



**Eigenbau:  
Bergepanther in 1:16**

## Herzensprojekt

**EIGENBAU**



Anbaugeräte für  
den PB 100 4F Park

**PRODUKT-TIPP**



Trailerboard Premium  
542 von Premacon



Eine Werkbank wird  
zur CNC-Maschine

**GRUNDLAGEN**



Servo-Wissen  
kompakt

**PORTRÄT**



Wolfgang Haring  
von Kraftwerk



Umbau: Vom LEGO-  
Bagger zur Raupe



Ausgabe 2/2021  
Januar bis März 2021  
D: € 12,00  
A: € 13,20 + CH: sFr 18,90  
NL: € 14,40 + L: € 13,80

# Ausgestattet

## Anbaugeräte für den PistenBully 100 4F Park

Erst die Anbaugeräte wie Räumschild und Heckfräse machen eine Pistenraupe zu einem echten Arbeitsgerät. Und sorgen damit für Herausforderungen sowie jede Menge Spaß beim Einsatz im Schnee. Im ersten Teil in RAD & Kette 1/2021 widmete sich Dr. Albert Türtscher dem Aufbau des Fahrgestells und der Raupe an sich. Nun geht es um die Anbaugeräte.

Von Dr. Albert Türtscher



Nicht nur das Original ist imposant



Das Räumschild ist voll beweglich wie beim Original angelegt



### KLICK-TIPPS

Video vom Fahrtstest:  
<https://youtu.be/uliUkCueb2Y>  
 Website Walser Pistenraupenmodellbau  
[www.pistenraupen.com](http://www.pistenraupen.com)

Nachdem mein Modell nun fertiggestellt war, konnte ich mich um die Anbaugeräte kümmern. Um den vollen Funktionsumfang des Zwölf-Wege Schilds umzusetzen, griff ich wieder auf Hydraulik zurück. Die wichtigste und daher auch bei jedem Pistenraupen-Modell umgesetzte Funktion ist das Heben und Senken des Schilds. Im Gegensatz zu Baumaschinen ist das Schild über einen Kugelgelenkkopf mit dem Schubrahmen verbunden. Daher kann es dreidimensional auch um die Längs-, Quer- und Hochachse bewegt werden. Diese Funktionen nennt man Schwenken, Neigen und Tilten. Zusätzlich kann jedes der beiden Seitenteile ein- und ausgeklappt werden. Das sind insgesamt sechs Steuerfunktionen und somit zwölf Wege und damit auch deutlich mehr Bewegungsmöglichkeiten, als die meisten Baumaschinen bieten. Entsprechend aufwändig und teuer wird auch die Hydraulikanlage.

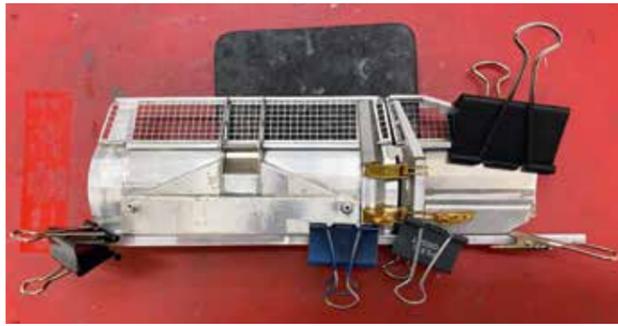
### Die Besonderheiten der Parkversion

Bei den Parkversionen wird der Neigungszyylinder nicht – wie sonst üblich – oben an der Fahrwerkswanne befestigt, sondern direkt am Schubrahmen. Damit fällt zwar die Parallelogramm-Führung weg, die beim Anheben des Schildes für die bequeme Beibehaltung des Schnittwinkels sorgt, aber es ergibt sich ein deutlich größerer Bewegungsreichbereich des Schilds. Und genau dieser ist beim Shapen von Hindernissen von Vorteil. Beim PB 100 Park ist zudem das Schild stabiler ausgeführt und der Schubrahmen erhält zwei Hubzylinder. Wie bereits im ersten Teil erwähnt, gibt es für den PB 100 verschiedene Kettenbreiten, und entsprechend ist auch das Schild in zwei Breiten erhältlich.

Auf den mir zur Verfügung gestellten 3D-Daten war nur das Schild der Basisversion enthalten, aber ich hatte bei der Kässbohrer-Niederlassung in Grand Junction, Colorado, die Möglichkeit, das Parkschild abzumessen und zu fotografieren. Damit war eine maßstäblich korrekte Umsetzung möglich. Beim Aufbau des Schilds hielt ich mich an den bewährten Aufbau des Pistenking-Schildes aus lasergeschnittenen Blechteilen aus 0,5-mm-Aluminium und Scharnieren aus 3D-Messingdruck. Auf meiner Abkantbank konnte ich die Bleche entsprechend kanten, wobei Ausschuss nicht zu vermeiden ist. Es empfiehlt sich daher, gleich mehrere Sätze lasern zu lassen. Kanten ist eine Wissenschaft für sich. Auch professionelle Firmen brauchen einige Muster, bis der Kantvorgang passgenau eingestellt ist.

### Nummer Sicher

Die Blechteile habe ich mit UHU plus endfest 300 (alte Version) verklebt und im Backofen ausgehärtet. Damit ergibt sich nicht nur eine sehr hohe Festigkeit, sondern es ist auch ein rasches Arbeiten möglich. Bei den Scharnieren setze ich zusätzlich zur Verklebung auf eine Verschraubung, denn das Schild ist im Einsatz harten Bedingungen ausgesetzt. Deshalb



Beim Verkleben ist genaues Ausrichten der Teile absolut wichtig



Räumschild mit originalgetreuen Anschlussnippeln



Schubrahmen und vorderer Geräteträger



Rillenblöcke wie beim Original für das „Back-Bladen“

gehe ich lieber auf Nummer Sicher. Auf der Unterseite der Gleitkufe habe ich die Rillenblöcke aus gedruckten Kunststoffteilen nachgebildet. Diese sind wichtig für das sogenannte Back-Bladen, das beim Parkbau gerne verwendet wird: Dabei wird das bekannte Cordmuster einer präparierten Piste durch Rückwärtsfahren mit dem abgesenkten Schild erzeugt, und nicht – wie sonst – mit dem Finisher der Fräse.

Der Schubrahmen und der vordere Geräteträger bestehen aus massiven Alublechen und Messingscharnieren, die in gleicher Weise wie beim Schild verschraubt und verklebt werden. Für die Scale-Optik habe ich auch die Knotenbleche aus 0,5-mm-Aluminium hinzugefügt.

### Hydraulikanlage – wie unterbringen?

Bei den Hydraulikzylindern, die alle in Eigenfertigung entstanden sind, habe ich auf die Abmessungen und Erfahrungen von meinem PB 400 ParkPro zurückgegriffen (wir berichteten in **RAD & Kette** 1/2018). Einen neuen Weg ging ich bei den Anschlussnippeln, die hier durchgängig aus 3D-Messingdruckteilen bestehen. Beim Original sind das stellenweise recht komplexe Anschlüsse. Diese ließen sich nur so halbwegs vorbildgerecht umsetzen. Hier musste ich allerdings die einzigen Abstriche an absolute Originaltreue machen, denn kleiner als 2-mm-Hydraulikschläuche geht nicht, und diese bestimmen dann letztendlich die Nippeldimensionen. Diese Messingteile mussten mit einem 1-mm-Bohrer hohlgebohrt werden, wobei ich einige Male „Hartmetall versenkt“ habe. Ein abgebrochener Bohrer lässt sich unmöglich entfernen. Aus Erfahrung habe ich daher wohlweislich die doppelte Menge Nippel drucken lassen.

In einem Trockentest konnte ich den vollen Bewegungsbereich überprüfen. Ergebnis: Es hat dabei nirgends etwas geklemmt oder blockiert. Das Schild kann einen beachtlichen Bereich abdecken, ganz so wie es auch beim Original in der Parkversion möglich ist. Danach ging es an den Einbau der Hydraulikanlage. Ich hatte die genaue Anordnung der Teile vorher im CAD ausgetüftelt, weil es in der kleinen Wanne wirklich um jeden Millimeter geht. Der Tank wurde ein komplexes Druckteil, um den Platz über den Antriebsmotoren bestmöglich zu nutzen. Gleichzeitig werden an ihm der

Druckregler und das Hubventil für den Heckgeräteträger montiert. Ich habe ihn transparent drucken lassen, um somit leicht den Ölstand überprüfen zu können. Die Pumpe ist von Modellbau Kampshoff (er verbaut Pumpen der Firma Jung Fluidtechnik) und die Ventile sind von Modellbau Meinhardt. Für die Schildsteuerung dient dabei ein 6er-Ventilblock in der Mitte der Wanne, ganz vorne konnte ich noch einen 2er-Ventilblock für Funktionen an der Heckfräse unterbringen. Um diese drei Ventilblöcke zu verbinden, musste ich einige T-Stücke fertigen, die direkt am Ventil befestigt werden. Anders wäre es bei dem verfügbaren Platz nicht möglich gewesen.

Die Schlauchführung entspricht so weit als möglich dem Original. Dann kam der spannende Moment der ersten Inbetriebnahme der Hydraulik: Es funktionierte alles auf Anhieb und die Zylinder sowie Anschlüsse waren alle dicht – bis auf einen Seitenteil-Zylinder. Dieser hatte beim Nippel eine kleine Undichtigkeit wegen einer fehlerhaften Lötstelle, aber das war schnell repariert. Zufälligerweise fiel genau passend Schnee in Denver, Colorado, und so konnte ich die frühen Morgenstunden für den ersten Test des Räumschildes und der Hydraulik im Schnee nützen. Auch diese kleine Raupe kann ganz ordentlich Schnee verschieben!

### Fräse – eine Herausforderung für sich

Das komplexeste Bauteil ist bei jeder Pistenraupe die Heckfräse, und somit immer eine modellbautechnische Herausforderung. Das ist sicher einer der Gründe, warum man auf den Messeparcours viele Modelle ohne dieses Anbaugerät herumfahren sieht.



Beim Arbeiten im Fun-Park wird oft der volle Schildausschlag benötigt



Hydraulikkomponenten in der Fahrwerkswanne

### TEILELISTE

#### Laserteile

LTO, Telefon: 052 02/912 50  
E-Mail: [info@lto-gmbh.de](mailto:info@lto-gmbh.de)  
Internet: [www.laserteileonline.de](http://www.laserteileonline.de)

#### Hydraulikpumpe

Modellhydraulik Kampshoff  
Telefon: 028 71/234 59 47  
E-Mail: [info@modellhydraulik.com](mailto:info@modellhydraulik.com)  
Internet: [www.modellhydraulik.com](http://www.modellhydraulik.com)

#### Finisher Heckfräse

Pistenking Funktionsmodellbau  
Telefon: 070 22/50 28 37  
E-Mail: [info@pistenking.de](mailto:info@pistenking.de)  
Internet: [www.pistenking.com](http://www.pistenking.com)

#### Fernsteuerung ScaleArt Commander

ScaleART, Telefon: 062 36/41 66 51  
E-Mail: [info@scaleart-shop.de](mailto:info@scaleart-shop.de)  
Internet: [www.scaleart-shop.de](http://www.scaleart-shop.de)

#### 3D-Druckteile

Shapeways  
Internet: [www.shapeways.com](http://www.shapeways.com)



Beim Trockentest sieht man den gewaltigen Verstellbereich des Park-Schildes



Bei Sichtung der mir vorliegenden Fotos konnte ich mindestens vier verschiedene Varianten der Fräse identifizieren. Zudem gibt es die Fräse auch noch in drei verschiedenen Breiten. Meine 3D-Daten enthielten die allererste und schmalste Version. Bei einem aktuellen Modell möchte man natürlich die modernste Variante umsetzen, und auf Anfrage erhielt ich von Kässbohrer eine Zeichnung der gerade erst im Herbst 2019 vorgestellten neuesten Fräse.

### Pro Messing

Es besteht nicht nur optisch ein deutlicher Unterschied zur Alpin-Flex-Fräse, die bei den größeren Pistenraupen PB 400 und PB 600 zum Einsatz kommt. Von Industrie-Design ist hier wenig zu sehen, die Fräse beim PB 100 besteht aus einer durchgehenden Fräswelle in einem einfachen Blechkasten, der bei allen Varianten im Wesentlichen gleich blieb. Ab Version zwei wurde der Rahmen um eine aufwändige Konstruktion erweitert, damit die Seitenfinisher nicht mehr direkt am Fräskasten montiert sind. Damit bleiben sie unabhängig von der Frästiefe immer in der gleichen Position.

Nach genauer Analyse dieser komplexen Rahmenkonstruktion entschied ich mich, dafür hauptsächlich Messingdruckteile zu verwenden. Ich sah nämlich keine Möglichkeit, den Rahmen auch nur irgendwie in dieser Form aus Rohren biegen zu können. Selbst mit einem Rohrbiegegerät ist es fast unmöglich, so ein Teil präzise

passend herzustellen. Beim Original werden dafür CNC-gesteuerte Rohrbiegemaschinen verwendet. Ein Teil des Hauptrahmens wurde aus Kosten- und Gewichtsgründen aus faserverstärktem Nylon gedruckt. Leider sind Messingdruckteile nicht billig, aber ich wollte in Hinblick auf Haltbarkeit keine Kompromisse eingehen. Nichts ist ärgerlicher, als wenn einem im Einsatz irgendetwas bricht.

Der Kopf der Fräse besteht aus mehreren Teilen: dem Zentrierkopf, einer Schwinge und dem Rahmenmittelteil. Oben am Zentrierkopf sind zwei Klemmbügel, damit kann die Fräse für das Arbeiten im Park arretiert werden. Werden sie gelöst, kann die Fräse über die Schwinge frei nach unten kippen. Der Kippwinkel wird dabei über einen Anschlag begrenzt. Diese Funktionalität habe ich auch beim Modell funktionsfähig umgesetzt.

### Zusammenbau: Sicher ist sicher!

Für eine stabile Verbindung zwischen den Kunststoff- und Messingteilen habe ich 3-mm-Stahlrundstangen verwendet. Die Teile wurden mit UHU plus endfest 300 verklebt, damit ergibt sich ein äußerst stabiler und verwindungssteifer Rahmen. Der Fräskasten besteht aus gelaserten und gekanteten Alublechen. Kleben ist gut, aber Formschluss ist besser, und deshalb habe ich die Haltebügel mit 2-mm-Messingrundstangen verstiftet. Ebenso wurden die Halterungen für den Finisher mit Stiften gesichert.

Die Fräswelle ist ein Nylon-Druckteil und wird über zwei innenliegende Getriebemotoren angetrieben, ein bewährtes Antriebskonzept von RAD & Kette-Autor Klaus Bergdolt. Beim Modell dient die Fräswelle lediglich dazu, den Schnee nach hinten zu befördern. Ansonsten staut er sich vor der Fräse wie vor einem Schneepflug. Ein Aufbrechen von vereisten Pisten ist in diesem Maßstab nicht möglich. Solange man auf lockerem Schnee fährt, halten auch die Zähne der Nylon-Fräswelle problemlos den Belastungen stand. Damit genug Antriebsmoment vorhanden und die Fräse im angehobenen Zustand ausbalanciert ist, habe ich zwei dieser winzigen Getriebemotoren mit nur 10-mm-Außendurchmesser verbaut. Sie stecken in dünnwandigen 12-mm-Aluminiumrohren und werden über gedrehte Aluteile befestigt. Beim Original gibt es nur einen Antriebsmotor, deshalb erfolgt die Stromzufuhr zum zweiten Motor versteckt im Fräskasten. Die Stromversorgung zur sichtbaren Hydraulikmotorattrappe erfolgt über schwarze Silikonlitzen, die wie Hydraulikschläuche aussehen.

### Finisher – die schwierigsten Teile

Alle, die sich an den Eigenbau einer Fräse gewagt haben, stehen bei den Finishern vor einer großen Herausforderung. Das sind die Gummilappen hinter der Fräse, die auf den Pisten das rillenförmige Cordmuster erzeugen. Ich erinnerte mich an den Bausatz der Alpinflex-Fräse, für den ich vor zwölf Jahren recht teure Formen



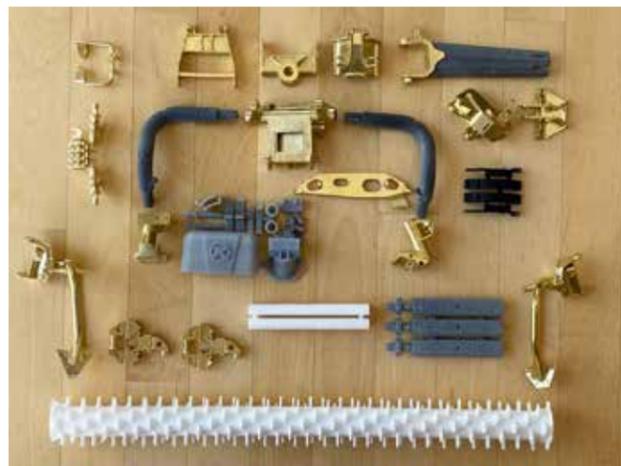
Schlauchführung und Anschlussnippel entsprechen weitestgehend dem Original



Die erste Testfahrt im Schnee war ein voller Erfolg



Offene und ...



Druckteile für die Fräse



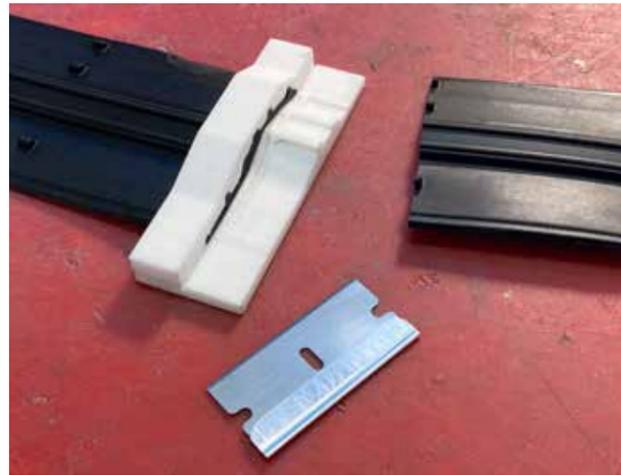
Stabile Verbindung der Teile mit einer 3-mm-Stahlrundstange



... geschlossene Position der Schwinge



Fräswellenantrieb mit Mikro-Getriebemotoren



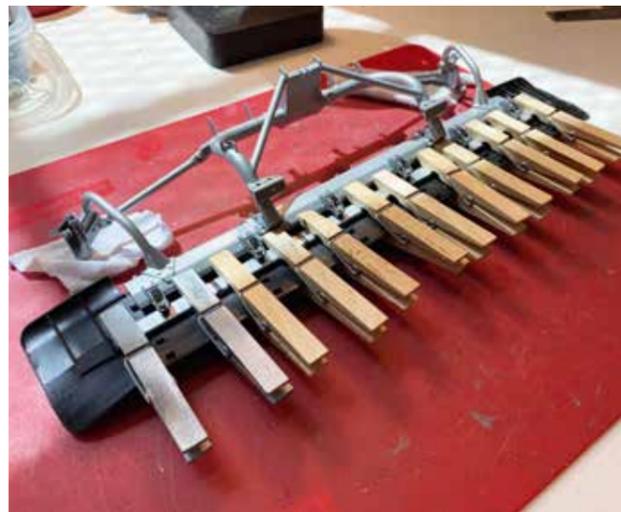
Schneidevorrichtung für exaktes Trennen und Verkleben des Finishers



Lötschablone für den Überwurfschutz mit CNC-gebohrten Befestigungslöchern



Schlauchkupplungen am Geräteträger



Beim Verkleben kommen viele Wäscheklammern zum Einsatz



Einzigartiger Hydraulikzylinder für die Seitenfinisher



In der Wanne und im Rucksack wird jeder Kubikzentimeter ausgenutzt

**LESE-TIPP**

In RAD & Kette-Ausgabe 1/2021 berichtet Dr. Albert Türtscher über den ersten Teil des PistenBullys. Sie haben das Heft verpasst? Kein Problem. Dieses und alle weiteren, noch verfügbaren Ausgaben können Sie im Magazin-Shop unter [www.alles-rund-ums-hobby.de](http://www.alles-rund-ums-hobby.de) nachbestellen.

für die Finisher drücken ließ. Gemeinsam mit Pistenking versuchten wir, eine Firma zu finden, die damit Finisher gießen konnte. Es dauerte damals Jahre, bis wir endlich jemanden gefunden hatten, der das im Vakuumguss umsetzte.

Den teuren Weg einer Form für Vakuumguss wollte ich nicht gehen, das zahlt sich für die geringe Stückzahl nicht aus. Die Eigenfertigung ist nicht einfach, aber machbar, und während ich mit einigen Kopfschmerzen darüber nachdachte, wie ich das am besten angehen sollte, kam mir der Zufall entgegen. Kässbohrer hatte der neuesten Version der Fräse die Finisher der großen AlpinFlex-Fräse spendiert, wie ich aus einem genauen Studium der Zeichnung entnehmen konnte. Und diese gibt es im passenden Maßstab und perfekter Qualität bei Pistenking zu kaufen. Das erwies sich als ein großer, unerwarteter Glücksfall.

### Anpassungen

Einziges Problem: Der Hauptfinisher ist zu breit, es müssen zwei Felder herausgeschnitten werden. Für einen sauberen Schnitt (und die Verklebung) ließ ich eine Lehre drucken, ebenso für die Zusatzfinisher, die auch etwas gekürzt werden mussten. Mit Superkleber

lassen sich die Teile gut und haltbar verkleben. Den Hauptfinisher habe ich mit Pattex Repairgel und vielen Wäscheklammern an die Niederhalteleisten geklebt. Die Seitenfinisher sind von der Form her ebenfalls gleich und wirken deshalb recht groß bei dieser kleinen Fräse. Auch sie mussten etwas beschnitten werden, da sie beim PB100 nicht über ein Horn, sondern über einen Beschlag betätigt werden. Die Betätigungszylinder sind beim Original mit einer hinten ausfahrenden Kolbenstange versehen, um den Kolben in der ausgefahrenen Stellung gegen Seitenkräfte zu stabilisieren. Das wollte ich im Modell auch so umsetzen. Es ist zudem keine Hexerei, es muss nur hinten dieselbe Dichtung wie vorne verbaut werden. Aber mir ist bislang noch kein solcher Zylinder im Modell bekannt, daher dürfte es der erste dieser Art sein.

Die recht filigrane Halterung des Überwurfschutzes habe ich aus Messingdruckteilen und einem Messingrundrohr verlötet. Zur exakten Ausrichtung habe ich Bohrungen in einem Alublech mittels CNC auf meiner Stepcraft angebracht. Der Überwurfschutz aus Lexan wurde ebenfalls auf diese Art vorgebohrt. Die Befestigung erfolgt mit winzigen M1-Schrauben, für die ich auch Gewinde schneiden musste. Die Gegenmutter habe ich nämlich der Einfachheit halber gleich im Druckteil modelliert.

### Hubarm – ausgeklügelte Hydrauliksteuerung

Der hintere Geräteträger besteht ebenfalls größtenteils aus gedruckten Messingteilen, nur der Hubarm ist aus Glasfaser-verstärktem Nylon. Zur Stabilitätserhöhung habe ich innen ein Messingrohr verklebt, obwohl der Hubarm ohne dieses wohl auch gehalten hätte. Aber wie schon vorher erwähnt: Sicher ist sicher. Die Hydraulik-schnellkupplungen sind Attrappen, die Schläuche werden einfach durchgeführt. Natürlich dürfen die roten Schutzkappen nicht fehlen. Das sind zwar nur kleine Teile, optisch machen sie aber viel her. Ein anderes solches Detail sind die Winkelgeber zur Positionsanzeige vorne am Geräteträger. Die Anschlüsse und Schlauchführung an der Fahrwerkswanne entsprechen weitestgehend dem Original.

Das Hubventil für das Anheben der Fräse hat eine integrierte Schwimmstellung, die beim Absenken der Fräse automatisch aktiviert wird. Im Prinzip funktioniert es wie ein normales Ventil, allerdings mit einem kleineren Querschnitt für den Absenkvorgang, der nur durch die Schwerkraft erfolgt. Es ist nicht trivial, diese Funktion mit der Fernsteuerung richtig umzusetzen. Hebt man das Schild an, so soll es natürlich oben bleiben, wenn der Schalter wieder in die Neutralstellung geht. Also muss das Ventil geschlossen sein. Beim

Absenken wird das Ventil in die andere Richtung geöffnet, aber nun soll es für die Schwimmstellung in der offenen Position bleiben, auch wenn der Schalter wieder in der Neutralstellung ist. Ich tüftelte etwas herum, aber wirklich zufrieden war ich mit meiner Lösung nicht. Ich erinnerte mich dann daran, dass RAD & Kette-Autor Constantin Woywod bei seinem PB 600 Park (Ausgabe 1/2019) dasselbe Ventil und ebenfalls die ScaleArt Commander-Fernsteuerung verwendet. Er hat mir dann freundlicherweise seine Programmierung mitgeteilt, wobei er einen Kreuzmischer mit einem Schaltservo kombiniert: Das war deutlich eleganter als das, was ich mir ausgedacht hatte.

### Erfolgreicher Abschluss

Die Wanne und der Rucksack sind bis auf den letzten verfügbaren Platz ausgenutzt. Das war wie – eingangs erwähnt – eine der Herausforderungen, denn es brauchte einiges an Planung und Tüfteln, um die gesamte Technik in der doch kleinen Raupe unterzubringen. Mitte August 2020 war es dann endlich so weit, nach ziemlich genau zwei Jahren konnte ich den PB 100 Park fertigstellen. Das Projekt hat viel Spaß gemacht, und ich hoffe, ich konnte damit zeigen, was an Details, Vorbildtreue und Funktionen auch im Maßstab 1:12 möglich ist. Wer möchte, kann den Bully im Youtube-Video aus dem Klick-Tipp bestaunen. ■