

Bauanleitung für das fernsteuerbare Modell U-Boot

--- SubMarine ---

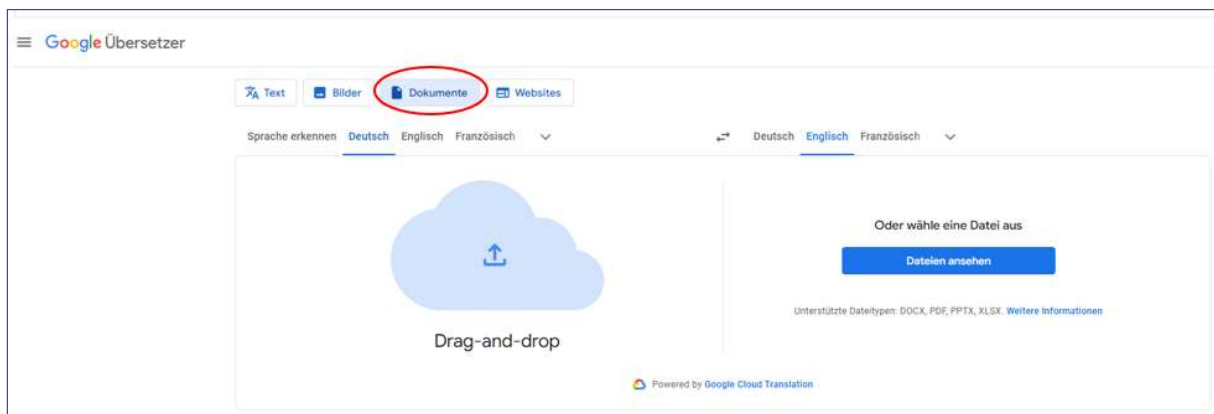
You need a translation because you don't speak German?

With GOOGLE-translate or a similar program you can easily have entire documents translated at once. Even the design drawings for the SubMarine can be translated as a whole and of course these assembly instructions as well.

Open GOOGLE-translate (<https://translate.google.com>), click on “Documents”, choose the language “German” above the left field and drag and drop the document or the drawing into it.

On the right side please choose your own language and click the blue button inside the right field.

That's it.



Einige allgemeine Tipps und Hinweise mit anschließender Bauanleitung. Lies bitte zumindest die ersten dreieinhalb Seiten, bevor du mit dem Bau anfängst!! Das kann Dir viel Zeit sparen.

- Die STL- und STEP-Dateien dienen in erster Linie dazu, von den Teilen eine bessere Vorstellung zu bekommen, um sie dann leichter anfertigen zu können. Sie können nur dann direkt zum Fräsen oder 3D-Drucken verwendet werden, wenn in den Bauzeichnungen keine individuellen Maße anzuwenden sind. Wenn kein CAD-Programm vorhanden ist, um sie anzuschauen, dann kann z.B. ein kostenloser Online CAD-Viewer verwendet werden.

- Die Qualität der verwendeten 10 mm Holzplatten spielt für die spätere Festigkeit des Bootes eine wichtige Rolle. Der Prototyp wurde aus Pappelsperholz gebaut. Dieses Holz ist relativ weich und wenig biegesteif. Daher empfehle ich, hochwertiges Birken- (z.B. aus dem Flugzeugmodellbau) oder Buchensperholz zu verwenden.

- Die Verklebung der Holzplatten des Druckkörpers hat ebenfalls einen Einfluss auf dessen spätere Festigkeit und sollte darum nur mit einem lang härtenden 2K-Epoxydharz-Kleber erfolgen (z.B. UHU Plus Endfest 300). Eine lange Härtezeit ist wichtig, um genug Zeit zum Ausrichten zu haben und weil diese Kleber für die festesten Verbindungen sorgen. Ein kleiner Klebstoffwulst im Innenwinkel der Verklebung ist durchaus erwünscht, da wo es möglich ist. Holzleim ist nur dann eine Alternative, wenn die Platten maschinell gesägt wurden - also exakt rechtwinklige und gerade Schnitte aufweisen - und zum Kleben zusammengepresst werden.

- Spätere Versuche in einer Überdruckkammer haben gezeigt, dass der Prototyp trotz Verwendung von Pappelsperholz und Holzleim und schiefer Schnitte (Laubsäge) einen Überdruck von 300 mBar aushält, entsprechend einer Tauchtiefe von 3 m. Ein höherer Druck wurde nicht getestet. Private Pools haben selten mehr als 1,5 m, öffentliche Schwimmbäder etwa 2 m Wassertiefe – nur im Sprungbereich kann es tiefer sein. Die mir bekannten Stadtparkseen sind kaum tiefer als 1 – 2 m und hier hält man sich meist im Uferbereich und in Tiefen auf, in denen das Boot noch sichtbar ist. 3 m Tauchtiefe reichen also für die meisten Fälle. Nur wenig mehr und die Funkverbindung kann problematisch werden (die SubMarine hat eine verkürzte Antenne!). Übrigens haben die Überdruckversuche gezeigt, dass das im Prototyp verwendete Tauchservo nur bis in eine Tiefe von 1,3 m stark genug ist, die Tauchkolben auszufahren. Wer also tiefer gehen möchte, braucht ein stärkeres Servo, sonst kann, zumindest statisch, nicht wieder aufgetaucht werden.

- Die Holzplatten vor dem Kleben oder auch jedem Oberflächenschliff immer gut entstauben. Dazu mit einem sauberen Pinsel abpinseln und evtl. mit Druckluft aus der Dose abblasen. Den Kleber immer beidseitig auftragen und gleichmäßig und in ausreichender Schichtstärke auf den zu klebenden Flächen verteilen.

- Um das Holz vor Wasser zu schützen, muss es lackiert werden. Zuvor werden aber erst einmal scharfe Kanten rundgeschliffen, Plattenübergänge geebnet und die gesamte Oberfläche im Außenbereich so weit verschliffen, dass sich ein gleichmäßiges Oberflächenbild ergibt. Mit Spachtelarbeiten wird noch gewartet. Nach einer gründlichen Entstaubung würde ich Bootslack empfehlen, um das Boot vor Wasserschäden zu schützen. Beim nachfolgenden Schichtaufbau am besten nach Herstelleranweisung vorgehen und Systeme verwenden, die in der Anleitung einen Stufenaufbau vorgeben (z.B. Grundanstrich mit hoher Verdünnung, Zwischenanstrich mit mittlerer Verdünnung, Schlussanstrich unverdünnt). Auf diese Weise wird eine Art Imprägnierung der Holzoberfläche erreicht. Sehr wichtig sind vorsichtige Zwischenschliffe mit 320er Körnung, um vorstehende Holzfasern zu entfernen und einen gut haftenden Grund für den Folgeanstrich zu legen.

Ab dem Zwischenanstrich kann gespachtelt werden, um Fehlerstellen auszubessern. Dazu kann für etwas größere Ausbesserungen eine weiße Holzpaste verwendet werden. Für feine Ausbesserungen gibt es weiße Nitro- oder Alkydharz-Spachtel, die mit einem Maler- oder Japanspachtel aufgetragen werden. Bei allen Produkten bitte die Verträglichkeit der Produkte untereinander prüfen, damit es keine unangenehmen Überraschungen gibt. Üblicherweise muss mehrmals geschliffen und gespachtelt werden, bis das Ergebnis ansprechend ist – das hängt aber auch sehr vom persönlichen Anspruch ab.

Nach Abschluss der Spachtelungen ist die Oberfläche noch einmal mit 240er Körnung (Herstellervorgaben haben natürlich Vorrang) anzuschleifen und der Schlussanstrich aufzutragen. Idealerweise sollte auch er nach einem Zwischenschliff noch ein zweites oder sogar drittes Mal erfolgen. Für die Lackierungen ist ein weicher (!) Pinsel oder besser ein kleiner 50 mm-Schaumroller geeignet (man sollte beides bereitlegen). Da Bootslack im Allgemeinen transparent ist, muss als letztes noch ein Farblack aufgetragen werden. Dieser kann auch aus der Dose aufgesprüht werden.

Auch der Innenraum des Bootes sollte mit derselben Sorgfalt lackiert werden, um bei einem Wassereintritt zu verhindern, dass das Holz einen Wasserschaden erleidet.

- Bei jedem Bauschritt kann man sich überlegen, ob man an dieser Stelle schon einen Teil der Oberflächenbehandlung vornehmen möchte, weil das sonst aufgrund beengter Verhältnisse oder aufgrund von störenden Anbauteilen (da ungünstig für Spachtel- und Schleifarbeiten oder Arbeiten mit dem Schaumroller) später schwieriger sein könnte. Insbesondere der Innenraum des Bootes ist natürlich nicht mehr so leicht zu lackieren, wenn er erst einmal rundum verschlossen ist und eine

Zugänglichkeit nur noch durch die Verschlussplatte möglich ist. Ähnliches gilt für die Hecksektion. Das Lackieren wird noch möglich sein, aber wer zwischen den einzelnen Schichtaufträgen schleifen möchte, hat es dann schon ziemlich schwer.

Wer nun aus diesen Überlegungen heraus einzelne Platten oder Plattenkonstruktionen bereits vor dem weiteren Zusammenbau oberflächenbehandeln möchte, der sollte darauf achten, dass er die später noch zu klebenden Bereiche der Platten frei lässt, damit hier später der Kleber bestmöglichen Halt findet und zwar direkt auf dem Holz. Aus heutiger Sicht würde ich die Front- und die beiden Heckseitenplatten erst an den Druckkörper kleben, wenn dieser rundherum fertig lackiert ist. Nur den Farb-Endanstrich würde ich nach deren Montage gemeinsam durchführen. Warum? Sollte Wasser in die Front- oder Heckseitenplatten eindringen, soll es sich nicht bis in den Druckkörper ausbreiten können.

- Alternativ zum Holz, kann für das Boot sicher auch Polycarbonat (PC), so wie dies für den Lukendeckel vorgesehen ist, oder Hart-PVC verwendet werden. Acrifix 192 wäre für PC z.B. ein geeigneter Kleber (Anwendungshinweise lesen!). Der Vorteil: Kunststoffplatten sind von sich aus wasserdicht und ersparen das mühsame Lackieren mit all seinen Zwischenschritten. Bei der SubMarine war nach wenigen Einsätzen die Lackierung im mittleren Bereich der Druckkörperplatten an vielen Stellen rissig geworden. Hintergrund war sicher einerseits meine zu nachlässige Verarbeitung, aber auch die Wahl ungeeigneter Lacke. Darum würde ich aus heutiger Sicht das nächste Mal Bootslack verwenden.

- Sollen andere, als die hier vorgeschlagenen Plattenmaterialien verwendet werden, sind deren Klebbarkeit und Biegefestigkeit zu beachten. Das beim Prototyp verwendete Pappelsperholz hat eine durchschnittliche Biegefestigkeit von etwa 20 N/mm², im besten Fall 40 N/mm². Damit hat der Druckkörper der SubMarine, wie schon gesagt, 300 mBar Überdruck (entsprechend 3 m Wassertiefe) in einer Überdruckkammer ausgehalten. Das ist ein sehr guter Wert. Ich würde sicherheitshalber eine Biegefestigkeit von 40 N/mm² als Minimalfestigkeit für ein Plattenmaterial ansehen.

- Um das Aussägen der 10 mm- und 5 mm-Platten zu erleichtern, siehe bitte die Zeichnung „01_Saegeschnitte_sparen“.

- Oft werden in den Konstruktionszeichnungen als Material Kunststoffplatten aus ABS oder PS angegeben. Dabei ist ABS der Vorzug zu geben, weil es das festere und robustere Material ist. Wenn ABS nicht erhältlich ist, kann aber auch PS verwendet werden.

- Beim Einkleben aller Schrauben und Durchführungen ist große Sorgfalt auf Dichtigkeit zu legen. Beim Prototyp waren an zwei Schrauben und zwei Klebenähten, die gerissen waren (Weißleim verwendet), Undichtigkeiten aufgetreten.

- Die auf den Zeichnungen eingestreuten Bibelverse sprechen für sich. Sie sind verschiedenen Bibelübersetzungen entnommen, je nachdem, welche ich für die verständlichste hielt. Wenn sie dich ansprechen sollten, dann bete einfach darüber.

Eine grobe Baureihenfolge, in der nur die wichtigsten Schritte und zu montierenden Teile aufgeführt werden:

1) **Tauchservohalterung** anfertigen.

2) **Bodenplatte (Zeichnungen 1 + 2)** anfertigen. Tauchservohalterung nur zum Anzeichnen verwenden, noch nicht aufkleben. Die 6 mm-Schrauben und die Abstandsplatten können auch später noch montiert werden, wenn man zuvor noch eine komplette oder teilweise Oberflächenbehandlung durchführen möchte (z.B. imprägnieren, spachteln, schleifen, lackieren).

3) **Seitenruderservo-Halterung** inkl. Servo anfertigen.

4) **Heckspant** anfertigen und auf die **Bodenplatte (Zeichnungen 1+2)** kleben. Die Montage der Anbauteile kann auch erst nach der späteren Oberflächenbehandlung erfolgen.

5) Beide **Seitenplatten (2 Zeichnungen)** anfertigen. Auch die Öffnungen für die Tauchzellen sollten schon jetzt vorgesehen werden.

Danach kommen die Schraubenlöcher an die Reihe. Dazu bohrt man zum Beispiel erst einmal die Befestigungslöcher in die Griffe der Tauchzelloge (siehe „**Tauchzellen**“ – Maß Sa) und nimmt diese dann als Lehren für die Bohrungen in den Seitenplatten und in den **Tauchzellen-Dichtungsplatten**. Theoretisch kann man auch alles aufeinandersetzen und gemeinsam bohren.

Anschließend können die Seitenplatten mit der Bodenplatte und dem Heckspant verklebt werden. Die Montage der Tauchzellen und Schrauben kann auch später noch erfolgen, nachdem die Oberflächen wunschgemäß behandelt wurden.

6) **Tiefenruderservo-Halterung** inkl. Servo anfertigen.

7) Anfertigung des **Bugspants** inklusive der Bohrungen für die **Tiefenruderservo-Halterung** und der Gestängedurchführung. Anschließend wird er mit der Bodenplatte und den Seitenplatten verklebt. **Einschlagmutter** und **Dichtscheibe** sowie das **Kunststoffröhrchen** zur Gestängeführung können auch erst im Anschluss an die Oberflächenbehandlung des Boots festgeklebt werden. Die Einschlagmutter wird dann nur noch in die vorhandenen Einprägungen hineingedrückt, nötigenfalls mit Schraubzwinde, jedoch nicht eingeschlagen, weil dies im schlimmsten Fall die Verleimung der Sperrholzplatten lösen kann.

8) **Frontplatte** anfertigen und am Bootsrumpf verkleben. Mit der Gewindestange kann noch bis zum Abschluss der Oberflächenbehandlung gewartet werden. Die **Tiefenruderlager** werden erst später zusammen mit dem **Tiefenruder** eingesetzt.

9) Oberflächenbehandlung des Bootes entweder komplett oder zumindest im Innenraum und im Bereich des Tauchsystems innen und außen. Der Heckbereich fehlt hier noch, weil später erst noch die Verschlussplatte eingeklebt werden muss und da wären die beiden Heckseitenplatten im Weg.

Der Bereich der Bodenplatte, in dem die Orientierungslinien zur Verklebung der Tauchservohalterung aufgezeichnet wurden und etwas darüber hinaus, soll noch nicht oberflächenbehandelt werden, damit die Verklebung optimal hält.

Insgesamt sollte darauf geachtet werden, dass die Bereiche, die relativ hohe Belastungen aushalten müssen und in denen später noch geklebt wird, noch nicht oberflächenbehandelt werden. Das sind insbesondere die Klebebereiche für die Verschlussplatte, aber auch die Löcher für die Schrauben. Der Bereich der Tauchzellen-Dichtungsplatten hingegen, kann daher schon komplett fertig behandelt werden, genauso wie der Heckspant im Innen- und Außenbereich (außer der Oberkante). Für den Bereich wiederum, in dem die Einschlagmutter ihren Platz hat, wird die Oberflächenbehandlung noch auf später verschoben oder die Einschlagmutter wird bereits vor der Oberflächenbehandlung eingeklebt.

10) Jetzt kann prinzipiell das komplette **Tauchsystem** inklusive **Tauchservohalterung** und Servo installiert werden. Siehe dazu auch alle anderen **Tauch...-Zeichnungen**. Die Tauchservohalterung muss nach der Verklebung auf der Bodenplatte dicht sein. Hier sollte (nach anschließend erfolgter

Oberflächenbehandlung) ein entsprechender Test durchgeführt werden, indem Wasser in die Halterung gefüllt wird.

Entsprechend dem Hinweis auf der Zeichnung „**Tauchsystem-Montage**“ werden die Schrauben von unten nach oben durch die Löcher der Tauchhebel geführt werden, so dass die Stopp-Muttern oben liegen, was bei einer späteren Demontage/Montage praktischer ist.

Bevor das **Servohorn** aufgesetzt wird, muss sich der Servoantrieb in seiner Neutrallage befinden. Dies kann mit der Fernsteueranlage bewirkt werden, indem der entsprechende Geber (Drehpoti) selber in die Neutralstellung gebracht wird. Einfacher ist es, einen Servotester anzuschließen und auf Neutral zu stellen.

11) Wenn der Bootsinnenraum fertig gestellt ist (Tauchsystem ist installiert, die Oberflächenbehandlung ist so weit, wie gewünscht, vorangeschritten, die Elektronik ist jedoch bis auf das Tauchservo noch nicht integriert), dann kann die **Verschlussplatte** gebaut und schließlich in den Bootsrumpf eingeklebt werden.

Die Außenseite der Verschlussplatte sollte insbesondere in dem Bereich, in dem die Dichtschnur aufgeklebt wird, zur Oberflächenbehandlung auch gespachtelt und geschliffen werden, da hier später dünnflüssiger Sekundenkleber zum Einsatz kommt, der bekanntermaßen kaum spaltfüllend ist. Vor dem Einkleben sind noch die **Dichtschnur (Zeichnungen Dichtschnur 1 + 2)**, der **Gestängeniederhalter** (siehe „Verschlussplatte“) und die Schrauben anzubringen. Zur Technik des Einklebens, siehe auch „Bodenplatte 2“. Die **Deckhalterung** kann ebenfalls bereits aufgeklebt werden, alternativ wartet man noch bis das Deck fertig ist, so dass eventuell erforderliche Abstimmungen noch leichter möglich sind.

Zur Montage der Verschlussplatte dient die Zeichnung „**Verschlussplatte-Montage**“.

12) Beide **Heckseitenplatten** anfertigen. Den **Abstandshalter** (siehe „Heckseitenplatten 1“ und „Seitenruder-Gestänge 1 + 2“) erst ankleben, wenn das **Seitenruder-Gestänge 1 + 2** montiert wird. Die Verklebung der Heckseitenplatten mit dem Druckkörper erfolgt erst, wenn der **Heckspant** mit der gewünschten Oberflächenbehandlung und allen Anbauteilen („**Druckanzeige**“ usw.; s.a. „**Heckspant**“), außer der hier nicht benötigten Seitenruderservo-Halterung, komplettiert wurde.

Das Plastikrohr zur Gestängeführung kann, muss aber noch nicht in den **Heckspant** eingeklebt worden sein, siehe „**Seitenruder-Gestänge 1**“. Eventuell ist es besser, damit noch zu warten, um gegebenenfalls Anpassungen vornehmen zu können. Wichtig ist, bei Materialien wie PE, PP, PA einen geeigneten Kunststoff-Primer zu verwenden, damit auch diese Durchführung dicht ist.

13) **Motorgehäuse 1, 2 und 3** und **Motorhalterung** anfertigen. Sobald die **Heckseitenplatten** mit dem Druckkörper verklebt sind, können auch die Motorhalterungen eingeklebt werden. Die **Motorleitungen** sollten erst ganz am Schluss, wenn das Boot fast fertig ist, in den Druckkörper geführt werden. So kann der Motor bei Bedarf noch komplett außerhalb des Bootes bleiben.

14) **Seitenruderlager** und **Seitenruder** anfertigen. Zur Montage des unteren Seitenruderlagers wird auch das fertiggestellte Seitenruder benötigt. Das Seitenruder wird nur durch die Klemmwirkung der beiden Seitenruderlager gehalten. Notfalls können jedoch auch eine lange M2-Schraube oder eine Gewindestange komplett durchs Röhrchen und die Lager hindurchgeführt werden. Dann müssen die Lager natürlich durchgebohrt werden.

15) Sobald das Boot im Außenbereich fertig lackiert ist, können alle Anbauteile montiert werden, die bisher noch nicht montiert wurden, weil sie bei der Oberflächenbehandlung im Weg gewesen wären.

Dazu gehören unter anderem auch das **Seitenruder- (1 + 2)** und das **Tiefenrudergestänge** genauso wie der **Motor**. Optional können auch die **Tauchzellen-Schutzsiebe** angefertigt und montiert werden.

Die Elektronik inklusive der **Servohalterungen** für das Seiten- und das Tiefenruder und der beiden Servos sollten noch nicht eingebaut werden. Dies sollte erst nach dem Dichtigkeitstest erfolgen.

16) Aufbau des kompletten **Deckober-** und **-unterteils** (siehe alle **Deck...-Zeichnungen**) mit **Turm** und **Turmabschlussplatte**. Man spart bei der Lackierung die Maskier-Arbeit, wenn man die Lackierung vom Deckoberteil mit den Seitenleisten, vom Deckunterteil und vom Turm mit der Turmabschlussplatte jeweils getrennt vornimmt und sie erst anschließend zusammenklebt.

Das Turmloch im Deckoberteil muss den Turm mit einem minimalen Übermaß (der Lackierstärke) aufnehmen. Das muss vor dem Lackieren überprüft werden.

Das Anbringen des Fensters auf dem Turm ist einfacher, solange die Turmplatte noch eben ist und nicht zum Turm geformt wurde.

Wegen des niedrigen Tauchsystem-Volumens (ca. 45 ml) sollte bei allen Klebungen am Deckoberteil und am Turm wenig Kleber – am besten dünnflüssiger Sekundenkleber – verwendet werden. Nur die Turmhinterkante sollte insbesondere im oberen Bereich, an dem sich die Antenne abstützt, wenn sie senkrecht gefahren wird, mit einem zusätzlichen Kleber verstärkt werden, wie beispielsweise einem Polymerkleber. Sonst könnte die Klebenaht dort aufreißen.

Übrigens haben die großen Ausschnitte im Oberdeck und auch im Turm hauptsächlich den Grund, dass sie möglichst wenig Wasser sammeln. Im aufgetauchten Zustand werden die sich bildenden Wasserlachen zu einem Gewicht, das zusätzlich vom Tauchsystem „überwunden“ werden muss. Allein auf dem Turmdach würden sich ohne das zentrale Loch etwa 3,5 g Wasser sammeln.

Die Öffnungen haben zusätzlich den Vorteil, einen teilweisen Kontrollblick in das Bootsinnere zu gewährleisten. So ist im Prototyp z.B. ein LiPo-Wächter installiert, der, ohne das Deck zu entfernen, durch den Lukendeckel hindurch abgelesen werden kann.

17) Anfertigung des **Lukendeckels** inklusive aller Anbauteile.

18) Anfertigung der **Ballastplatte**. Die Montage der Hammerköpfe und des Zusatzballasts erfolgen später.

19) **Tiefenruder** komplett anfertigen, **Tiefenruderlager** in die Ruderachsen einsetzen und das Ganze als Baugruppe an der Frontplatte befestigen – siehe auch „**Tiefenruder-Montage**“.

20) Nach der Fertigstellung des Druckkörpers finden erst einmal nur **Dichtigkeitstests** statt, indem das Boot in der Badewanne komplett untergetaucht wird. Die Elektronik-Komponenten sind bis auf das Tauchservo, das nur recht umständlich wieder zu entfernen wäre, noch nicht installiert, um sie vor eindringendem Wasser zu schützen. Die Wassertemperatur sollte der Umgebungstemperatur entsprechen oder etwas darüber liegen, damit der Bootsinnenraum nicht abkühlt und ein Unterdruck entsteht, der Wasser ins Boot hineinsaugen könnte.

Die **Dichtschnur** zur Abdichtung des Lukendeckels wird mit Glycerin (beim Prototyp > 95 %ig) (oder Glycerin-Spülmittel-Gemisch, siehe „Dichtschnur 1“) eingestrichen (weicher Pinsel), es sei denn, es wird eine Silikonschaum-Schnur verwendet. Hintergrund ist, dass die Poren des Dichtschnur-Materials nicht vollständig geschlossen sind und es darum etwas wasserdurchlässig sein kann. Von Silikonschnur wird gesagt, sie sei 100%ig porendicht, es liegen damit jedoch keine eigenen Erfahrungen vor.

Anfangs wurde versucht, allein mit Vaseline auszukommen, diese zog regelrecht in die Gummischnur ein. Da Vaseline ein Erdölderivat ist und eine Dichtschnur aus EPDM darunter leiden könnte, wurde recht bald die Behandlung mit Vaseline eingestellt und seither vor jeder Tauchfahrt nur noch das Glycerin-Spülmittel-Gemisch („Gly.-Spü.-Gemisch“) aufgetragen. Und zwar inzwischen nur noch auf die Oberseite der Dichtschnur, an den Seiten ist es inzwischen nicht (mehr) nötig. Möglicherweise hat hier die Vaseline schon für eine langfristige Abdichtung gesorgt. Die Dichtschnur aus EPDM hat unter dieser Behandlung (Vaseline und Gly.-Spü.-Gemisch) bisher nicht gelitten. Es kann sein, dass also das Gly.-Spü.-Gemisch allein nicht ausreichen wird, und zusätzlich einige Male Vaseline rundum aufgetragen werden muss.

Innen ist das Boot mit Papiertaschentüchern am Boden ausgelegt, welche manchmal einen Hinweis geben können, wo Wasser eingedrungen ist. Durch den Lukendeckel wird beobachtet, ob an irgendeiner Stelle Wasser eindringt. Das Wasser findet auch kleinste Undichtigkeiten. Die Aufgabe ist einfach, diese ausfindig zu machen und abzudichten.

Hinter den Tauchzellen-Dichtungsplatten kann Wasser hindurchdringen, genauso wie hinter den Tauchzellen-O-Ringen. Auch die Lenkgestänge für das Seiten- und das Tiefenruder können undicht sein oder die Plastikrohre und die beiden Dichtscheiben an der jeweiligen Verklebung mit den Bug- und Heckspanten. Auch die Kolben des Tauchsystems können natürlich undicht sein. Druckanzeige, Heck-Kabeldurchführung, Belüftung und Antenne sind weitere Prüfkandidaten. Die Klebenähte des Druckkörpers können undicht sein, außerdem alle Schrauben, die durch den Druckkörper gehen.

Wird bei den Dichtigkeitstests zusätzlich ein Überdruck im Boot erzeugt, sind Undichtigkeiten unter Umständen noch besser zu entdecken. Außerdem kann derjenige, der keine genügend große Wanne hat, auf diese Weise auch Trockentests machen, indem er ein Lecksuchspray (z.B. Würth Lecksucher) ohne Korrosionsschutz oder ersatzweise eine Seifenblasen-Lösung auf alle Risikostellen sprüht bzw. aufträgt und auf Blasenbildung achtet.

Um einen definierten Überdruck im Boot zu haben, werden die Kolben von Hand ausgefahren (bis maximal zum Kolbenstopp). Dann wird die Belüftung geöffnet und der Lukendeckel verschlossen. An die Belüftung wird nun eine Blasenspritze angeschlossen, die mit 45 ml Luft aufgezogen ist. Diese Luft wird anschließend in den Druckkörper gepumpt. Die Druckerhöhung ist an der Druckanzeige zu erkennen und zu erfühlen. Sie ist praktisch so, wie wenn die Kolben eingefahren worden wären. Jetzt können alle Bereiche mit Lecksuchspray eingesprüht werden, die undicht sein könnten.

Ist das Boot undicht, so ist dies auch an der Druckanzeige zu erkennen. Möglicherweise fällt der Druck so schnell ab, dass immer wieder Luft eingepumpt werden muss, damit das Leck gefunden werden kann. Es darf aber keine zusätzliche Luft eingeblasen werden, die den Druck unzulässig erhöhen könnte, sondern die Spritze muss immer wieder abgenommen werden, so dass der Druck im Boot auf Normaldruck fällt, und dann neu aufgezogen werden, bevor die Luftmenge von 45 ml eingepumpt wird. Größere Luftmengen könnten z.B. zum Reißen der Klebenähte führen.

Ist das Boot dicht, kann mit der Montage weitergemacht werden.

21) Montage der **Tiefen- und Seitenruderservo-Halterungen** inklusive Servos und Anschluss an die **Tiefen- und Seitenruder (1 + 2)-Gestänge**, die ebenfalls komplett montiert werden.

22) Einbau der Elektronik (siehe „**Elektronik-Einbauvorschlag**“). Montage eines 40 MHz-Empfängers (alternativ 27 MHz, aber mangels Störsicherheit nicht empfohlen; 868 MHz sind wohl auch möglich – der Autor hat jedoch keine Erfahrungen damit) und Drehzahlstellers mit Klettband. Probemontage des Akkus mit Klettband (Akkus anschließend wieder außerhalb des Bootes an feuersicherem Ort lagern). Die Antennenlänge wird auf insgesamt etwa 55 cm gekürzt. 20 cm davon verbleiben am

Empfänger, 35 cm sind über einen Kontakt getrennt am Lukendeckel angebracht. Die Ausgangslänge der Antenne betrug beim Prototyp etwa 90 cm. Jedoch ist bei ihm auch mit der reduzierten Antennenlänge noch eine gute Funkverbindung gewährleistet.

23) Komplette **Restmontage** bis auf die Ballastplatte

24) **Elektrische Einstellung** und Abstimmung aller elektronischen Komponenten. Wichtig ist, dass keine Servos blockieren bzw. Ruder anlaufen / blockieren (Servoweg-Verstellung am Sender nutzen). Das Tauchservo darf nicht am Kolbenstopp anlaufen (Zeichnung „Tauchzellen-Montage 1“). Außerdem sollte diese Funktion auf einen Drehgeber gelegt werden – auch um ein zu schnelles Hin- und Herfahren der Kolben zu verhindern, weil dies die Tauchservohalterung möglicherweise überstrapaziert. Mehr als 2 x 45° sollte das Servohorn nicht drehen – siehe „Tauchsystem-Montage“. Leicht abweichende Mittelstellungen der Servos können ebenfalls über den Sender korrigiert werden (Mittelpunktverstellung per genereller Trimmung oder z.B. „subtrim“-Funktion). Falls die Schiffsschraube falsch herum läuft, kann der Senderkanal auf Revers gestellt werden oder die Motorkabel können miteinander vertauscht werden. Niemals die Stromversorgungskabel am Drehzahlsteller umpolen/tauschen (!).

25) Für die nun anschließende **Schwebbeeinstellung** muss das Boot komplett ausgerüstet sein, inklusive dem Akku und der Ballastplatte, die mittig in den drei Langlöchern befestigt wird.

Die folgende Vorgehensweise sollte nicht nur hier, sondern auch bei späteren Tauchfahrten durchgeführt werden, um das Boot tauchklar zu machen:

1. Nachdem der Sender eingeschaltet wurde, wird der Akku im Boot angeschlossen. Man kann jetzt noch einmal alle Funktionen überprüfen.
2. Nun kann noch Glycerin oder Gly.-Spü.-Gemisch auf die Oberseite der Dichtschnur aufgetragen werden.
3. Antenne anschließen.
4. Belüftung öffnen, damit beim Festschrauben des Deckels im nächsten Schritt kein Überdruck im Boot entsteht, denn der Deckel wirkt beim Festschrauben wie der Kolben einer Luftpumpe.
5. Boot mit Lukendeckel verschließen (Schrauben über Kreuz anziehen).
6. Kolben maximal ausfahren.
7. Belüftung schließen. Das Boot wird also mit dem normalen Umgebungsdruck gestartet.
8. Deck montieren.

Pkt. 6. ist wichtig, weil später, wenn die Kolben zum Abtauchen eingefahren werden, dadurch im Boot ein leichter Überdruck entsteht, der in dieser Stärke erwünscht ist (im Gegensatz zur Druckzunahme durch das Festschrauben des Deckels).

Würde man die Belüftung schließen (7.), während die Kolben eingefahren sind, entstünde im Boot beim Auftauchen (Kolben fahren aus) ein Unterdruck, der den Druckkörper zusätzlich beanspruchen würde. Außerdem könnte auch Wasser in den Innenraum gesogen werden.

Nach der Montage des Decks ist das Boot einsatzbereit und kann ins Wasser gesetzt werden. Wenn unser Testbecken nicht tief genug ist, um auch die Antenne ganz unter Wasser verschwinden zu lassen, dann kann diese auch 90° nach hinten abgeknickt werden, bevor das Deck aufgesetzt wird.

Die Kolben werden nun für die folgenden Einstellungen fast vollständig eingefahren - bis auf wenige Millimeter.

Zuerst müssen die Luftblasen am Boot entfernt werden, die sich in den Außenbereichen der Tauchzellen, zwischen Boden- und Ballastplatte, unter dem Deck usw. befinden. Das Boot wird dazu mehrmals seitlich und längs jeweils ca. 30° - 45° hin und her gekippt und vor- und zurückbewegt, damit sich auf diese Weise die Luft befreien kann. Diese Prozedur ist auch vor allen späteren Tauchgängen erforderlich. Auf diese Weise werden die Luftblasen nicht 100%ig entfernt, aber das muss auch nicht sein.

Ziel ist es nun, dass das komplett ausgerüstete Boot mit nahezu vollständig eingefahrenen Tauchkolben und gegebenenfalls Zusatzgewichten im Wasser ganz untergetaucht horizontal schwebt – also weder steigt noch sinkt. Das ist nie ganz 100%ig zu erreichen, aber wir versuchen es bestmöglich.

Dazu wird man die beiden Hammerköpfe erst einmal so auf der Ballastplatte anbringen, wie es auf der Zeichnung „Ballastplatte“ angedeutet ist. Das muss aber nicht ihre Endposition sein. Darum sollten sie auch vorerst nur mit je zwei Klebepunkten a' 20 x 20 mm aus doppelseitig kaschiertem Schaumklebeband befestigt werden. Später kann man sie auf der ganzen Länge mit diesem Klebeband festkleben. Zur gegebenenfalls nötigen Entfernung des Klebers kann zum Beispiel Reinigungs- oder auch Feuerzeugbenzin dienen. Die Ballastplatte sollte während der gesamten Einstellaktion möglichst nicht verschoben werden, sondern in Neutrallage verbleiben.

Von den Zusatzgewichten (z.B. 5 g-Kfz-Auswuchtgewichte) werden so viele aufs Deck gelegt und angeordnet, bis der horizontale Schwebezustand erreicht ist. Ein leichtes Steigen ist aus Sicherheitsgründen besser als ein leichtes Sinken.

Um das Volumen der Gewichte klein zu halten, kann der Klebeschaum entfernt werden, beim Prototyp wurde das aus praktischen Gründen jedoch nicht getan.

Nun müssen diese Gewichte im oder außen am Boot befestigt werden. Bei einer Befestigung auf der Ballastplatte sollte anfangs genau wie bei den Hammerköpfen nur wenig (!) Klebeband benutzt werden, weil noch mehrere Korrekturen erforderlich sein werden, bis endlich der gewünschte Zustand erzielt ist. Dazu kann man jeweils nur einen Teil der Schutzfolie entfernen, anstatt die ganze zur Verfügung stehende Klebefläche zu nutzen.

Eine Option ist auch, die Gewichte seitlich an den Hammerköpfen, also senkrecht, zu befestigen und nicht auf der Ballastplatte. Das ist jedoch nur eine Idee.

Auch eine Montage im Boot ist möglich. Dann empfiehlt sich der Platz um die Tauchservohalterung herum. Insbesondere Anpassungen der Seitenlage des Bootes, falls es sich nach Steuerbord oder Backbord neigt, können so gut ausgeglichen werden. Beim Prototyp sind dort 550 g gelagert (z.T. mit Klettband auf der Bodenplatte befestigt und z.T. seitlich an der Tauchservohalterung). Etwa 290 g davon würden entfallen, würde man statt Pappelsperholz die schwereren Hölzer Birke oder Buche verwenden. Insgesamt beträgt der Ballast beim Prototyp ca. 1800 g (550 g Innenballast + 2x500 g Hammerköpfe + 250 g Auswuchtgewichte und Kunststoffplatte). Man könnte hier also im Prinzip auch Hammerköpfe bis 2x800 g einsetzen. Bei einem Upgrade wurden inzwischen 2x700 g vorgesehen und der Rest in Auswuchtgewichten auf der Ballastplatte montiert. Im Boot ist kein Ballast mehr. Dieser letzte Stand wurde aber noch nicht im See getestet. Es kann sein, dass sich die Fahreigenschaften ungünstig verändern.

Wurde anderes Plattenmaterial verwendet, z.B. Polycarbonat (Anmerkung: da könnte man die Verschlussplatte für einen noch besseren Einblick klar lassen und auch Bullaugen ganz leicht erzeugen, indem die gewünschten Stellen beim Lackieren maskiert werden), ändert sich voraussichtlich auch das erforderliche Ballastgewicht. Es lässt sich leicht ermitteln: Die

Bootsverdrängung beträgt insgesamt etwa 3260 g. Zieht man hiervon das aktuelle Gewicht ab, das man auf einer Waage gemessen hat, dann erhält man den noch erforderlichen Ballast, weil Verdrängung und Gewicht zum Schweben gleich sein müssen.

Es ist praktisch, wenn ein gewisser Ballast (z.B. 40 g) nicht fest verbaut wird, sondern lose beispielsweise im Decksbereich untergebracht wird. Je nach Jahreszeit oder Gewässer wird sich ein unterschiedlicher Auftrieb einstellen, der dann durch Gewichts-Wegnahme oder -Zugabe ausgeglichen werden kann, so dass sich das Boot ohne großen Aufwand schnell wieder in eine optimale Schwebelage bringen lässt. Die anschließend möglicherweise erforderliche Anpassung der Horizontallage kann einfach durch Verschieben der Ballastplatte erfolgen.

Handelt es sich bei den Zusatzgewichten um 5 g-Kfz-Auswuchtgewichte, dann können diese z.B. zwischen Lukendeckel und Frontplatte untergebracht werden. Hier passen in jedes der beiden Kompartimente jeweils 30 g gestapelt hinein (3 Lagen a' 2 x 5 g). Am anderen Ende des Lukendeckels lassen sich auf der Verschlussplatte ebenfalls Gewichte unterbringen. Hier müsste man dann allerdings beispielsweise einen Klettverschluss anbringen.

Wo die Gewichte nicht befestigt werden sollten, ist überall dort, wo sie in den Decksbereich hineinragen würden, also den Bereich, der beim Auftauchen aus dem Wasser ragen soll (Deckoberteil mit Turm). Alles was in diesem Bereich untergebracht wird, erfordert zusätzliches Tauchzellenvolumen. Im Umkehrschluss würde das Boot also nicht mehr so weit aus dem Wasser heraustauchen können.

Die Hammerköpfe sollten immer „doppelt sicher“ befestigt werden, damit sie einem nicht einmal auf die Füße fallen.

Sehr wichtig ist jedenfalls bei dieser ganzen Aktion, dass das Boot mit fast vollständig eingefahrenen Kolben horizontal schwebend (oder langsam aufsteigend) im Wasser liegt. Im Zweifel ist es besser, das Boot liegt etwas buglastig, weil es unter Fahrt eine Auftauchtentenz hat. Diese Grundeinstellung kann übrigens auch entscheidend sein für eine optimale Wirkung des Tiefenruders. Noch nicht angesprochen wurde, dass die Ballastverteilung natürlich auch einen Einfluss auf die Beweglichkeit des Bootes hat. Je tiefer er liegt, umso stabiler liegt das Boot im Wasser, umso träger reagiert es aber auch auf Tiefenruderausschläge. Hier bestehen also auch gewisse Einflussmöglichkeiten.

Der erste Einsatz

Der erste Einsatz sollte im Uferbereich eines ruhigen Süßwasser-Gewässers stattfinden. Salzwasser-Gewässer sind wegen der unzureichenden Eindringtiefe der Funkwellen ungeeignet. Das Boot kann zur Sicherheit gefesselt betrieben werden. Dazu kann man auf den ersten 50 cm einer Angelschnur (beispielsweise 8 m lang) alle 4 cm einen längs durchstochenen Dichtschnurabschnitt (a' ca. 8 mm lang) auffädeln, so dass sie oben schwimmt und nicht in den Propeller geraten kann. Geflochtene Schnur hat von sich aus schon einen positiven Auftrieb im Gegensatz zu monofiler Schnur. Ihre Befestigung kann am hinteren Decksausschnitt erfolgen.

Wie bereits zuvor beschrieben, ist die Reihenfolge beim Start eines Tauchausfluges folgendermaßen:

1. Sender einschalten, Akku anschließen. Alle Funktionen überprüfen. Ggfs. Reichweitentest an Land gemäß Herstelleranleitung durchführen.
2. Glycerin oder das Gly.-Spü.-Gemisch auf die Oberseite der Dichtschnur auftragen.
3. Antenne anschließen.
4. Belüftung öffnen.
5. Luke schließen.

6. Kolben maximal ausfahren.
7. Belüftung schließen.
8. Deck montieren.
9. Luftblasen entfernen.

Ist das Boot wärmer als die Umgebung, wird es sich zusammenziehen und der Innendruck im Boot wird sinken. Das geht gerade im Herbst/Winter sehr schnell. Darum ist es gut, die Druckanzeige während des Einsatzes immer wieder mal zu überprüfen bzw. auch ohne die Prüfung im 10 min-Intervall die Belüftung zu öffnen, die Kolben auszufahren und die Belüftung wieder zu schließen. Dieses Vorgehen kann man auch umgehen, oder zumindest das Prüfintervall verlängern, wenn man mit dem Einsatz solange wartet, bis das Boot die Umgebungstemperatur angenommen hat.

Viel Spaß beim Bau und beim Tauchen mit der SubMarine!

Stephan Post

- Der Nachbau und der Betrieb des Bootes geschehen auf eigenes Risiko und in eigener Verantwortung. Es wird vom Autor keinerlei Haftung für fehlerhafte Angaben oder ein Nichtfunktionieren des U-Bootes oder von Teilen davon übernommen.
- Auch für Folgeschäden aus Bau oder Betrieb wird keine Haftung übernommen.
- Der Nachbau ist nur geübten Modellbauern empfohlen, die im Umgang mit den eingesetzten Maschinen, Werkzeugen, Farben und Klebstoffen Erfahrung besitzen und die Gefahren, die davon ausgehen, einschätzen können. Die Sicherheitsdatenblätter der Hersteller sind zu beachten.
- Die Anleitungen hier und auf den Zeichnungen sind nur als unverbindliche Hilfestellungen zu sehen, um dem Modellbauer mit Bauvorschlägen zur Seite zu stehen. Die Anleitungen entbinden den Modellbauer nicht davon, deren Sinnhaftigkeit zu prüfen, um gegebenenfalls geeignetere Vorgehensweisen zu wählen.
- Die Nennung von Markennamen soll nicht darauf hindeuten, dass dies die einzigen Produkte sind, die im jeweiligen Anwendungsfall verwendet werden können. Es kann noch viele andere geben, die nicht weniger geeignet sind. Hier und auf den Zeichnungen und in der Bauteilliste sind nur diejenigen aufgeführt, die beim Prototyp auch verwendet wurden oder mit denen der Autor bereits anderweitig Erfahrungen gemacht hat.
- Auf den Zeichnungen wurden die beiden Fonts Droid Serif von Steve Matteson und Swansea von Roger White <https://web.archive.org/web/20120416090521/https://www.rogersfonts.org.uk/> verwendet.