

# Anleitung

## Lage-und Tiefen- Regler LTR 6

Ausgabe 7.'12



**N O R B E R T   B R Ü G G E N**

Entwicklung und Vertrieb von elektronischen  
und mechanischen Bauteilen

**B e n d e r s t r a ß e   3 9**

**41065 Mönchengladbach**

**T e l . :   0 2 1 6 1   4 8   1 8   5 1**

**F a x :   0 2 1 6 1   4 3   9 8   3**

**[mail@modelluboot.de](mailto:mail@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 100 m sondern nur 1 m 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 Klassen 206 und 212 der Bundesmarine und ausgesprochen störrische

Feintiefenmesser „Papenberger“

Exemplare, wie einige Typen aus den Anfängen des U-Boot-Baus oder Modelle von Ubooten die nie über das Projektstadium hinaus gekommen sind, also auch nicht fertig entwickelt sind.

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)



Inclinometer eines Forschungs-U-Bootes

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 sichtbar, da sein Messeingang in Form eines Nippels hervor 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 Bootslage 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.



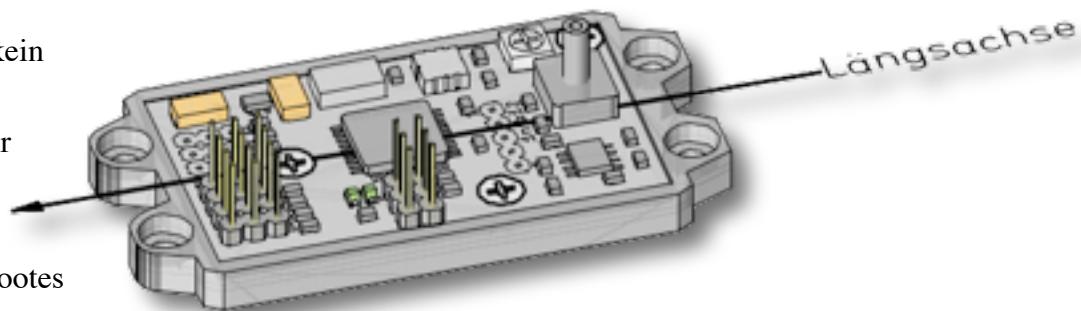
## Einbau

Der Tiefenregler hat kein Gehäuse, aber einen soliden Sockel. Da der Regler einen Lagesensor enthält, der den Winkel des Bootes zur Wasserlinie misst, muss er fest mit dem Boot verbunden werden. Die Längsachse des Bausteins muss mit der Längsachse des Bootes übereinstimmen. Ob der Regler auf einem Deck oder an einer Wand hängt ist egal.

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 Empfängerstecker ist passend für Graupner und damit auch für Futaba und neue Multiplex passend.

Der Regler ist auf Kreuzknüppel von Futaba-Sendern voreingestellt. Damit ist der Weg ohne Trimmung bei 100% Wegeinstellung gemeint.



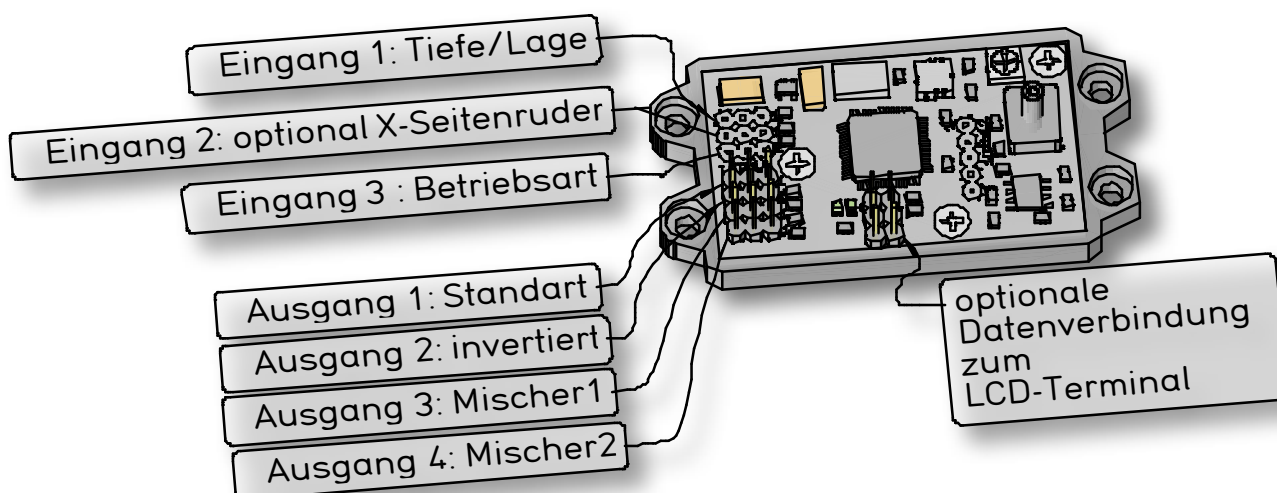
Der erste Stecker gehört in den Tiefenruder-Kanal des Empfängers.

Der zweite ist nur auf Wunsch bestückt und wird bei Ubooten mit X-Ruder mit dem Seitenruder-Kanal verbunden.

Der dritte Stecker kommt in einen Empfängerausgang der am Sender einen Kippschalter mit Mittelstellung hat. Er steuert die Betriebsart. Er kann auch unbeschaltet bleiben, dann ist der Regler immer an.

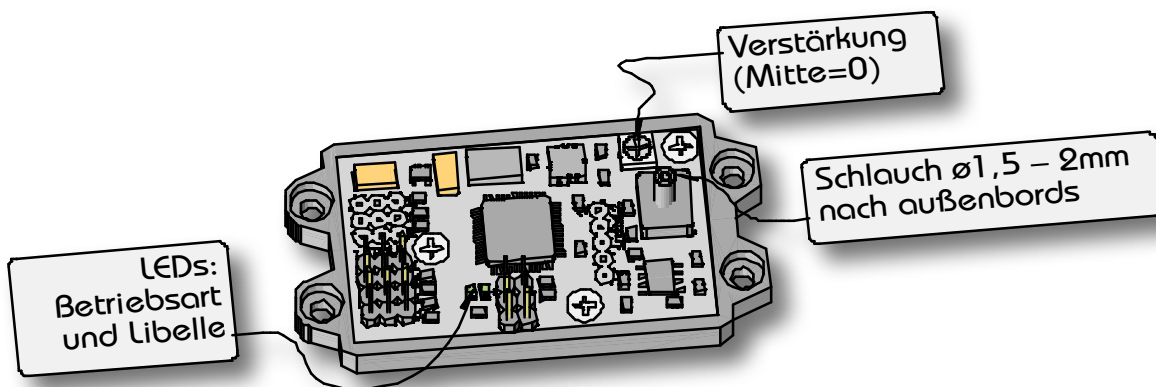
Die Reihenfolge der Empfängerausgänge spielt keine Rolle. Die Signale dürfen sogar aus verschiedenen Quellen stammen ohne die Funktion zu beeinträchtigen.

In die Buchse neben den Kabeln wird der Tiefenruderservo gesteckt. Die Buchse daneben hat das gleiche Signal, aber mit umgekehrtem Servoweg.



Ausgang 3 und 4 haben das Tiefenrudersignal gemischt mit dem Seitenruder oder was immer an Eingang 2 angeschlossen ist. Hier werden die

richtig, aber die Reaktion auf Druckänderung bleibt falsch.



beiden Servos eines X-Ruders angeschlossen.

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 Glühzündern 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 Servoausschlags 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 Servoausschlag bei Lageänderung ist dann zwar

## **Betriebsmodi**

Der Lage- und Tiefenregler hat 3 Betriebsarten:

- **Aus**

Das Servosignal wird unverändert weitergegeben. Die LEDs sind aus. (Der Mischer bleibt natürlich an.)

- **Tiefenregler relativ**

Sobald dieser Modus eingeschaltet wird, merkt sich der Regler die aktuelle Tiefe und versucht sie zu halten. Der Tiefenruderknüppel am Sender kann die Solltiefe langsam verändern, wenn er deutlich aus der Mittelstellung bewegt wird. Die Solltiefe ist dabei auf maximal 1 m begrenzt.

Bei mehr als  $\frac{1}{2}$  Ausschlag tritt die dynamische Abschaltung in Funktion und die Reglerwirkung wird verringert. Bei vollem Ausschlag ist der Regler aus und die Ruder stehen in Hartlage. So behält der Steuermann immer Vorrang über den Regler und kann jederzeit Notauftauchen oder ähnlich heftige Manöver ausführen. Beim Loslassen des Knüppels wird die Solltiefe neu abgespeichert.

Die beiden LED blinken abhängig von der Schräglage.

## ● **Tiefenregler absolut**

Der Steuerknüppel gibt jetzt direkt die Solltiefe vor. Knüppelmittelstellung entspricht etwa 40 cm Tauchtiefe. Das entspricht der Auslegung der LTR4.x und 5.x.

Die Abschaltung des Reglers bei Knüppelvollausschlag ist auch in diesem Modus aktiv.

Die beiden LED sind an.

## **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

### **Technische Daten:**

Betriebsspannung Empfängerstromkreis:	3,9 - 8,5 V
Stromverbrauch	0,5 mA Leerlauf
Impulse	0,75 - 2,25ms, Wiederholzeit 7 - 50ms passt damit an alle Anlagen
Abmessungen	65 x 33 x 16 mm, offene Platine mit Sockel
Gewicht:	19,5 g

erhebliches Spiel haben und deutlich mehr Strom ziehen, als in dem kleinen Gehäuse gesund ist.

Allgemein gilt, das 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, das sie Dauerbewegung und gelegentliches Blockieren aushalten. Das 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 Tiefenruderpaar 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 gegensinnig angesteuert werden (mittels V-Kabel und 2 Servos oder langen Gestängen von 1 Servo). Gegensinnig 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, das 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.

### Einstelltaktik

Die Einstellung der Verstärkung mit dem Poti 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 das Poti 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 kanpp 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.

# Upgrade



Der große Bruder des LTR6 heißt LTR6 + LCDbox.

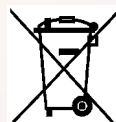
Die LCD-Box erlaubt das Einstellen von vielen Parametern, wie zum Beispiel Servobegrenzungen, Filter oder komplexere Mischer. Oder er gibt einen genauen Einblick in die internen Werte.

Die LCDBox kann jederzeit zugekauft werden. Ein eventuell nötiges Firmware-Update des LTR6 ist kostenlos.

# QR-code



Dieses Muster auf dem LTR ist ein Verweis auf diese Anleitung im Internet. Es lässt sich mit einem Smartphone einscannen und lädt dann die Datei aus dem Netz. Sehr praktisch, wenn man die Anleitung gerade nicht dabei hat.



## **Hinweise zum Umweltschutz**

Das Symbol auf dem Produkt, der Gebrauchsanleitung oder der Verpackung weist darauf hin, dass dieses Produkt am Ende seiner Lebensdauer nicht über den normalen Haushaltsabfall entsorgt werden darf. Es muss an einem Sammelpunkt für das Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten abgegeben werden.

Die Werkstoffe sind gemäß ihrer Kennzeichnung wiederverwertbar. Mit der Wiederverwendung, der stofflichen Verwertung oder anderen Formen der Verwertung von Altgeräten leisten Sie einen wichtigen Beitrag zum Umweltschutz.

Batterien und Akkus müssen aus dem Gerät entfernt werden und bei einer entsprechenden Sammelstelle getrennt entsorgt werden.

Bitte erkundigen Sie sich bei der Gemeindeverwaltung nach der zuständigen Entsorgungsstelle.



# LCDbox

## Anschluss

Die LCDbox wird mit einem 4- oder 6poligen Kabel mit dem LTR6 verbunden. Die Polung ist wie bei Servokabeln: Signalleitung zur Platinenmitte. An der LCDbox sind die Signalleitungen unten.

Statt dem speziellen Kabel lassen sich auch 2 Servo-Patchkabel (also solche mit Steckern an beiden Enden) verwenden.

Direkt nach dem Einschalten der Empfangsanlage zeigt das Display die Firmwareversion des LTR an. Aktuell ist das LTR6.1.02.

Sollte die Anzeige völlig leer bleiben ist entweder der Anschluss verdreht oder der Kontrast muss nachgestellt werden.



## Bedienung



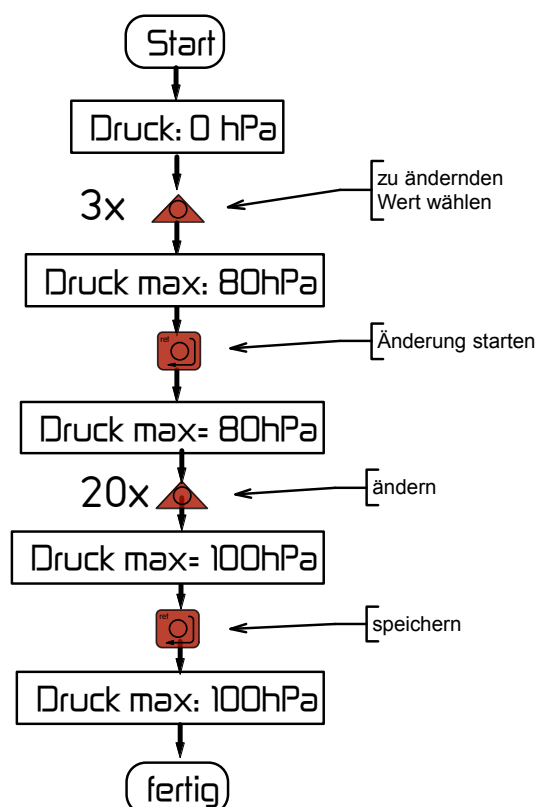
Die vier Tasten **esc**, **▲**, **▼** und **return** navigieren durch die Menüs.

**▲** und **▼** wechseln von Wert zu Wert.

**return** geht in einen Wert hinein, macht ihn also einstellbar (dann steht „=“ in der Anzeige) oder zeigt Details. Außerdem beendet sie eine Einstellung erfolgreich.

**esc** springt aus einer Einstellung heraus ohne abzuspeichern und kehrt damit zum alten Wert zurück.

Als Beispiel die Änderung der Maximaltiefe auf 100cm:



### Menüpunkte

Name	Beschreibung
<b>Start</b>	Zeigt für 2 sec Versionsnummer, Startzahl und Firmwaredatum
<b>Modus</b>	Version Modus (Aus, Lage, Tiefe relativ, Tiefe absolut)
<b>Eing1</b>	Eingang 1 als % und Balken -100% = 1,0 ms 0% = 1,5 ms 100% = 2,0 ms
<b>Eing2, Eing3</b>	Wie Eing1
<b>Ausg1</b>	Ausgang 1 als % und Balken <ret> springt zu Servoparametern
<b>A1 mitt</b>	Mittelstellung Ausgang 1
<b>A1 max</b>	Obere Begrenzung Ausgang 1
<b>A1 min</b>	Untere Begrenzung Ausgang 1
<b>Ausg2, Ausg3, Ausg4</b>	Wie Ausg1 mit jeweils eigenen Detailinstellungen

Name	Beschreibung
<b>Inclino</b>	Messwert Inclinometer <ret> <ret> setzt Nullpunkt auf aktuellen Wert
<b>Druck</b>	Messwert Drucksensor hPa $\approx$ cm WS
<b>D_soll</b>	Sollwert Tiefe (als Druck) Aus E1 und E3 errechnet
<b>Poti</b>	Verstärkung Lageregler 3%...800%, umpolbar
<b>D_max</b>	Maximalwert Solltiefe Standart 80 hPa
<b>P_tiefe</b>	Verstärkung Tiefenregler Standart 66%
<b>P_tief2</b>	Verstärkung statischer Tiefenregler Standart 66%
<b>Sta_max</b>	Stellbereich statischer Tiefenregler (Regelfenster) Standart 99%

### Menüpunkte schaltbar

Name	Beschreibung
Sprache	Deutsch, Englisch
Regler ohn Eing2	Aktiver Regler wenn Eingang 2 offen ist: Manuell, Lageregler, Tiefenregler
Tiefenr.dyn .aus	Dynamische Abschaltung bei absolutem Tiefenregler deaktivieren: 0 , 1
Datenlogg er Ausg	1 aktiviert laufende Ausgabe der aktuellen Stell- und Messwerte an einen externen Datenlogger
Mischer	Konfiguration des Mischers an den Ausgängen sowie besondere Reglermodi Details siehe Text
LCD Licht	Hintergrundbeleuchtung LCD an (nicht für LCDbox)

### **Mischer Modi:**

Die über die LCDbox einstellbaren Konfigurationen der Ausgänge sind recht unterschiedlich (LTR ist der Ausgang des Lage-/Tiefenreglers):

#### **4 Servo X-Ruder**

Die Standarteinstellung. E2 =Seitenruder.

$$A1 = LTR + E2$$

$$A2 = LTR - E2$$

$$A3 = -LTR + E2$$

$$A4 = -LTR - E2$$

Bei Nichtbenutzung von E2 sind A1 und A2 zwei gleiche Ausgänge des Lage-/Tiefenreglers und A3 und A4 dazu invertiert.

#### **2 Servo Mischer**

Ausgang 1: LTR

Ausgang 2: -LTR (invertiert)

Ausgang3: LTR + E2

Ausgang4: LTR - E2

Die Ausgänge 3 und 4 bilden zusammen einen X-Rudermischer für 2 Servos. Seitenruder von E2.

#### **Statischer Tiefenregler**

Eingang E2 ist Tauchtank. TR = reiner Tiefenregler

$$A1 = LTR$$

$$A2 = E2 + TR$$

$$A3 = -LTR$$

$$A4 = -E2 - TR$$

A1 und A3 sind normale Ausgänge für die Tiefenruder.

A2 und A4 sind zur Steuerung einer proportionalen Tauchzelle gedacht. Ihr Hauptsignal kommt von Eingang 2, der mit dem Sendersignal für Tauchtankstellung verbunden ist. Dazu kommt das Signal eines Tiefenreglers, das im Stellbereich begrenzt ist.

Der Regler hat die Parameter „P\_tief2“ als Regelverstärkung und „Sta max“ für die Begrenzung des Stellbereichs (auch Regelfenster genannt).

#### **Turmrunder**

Noch in Arbeit. Wahlweise Steuerung auf ebenem oder geneigtem Kiel.