662 / 87 48 88 (Fax DW 4)

Aktuelle Angebote und Kundenrundschriften gratis • Postkarte genügt!

Böttcher
Modellbahntechnik



Dampföl & Reinigungsöl BM 7603

9,90 €

- wirkt sofort schmutzlösend

- greift keinen Kunststoff an

- geeignet für Schienenreinigungswagen

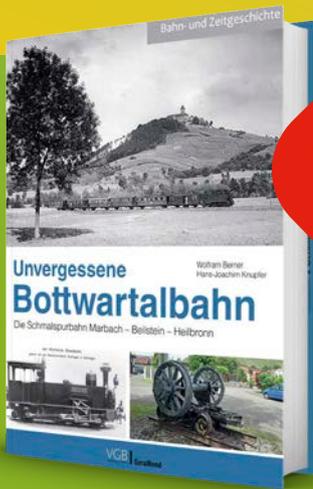
Kein Schmieröl / Inhalt: 1 Liter

DIREKT VOM HERSTELLER

ständig neue Angebote im Onlineshop

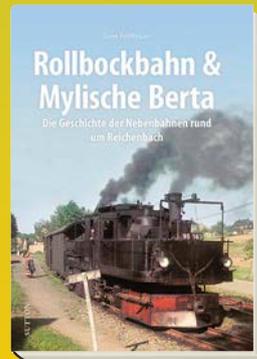
www.boettcher-modellbahntechnik.de

UNSER GROSSER VIELE TOP ANGEBOTE



**Jetzt
20,- €
sparen**

256 Seiten, ca. 320 Abb.
ISBN 978-3-96453-295-4
Jetzt € 25,00* statt € [D] 45,00



128 Seiten, ca. 140 Abb.
ISBN 978-3-96303-292-9
Jetzt € 9,99* statt € [D] 19,99



**Nochmal
stark
reduziert**

272 Seiten, ca. 650 Abb.
ISBN 978-3-96453-258-9
Jetzt € 9,99** statt € [D] 14,99



192 Seiten, ca. 350 Abb.
ISBN 978-3-96968-060-5
Jetzt € 5,99** statt € [D] 14,99



128 Seiten, ca. 180 Abb.
ISBN 978-3-96968-054-4
Jetzt € 5,99** statt € [D] 14,99



**Letzte
Exemplare
sichern**

192 Seiten, ca. 140 Abb.
ISBN 978-3-95613-056-4
Jetzt € 3,99** statt € [D] 4,99

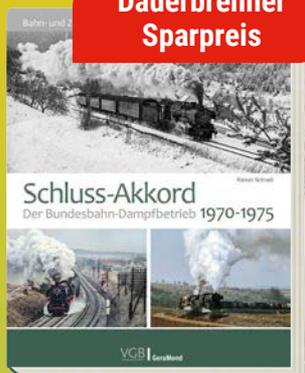


160 Seiten, ca. 250 Abb.
ISBN 978-3-96968-090-2
Jetzt € 7,99** statt € [D] 19,99



224 Seiten, ca. 300 Abb.
ISBN 978-3-96453-288-6
Jetzt € 25,00* statt € [D] 49,99

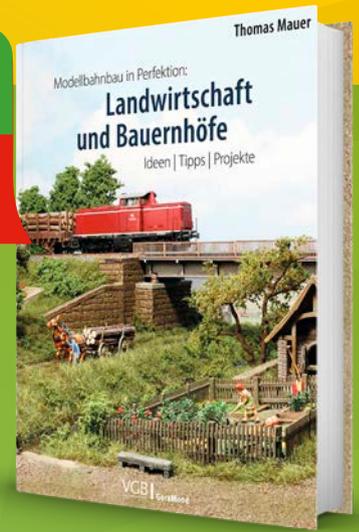
**Dauerbrenner
Sparpreis**



256 Seiten, ca. 450 Abb.
ISBN 978-3-96453-294-7
Jetzt € 29,99* statt € [D] 49,99

**50%
REDUZIERT**

144 Seiten, ca. 500 Abb.
ISBN 978-3-96453-543-6
Jetzt € 14,99* statt € [D] 26,99



LAGERVERKAUF! RADIKAL REDUZIERT



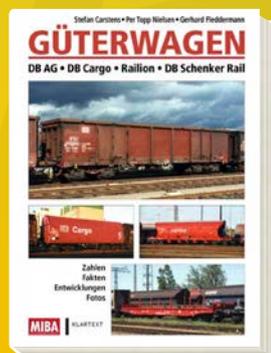
Jetzt
10,- €
sparen

256 Seiten, ca. 500 Abb.
ISBN 978-3-96453-292-3
Jetzt € 14,99**
statt € [D] 24,99

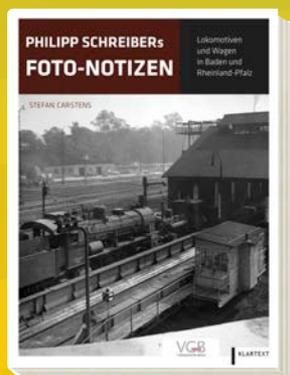


50%
REDUZIERT

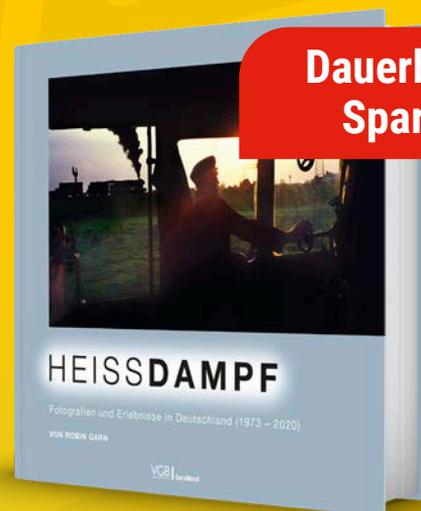
240 Seiten, ca. 350 Abb.
ISBN 978-3-96453-302-9
Jetzt € 25,00* statt € [D] 49,99



480 Seiten, ca. 900 Abb.
ISBN 978-3-96968-125-1
Jetzt € 14,99* statt € [D] 29,99



176 Seiten, ca. 250 Abb.
ISBN 978-3-96968-075-9
Jetzt € 4,99** statt € [D] 9,99



**Dauerbrenner
Sparpreis**

224 Seiten, ca. 220 Abb.
ISBN 978-3-96453-287-9
Jetzt € 19,99*
statt € [D] 49,99



60% REDUZIERT

192 Seiten, ca. 320 Abb.
ISBN 978-3-96968-092-6
Jetzt € 7,99** statt € [D] 19,99

Alle Angebote
nur solange der
Vorrat reicht!



Weitere exklusive Schnäppchen
Gleich bestellen unter www.verlagshaus24.com/sale-schiene

IMPRESSUM

Ausgabe MIBA-Spezial 153
 ISBN: 978-3-98702-216-6, Best.-Nr. 02216
 Chefredakteur: Martin Knaden (V.i.S.d.P.)
 Redaktion: Lutz Kuhl
 Autoren dieser Ausgabe: Maik Möritz,
 Uwe Stehr, Horst Meier, Markus Meier,
 Michael Weiß, Pit Karges, Guido Weckwerth
 Redaktionssekretariat: Barbara Forster
 Lektorat: Eva Littek (fr)
 Editorial Director: Michael Hofbauer
 Leitung Produktion Magazine: Grit Häußler
 Herstellung/Produktion: Sabine Springer
 Verlag: GeraMond Media GmbH
 Infanteriestraße 11a, 80797 München
 www.miba.de



Kaum eine Modellbahnanlage kommt ohne Bahnhöfe oder Haltepunkte aus. Wer sich bezüglich Planung und Gestaltung beim großen Vorbild umsieht, findet eine Vielzahl an Details, die sich auch im Modell wunderbar umsetzen lassen. *Foto: Celina Garofalo*

Bahnhöfe in Vorbild und Modell

Welche Arten von Bahnhöfen es gibt und wie man den richtigen Bahnhof für die Modellbahn findet, zeigen wir in der nächsten Spezialausgabe. Anhand konkreter Bahnhöfe und Haltepunkte werfen wir einen ausführlichen Blick auf die Gleisanlagen und die vorbildgetreue Ausstattung mit Signalen. Dabei kommen natürlich auch die betrieblichen Aspekte sowie die vorbildgetreue Nachbildung der Bahnanlagen und Gebäude nicht zu kurz.

MIBA-Spezial 154
 erscheint am 18. Juli 2025

Damit Sie die nächsten Ausgaben nicht verpassen: Scannen Sie einfach den QR-Code ①, um die nächsten beiden Ausgaben im günstigen Mini-Abo für nur € 12,90 portofrei zugeschickt zu bekommen. Sie haben die Hefte dann in Ihrem Briefkasten, noch bevor sie im Handel erhältlich sind, und sparen die Hälfte gegenüber dem Einzelverkaufspreis! Wenn Sie eine einzelne Ausgabe zugeschickt bekommen möchten, wählen Sie den QR-Code ②. Unter dem QR-Code ③ finden Sie rasch und unkompliziert Verkaufsstellen in Ihrer Nähe, an denen MIBA-Spezial erhältlich ist.



50 % sparen:
 Zwei Hefte
 für 12,90 Euro!
www.miba.de/spezial

© 2025 VGB VerlagsGruppeBahn GmbH, ISSN 0938-1775
 Gerichtsstand ist München

Die Zeitschrift und alle darin enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Durch Annahme eines Manuskripts erwirbt der Verlag das ausschließliche Recht zur Veröffentlichung. Alle Angaben in dieser Zeitschrift wurden vom Autor sorgfältig recherchiert sowie vom Verlag geprüft. Für die Richtigkeit kann jedoch keine Haftung übernommen werden. Für unverlangt eingesandtes Bild- und Textmaterial wird keine Haftung übernommen. Vervielfältigung, Speicherung und Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages. Jegliches automatisierte Auslesen, Analysieren oder systematische Erfassen der Inhalte dieses Druckerzeugnisses (Text- und Dataming) ist ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Rechteinhabers untersagt. Dies gilt insbesondere gemäß Artikel 4 der Richtlinie (EU) 2019/790 und den Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes (UrhG). Zuwiderhandlungen werden rechtlich verfolgt.

Kundenservice, Abo und Einzelheftbestellung

✉ MIBA Abo-Service,
 Postfach 1154, 23600 Bad Schwartau
 ☎ Tel.: 0 89/46 22 00 01
 Unser Service ist Mo.-Fr. 08.00-20.00 Uhr telefonisch erreichbar.
 ✉ E-Mail: service@verlagshaus24.com
 🌐 www.miba.de

Preise: Einzelheft 12,90 € (D), 14,20 € (A), 23,80 sFr (CH), 14,80 € (B, Lux), 15,90 € (NL), 17,40 € (P), 139,00 DKK (DK) (bei Einzelversand zzgl. Versandkosten), Jahres-Abopreis (6 Hefte) 75,00 € (inkl. gesetzlicher MwSt., im Ausland zzgl. Versand)

Abo bestellen unter: www.miba.de/abo

Die Abogebühren werden unter Gläubiger-Identifikationsnummer DE63ZZ00000314764 des GeraNova Bruckmann Verlagshauses eingezogen. Der Einzug erfolgt jeweils zum Erscheinungstermin der Ausgabe, der mit der Vorausgabe angekündigt wird. Den aktuellen Abopreis findet der Abonnent immer hier im Impressum. Die Mandatsreferenznummer ist die auf dem Adressetikett eingedruckte Kundennummer.

Erscheinen und Bezug: MIBA-Spezial erscheint 6-mal jährlich. Sie erhalten MIBA (Deutschland, Österreich, Schweiz, Belgien, Niederlande, Luxemburg, Portugal, Dänemark) im Bahnhofsbuchhandel, an gut sortierten Zeitschriftenkiosken sowie direkt beim Verlag.

Händler in Ihrer Nähe finden Sie unter www.mykiosk.de

Leserbriefe & -Beratung

✉ MIBA-Spezial, Infanteriestraße 11a, 80797 München
 ☎ +49 (0) 89 / 13 06 99-669
 ✉ redaktion@miba.de
 🌐 www.miba.de

Bitte geben Sie bei Zuschriften per Mail immer Ihre Postanschrift an.

Anzeigen

✉ anzeigen@verlagshaus.de
 Mediadaten: www.media.verlagshaus.de
 Es gilt die Anzeigenpreisliste vom 1.1.2025

Werden Sie zum SPEZIAListen



2 für
nur
€ 12,90
(statt € 25,80)

- ✓ **2für1-Angebot:**
Sie sparen die Hälfte!
- ✓ **Kein Risiko:** Sie können jederzeit kündigen!
- ✓ **Die MIBA Spezial-Hefte** kommen bequem frei Haus*

Gute Gründe, warum Sie MIBA Spezial lesen sollten

MIBA-Spezial ist die ideale Ergänzung für Ihr Hobby. Es berichtet sechsmal im Jahr über ausgewählte Bereiche der Modelleisenbahn und gibt Ihnen einen tieferen Einblick in die verschiedensten Spezialgebiete.

In gewohnter MIBA-Qualität zeigen Ihnen kompetente und erfahrene Autoren, was dieses Hobby auszeichnet. Verständliche Texte und hervorragendes Bildmaterial machen jedes MIBA-Spezial zu einem wertvollen Nachschlagewerk.

Überzeugen Sie sich jetzt von dieser Pflichtlektüre für den engagierten Modelleisenbahner und sparen Sie dabei noch jede Menge Geld.

Hier geht's
direkt zum Abo

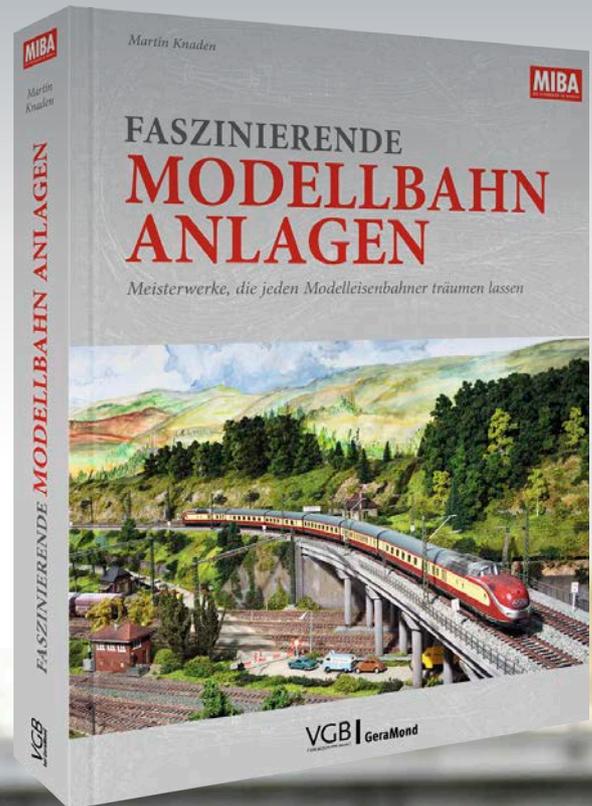


Wie geht es weiter? Wenn ich zufrieden bin und nicht abbestelle, erhalte ich MIBA Spezial ab dem dritten Heft bis auf Widerruf für € 12,50 pro Heft sechsmal im Jahr frei Haus (Jahresabo € 75,-).

Meisterwerke für Modelleisenbahner

Eine Sammlung der schönsten und abwechslungsreichsten Modellbahn-Anlagen, über die in der MIBA berichtet wurde. Ein Muss für jeden, der nicht genug von Modellbahn-Projekten der Extraklasse bekommen kann!

192 Seiten · ca. 400 Abb.
Best.-Nr. 02086
€ (D) 29,99



JETZT IN IHRER **BUCHHANDLUNG** VOR ORT
ODER DIREKT UNTER **WWW.VGBAHN.SHOP**

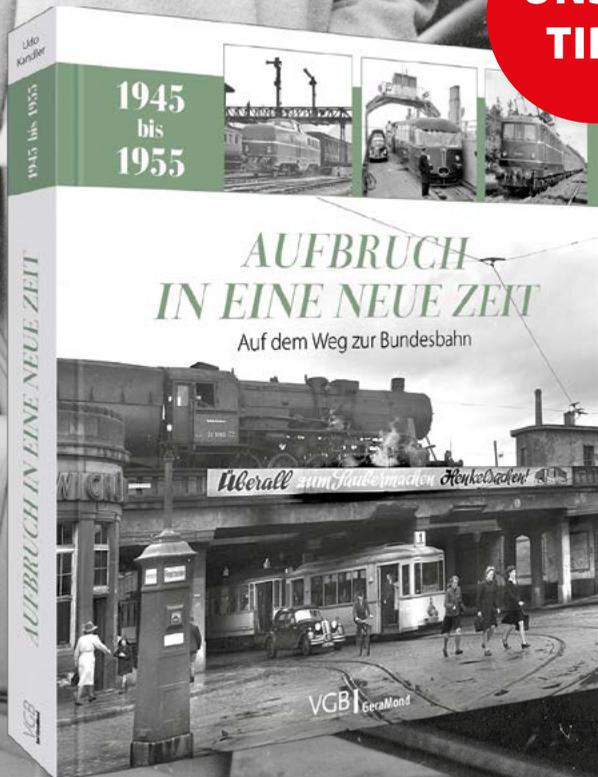
Mit einer Direktbestellung im Verlag oder dem Kauf im Buchhandel unterstützen Sie sowohl Verlage und Autoren als auch Ihren Buchhändler vor Ort.

VGB | GeraMond
[VERLAGSGRUPPE BAHN]

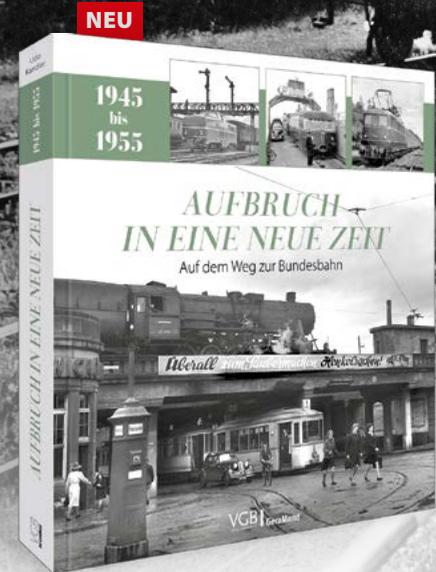
Eisenbahn | Modellbahn | Geschichte

DIE GANZE WELT DER EISENBAHN

**UNSER
TIPP**



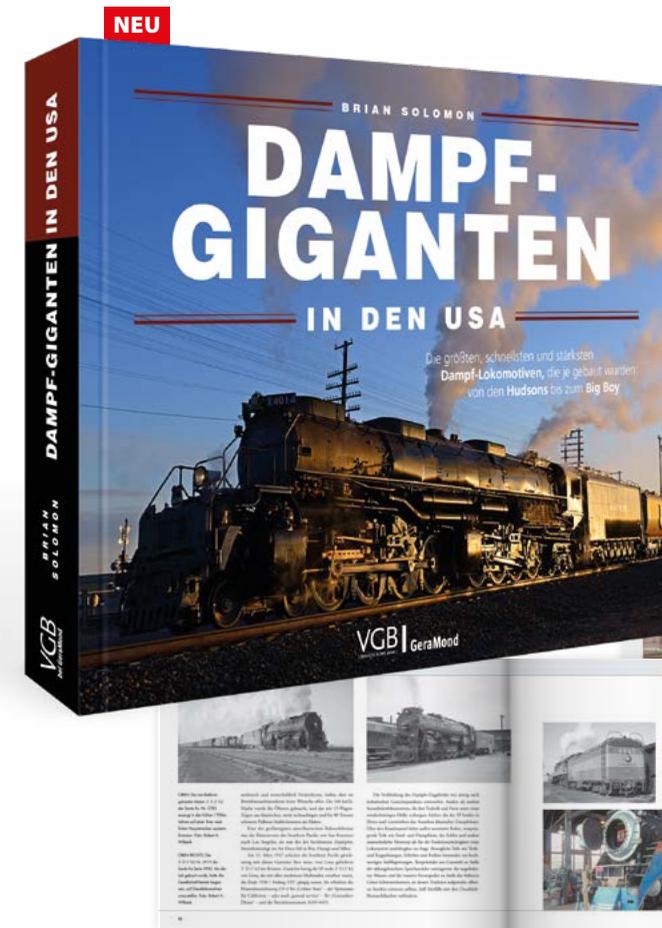
EISENBAHN IM WANDEL DER ZEIT



Einmalige Zeitdokumente von 1945 bis 1955 vom Wiederaufbau der Eisenbahn in den Westzonen Deutschlands, ab 1949 unter der Regie der Bundesbahn.
192 Seiten, ca. 250 Abb.
ISBN 978-3-98702-100-8
€ [D] 49,99 [ZUM BUCH](#)

» Wer sich mit dieser Epoche auseinandersetzt, wird das Buch sicher gerne in die Hand nehmen « *elektrolok*

UNTER DAMPF UND AUF SCHIENEN



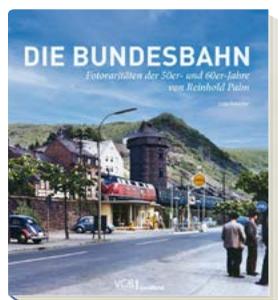
» Auch für Freunde deutscher Dampflokomotiven ein wichtiger und spannender Blick über den „Teich“. « *GDL Magazin VORRAUS*

Die Blütephase der Dampflokomotiven in den USA brachte der Eisenbahngeschichte legendäre Modelle, die noch heute begeistern. Umfangreiche Informationen über Technik und Einsatz der amerikanischen Dampf-Giganten mit ihren historischen Hintergründen ziehen mit erstklassigen Abbildungen jeden Eisenbahn-Fan in den Bann.

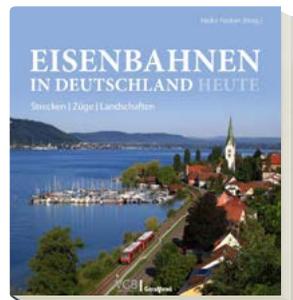
176 Seiten, ca. 280 Abb.
ISBN 978-3-98702-110-7
€ [D] 39,99 [ZUM BUCH](#)



Die preisgekrönten Farbfotografien von Reinhold Palm zeigen den Wandel der Bahn aus einer überraschenden Perspektive. Spannend!
240 Seiten, ca. 256 Abb.
ISBN 978-3-96807-999-8
€ (D) 59,- [ZUM BUCH](#)



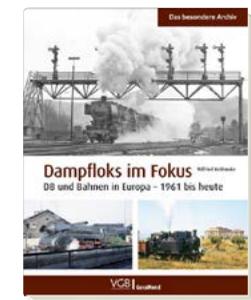
Ein weiterer, großformatiger Bildband mit Fotoraritäten von Reinhold Palm aus den 1950er- und 1960er-Jahren. Mit zahlreichen Farbaufnahmen.
240 Seiten, ca. 260 Abb.
ISBN 978-3-98702-001-8
€ [D] 59,- [ZUM BUCH](#)



Deutschlands vielfältige Bahnlandschaft – von der Insel Sylt bis zu den Alpen, vom Ruhrgebiet bis zur Oder – in beeindruckenden Bildern.
192 Seiten, ca. 180 Abb.
ISBN 978-3-96453-646-4
€ [D] 45,- [ZUM BUCH](#)



Am 7. Dezember 1835 rollte der »Adler« von Nürnberg nach Fürth: Das war der Beginn der deutschen Eisenbahn. Was seither passierte? Lesen Sie selbst!
192 Seiten, ca. 350 Abb.
ISBN 978-3-96453-596-2
€ [D] 29,99 [ZUM BUCH](#)



Der reich bebilderte fachbiographische Bildband nimmt die Leser mit auf die interessantesten Fototouren des Autors in Deutschland sowie im Ausland.
240 Seiten, ca. 380 Abb.
ISBN 978-3-96453-597-9
€ (D) 49,99 [ZUM BUCH](#)



Bahnexperte Ingo Thiele präsentiert 180 faszinierende Fotografien, die den Einsatz der legendären Dampflokomotiven in Sachsen-Anhalt dokumentieren.
128 Seiten, ca. 180 Abb.
ISBN 978-3-96303-282-0
€ (D) 19,99 [ZUM BUCH](#)



Auf 12 Zahnradbahnen in Europa, insbesondere in den Alpen werden heute noch Dampflokomotiven eingesetzt. Das Buch porträtiert Loks und Strecken.
128 Seiten, ca. 160 Abb.
ISBN 978-3-96453-656-3
€ (D) 24,99 [ZUM BUCH](#)



Auf tiefgründige aber auch unterhaltsame Weise stellt das Werk Rekorde, Unbekanntes und Kurioses rund um Dampflokomotiven vor.
192 Seiten, ca. 100 Abb.
ISBN 978-3-96453-250-3
€ (D) 14,99 [ZUM BUCH](#)

TECHNISCHE RAFFINESSE UND EINZIGARTIGE AUFNAHMEN

ZEITREISE AUF BERLINER SCHIENEN



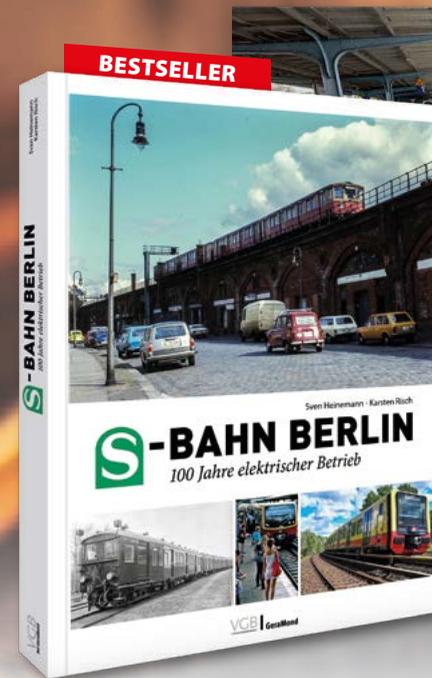
» **Großer Bahnhof für fantastische Luftbilder!** « *Cellesche Zeitung*

Einzigartige Aufnahmen der berühmtesten deutschen Pressebildagentur, Ullstein Bild, lassen die Geschichte der Eisenbahn lebendig werden.

192 Seiten, ca. 150 Abb.
ISBN 978-3-95613-083-0
€ (D) 39,99 [ZUM BUCH](#)

Spektakuläre Fotografien, aufgenommen aus atemberaubenden Perspektiven, zeigen Deutschlands Eisenbahn, wie man sie noch nicht gesehen hat. – Jetzt als Sonderausgabe.

192 Seiten, ca. 170 Abb.
ISBN 978-3-96453-087-5
€ (D) 29,99 [ZUM BUCH](#)



Der Elektrobetrieb der S-Bahn Berlin begann 1924. Das attraktiv bebilderte Buch über die 100-jährige Geschichte wendet sich an ein breites Publikum.

192 Seiten, ca. 300 Abb.
ISBN 978-3-98702-059-9
€ (D) 34,99 [ZUM BUCH](#)



150 Jahre Ringbahn Berlin. Das Standardwerk zur bedeutenden Bahnstrecke der Hauptstadt, die von der S-Bahn, dem Güter- und Fernverkehr genutzt wird.

336 Seiten, ca. 400 Abb.
ISBN 978-3-96453-300-5
€ (D) 50,- [ZUM BUCH](#)



Aussehen, Bedeutung und Standorte aller Signale deutscher Eisenbahnen in einem Nachschlagewerk erklärt: faktengenau und fachkundig.

160 Seiten, ca. 400 Abb.
ISBN 978-3-98702-031-5
€ (D) 19,99 [ZUM BUCH](#)



Das topaktuelle Handbuch aller Lokomotiven der Deutschen Bahn und deutscher Privatbahnen. Übersichtlich, umfangreich – und unverzichtbar!

160 Seiten, ca. 200 Abb.
ISBN 978-3-95613-033-5
€ (D) 19,99 [ZUM BUCH](#)



Der praktische Typenatlas porträtiert aktuelle deutsche Triebwagen – zur einfachen Orientierung und zum schnellen Technikvergleich.

160 Seiten, ca. 200 Abb.
ISBN 978-3-96453-561-0
€ (D) 24,99 [ZUM BUCH](#)



Die große Typenvielfalt der heute von den österreichischen Bahnverwaltungen eingesetzten Triebfahrzeuge belegen die zahlreichen Porträts.

192 Seiten, ca. 190 Abb.
ISBN 978-3-96453-541-2
€ (D) 24,99 [ZUM BUCH](#)



Großenteils unveröffentlichte Fotos, meist farbig, führen den abwechslungsreichen Eisenbahnbetrieb im geteilten Berlin in den 1980ern vor Augen.

144 Seiten, ca. 170 Abb.
ISBN 978-3-96453-544-3
€ (D) 32,99 [ZUM BUCH](#)



Die Weichen sind gestellt: für eine Zeitreise durch die Eisenbahnhistorie Berlins von 1838 bis heute. Faktenreich beschrieben, faszinierend bebildert.

168 Seiten, ca. 200 Abb.
ISBN 978-3-86245-297-2
€ (D) 34,99 [ZUM BUCH](#)



Einst und Jetzt: Ein Buch über die dramatischen Veränderungen beim schienenengebundenen Verkehr in Berlin seit dem Zweiten Weltkrieg.

144 Seiten, ca. 275 Abb.
ISBN 978-3-96453-297-8
€ (D) 29,99 [ZUM BUCH](#)



Ingo Thiele präsentiert 190 faszinierende Fotografien, die den Einsatz der legendären Dampflokomotiven bei der Reichsbahn Ost-Berlin dokumentieren.

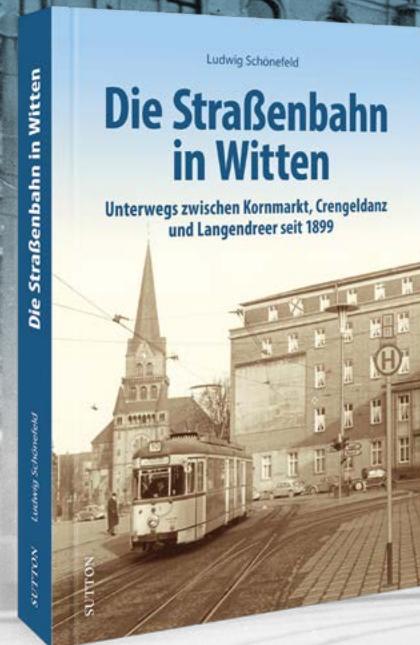
128 Seiten, ca. 190 Abb.
ISBN 978-3-96303-382-7
€ (D) 22,99 [ZUM BUCH](#)

AUF SCHIENEN DURCH DIE HEIMAT

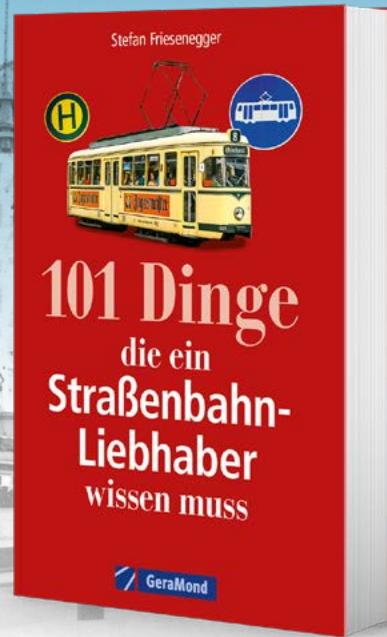
» Das Buch sei jedem empfohlen, der sich für die Ortsgeschichte interessiert.« *Witten transparent*

» Ob als Einstieg oder Zusammenfassung wichtiger Fakten – das Buch macht vieles besser als vergleichbare Bände.« *Michael Seiler, Blogger*

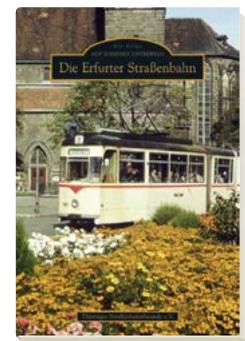
Spannende Geschichten auch für Ihre Region



Ludwig Schönefeld präsentiert in diesem Band faszinierende Fotografien aus 125 Jahren Wittener Straßenbahnhistorie.
160 Seiten, ca. 190 Abb.
ISBN 978-3-96303-544-9
€ [D] 29,99 [ZUM BUCH](#)



101 informativ-witzige Fakten über den städtischen Nahverkehr: von der Cable Car bis zur Light Rail.
192 Seiten, ca. 120 Abb.
ISBN 978-3-95613-038-0
€ [D] 15,99 [ZUM BUCH](#)



Dieser faszinierende Bildband zeigt auf über 200 historischen Fotografien die Inbetriebnahme und Geschichte der Straßenbahn in Erfurt.
144 Seiten, ca. 250 Abb.
ISBN 978-3-86680-250-6
€ [D] 22,99 [ZUM BUCH](#)



Rund 200 beeindruckende Fotografien dokumentieren die lange und wechselvolle Geschichte der Kieler Straßenbahn zwischen 1881 und 1985.
128 Seiten, ca. 200 Abb.
ISBN 978-3-96303-243-1
€ [D] 22,99 [ZUM BUCH](#)



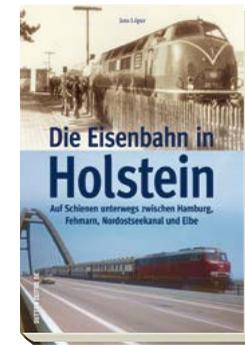
Rund 150 Aufnahmen dokumentieren den abwechslungsreichen Stadtbahn- und Omnibusbetrieb in der thüringischen Landeshauptstadt seit 2000.
96 Seiten, ca. 150 Abb.
ISBN 978-3-96303-432-9
€ [D] 22,99 [ZUM BUCH](#)



Rund 200 beeindruckende Aufnahmen dokumentieren den Betriebsalltag der Leipziger Straßenbahnen in den 80er-Jahren.
128 Seiten, ca. 200 Abb.
ISBN 978-3-96303-249-3
€ [D] 19,99 [ZUM BUCH](#)



Stefan Wittich dokumentiert in diesem reich bebilderten Band eindrucksvoll die wechselvolle Geschichte des Eisenbahnknotens Selzthal.
160 Seiten, ca. 200 Abb.
ISBN 978-3-96303-531-9
€ [D] 29,99 [ZUM BUCH](#)



Historische Fotografien zeigen Haupt- und Nebenbahnen, stillgelegte Strecken, typische Fahrzeuge und seltene Aufnahmen des Transitverkehrs.
128 Seiten, ca. 160 Abb.
ISBN 978-3-96303-473-2
€ [D] 22,99 [ZUM BUCH](#)



Ingo Thiele präsentiert 220 zumeist unveröffentlichte Bilder, die den Einsatz der Dampfzüge in Sachsen in den 60er- bis 2000er-Jahren dokumentieren.
160 Seiten, ca. 220 Abb.
ISBN 978-3-96303-503-6
€ [D] 29,99 [ZUM BUCH](#)



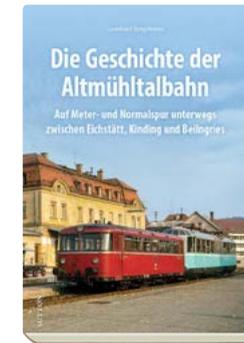
Beeindruckende Aufnahmen dokumentieren den abwechslungsreichen Betrieb auf den Hauptbahnen in Nordrhein-Westfalen seit 1980.
128 Seiten, ca. 140 Abb.
ISBN 978-3-96303-426-8
€ [D] 24,99 [ZUM BUCH](#)



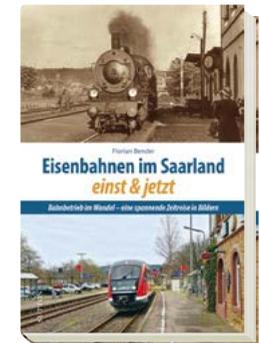
Rund 150 beeindruckende Aufnahmen dokumentieren die spannende Geschichte und Entwicklung des Eisenbahnverkehrs in Nordfriesland.
128 Seiten, ca. 150 Abb.
ISBN 978-3-96303-534-0
€ [D] 24,99 [ZUM BUCH](#)



Rund 170 Aufnahmen dokumentieren eindrucksvoll den vielfältigen Schienenverkehr in der Pfalz. Ein Muss für Eisenbahn- und Technikinteressierte.
128 Seiten, ca. 170 Abb.
ISBN 978-3-96303-395-7
€ [D] 24,99 [ZUM BUCH](#)



Rund 170 zumeist unveröffentlichte historische Aufnahmen dokumentieren die Geschichte der legendären Altmühltalbahn zwischen Eichstätt und Kinding.
160 Seiten, ca. 170 Abb.
ISBN 978-3-96303-158-8
€ [D] 29,99 [ZUM BUCH](#)



55 Gegenüberstellungen alter und neuer Aufnahmen zeigen den Wandel auf den Strecken von Homburg nach Merzig und von Saarbrücken nach St. Wendel.
128 Seiten, ca. 128 Abb.
ISBN 978-3-96303-339-1
€ [D] 24,99 [ZUM BUCH](#)



Die Geschichte der Bahnstrecke zwischen Wassertrüdingen und Hof – von den Anfängen bis in die Gegenwart, reich bebildert und kurzweilig.
128 Seiten, ca. 150 Abb.
ISBN 978-3-96303-383-4
€ [D] 24,99 [ZUM BUCH](#)



Mit zahlreichen bisher unveröffentlichten Fotografien dokumentiert dieser Bildband die 150-jährige Geschichte des traditionsreichen Ausbesserungswerks.
160 Seiten, ca. 200 Abb.
ISBN 978-3-96303-569-2
€ [D] 29,99 [ZUM BUCH](#)



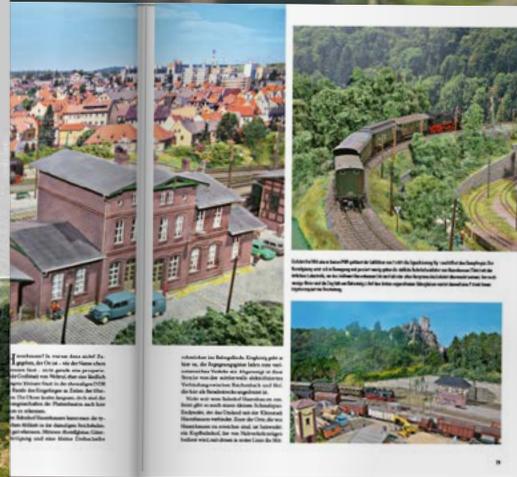
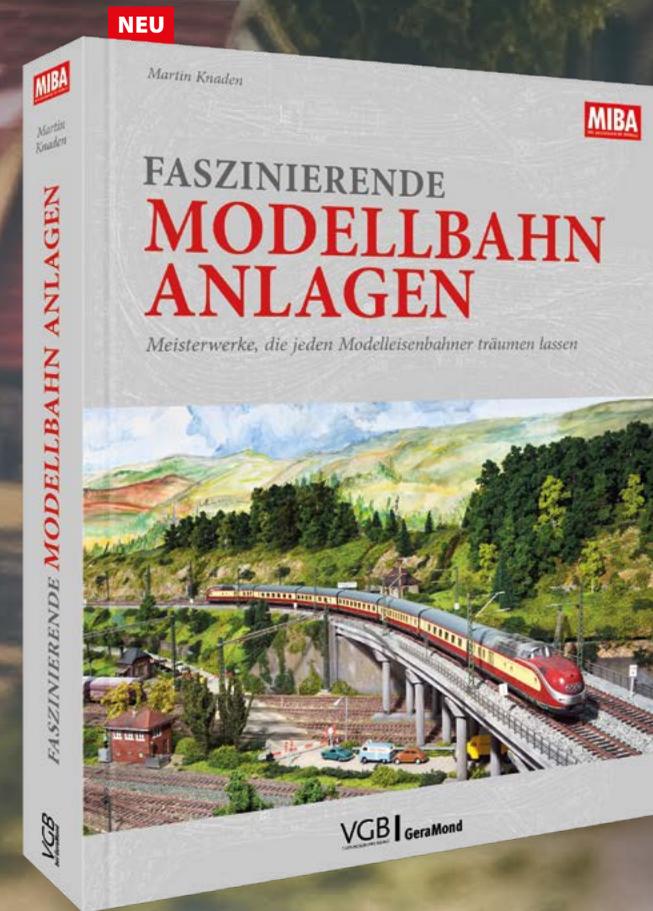
Rund 130 Aufnahmen dokumentieren die Geschichte der Rheinischen Eisenbahngesellschaft und die Nutzung der Strecken bis in die Gegenwart.
160 Seiten, ca. 130 Abb.
ISBN 978-3-96303-463-3
€ [D] 29,99 [ZUM BUCH](#)



Rund 160 überwiegend unveröffentlichte Aufnahmen dokumentieren die spannende Geschichte der Borkumer Inselbahn von den Anfängen bis heute.
128 Seiten, ca. 160 Abb.
ISBN 978-3-96303-425-1
€ [D] 24,99 [ZUM BUCH](#)

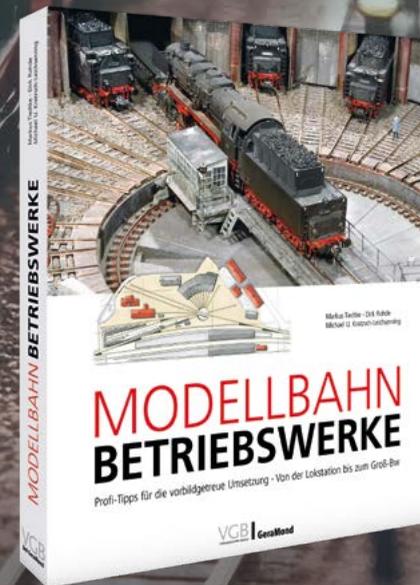
KLEINE WELTEN GROSSE LEIDENSCHAFT

MEISTERWERKE IM KLEINFORMAT



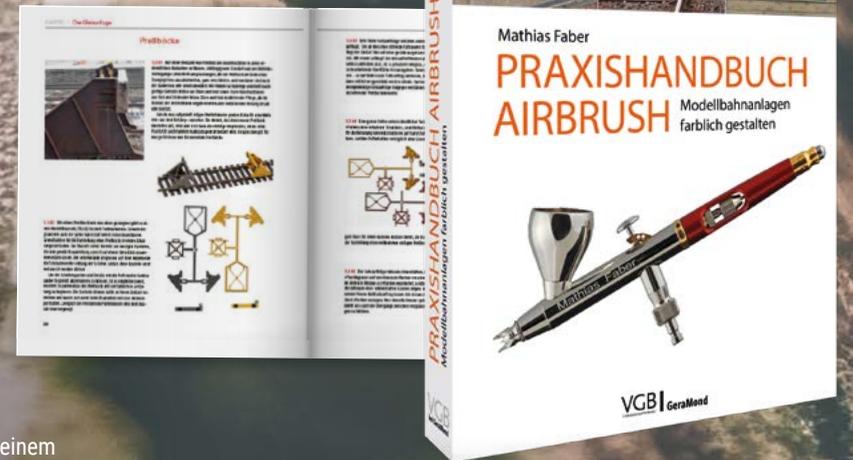
In diesem Buch versammelt Chefredakteur Martin Knaden die schönsten, spannendsten und abwechslungsreichsten Modellbahn-Anlagen, über die in der MIBA berichtet wurde. Ein Muss für jeden Modellbahn-Aficionado, der nicht genug bekommen kann von Modellbahn-Projekten der Extraklasse!

192 Seiten · ca. 500 Abb.
ISBN 978-3-98702-086-5
€ [D] 29,99 [ZUM BUCH](#)



Wirklich komplett ist die Modellbahnanlage erst mit einem realistischen Betriebswerk. Der umfassende Leitfaden zeigt, wie Planung und Bau gelingen.

144 Seiten · ca. 350 Abb.
ISBN 978-3-96453-674-7
€ [D] 24,99 [ZUM BUCH](#)



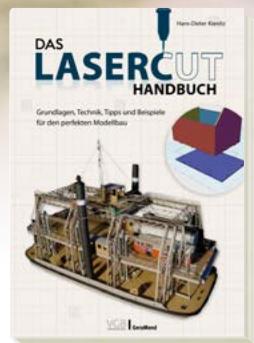
Beim Farbauftrag auf der Modellbahnanlage spielt der Airbrush eine zentrale Rolle. Was geht dort mit dem Airbrush, wie geht es, wo wird es spannend?

168 Seiten · ca. 330 Abb.
ISBN 978-3-96453-603-7
€ [D] 29,99 [ZUM BUCH](#)



Nützliches Wissen rund um die Modellbahn: 101 wichtige, interessante oder amüsante Fakten. Beste Unterhaltung für jeden Modellbahner!

192 Seiten, ca. 120 Abb.
ISBN 978-3-95613-064-9
€ [D] 15,99 [ZUM BUCH](#)



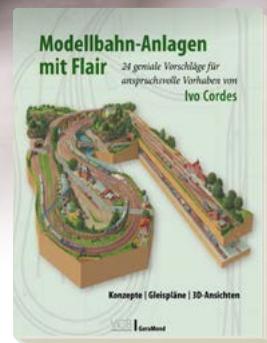
Das Handbuch für Einsteiger und Fortgeschrittene. Lasercut wird im Modellbau immer wichtiger, da inzwischen auch preiswertere Geräte angeboten werden.

160 Seiten, ca. 300 Abb.
ISBN 978-3-98702-010-0
€ [D] 29,99 [ZUM BUCH](#)



25 illustrierte Entwürfe zu Modellbahnanlagen – mit detaillierten Plänen, Schaubildern, Skizzen und Hinweisen zur Betriebsabwicklung.

128 Seiten, ca. 220 Abb.
ISBN 978-3-98702-000-1
€ [D] 34,99 [ZUM BUCH](#)



24 Projekte und Planungen für etwas anspruchsvollere Anlagen mit detaillierten Plänen, Schaubildern, Skizzen sowie Hinweisen zur Betriebsabwicklung.

128 Seiten, ca. 220 Abb.
ISBN 978-3-96453-362-3
€ [D] 34,99 [ZUM BUCH](#)



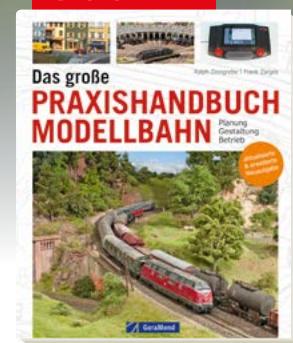
Eine perfekt gestaltete Landschaft macht die Modellbahn-Anlage erst vollständig. Thomas Mauer zeigt, wie es geht.

128 Seiten, ca. 400 Abb.
ISBN 978-3-98702-022-3
€ [D] 27,99 [ZUM BUCH](#)



Cleverer Digitalprojekte zum Nachbauen für die H0-Modellbahn. Mit genauen Stücklisten und Schritt-für-Schritt-Anleitungen.

128 Seiten, ca. 260 Abb.
ISBN 978-3-96453-604-4
€ [D] 28,99 [ZUM BUCH](#)



Hier findet der Modellbahner alles für seine Leidenschaft. Tipps und Tricks vom Profi, gut umsetzbar und leicht verständlich erläutert.

192 Seiten, ca. 350 Abb.
ISBN 978-3-96453-070-7
€ [D] 32,99 [ZUM BUCH](#)



Herstellerunabhängig werden die digitalen Komponenten – vom Decoder bis zur Zentrale – detailliert und leicht verständlich erläutert.

128 Seiten, ca. 290 Abb.
ISBN 978-3-96968-013-1
€ [D] 24,99 [ZUM BUCH](#)

EINE FAHRKARTE INS ABENTEUER

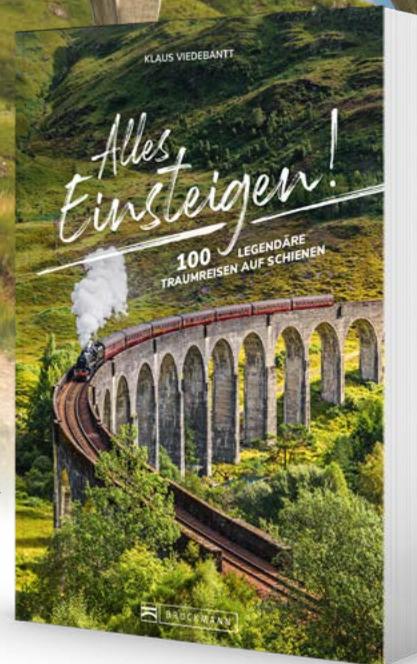
VIELFÄLTIGE BLICKWINKEL AUF DIE WELT DER ZÜGE



Europa im Nachtzug entdecken: Bequem reisen, während man schläft. Tipps, Routen und Abenteuer für unvergessliche Zugfahrten quer durch den Kontinent.

224 Seiten, ca. 230 Abb.
ISBN 978-3-7343-3162-6
€ (D) 19,99

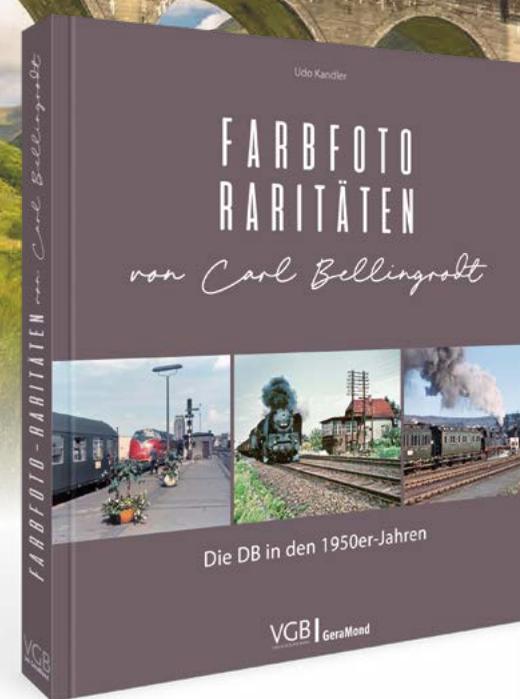
[ZUM BUCH](#)



Spannende Nah- und Fernreisen mit legendären Luxuszügen und nostalgischen Dampfloks unterhaltsam, informativ und bildreich präsentiert.

288 Seiten, ca. 200 Abb.
ISBN 978-3-7343-1200-7
€ (D) 27,99

[ZUM BUCH](#)

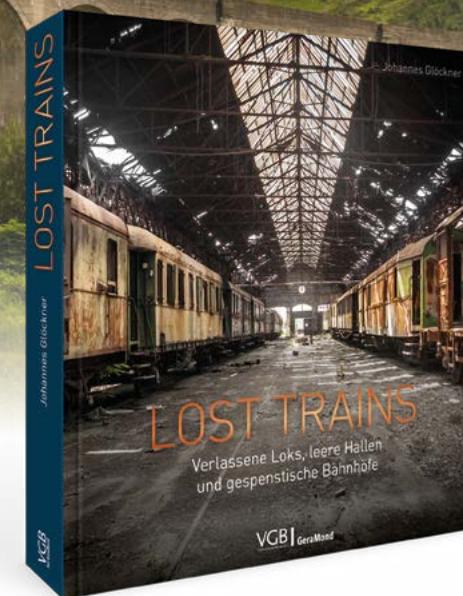


200 Farbbilder aus dem Archiv des bekannten Fotografen Carl Bellingrodt zeigen den abwechslungsreichen Bahnbetrieb bei der DB in den 1950er-Jahren.

192 Seiten, ca. 200 Abb.
ISBN 978-3-96453-643-3
€ (D) 49,99

[ZUM BUCH](#)

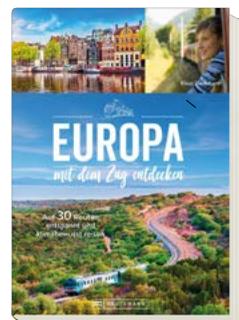
» Ein einprägsamer Bildband für alle eingefleischten Bahnfans.« *Buchjournal*



Die Eisenbahn hat eine große Vergangenheit, die zum Träumen einlädt – angeregt durch aufregende Aufnahmen von verlassenen Bahnhöfen oder rostigen Loks.

192 Seiten, ca. 190 Abb.
ISBN 978-3-96453-252-7
€ (D) 39,99

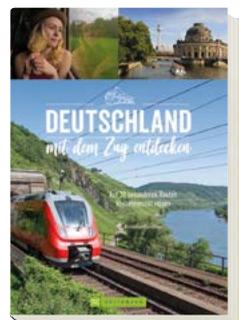
[ZUM BUCH](#)



Nachhaltig unterwegs auf 30 besonderen Zugrouten durch Europa. Ein schönes Erlebnis für die Reisenden – und fürs Klima!

224 Seiten, ca. 230 Abb.
ISBN 978-3-7343-2520-5
€ (D) 19,99

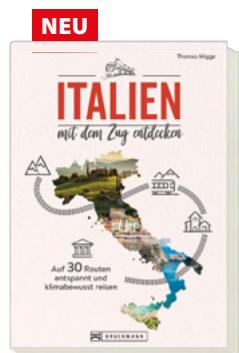
[ZUM BUCH](#)



Vom Schwarzwald bis zur Marschbahn: Dieser Reiseführer enthält Touren für Entdecker und verspricht neben nachhaltigem Reisen vor allem viel Vergnügen.

240 Seiten, ca. 280 Abb.
ISBN 978-3-7343-2337-9
€ (D) 19,99

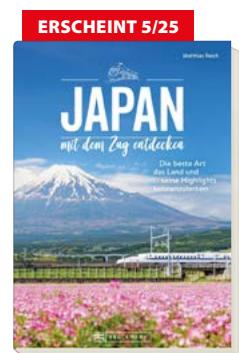
[ZUM BUCH](#)



Staufrei, umweltbewusst und völlig entspannt durch Italien: So geht echter Urlaub! 30 erlebnisreiche Zugrouten durch Italien.

224 Seiten, ca. 230 Abb.
ISBN 978-3-7343-3087-2
€ (D) 19,99

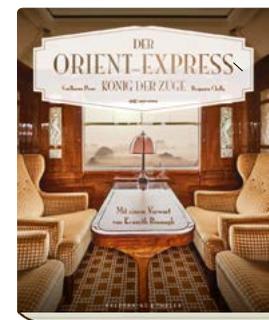
[ZUM BUCH](#)



Entdecke Japan im Zug: Mit dem Shinkansen, durch die Alpen mit der Hida-Bahn oder entlang der Küste auf der Noto-Halbinsel.

224 Seiten, ca. 230 Abb.
ISBN 978-3-7343-3186-2
€ (D) 22,99

[ZUM BUCH](#)



Der Orient-Express – Maschine und Mythos, Luxus und Legende. Tauchen Sie ein in eine Welt, in der das Reisen noch mondän war.

256 Seiten, ca. 200 Abb.
ISBN 978-3-95416-296-33
€ (D) 49,99

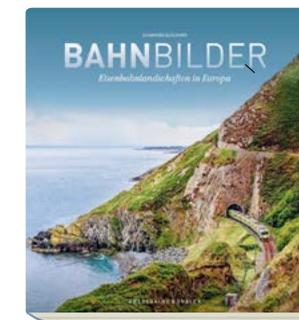
[ZUM BUCH](#)



Eine Geschichte der Eisenbahntechnik und des Luxus: anhand der schönsten Züge, die als Paläste auf Schienen rund um den Globus verkehren.

256 Seiten, ca. 200 Abb.
ISBN 978-3-95416-400-4
€ (D) 49,99

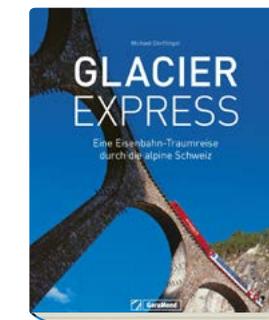
[ZUM BUCH](#)



Auf Schienen die landschaftliche Vielfalt Europas erleben: ein Bildband, der Reisesehnsüchte weckt. Nicht nur für Eisenbahnfans.

192 Seiten, ca. 150 Abb.
ISBN 978-3-95416-402-8
€ (D) 39,99

[ZUM BUCH](#)



Züge, Stationen, Landschaft: Brillante Aufnahmen und informative Texte erzählen von einer fantastischen Bahnreise durch die Schweizer Alpen.

168 Seiten, ca. 210 Abb.
ISBN 978-3-98702-029-2
€ (D) 24,99

[ZUM BUCH](#)

Diese und weitere Titel finden Sie hier [hier](#). ←

BAHNFASZINATION AUF JEDER SEITE

FACHZEITSCHRIFTEN FÜR DEN EISENBAHNFAN



Faszination TT
In unserem zweiten TT-Spezial widmen wir uns nicht nur den Anlagenportraits einiger Meisterwerke begnadeter Modellbauer sondern geben auch zahlreiche Tipps, wie Sie Ihre Anlage mit geringen Mitteln verbessern können.

100 Seiten
ISBN 978-3-98702-067-4
€ (D) 12,90

ZUR ZEITSCHRIFT

Schmalspur-Zauber einst und jetzt
Diese Sonderausgabe entführt Sie in die faszinierende Welt der Schmalspurbahnen Österreichs - so wie sie einst waren und so wie man sie heute noch erleben kann

116 Seiten
ISBN 978-3-98702-124-4
€ (D) 14,90

ZUR ZEITSCHRIFT



Längst haben sich neben dem Schienenverkehr auch Autominiaturen auf der Modellbahnanlage etabliert. Epochengerechte Darstellungen mit Straßen, Fahrzeugen und Technik lassen Anlagen auch neben den Gleisen lebendig werden.

100 Seiten
ISBN 978-3-98702-173-2
€ (D) 12,90

ZUR ZEITSCHRIFT



Digitaltechnik im Wandel, perfektes Zubehör, neue Techniken, angesagte Gleissysteme, Tipps für Gebäudeinneneinrichtung.

100 Seiten
ISBN 978-3-98702-114-9
€ (D) 12,90

ZUR ZEITSCHRIFT



Installation, verschiedene Typen der Sound-Decoder sowie Tipps & Tricks für die beste Performance. Lothar Seel zeigt, wie man Bremsmakro konfiguriert und vieles mehr.

84 Seiten
ISBN 978-3-98702-174-9
€ (D) 12,90

ZUR ZEITSCHRIFT



Neuheiten-Report 2025
177 Hersteller, über 600 Fotos: Die Experten von MIBA und Eisenbahn magazin präsentieren alle Fahrzeug-, Zubehör- und Technik-Neuheiten, auf die sich Modellbahner 2025 freuen dürfen

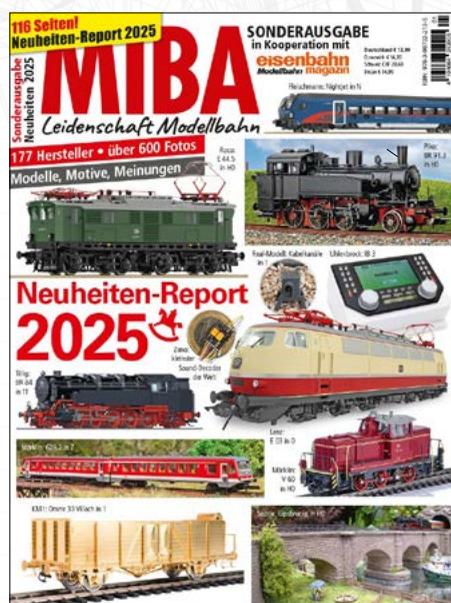
116 Seiten
ISBN 978-3-98702-213-5
€ (D) 12,90

ZUR ZEITSCHRIFT

Das Sonderheft Modellbahn digital 2025
bietet wertvolle Tipps zur optimalen Motoransteuerung und zeigt Lösungen zur Behandlung von Lok- und Gleisschmutz. Zudem wird ein Einstieg in die BiDiB-Technologie geboten.

100 Seiten
ISBN 978-3-98702-214-2
€ (D) 12,90

ZUR ZEITSCHRIFT



Licht, Sound und Bewegung
100 Seiten
ISBN 978-3-98702-172-5
€ (D) 12,90

ZUR ZEITSCHRIFT

Traumanlage in HO
100 Seiten
ISBN 978-3-98702-184-8
€ (D) 12,90

ZUR ZEITSCHRIFT

DB E03 mit Gratis-DVD
100 Seiten
ISBN 978-3-98702-193-0
€ (D) 12,90

ZUR ZEITSCHRIFT

S-Bahn Berlin
100 Seiten
ISBN 978-3-98702-125-1
€ (D) 13,90

ZUR ZEITSCHRIFT

MEHR ZEIT für mein Hobby

JETZT EINSTEIGEN UND 1 AUSGABE GRATIS TESTEN

Wählen Sie Ihr Wunsch-Magazin und starten Sie mit Ihrer brandaktuellen Wunsch-Ausgabe*



Gratis

Das Spiegelbild der Geschichte

Mit dem kompletten Modellbahn-Neuheitenüberblick - einfach mal reinschnuppern.

[ZUR ZEITSCHRIFT](#)



Gratis

Mehr Wissen, mehr Spaß!

Perfekte Inspiration für Ihre eigene Anlage - kostenfrei und unverbindlich!

[ZUR ZEITSCHRIFT](#)

MEB und MIBA starten mit frischem Erscheinungsbild in das Jahr 2025

Ohne Risiko testen

101 DINGE ...

Jetzt Ihre Lieblingstitel versandkostenfrei bestellen!*



Rekorde, Unbekanntes und Kurioses rund um die Eisenbahn.

978-3-95613-028-1
192 Seiten, ca. 120 Abb.
€ [D] 16,99

[ZUM BUCH](#)



Die lang erwartete Fortsetzung von Frieseneggers Bestseller.

978-3-96453-284-8
192 Seiten, ca. 110 Abb.
€ [D] 16,99

[ZUM BUCH](#)



Alles zur Eisenbahn der DDR - faktenreich und unterhaltsam!

978-3-86245-164-7
192 Seiten, ca. 100 Abb.
€ [D] 14,99

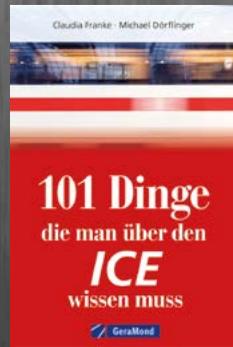
[ZUM BUCH](#)



Das Wichtigste, Unbekanntes und Kurioses rund um Bahnhöfe.

978-3-96453-575-7
192 Seiten, ca. 100 Abb.
€ [D] 16,99

[ZUM BUCH](#)



Rekorde, Unbekanntes und Kurioses zum deutschen Hochgeschwindigkeitszug.

978-3-96453-310-4
192 Seiten, ca. 100 Abb.
€ [D] 16,99

[ZUM BUCH](#)



Alles über das DB-Museum in Nürnberg und dem ältesten Eisenbahnmuseum der Welt.

978-3-95613-459-3
192 Seiten, ca. 90 Abb.
€ [D] 14,99

[ZUM BUCH](#)

*Kostenloser Versand ab 5 € Bestellwert innerhalb Deutschlands (außer Kalender); ansonsten 3,95 € Portokosten, ins Ausland abweichend. Für Abonnements-Bestellungen werden keine Versandkosten berechnet.

GeraMond