

Betriebsanleitung

**Lage- und  
Tiefenregler**

LTR 5.3

Ausgabe 11.2005

**NORBERT BRÜGGEN**

Entwicklung und Vertrieb von  
elektronischen und mechanischen Bauteilen

**Benderstraße 39**

**41065 Mönchengladbach**

**Tel.: 02161 48 18 51**

**Fax: 02161 43 98 3**

**email@modelluboot.de**

# Funktion

Die Basisaufgabe eines Tiefenrudergängers in einem U-Boot ist es, sein Boot bei Unterwasserfahrt mittels der Tiefenruder in einer bestimmten Tiefe zu halten. Besonders dekorativ und schwierig ist dabei natürlich Sehrohrtiefe. Im Vergleich mit einem Flugzeug muß die Präzision der Tiefensteuerung immer sehr gut sein, schließlich stehen nicht 100m sondern nur 1m in der Vertikalen zur Verfügung.

Damit der

Tiefenrudergänger das leisten kann, muß das Boot vom Ballast her im Schwebезustand sein und darf möglichst keine Lastigkeiten aufweisen, muß also horizontal schweben. Je näher das Boot an diesen Idealbedingungen ist, um so leichter ist seine Arbeit.

Natürlich gibt es Boote, die sehr gut zu steuern sind, wie zum Beispiel die Klasse 206 der Bundesmarine und ausgesprochen störrische Exemplare, wie einige Typen aus den Anfängen des U-Boot-Baus oder der Typ XXI, wenn sein Ballast zu tief gestaut ist.

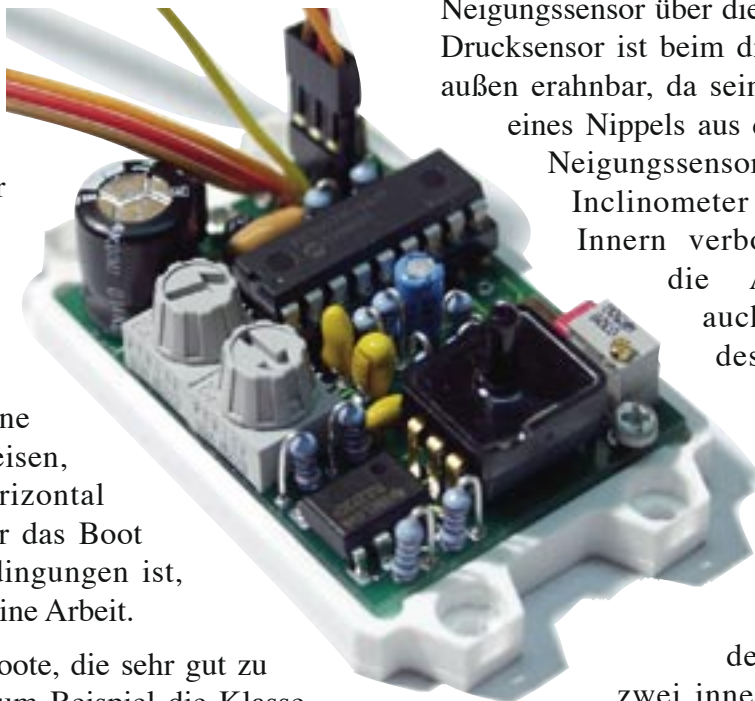
Ein automatischer Tiefenregler hat bei seiner Arbeit mit den gleichen Schwierigkeiten zu kämpfen. Das heißt, er wird um so besser funktionieren, je besser das Boot von seiner Bauart und Trimmung her steuerbar ist. Im Gegensatz zu seinem menschlichen Kollegen ist der Automat aber (noch) nicht lernfähig.

Daher müssen ihm die Steuereigenschaften seines Bootes durch Drehen an allerlei Einstellknöpfchen näher gebracht werden. (mehr dazu später)

Genau wie der Tiefenrudergänger steuert die Automatik auf der Basis von 2 Informationsquellen: der Druck um das Boot gibt über die Tiefe Aufschluß und ein Neigungssensor über die momentane Lage. Der Drucksensor ist beim diesem Tiefenregler von außen erahnbar, da sein Meßeingang in Form eines Nippels aus dem Gehäuse ragt. Der Neigungssensor - auch fachmännisch Inclinometer genannt - bleibt im Innern verborgen. Daneben muß die Automatik natürlich auch auf die Wünsche des Kapitäns, vermittelt durch die Impulse der Fernsteuerung, reagieren.

Regeltechnisch betrachtet besteht der Tiefenregler aus zwei ineinandergeschachtelten Regelkreisen.

Der innere ist der Lageregelkreis, der darauf ausgelegt ist, das Boot in der Horizontalen zu halten. Er bestimmt die Stabilität der Tauchfahrt und wird mittels zwei Einstellpotis an die Eigenschaften des U-Bootes angepaßt. Seinen Sollwert für die Boots-lage erhält er vom äußeren Regelkreis, dem eigentlichen Tiefenregler mit dem Drucksensor. Seine Regeleigenschaften sind unkritisch und müssen daher auch nicht eingestellt werden.

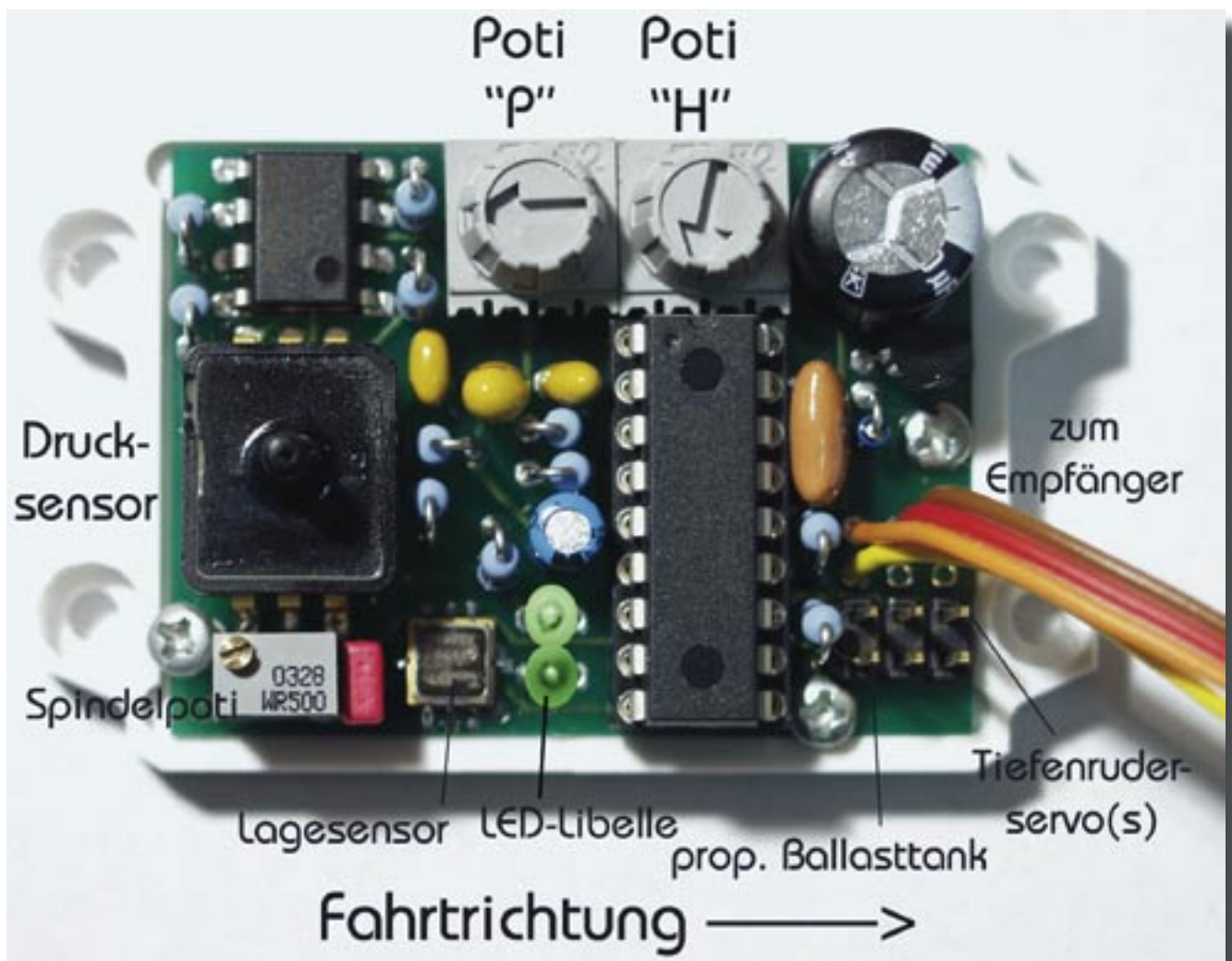


Die Solltiefe wird vom Sender aus vorgegeben, wobei Knüppelmittelstellung etwa 0,3m Tiefe (Abstand Drucksensor - Oberfläche) entspricht, was für die meisten Modell-U-Boote Sehrohrtiefe ist. Größere Tauchtiefe wird durch Verschieben des Steuerknüppels nach vorne erreicht, geringere durch Ziehen.

### Einbau

Der Tiefenregler hat kein Gehäuse, aber einen soliden Sockel. Damit muß er liegend montiert werden. Da der Regler einen Lagesensor enthält, der den Winkel des Bootes zur Wasserlinie mißt, muß er fest mit dem Boot verbunden werden. Eine leichte Schräglage kann mit dem Poti "H" (für Horizontale) ausgeglichen werden.

Die Steckerleiste muß zum Bug zeigen. Andernfalls würden Druckänderungen und Lageänderungen das Ruder in unterschiedliche Richtungen steuern und eine brauchbare



Regelung wäre nicht möglich.

Der elektrische Anschluß dürfte kein Problem darstellen. Der große Stecker gehört in

den Empfänger. Der kleine Stecker kann unbeschaltet bleiben, dann ist der Regler immer an. In die Buchse neben den Kabeln wird der Tiefenruderservo gesteckt. Die Buchse am Gehäuserand ist der 2. Ausgang für eine proportionale Tauchzelle als statischer Tiefenregler.

Der Schlauchnippel wird mit dem das Boot umgebenden Wasser verbunden, so daß der eingebaute Sensor den Druck und damit die Tiefe messen kann. Als Schlauch eignet sich Silikonschlauch mit 1,5 mm Innendurchmesser, wie er als Spritschlauch bei Glühzändern verwendet wird.

Die Rumpfföffnung sollte dabei so liegen, daß sie frei von Staudruck durch die Fahrtgeschwindigkeit ist. Günstig ist eine Anbringung mittschiffs im Kielbereich oder im Deck. Als vorteilhaft hat sich die Anzapfung in einem Freiflurraum erwiesen, da hier die Strömung beruhigt ist.

Die Richtung des Servoauschlags bei Druck- oder Lageänderung ist einstellbar. Sie muß so gewählt werden, daß die Ruder bei Druckerhöhung oder bei angehobenem Heck auf "Auftauchen" drehen. Ist das nicht der Fall, muß das Poti "P" auf die andere Seite der Mittelstellung gedreht werden. Es hilft nicht, den Regler anders herum einzubauen: Der Servoauschlag bei Lageänderung ist dann zwar richtig, aber die Reaktion auf Druckänderung bleibt falsch.

## Servo und Ruder

Der Tiefenruderservo muß zwei wesentliche Forderungen erfüllen: Er muß spielarm sein und er muß dem Dauerstreß gewachsen sein, den die permanente Bewegung verursacht.

Bei der Auswahl des oder der Tiefenruder-Servos sollte man nicht allzu knauserig sein, da mit einem klapprigen Exemplar keine stabile Regelung zu erzielen ist. Explizit gewarnt sei vor preiswerten Microservos, die unter Belastung erhebliches Spiel haben und deutlich mehr Strom ziehen, als in dem kleinen Gehäuse gesund ist.

Allgemein gilt, daß Servos die für Hubschrauber geeignet sind, auch an den Tiefenrudern von Modell-Ubooten funktionieren. Aber auch preiswerte Servos der Standardbaugröße sind oft eine gute Wahl. Die sind normalerweise so vorsichtig ausgelegt, daß sie Dauerbewegung und gelegentliches Blockieren aushalten. Da sie Stellzeiten  $>0,15$  s aufweisen, ist nur bei sehr schnellen Ubooten ein Problem.

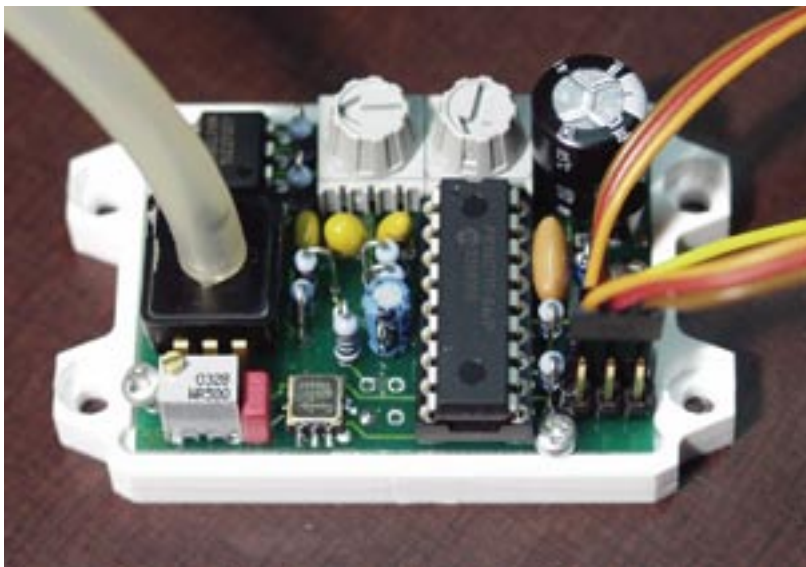
Da der Tiefenregler schon bei der kleinsten Lageänderung des Bootes gegensteuert, bleibt der Servo ständig in Bewegung, was mit einer erheblichen Stromaufnahme verbunden ist. Ein solider Empfängerakku mit ebenso soliden Kabeln wäre also keine schlechte Idee. (im Gegensatz zu Batteriehaltern mit losen Zellen!) Alternativ kann ein ausreichend belastbarer Spannungsregler (gemeinhin BEC genannt) zur Versorgung aus dem Fahrakku eingesetzt werden.

Die Forderung nach Spielarmut gilt nicht nur für den Servo, sondern auch für das Gestänge bis zum Ruder. Wenn hier Spiel vorhanden ist, so werden kleine Servobewegungen nicht zum Ruder weitergeleitet, sondern vom Spiel verschluckt. Dadurch können kleine Lagefehler nicht korrigiert werden und wachsen an, bevor sie ausgeglichen werden. Die Regelung ist also weniger exakt und ist unter Umständen nicht schwingungsfrei einzustellen.

## vordere und achtere Tiefenruder

Der Tiefenregler ist ursprünglich für Boote mit nur einem Tiefenruder-paar konzipiert, egal ob das am Bug oder Heck angebracht ist. Bei Booten mit mehreren Rudern gibt es verschiedene Möglichkeiten.

Zum einen können beide Ruder zusammen gegenseitig angesteuert werden (mittels V-Kabel und 2 Servos oder langen Gestängen von 1 Servo). Gegenseitig heißt zum Beispiel hinten oben und vorne unten. So kippen beide Ruder das Boot gemeinsam. Diese Steuerung ergibt beim Typ VIIc und ähnlichen Booten gute Ergebnisse.



Die zweite Möglichkeit besteht darin, mit dem Tiefenregler nur ein Ruder anzusteuern (meistens das achtere), und das zweite festzusetzen oder nur per Hand zu steuern. Das bietet sich besonders für U-Boote an, die zwei Ruder mit sehr verschiedener Wirkung haben.

Ich denke, daß die Entscheidung, ob ein oder beide Ruder angesteuert werden, von Fall zu Fall zu treffen ist. Wahrscheinlich führen in den meisten Fällen mehrere Wege zum Ziel.

## Einstellung

Der Tiefenregler hat 2 Einstellpotis mit den Bezeichnungen P und H und folgenden Wirkungen:

### **P: Proportionalkonstante**

Dies ist die Verstärkung des Lagereglers. Mit diesem Einsteller kann man bestimmen, wie heftig die Tiefenruder bei einer Schräglage des Bootes gegensteuern. In der Mitte ist die Verstärkung 0, daß heißt die Lageregelung ist außer Betrieb. An beiden Anschlägen ist die Wirkung maximal. Ob das Poti rechts oder links der Mitte steht bestimmt die Richtung, in der der Regler arbeitet (-> Einbau).

### **H: Horizontale**

Hiermit läßt sich eine leichte Schräglage des Reglers im Boot kompensieren. Die beiden Leuchtdioden zeigen als elektronische Libelle die aktuelle Lage an, so daß die Justage kein Problem ist.

Die Tiefenruder müssen in der Neutralstellung (Boot horizontal und Senderknüppel in Mittelstellung) etwa halben Ausschlag auf Abtauchen stehen. Dies wird durch die voreingestellte Solltiefe von etwa 0,2m verursacht, da der Regler natürlich versucht, sie zu erreichen und daher das Ruder auf Tiefe legt.

Die extra großen Potis haben pfeilförmige Bedienschlitz, so daß die aktuelle Stellung gut erkannt werden kann. Mit schlanken Fingern ist die Bedienung ohne Werkzeug möglich.

### Spindelpoti

Das Spindelpoti neben dem Drucksensor ist für die Grundeinstellung des Drucksensors wichtig und sollte im Regelfall nicht verändert werden.

Wenn diese Grundeinstellung nicht mehr stimmen sollte ( so daß der automatische Nullpunktausgleich nicht möglich ist) meldet sich der LTR mit gleichzeitigem Blinken beider LEDs und Tiefenruder in einem Anschlag. Dann muß man das Spindelpoti verdrehen, bis der Servo wieder etwa in der Mitte steht. Danach Boot ausschalten und einschalten und die normale Funktion ist wieder hergestellt.

### Einstelltaktik

Die Einstellung der Verstärkung mit dem Poti "P" kann nur im Fahrversuch ermittelt werden. Dabei hilft nur Probieren..

Hier mein Vorschlag zum Vorgehen: Startwert für "P" ist entweder Zeigerstellung 10 Uhr oder 2 Uhr, was halber Verstärkung in der richtigen Richtung entspricht.

Die muß zuvor an Land gefunden werden, indem Sie das Heck anheben und das Ruder beobachten. Es muß der Schräglage entgegenwirken, sonst muß die Richtung umgedreht werden, indem "P" in die andere Hälfte des Stellbereichs gedreht wird.

Je größer die Verstärkung, also je näher "P" zum Anschlag steht, um so genauer ist die

Regelung, aber um so höher ist auch die Schwingneigung des Bootes, was sich im "Delphin-schwimmen" mit ständigem auf und ab zeigt. Die optimale Einstellung liegt also knapp unterhalb des Punktes, an dem die Schwingungen einsetzen.

Die Schwingneigung des Bootes nimmt mit steigender Geschwindigkeit zu. Das Boot wird also bei zu weit aufgedrehtem Regler und voller Fahrt schwingen, aber bei geringer Fahrt stabil sein.

#### **technische Daten**

#### **Lage- und Tiefenregler**

Gerätetyp:	Vorschaltbaustein für Servo, Stromversorgung aus Empfängerakku, Sensoren und Mikroprozessor intern
Abmessungen:	liegende Platine mit Sockel 60 x 38 x 24 mm
Gewicht	21 g
Betriebsspannung:	sicher 4,0 - 6,5 V möglich 3,0 - 12 V
Stromverbrauch:	7,5 mA bei 4,8 V
Impulse	positiv, 1,0 - 2,5 ms, paßt damit an alle Anlagen Stecker nach Wunsch
Druck:	zerstörungsfrei: Vakuum - 2 bar abs  Funktion: Atmosphäre - +0,1 bar = 0 - 1 m WS

## Handschtaltung

Manchmal ist es nützlich, wenn man die Automatik abschalten und das U-Boot von Hand steuern kann. Ein dramatisches Notaufauchmanöver ist dann viel eindrucksvoller. Außerdem steuert der automatische Tiefenregler bei Rückwärtsfahrt falsch herum, so daß man ihn dazu besser abklemmt.

Der Tiefenregler ist mit einer Abschaltung in Gestalt eines gelben, einzelnen Kabels versehen.

Sie kann unbeschaltet bleiben, dann ist die Regelung permanent aktiv.

Sie kann mit einem Schaltkanal über den Dekoder gesteuert werden. Alternativ kann auch ein Relais verwendet werden, das den Eingang mit Masse verbindet.

Dabei wird der Tiefenregler ganz ausgeschaltet. Das Tiefenruder wird aber weiterhin per Lageregler und Senderknüppel gesteuert. Die dynamische Abschaltung sorgt dafür, daß "hart-oben" Kommandos immer Priorität haben.

## Servoanschläge

Ab Version 5.3 sind die Endanschläge beider Servos einzeln einstellbar.

Das Verfahren ist etwas merkwürdig, verhindert aber ein versehentliches Auslösen dieser Funktion.

### Schritt für Schritt:

- Empfänger ausschalten
- Knüppel für Tiefe auf Mitte
- Uboot auf die Backbord Seite legen (=Potis unten)
- Empfänger einschalten
- ein Servo folgt jetzt dem Steuerknüppel, wobei der Regler die Maximalausschläge speichert. Also vorsichtig bis an die vorgesehenen oder mechanischen Begrenzungen heranzufahren.
- Durch Betätigen der Handsteuerung (grünes Kabel mit "-" verbinden) wird auf Servo 2 umgeschaltet. Auch hier die Maximalwerte ansteuern.
- Uboot wieder auf den Kiel stellen, um die Werte fest abzuspeichern. Achtung: Auf der Seite liegend ausschalten speichert nicht.

### RTF: (Reset to Factory)

Rücksetzen auf Standardwerte erfolgt, wenn das Spindelpoti nachjustiert werden muß und beide Potis auf Linksanschlag stehen. Das läßt sich durch absichtliches Verdrehen des Spindelpotis und der Potis auslösen. Nach Aus- und Wiedereinschalten blinken die LED parallel und das Spindelpoti muß wieder eingestellt werden, bis der Servo in der Mitte steht. Nach Aus- und Wiedereinschalten läuft der Regler wieder normal und die Servoanschläge stehen auf 100%.