

# **Projekt-Spezifikation**

Autopilot und Handsteueranlage „Jupiter“

(C) 2021 Jörg Pauly

MEGAMover.de

# Anforderungen

## Autopilot

Der Autopilot empfängt NMEA-0183-Datensätze vom ECDIS-Rechner und schreibt die Daten in eine globale Matrix. Zusätzlich empfängt er von einem Kompass ebenfalls NMEA-0183-Datensätze zum Heading.

Er soll folgende Modi unterstützen:

- **Aerial:** Flächenmodus. Dem ausgesteckten Kurs wird unmittelbar gefolgt. Geeignet für Fahrten auf See.
- **Line:** Linienmodus. Dem ausgesteckten Kurs wird sehr eng gefolgt, außerdem kann ein XTE festgelegt werden. Geeignet für Binnenfahrt.
- **Heading:** Kompasskursmodus. Das Schiff wird auf dem eingestellten Kompasskurs gehalten. Abdrifte werden nicht berücksichtigt. Geeignet für z.B. Querung von Verkehrstrennungsgebieten.
- **Course:** Wahrer Kursmodus. Das Schiff wird auf dem wahren Kurs über Grund gehalten. Abdrifte durch Strömung oder Wind werden ausgeglichen, es wird versucht, eine gerade Linie ohne Versatz zu erreichen.

## Handsteuerung

Auf jedem Steuerstand befindet sich eine „Rudder Command Unit“, bestehend aus einem Joystick und vier rückmeldenden Drucktastern. Die Drucktaster haben folgende Funktionen:

- **Command:** Die Unit fordert das Kommando an. Der Erhalt des Kommandos wird per Leuchtrückmelder angezeigt.
- **Direct Law:** Der Rudertreiber folgt unmittelbar der Stellung des Joystick. Es finden keine Ausgleichs-Aktionen statt. Modusanzeige per Leuchtrückmelder.
- **Heading:** Der AP befindet sich bereits im Heading Mode oder wird in diesen gebracht. Anzeige per Leuchtrückmelder. Der Rudertreiber folgt der Stellung des Joysticks. Fällt dieser in Neutral, wird dem aktuellen Heading gefolgt.
- **Course:** Der AP befindet sich bereits im Course Mode oder wird in diesen gebracht. Anzeige per Leuchtrückmelder. Der Rudertreiber folgt der Stellung des Joysticks. Fällt dieser in Neutral, folgt der AP dem aktuellen Course.

# Hardware

Für die Command Units sowie den Rudertreiber kommen Microcontroller-Boards des Typs Arduino Uno Rev.3 mit Can Bus Shields zur Anwendung.

## Command Units

Die Command Units bestehen aus den Uno-Packs sowie den Dashboard Panels. Auf diesen ist je ein Joystick montiert, dessen X-Achse mechanisch blockiert wird. Zusätzlich enthalten sie vier beleuchtete Taster mit folgenden Funktionen:

- Command
- Direct Law
- Heading
- Course

Beschreibung siehe oben.

Zur Nullstellungs-Kalibrierung existiert ein Encoder, um auf verschiedene Nullstellungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten reagieren zu können. Ein LED-Display zeigt den aktuellen Ruderstand an.

## Rudertreiber

Der Rudertreiber besteht ebenfalls aus dem Uno-Pack sowie der Ansteuerung der Ruderpumpe. Er erhält ein Ruderstand-Signal über einen Analog-Eingang und Ruder-Sollwerte aus dem CAN BUS.

Sollte der Abgriff des bestehenden Ruderstandsgebers möglich sein, ohne die Anzeige zu verfälschen, so wird dieser verwendet; ansonsten wird ein zusätzliches Poti eingesetzt.

## Navigationsrechner

Der Navigationsrechner besteht aus zwei Microcontroller-Boards des Typs Arduino Mega 2560. Sie werden als Master und Navigation bezeichnet und erfüllen folgende Aufgaben:

- Master: Erhält über USB vom ECDIS \$APB-Datensätze, zerlegt sie und führt die Datenmatrix für alle anderen Controller. Gleichzeitig verfügt er über eine CAN-Schnittstelle und erhält über diese Modusbefehle und Kursvorwahlen. Und stellt die Matrix zur Verfügung.
- Navigation: Erhält über CAN BUS Soll- und Ist-Kurswerte sowie XTE-Vorwahlen und errechnet hieraus Ruderbefehle. Diese werden in den CAN BUS geschrieben.

## Mode Controle Panel

Hier werden die Modi vorgegeben sowie Kurs- und XTE-Werte gewählt. Diese werden in den CAN BUS geschrieben. Das MCP wird von einem Arduino Mega 2560 gesteuert, der eine CAN BUS-Schnittstelle erhält.

# CAN BUS Protokoll

ID	Daten	Zweck	Sender	Empfänger
RUDDER	INT -100 – 100	Ruderausschlag in %, Negativ = Links	Command Units, NAV-Unit	Rudertreiber, NAV-Unit (override)
ACTRUD	INT -100 – 100	Aktueller Ruderausschlag	Rudertreiber	Command Units
CALIB	INT -1 oder 1	Nach links (-1) oder rechts (1) die Nullstellung verschieben	Command Units	Rudertreiber
HDG	L_UINT 0–359	Heading-Bug setzen	MCP, NAV	MCP, NAV, MASTER
CRS	L_UINT 0–359	Course-Bug setzen	MCP	MCP, NAV, MASTER
ACRS	L_UINT 0–359	Aktueller Kurs als Info	MASTER	NAV
AHDG	L_UINT 0–359	Aktueller Kompasskurs als Info	MASTER	NAV
CTS	L_UINT 0–359	Course to steer: Soll-Kurs	MASTER	NAV
XTE	L_INT -500–500	XTE von der Soll-Linie; Negativ = links	MCP	NAV
SPEED	DOUBLE	Aktuelle Geschwindigkeit	MASTER	NAV
CMD	UINT ID des Senders	Die sendende Command Unit fordert das Kommando an und schaltet sich selbst in „Direct Law“, wenn nicht die andere Command Unit im HDG- oder CRS-Modus war.	Command Units	MCP, MASTER, NAV, Rudertreiber, Command Units
MODE	UINT Modus-ID	Das System wird in den genannten Modus geschaltet.	Command Units, MCP, Rudertreiber	MASTER, NAV, MCP, Command Units
NEUTRAL	Keine	Der Joystick einer Command Unit ist in Neutral zurückgekehrt.	Command Units	NAV

## Wirkung der Frames

ID	Wirkung
RUDDER	Rudertreiber prüft Soll- und Istwert und fährt das Ruder an die geforderte Position.
ACTRUD	Anzeige der Ruderstellung an den Command Units.
CALIB	Rudertreiber verschiebt die Nullstellung des Ruders um ein Prozent nach rechts oder links.
HDG	Wird in den Empfängern gespeichert und ggf. angezeigt, dient NAV als Rechengrundlage.
CRS	Wie HDG.
ACRS	Wird in NAV gespeichert und dient als Rechengrundlage.
AHDG	Wie ACRS.
CTS	Wird in NAV gespeichert und dient als Rechengrundlage.
XTE	Wie CTS.
CMD	Die anfordernde Command Unit schaltet in „Direct Law“. NAV sendet keine RUDDER-Frames mehr. Die andere Command Unit schaltet sich dunkel und sendet keine RUDDER-Frames mehr.
MODE	Siehe nachstehende Tabelle.

## Auswirkung der Modi

Modus	Auswirkung
StandBy	NAV sendet keine RUDDER-Frames mehr. Hat eine Command Unit das Kommando, so wird es ihr entzogen.
Direct Law	Es sendet nur die Command Unit RUDDER-Frames, die das Kommando innehat. Sie sendet von -100 bis 100, der Rudertreiber fährt unmittelbar das Ruder an die entsprechende Position.
Heading	<ol style="list-style-type: none"> <li>Command Unit hat Kommando: Der HDG-Bug wird auf das aktuelle Heading gesetzt und diesem wird gefolgt. Sendet die Command Unit RUDDER-Frames so sendet NAV keine mehr. Sendet die Command Unit ein NEUTRAL-Frame, wird der HDG-Bug auf das aktuelle Heading gesetzt und NAV folgt diesem weiter.</li> <li>Command Units haben kein Kommando: Es wird dem aktuellen HDG-BUG gefolgt. Dieser folgt der Vorwahl im MCP.</li> </ol>
Course	Dieser Modus geht immer von einer Command Unit aus. NAV verhält sich wie im Heading-Modus, gleicht aber Abdrifte aus, indem es den CRS-Wert benutzt. Kursänderungen ansonsten wie unter Modus Heading Punkt 1 beschrieben.
Aerial	NAV folgt den Daten von MASTER, ohne Hinzuziehung von XTE-Werten. Lässt sich nur schalten, wenn ECDIS \$AP-Datensätze sendet. Einer evtl. das Kommando innehabenden Command Unit wird dieses entzogen und sie wird dunkel getastet.
Line	NAV folgt den Daten von MASTER, inkl. XTE-Werten. Lässt sich nur schalten, wenn ECDIS \$AP-Datensätze sendet. Einer evtl. das Kommando innehabenden Command Unit wird dieses entzogen und sie wird dunkel getastet.

# Funktion der Bausteine

## Mode Controle Panel

Dieser Baustein stellt das Bedienfeld dar. Er verwaltet folgende Bedienelemente:

- On-/Standby-Button mit Melder-LED
- Aerial-Mode-Button mit Melder-LED
- Line-Mode-Button mit Melder-LED
- XTE-Display
- XTE-Encoder mit Button-Funktion zum Bestätigen des neuen XTE
- HDG-Mode-Button mit Melder-LED
- HDG-Display
- HDG-Encoder, Button übernimmt aktuelles HDG

Er sendet folgende Frames:

ID	Bedeutung
MODE	<ul style="list-style-type: none"><li>• StandBy</li><li>• Aerial</li><li>• Line</li><li>• Heading</li></ul>
HDG	Eingestelltes HDG
XTE	Eingestelltes und bestätigtes XTE

Er liest folgende Frames:

ID	Bedeutung
MODE	Von Command Units oder Rudertreiber, zum Nachführen der Anzeige. MODE StandBy hat einen akustischen Alarm zur Folge.
HDG	Von NAV, wenn eine Command Unit in NEUTRAL gegangen ist.

## MASTER

Dieser Baustein ist über USB mit dem ECDIS-Rechner und dessen NMEA-Repeater verbunden. Er nimmt alle NMEA-Datensätze entgegen und zerlegt sie in die einzelnen Werte.

Er sendet folgende Frames:

ID	Bedeutung
AHDG	Aktuelles Heading
ACRS	Aktueller Kurs
CTS	Soll-Steuerkurs
SPEED	Aktuelle Geschwindigkeit

Er liest keine Frames.

## NAV

Dieser Baustein errechnet aus den von MASTER und MCP übermittelten Werten RUDDER-Frames.

Er sendet folgende Frames:

ID	Bedeutung
RUDDER	Direkte Stellanweisung an den Rudertreiber.
HDG	Neues Heading für das MCP, nachdem eine Command Unit in NEURAL gegangen ist.

Er liest folgende Frames:

ID	Bedeutung
HDG	Von MCP
CRS	Von MASTER
AHDG	Von MASTER
ACRS	Von MASTER
SPEED	Von MASTER, um bei höherer Geschwindigkeit die Ruderausschläge zu begrenzen
RUDDER	Von einer Command Unit. NAV sendet keine RUDDER-Frames mehr, bis ein NEUTRAL-Frame empfangen und die HDG- und CRS-Werte neu gesetzt wurden.
NEUTRAL	Von den Command Units. Zeigt an, dass das Einschwenken auf einen neuen CRS oder HDG beendet ist. CRS und HDG werden neu gesetzt und dem Modus entsprechend gefolgt.
CMD	Die ID der Command Unit wird gespeichert.

## Command Units

Sie stellen die Handsteuerung zur Verfügung. Sie senden folgende Frames:

ID	Bedeutung
CMD	Unit fordert Kommando und schaltet in Direct Law. Der entsprechende MODE-Frame wird unmittelbar hinterher gesendet.
RUDDER	An den Rudertreiber zur direkten Umsetzung.
NEUTRAL	Nur im HDG- oder CRS-Modus, um NAV die neuen Sollwerte speichern zu lassen.
CALIB	An den Rudertreiber, zur Kalibrierung der Nullstellung.
MODE	An MCP und NAV, damit diese auf neue Modi reagieren können.

Sie lesen folgende Frames:

<b>ID</b>	<b>Bedeutung</b>
MODE	Von MCP oder dem Rudertreiber. Es wird jeweils das Kommando entzogen. Die Follow-Modes werden dunkelgetastet.

## Rudertreiber

Er sitzt im Ruderraum und steuert direkt die Elektro-Hydraulische Pumpe an.

Er sendet folgende Frames:

<b>ID</b>	<b>Bedeutung</b>
MODE	Mit Modus „StandBy“. Dieser Frame wird gesendet nachdem der Rudertreiber eine Änderung der Ruderstellung ohne sein Zutun festgestellt hat. Dies bedeutet, dass eines der Steuerräder bewegt wurde und das Schiff nun manuell gesteuert wird.

Er liest folgende Frames:

<b>ID</b>	<b>Bedeutung</b>
RUDDER	Soll-Wert, auf den das Ruder zu fahren ist.
CALIB	Verschiebung des Ruder-Nullpunktes um -1% (links) oder +1% (rechts).
CMD	Die ID der Command Unit wird gespeichert.