

BONUS-MATERIAL: Wandkalender 2017 zum Herausnehmen



RAD & KETTE

Funktionsmodelle von Bau- und Sonderfahrzeugen

RAD & KETTE

www.rad-und-kette.de



Der Ölprinz

Selbst gefertigte Hydraulik-Anlage für den PistenBully 400



EIGENBAU

LGD 1800 „Spacelifter“ im Maßstab 1:10



Challenger 2
von Torro



Profile richtig
bearbeiten



RTR-Unimog U300
von Carson

TEST



Bagger-Soundmodul-SMB
von Servonaut/tematik

STARSCHNITT



Planierdrape Liebherr
PR736 von Premacon



4 195772 012002

Ausgabe 1/2017
Januar bis März 2017
D: € 12,00
A: € 13,20 • CH: sFr 18,00
NL: € 14,40 • L: € 13,80

wellhausen
& marquardt
Mediengesellschaft

Der folgende Bericht ist in
Ausgabe 1/2017 des Magazins
RAD & KETTE erschienen.
www.rad-und-kette.de

Der Ölprinz

Von Dr. Albert Türtscher

Pistenraupen-Hydraulik in 1:12 im Eigenbau

Ein voll funktionsfähiges Zwölf-Wege-Räumschild ist der Traum eines jeden Pistenraupen-Modellbauers. Doch gerade im kleinen Maßstab ist die Umsetzung eines solch großen Funktionsumfangs nicht einfach. Bowdenzüge sehen nicht schön aus und sind störanfällig. Die Lösung: Eine Hydraulik. Die aber soll so vorbildgetreu sein, wie nur möglich.

Während die Hubfunktion und auch die Schildneigung noch recht einfach mechanisch über Servos zu realisieren sind, wird es bei den anderen Funktionen bereits deutlich schwieriger, vor allem wenn man vorbildgetreu bleiben möchte. Denn dann wird eine komplexe Mechanik mit Bow-

denzügen und Spindeltrieben notwendig, die fehleranfällig sein wird. Daher war es für mich klar, diese Funktionen so wie beim Original elegant mit Hydraulik umzusetzen, auch wenn dies im Vergleich deutlich teurer ist und man mit Öl im Modell rechnen muss. Dafür ist im Maßstab 1:12 allerdings

nur wenig am Markt verfügbar und ich konnte keine Zylinder finden, die meinen Ansprüchen an Vorbildtreue auch nur halbwegs gerecht wurden. Deshalb beschloss ich, die Hydraulikzylinder selbst zu bauen und bei Pumpe und Ventilen kommerziell erhältliche Produkte zu verwenden.

Im Dutzend

Um alle Funktionen einer Pistenraupe hydraulisch umzusetzen, sind mindestens neun Ventile notwendig, um die benötigten zwölf Zylinder zu steuern. Die Hydraulik von Baumaschinen ist hingegen vergleichsweise einfach und somit auch deutlich preisgünstiger, für einen Bagger oder Radlader reichen nämlich zwei bis drei Ventile.

Hydraulik in einer Pistenraupe ist allerdings nichts Neues. Als erster hat dies bereits 1995 Michael Peter bei seinem PistenBully 320D im Maßstab 1:8 umgesetzt. Das sind 20 Jahre Erfahrung, auf die ich dem Fall gerne zurückgriff. Michael baut seit 1999 Pumpen von Modellbau Martin Kampshoff und Ventilblöcke von Modellbau Ulrich Meinhardt ein und empfahl mir diese

uneingeschränkt. Neben der hohen Qualität erlauben sie auch deutlich mehr Betriebsdruck als die meisten anderen Systeme – ein nicht zu unterschätzender Faktor, wie wir noch sehen werden.

Martin Kampshoff liefert komplett einbaufertige Hydraulikaggregate mit angeflanschem Tank, er verwendet dazu hochwertige Pumpen von Jung Fluidtechnik. Dieses Aggregat passte aber gerade so eben nicht in den vorgesehenen Raum in der Wanne meines PB400, die ganze Einheit war um einige Millimeter zu lang. Ein Einbau wäre zwar irgendwie möglich gewesen, aber ich hätte dabei wertvollen Platz verschwendet, den ich für die Unterbringung der Ventilblöcke und der Batterie dringend benötigte. Deshalb blieb mir nichts anderes übrig, als aus einem Messing-Rechteckrohr

und den vorhandenen Teilen einen neuen Tank zu bauen und diesen platzsparend neben der Pumpe zu platzieren.

Vorplanung

Nach dieser ersten Hürde ging es an die Planung der Zylinder. Wie eingangs erwähnt, ist mir Vorbildtreue sehr wichtig. Deshalb sollten auch eher kleine Schläuche mit 1 Millimeter (mm) Innendurchmesser zum Einsatz kommen, damit diese vom Maßstab her dem Original entsprechen. Ich war mir der Nachteile durchaus bewusst, beispielsweise der geringen Durchflussraten und des hohen Druckverlustes. Somit galt es zuerst herauszufinden, ob sie auch wirklich tauglich sind.

Frei nach dem Motto „Probieren geht über Studieren“ baute ich einen Hydraulikprüfstand und führte zuerst Tests mit einem Zylinder der Firma Robbe und verschiedenen Schläuchen durch. Dieser Hydraulikprüfstand erlaubt das Testen von Zylindern unter Belastung in beide Richtungen. Dazu werden Gewichte als Last über eine Schnur an den Hebel gehängt, welche für Zugbelastung über die linke Umlenkung gelegt wird – oder rechts für Druckbelastung – siehe Abbildung 1.

Der Druckverlust kann dann recht einfach berechnet werden: ich stellte an der Pumpe einen bestimmten Druck ein, der am Manometer abgelesen werden kann. Dann habe ich das Gewicht stufenweise erhöht, bis der Zylinder es nicht mehr anheben konnte.

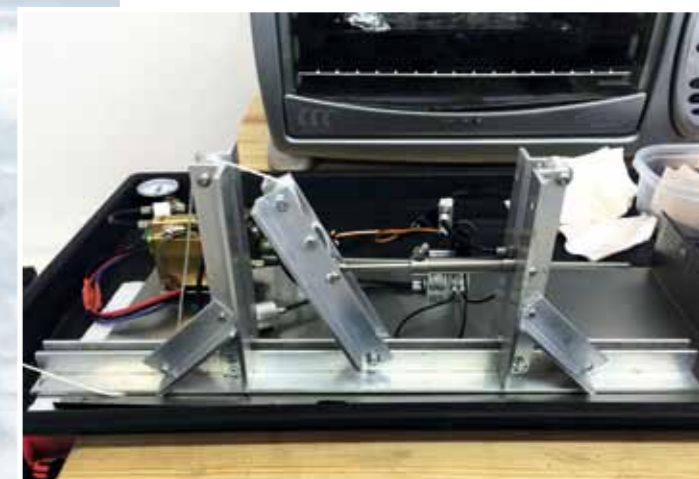


Abbildung 1: Der selbstgefertigte Hydraulik-Prüfstand: Hier wurden die ersten Tests vorgenommen

TECHNISCHE DATEN

Strombedarf Pumpe: 4,8 A; **Betriebsdruck:** 20 bar; **Akku:** LiFe 4S mit 13,2 V

MEHR INFOS
in der Digital-Ausgabe

Ja, das gibt's. Auch Hydraulik hat ihre Grenzen, obwohl es im normalen Betrieb nicht unbedingt offensichtlich ist. Daraus lässt sich dann der tatsächlich am Zylinder wirkende Druck über die Kolbenfläche berechnen. Das ergab bei 20 bar an der Pumpe einen beachtlich großen Druckverlust von 10 bar. Die Hälfte des Drucks geht also in den dünnen Leitungen und Verzweigungen verloren.

Trotz des hohen Druckverlusts zeigten diese Versuche, dass die kleinen Schläuche verwendet werden können, denn die Pumpe brachte genug Förderleistung, um die Zylinder schnell genug zu bewegen. Somit machte ich mich an die Fertigung eines ersten Prototyps. Die Zylinder sollten von den Dimensionen und der Optik so gut wie möglich dem Original entsprechen, ich verwende dafür Messingrohre mit einem Außendurchmesser von 6,35 mm, das entspricht einem Viertel Zoll.

In Einzelteilen

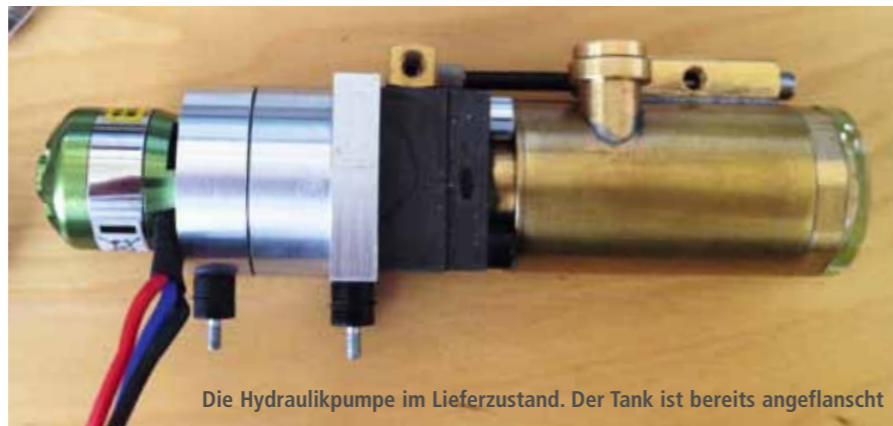
Sämtliche kommerziell erhältlichen Zylinder können zum Austausch der Dichtungen relativ einfach zerlegt werden. So gut wie alle haben dazu ein Außenfeingewinde, auf das ein kapselförmiges Endstück mit einer O-Ringdichtung geschraubt wird. Diese Kapsel hat den Vorteil, dass der erziel-



Die Anschlussnippel sind aus Messingdraht mit 2 Millimeter Durchmesser gefertigt



Die winzigen Anschlussnippel werden auf der CNC-Maschine gedreht



Die Hydraulikpumpe im Lieferzustand. Der Tank ist bereits angeflanscht

bare Hub nur wenig beeinträchtigt wird. Allerdings schauen diese Zylinder durch die Verdickung an beiden Enden nicht so aus wie die originalen Zylinder an einem PistenBully, welche durchgehend den gleichen Außendurchmesser aufweisen. Das gefiel mir nicht wirklich und ich musste mir eine andere Lösung ausdenken.

Letztendlich habe ich bei meinen Zylindern auf eine einfache Zerlegbarkeit verzichtet, denn innenliegende Gewinde hätten viel zu viel Hub verschenkt. Maßgebend für meine Konstruktion waren die recht kurzen Tiltzylinder. Sie haben es wirklich in sich, denn hier muss buchstäblich um jeden Millimeter Hub gekämpft werden.

Das Vorderteil mit dem O-Ring zur Kolbenstangendichtung ist fix eingelötet, der hintere Zapfen wird mit Loctite 435 eingeklebt und kann somit bei Bedarf unter Hitzeein-



Die Kolbenstangen noch vor dem Vernickeln

TEILELISTE

Pumpe
Jung Fluidtechnik, Telefon: 072 43/146 48
E-Mail: info@jung-fluid.de
Internet: www.jung-fluid.de

Motor-Pumpen-Komponente
Modellbau Kampshoff, Telefon: 028 71/234 59 47
E-Mail: modellbau-kampshoff@web.de
Internet: www.modellbau-kampshoff.de

Ventile
Modellbau Ulrich Meinhardt
E-Mail: meinhardtmodell@aol.com

wirkung gelöst werden. Das erschien mir vertretbar, denn so oft ist meine Raupe dann doch nicht im Betrieb und meine Hoffnung ist, dass es einige Zeit dauert, bis die O-Ringe aus Verschleißgründen gewechselt werden müssen.

Die Anschlussnippel für die Schläuche habe ich eingelötet. Damit genug Lötfläche vorhanden ist, sind die Zylinderwände zirka 1 mm dick, also deutlich stärker als es der Innendruck erfordern würde. Die Teile sind winzig und müssen sehr präzise gefertigt werden, auf wenige Hundertstelmillimeter genau. Eine Mikrometer-Schraube war dabei unentbehrlich zur Kontrolle der Durchmesser. Als Material habe ich Messing gewählt, weil es leicht zu bearbeiten und auch gut zu verlöten ist. Die auf Hochglanz polierten Kolbenstangen wurden chemisch vernickelt, damit sie originalgetreu silbern glänzen.



Die Hubzylinder im Vergleich mit dem Original – als Foto im Hintergrund

Tiefgekühlt

Pistenraupen sind bekanntlich im Winter im Einsatz, deshalb führte ich natürlich auch gleich einen Kältetest durch. Dazu kam der Hydraulikprüfstand für einige Stunden in den Tiefkühlschrank bei -19 Grad Celsius. Die Pumpe hatte deutliche Anlaufschwierigkeiten, der Motor drehte zuerst nur ruckelnd und erst nach einigen Sekunden lief er rund. Das sind leider bekannte Probleme der Modellhydraulik bei niedrigen Temperaturen und meine kleinen Schläuche tragen ihren Teil dazu bei. Die Zylinderbewegungen waren auch deutlich langsamer als im warmen Betrieb. Bei solchen extremen Temperaturen werde ich allerdings kaum draußen sein, und wie später erste Einsätze im Schnee zeigten, ist die Anlage durchaus kältetauglich. Nach ein paar Anpassungen aufgrund der Tests habe ich die benötigten Teile auf meiner auf CNC-Steuerung aufgerüsteten Proxxon PD230E Drehbank gefertigt. CNC ist eine große Hilfe wenn viele gleiche Teile gefertigt werden müssen, denn die Maschine muss nur ein Mal einjustiert werden und der Drehvorgang läuft dann jeweils automatisch ab. Außerdem sind die Kegel an den winzigen Anschlussnippeln mit nur 2 mm Durchmesser sonst kaum herzustellen.

Wenn schon die Zylinder maßstäblich und optisch dem Original entsprechen, dann müssen es die Hydraulikanschlüsse konsequenterweise auch. Die Klemmhülsen habe ich aus Sechskant-Messingstangen und eingelöteten Rohrstückchen selber gefertigt. Auf den Fotos sind einige der Anschlüsse im Vergleich zum Original zu sehen. Klar muss man dabei Kompromisse eingehen und auf die Dimensionen der Modellhydraulik Rücksicht nehmen. Ich habe dennoch versucht, diese Teile so gut es ging originalgetreu nachzubilden. Die Verrohrung der Hubzylinder habe ich aus 2-mm-Messingröhrchen mit einem Robbe-Rohrbiegegerät passend gebogen und verlötet.



Die Klemmhülsen wurden auch möglichst originalgetreu hergestellt

Klein und stark

Nachdem Geräteträger und Räumschild fertig waren, ging es an die Montage der Hydraulikkomponenten. Zuerst musste ich geeignete Servos für die Ventile finden, welche das geforderte Drehmoment liefern und gleichzeitig klein genug sind. Die Wahl fiel auf HiTec HS-65HB Servos, von denen insgesamt neun Stück benötigt wurden. Der Einbauraum ist äußerst begrenzt, deshalb machte ich Mock-Ups aus Papier, um die beste Platzierung direkt in der Wanne herauszufinden. Basierend auf den Abmessungen von Ventilen und Servos habe ich die Servohalterung im CAD geplant. Diese besteht aus 4 mm dickem Alublech, das stellenweise ausgefräst werden musste.

Für die Bohrungen war auf der als Standbohrmaschine dienenden Proxxon Fräse PF230 höchste Präzision am Koordinatentisch gefragt. Damit die Abstände auch wirklich auf den Zehntelmillimeter stimmen, muss man jede Bohrung von derselben Seite aus anfahren. Das ist zwar Allgemeinwissen im Umgang mit einem Koordinatentisch, weil man nur so die Ungenauigkeiten durch das Spiel vermeidet. Dennoch vergisst man das gerne mal, wenn man die Arbeitsschritte nicht vorher sorgfältig geplant hat. Eine weitere Herausforderung war, die Servoarme genau zentrisch auf die Ventilscheiben zu montieren, denn wie nicht anders zu erwarten, hatten die jeweiligen Bohrungen ungleiche Abstände. Es wäre ja zu schön, wenn mal etwas auf Anhieb passen würde! Mit einer speziell angefertigten Bohrlehre konnte auch dieses Problem gemeistert werden.



Der einbaufertige Hydraulikzylinder-Satz, von oben nach unten: Neigen, Tilten, Schild-Seitenteile, Hub und Schwenken

Als Vorlage für das Anschlusspanel für die Hydraulikschläuche diente natürlich wieder das Original. Dabei geht es sehr eng zu, denn immerhin sind 14 Schläuche auf engem Raum durchzuführen. Die Anschlüsse sind hier nur Optik, denn die Schläuche habe ich zur Vermeidung unnötiger Druckverluste in Verbindungsstellen unterbrechungsfrei von den Zylindern direkt bis zu den Ventilblöcken geführt.

Kreuz und quer

Für die Tiltzylinder wurde ein Hydraulikverteiler benötigt: die beiden Zuführleitungen müssen auf vier Schläuche aufgeteilt

CLICK-TIPP

Videos vom Kältetest und ersten Einsatz im Schnee sind auf der Webseite von Walser Pistenraupenmodellbau zu sehen. www.pistenraupen.com

werden. Das schaut zunächst nicht sonderlich schwierig aus, wird es aber bei näherer Betrachtung. Die Tiltzylinder sind nämlich gegengleich im Einsatz. Wenn der eine ausfährt, wird der andere entsprechend eingefahren. Dabei stehen beide unter Druck, um maximale Kraft zu entwickeln. Wenn man die Schläuche so wie beim Original führen möchte, dann müssen die Leitungen vorher gekreuzt werden.

Genau das passiert in einem winzigen Messingblock von nur $9 \times 7 \times 7$ mm, der



Der Ventilblock samt Servohalterung. Alles muss genau den beengten Platzverhältnissen angepasst werden



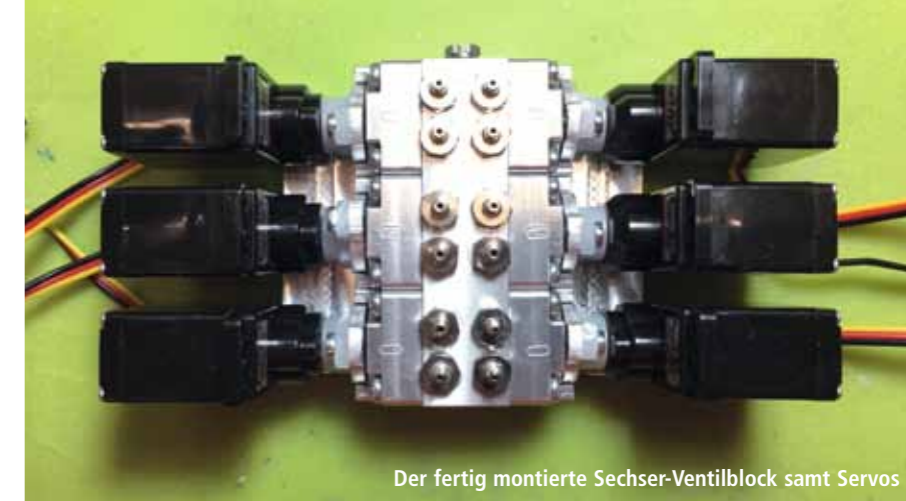
Für die Servoarme wurde eigens eine Bohrlehre angefertigt

letztendlich mehr Löcher aufweist als ein Schweizer Käse: Vier horizontale, drei vertikale und zwei seitliche 1,5-mm-Bohrungen. Dazu war etwas Überlegung notwendig, um die Ölzufuhr richtig an die Ausgänge zu legen. Fertigungstechnisch kann man natürlich keine Bohrung machen, die nur innen liegt, deshalb mussten einige der Bohrungen mit kleinen eingelöteten Pfropfen wieder verschlossen werden.

Es waren noch weitere Verteiler zu fertigen, Diese waren im Prinzip aber T-Stücke, bei denen von einer Leitung auf zwei verzweigt



Hier ist der Hydraulikverteiler für die Tiltzylinder zu sehen



Der fertig montierte Sechser-Ventilblock samt Servos

wird, beispielsweise für die Hubzylinder und die Seitenfinisher. Die Schläuche für die Schild-Seitenteile werden innerhalb des Schnellwechselfalters geführt. Damit diese später auch zugänglich sind, habe ich auf meiner Stepcraft 420 CNC-Fräse trapezförmige Ausnehmungen gefräst und dort entsprechend geformte Messingblöcke eingepasst und mit einer Schraube fixiert. An diese sind die Anschlussnippel gelötet. Auch diese wurden möglichst originalgetreu gestaltet.

Für das Anheben der Fräse verwende ich den ursprünglich zu Testzwecken gekauften Robbe-Zylinder, den ich vorausschauend bereits in der richtigen Abmessung bestellt

hatte. Für die Schwimmstellung der Fräse ist ein zusätzliches Ventil notwendig, das die beiden Hydraulikleitungen kurzschließt und somit der Fräse erlaubt, über Bodenunebenheiten zu gleiten. Die Seitenfinisher werden ebenfalls über Hydraulikzylinder angehoben. Hier ging ich noch einen Schritt weiter und ließ die abgewinkelten Anschlussnippel für die ultimative Originaltreue im 3D-Druck herstellen, was einen meiner Modellbaufreunde zur scherzhaften Aussage „Du spinnst!“ veranlasste. Sicher wäre es auch anders und billiger gegangen, aber dieses Detail an gut sichtbarer Stelle musste einfach sein für die wirklich schöne Pistenking Alpinflex-Fräse.



Der Test zeigt bereits die möglichen Einstellungen des Geräteträgers

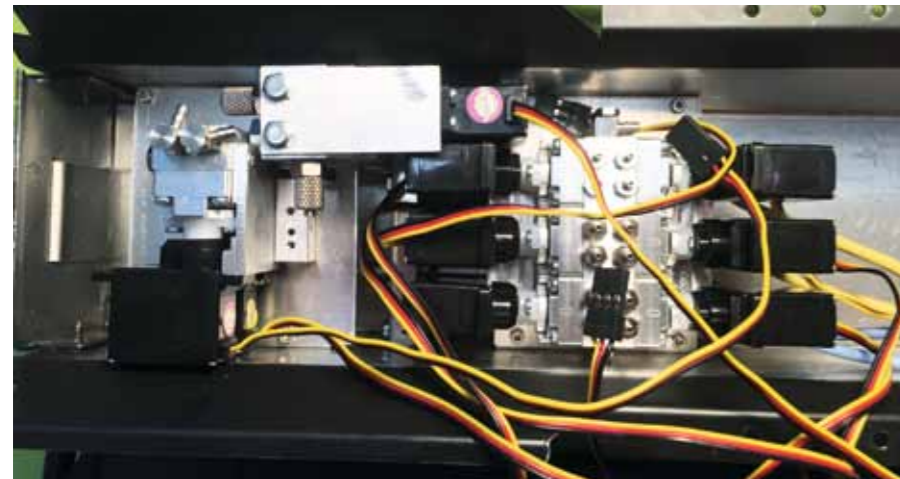
▼ Anzeige



Es wird eng im vorderen Hydraulikverteiler



Die Seitenfinisher-Zylinder mit gegossenen Anschlüssen. Auch diese sind so originalgetreu wie möglich



Die Positionierung der Ventilblöcke muss gut gewählt sein, damit alles in die Wanne passt

Geduldsprobe

Zum Schluss mussten die Komponenten „nur noch“ mit den Schläuchen verbunden werden. Ich verwendete dazu dünne Leimbach-Schläuche mit nur 1 mm Innendurchmesser, weil diese maßstäblich am ehesten den Originalschläuchen entsprechen. Der Nachteil ist wie bereits berichtet ein recht hoher Druckverlust. Die verwendete Pumpe ist für dieses Modell aber ohnehin fast schon überdimensioniert und bringt locker die erforderliche Leistung bei einem eingestellten Druck von 20 bar. Das Zusammenstecken entpuppte sich als ziemliche Geduldsarbeit, denn die kleinen Schläuche sind nicht so leicht über die Nippel zu stülpen und ölige Finger machen es auch nicht einfacher. Letztendlich blieb weder in der Wanne, noch im Rucksack Platz übrig. Alles ist vollgestopft mit Hydraulikkomponenten und Elektronik.

Die ersten Einsätze brachten schonungslos Fehler in der Montage zu Tage, beispielsweise ein nicht fest genug angezogener

Schlauchanschluss direkt nach der Pumpe, der sich im Betrieb etwas lockerte. Bevor man das merkt, hat die Pumpe bereits sämtliches Öl aus dem Tank über die Undichtigkeit in die Wanne gepumpt. Dann platzte zwei Mal der Schlauch in der Hochdruckleitung zum Ventilblock und wieder war die Wanne voll Öl. Ich kam mir beim wiederholten Reinigen bereits vor wie ein Ölprinz. Obwohl sie nicht dafür vorgesehen waren, dienten die Befestigungsschrauben für die Pumpe an der Unterseite der Wanne dabei als willkommene Ölablassschraube. Die Raupe steht deshalb auch sicherheitshalber immer über einer Plastikwanne.

Mittlerweile kann ich gut verstehen, warum viele Kollegen auf Mechanik schwören, denn dort gibt es solche Ölbadier nicht. Der Schlauch im Hochdruckteil war vom Hersteller auf 16 bar beschränkt. Ich lernte diese Angaben ernst zu nehmen, weil 20 bar ganz augenscheinlich doch zu hoch waren. Ich musste also spezielle Anschlüsse fertigen, damit ich einen recht steifen hochdrucktauglichen Schlauch montieren konnte.



Für den Hochdruckschlauch wurden spezielle Anschlüsse hergestellt

Der komplett angeschlossene Geräteträger braucht den Vergleich mit dem Original nicht zu scheuen. Es war sehr viel Aufwand mit einigen Rückschlägen und der Erkenntnis, dass Modell-Hydraulik doch nicht so einfach umzusetzen ist wie anfangs geglaubt. Aber das Resultat rechtfertigt die Mühen und vor allem die Aussicht auf perfekten Spaß beim Einsatz im Schnee.

Passende Funke

Die Steuerung der umfangreichen Funktionen erfordert mehr Kanäle, als sie eine gängige Fernsteuerung zu bieten hat, da diese eigentlich für Flugmodelle ausgelegt sind. Mein erster Ansatz war, eine HiTec Aurora 9X mit einem Ebenen-Umschalter zu betreiben. Damit die Pumpe nur bei Betätigung der Hydraulik läuft, habe ich zusätzlich noch den Servonaut BMA Hydraulikschalter angeschafft. Sehr schnell kam die Erkenntnis, dass man die Servos für die Steuerventile individuell einstellen können muss, um eine zufriedenstellende Hydraulikfunktion zu erhalten. Das ist mit

der Doppelbelegung über den Ebenen-Umschalter nicht möglich, weil senderseitig nur eine Einstellung (Nullpunkt, Servoweg) möglich ist. Für die Hubzylinder muss beispielsweise der Servoweg zum Absenken des Schilds beschränkt werden, damit dieses bei Betätigen des Knüppels nicht unschön runterplumpst. Diese Einstellung ist dann aber bei dem ebenfalls auf diesem Kanal liegenden Neigungszyylinder nicht optimal. Ein Kompromiss ist schwierig bis unmöglich und ebenso das Einlernen entsprechend sensibler und unterschiedlicher Knüppelbewegungen für die individuellen Funktionen.

Also schaute ich mir die speziellen Anlagen für Funktionsmodelle an, die von ScaleArt, Servonaut und Blauzahn angeboten werden. Die Servonaut schied aus, weil sie nur maximal zwölf Kanäle kann, benötigt werden aber mindestens 13. Ein Eigenbau mit Blauzahn war mir zu aufwändig. Somit blieb die ScaleArt Commander SA-1000 mit dem CM-5000 Empfänger als einzige Anlage übrig, die meine Anforderungen erfüllte. Sie kostet zwar einiges, kann dafür aber auch wirklich alles (und noch vieles mehr), was man benötigt. Sie bietet außerdem spezielle Funktionen für die Hydraulik. Somit konnte ich mir neben dem Ebenenumschalter auch das Hydraulikmodul ersparen, was nebenbei sehr viel Kabelsalat vermeidet und zudem Platz in der Wanne schafft.

Nach Einarbeitung in die Programmierung habe ich die Ventil-Servos individuell



Die Belegung der Commander SA-1000 von ScaleART

LESE-TIPP

Der ausführliche Test der AlpinFlexFräse von Pistenking ist in der Ausgabe 4/2016 von RAD & KETTE nachzulesen. Heft verpasst? Auf www.alles-rund-ums-hobby.de lassen sich einzelne Ausgaben nachbestellen.

eingestellt und mit der Pumpensteuerung gekoppelt. Die Schildsteuerung legte ich dem Vorbild entsprechend auf den rechten Knüppel: im Normalmodus wird das Schild angehoben und getiltet, bei gedrücktem Knopf oben am Knüppel wird wie beim Original das Schild geneigt und geschwenkt. Für die Seitenteile des Schildes habe ich die Drehfunktion der 3D-Knüppel verwendet, was zwar nicht dem Original entspricht, aber in dem Fall naheliegender war. Auf Ebenen habe ich komplett verzichtet.

Großer Aufwand

Der Einsatz von Hydraulik in diesem Maßstab ist deutlich aufwändiger, als ich es zuerst angenommen hatte, vor allem wenn man eigene Wege geht und etliche Komponenten selbst fertigt. Von undichten Anschlüssen an allen möglichen Stellen bis hin zu Schlauchplatzern muss man mit allem rechnen und ein leichter Ölfilm in der Wanne und auch auf den Komponenten ist unvermeidbar. Deshalb ist es auch wichtig, nur Nitrolack zu verwenden, der gut durchgetrocknet ist. Jeden anderen Lack löst das Hydrauliköl zuverlässig auf.

Maßstäblich korrekte Zylinder und Leitungen sind zwar optisch sehr ansprechend, haben aber ihre Tücken im realen Betrieb. Für viele Funktionen reicht die Kraft zwar locker aus, aber um das Schild anzuheben wird trotz zweier Zylinder entsprechend Druck im System benötigt. Höherer Druck bedeutet auch höhere Beanspruchung der Komponenten und eine erhöhte Fehleranfälligkeit. Wer mehr Wert auf robuste Funktionalität legt als auf Optik, ist mit



Der vordere Geräteträger ist nun einsatzbereit



Die Hydraulikleitungen am Räumschild sind ein echter Hingucker

größer dimensionierten Zylindern und Schläuchen jedenfalls besser beraten. Man sieht das deutlich bei der Hubfunktion der Heckfräse. Hier kommt ein 8 mm dicker Zylinder mit größeren Schläuchen zum Einsatz: er wuchtet die schwere Fräse ohne Mühen locker hinauf. Im Gegensatz dazu mühen sich vorne die Hubzylinder deutlich beim Anheben des Räumschildes. Hier wäre eine Nummer größer auf jeden Fall besser gewesen. ■



In den Rocky Mountains wird die Hydraulik auf Herz und Nieren geprüft