

DOKUMENTENMANAGEMENT

Projektbezeichnung	Unmanned Surface Vehicle	
Projektleiter	Jörg Grabow	
Verantwortlich	Jörg Grabow	
Erstellt am	10.02.2020	
Zuletzt geändert	28.11.2020	
Bearbeitungsstand	i.B.	in Bearbeitung vorgelegt fertig gestellt
Dokumentenablage	B:\FH-Jena\Projekte\Boot\00 Doku\00 Konzepte	

Änderungsverzeichnis

Änderung			geänderte Kapitel	Beschreibung	Autor	neuer Zustand
Nr.	Datum	Version				
1	27.11.20	1.00	-	Startversion	Gr.	f.g.
2	28.11.20	1.01	Simulation	Simulation in XCOS	Gr.	f.g.

in Bearbeitung (i.B.)
Vorlage (Vg.)
fertig gestellt (f.g.)

Einleitung

Der Katamaran besitzt nur zwei Antriebsmotoren A und B mit den Funktionen Vorwärts und Rückwärts. Über diese Motoren wird die Geschwindigkeit bei Geradeausfahrt (Vorwärts, Rückwärts) gesteuert. Da der Katamaran kein eigenständiges Ruder besitzt, muss die Ruderfunktion durch die Drehzahlvariation der beiden Antriebsmotoren zusätzlich zur eigentlichen Fahrfunktion überlagert werden. Damit ergibt sich die Frage, wie diese Überlagerung zu realisieren ist.

Lenkkinematik

Es gibt mehrere Möglichkeiten, mit einem derart konstruierten Katamaran die Kurvenfahrt durchzuführen. Die Lenkung erfolgt durch die Steuerung der beiden Antriebsmotoren mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten.

Dazu werden folgende Vereinfachungen getroffen:

- der Katamaran fährt auf einer homogenen Wasserfläche
- der Katamaran fährt in der Ebene
- die Kurvenfahrt wird gleichförmig durchgeführt
- in Längs- und Querrichtung wird der Einfluss der Fliehkraft vernachlässigt
- beide Schwimmer sind gleich belastet
- die Schwimmerbelastung ist über der Schwimmerlänge konstant
- die Fahrwiderstände für beide Schwimmer sind gleich
- der Schwerpunkt des Katamarans liegt im Schnittpunkt der Symmetrieachsen

Die Kurvenfahrt wird, wie oben beschrieben, durch verschiedene Schraubengeschwindigkeiten, d.h. durch unterschiedliche Drehzahlen erzeugt, wobei die kurvenäußere Schiffsschraube mit einer größeren Drehzahl angetrieben wird als die kurveninnere Schiffsschraube. Daraus resultieren die Geschwindigkeiten v_a und v_i . Die beiden Schwimmer fahren dann auf dem kurvenäußeren Radius bzw. kurveninneren Radius, aus denen sich der theoretische Radius R für den Katamaranschwerpunkt mit der Fahrgeschwindigkeit v_m ergibt (Abb. 1).

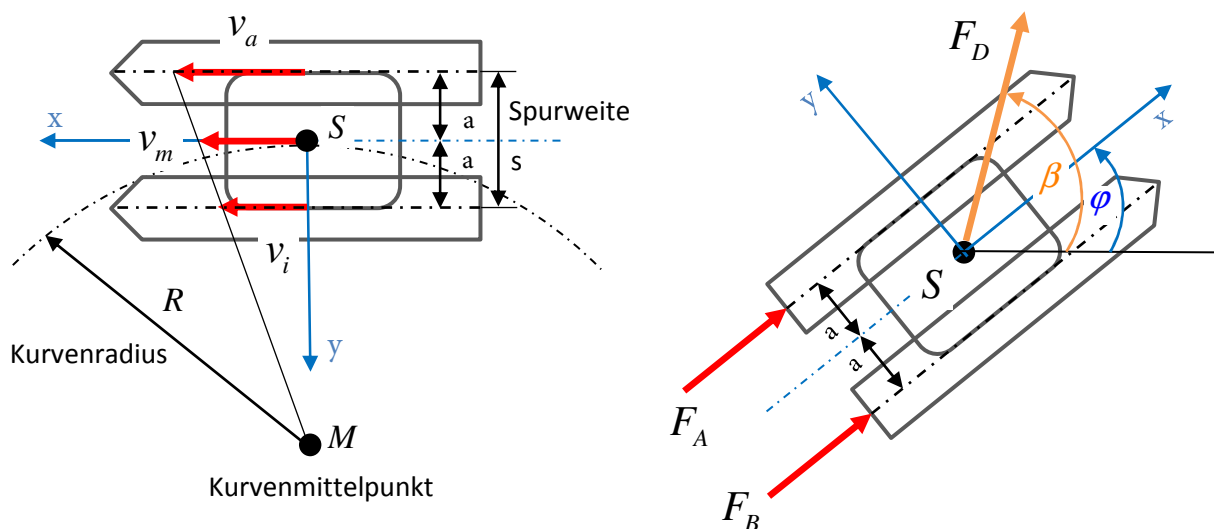


Abb. 1: Darstellung der Lenkkinematik

Dabei wird der reinen Translationsbewegung die Wendebewegung, die eine Querbewegung der einzelnen Schwimmer zur Folge hat, überlagert. Die Wendebewegung des Katamarans lässt sich als Bewegung um einen Kurvenmittelpunkt (Momentanpol der Bewegung) darstellen. Die Schwimmer vollführen

gleichzeitig eine Drehbewegung um je einen eigenen Momentanpol, der hier bei diesem vereinfachten Model in der Mitte der Schwimmer liegt. Die Drehbewegung der Schwimmer ist mit einer Gleitbewegung auf der Wasseroberfläche um den Drehwinkel verbunden. Die Längs- und Querbewegung entspricht durch die Schwimmer überstrichenen Flächen. Hieraus wird ersichtlich, dass bei der Kurvenfahrt ein zusätzlicher Fahrwiderstand, der Wendewiderstand, gegenüber der Geradeausfahrt entsteht. Je kleiner der gefahrene Radius desto größer ist der Wendewiderstand.

Zur Darstellung der Geschwindigkeits- und Kraftverhältnisse beim Durchfahren verschiedener Kurvenradien dient als dimensionslose Bezugsgröße, die Lenkübersetzung i_L .

Wenn ein Kurvenradius so groß wie die halbe Spurweite des Katamarans ist, wendet der Katamaran um die stillstehenden, kurveninneren Schwimmer. Wird der Radius kleiner als die halbe Spurweite, drehen die Antriebe einander entgegengesetzt.

Der gesamte Radienbereich, den ein Katamaran fahren kann, lässt sich damit in folgenden Abschnitten erfassen:

1. großer Radienbereich, in dem beide Antriebe die gleiche Drehrichtung (vorwärts oder rückwärts) haben
2. der äußere Antrieb dreht vorwärts, der innere Antrieb steht (Wenden um den Schwimmer)
3. der äußere Antrieb dreht weiter vorwärts, der innere Antrieb läuft entgegengesetzt mit geringerer Geschwindigkeit
4. beide Antriebe drehen gegenläufig mit betragsmäßig gleicher Geschwindigkeit (Wenden um die Hochachse)

Die zugehörigen Steuerfunktionen zeigen Abb. 2 und Abb. 3.

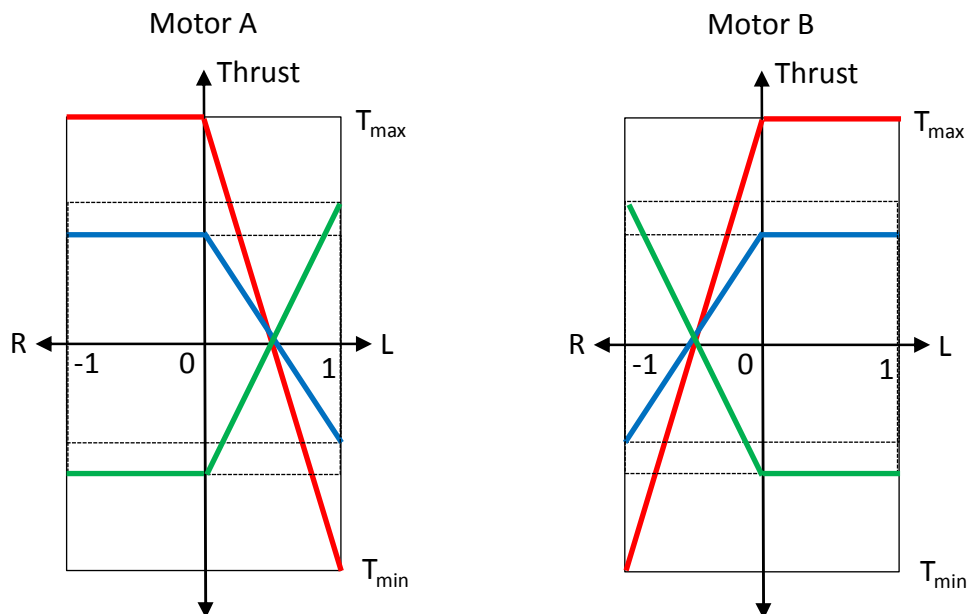


Abb. 2: Steuerfunktionen für die Abschnitte 1-3

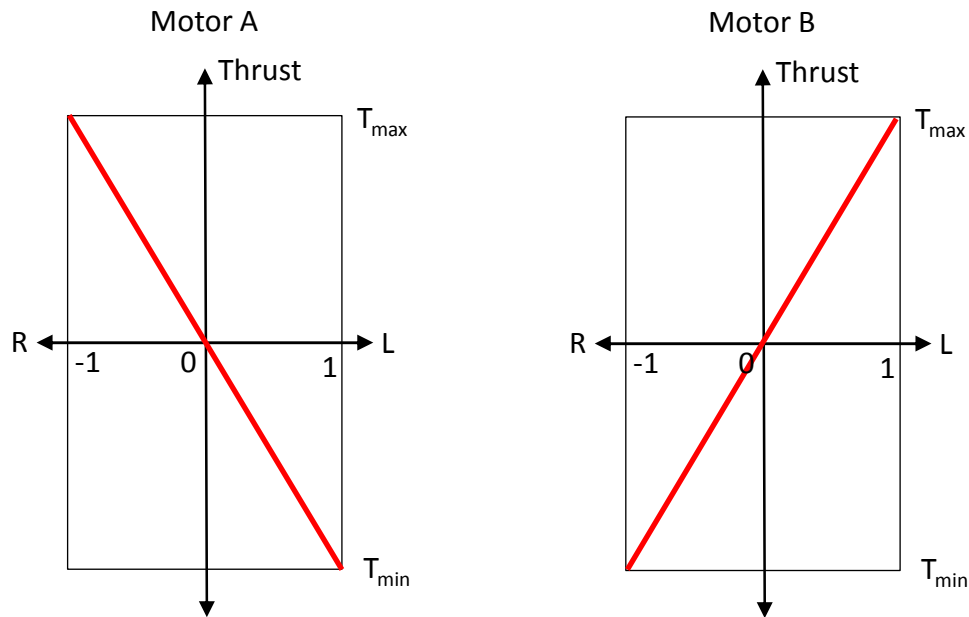


Abb. 3: Steuerfunktionen für den Abschnitt 4 (bei Thrust = 0)

Simulation in XCOS

Um die beschriebene Lenkkinematik einem regelungstechnischen Modell verfügbar zu machen, wurde das entworfene Lenkverhalten in einem XCOS-Simulationsblock abgebildet (Abb. 4).

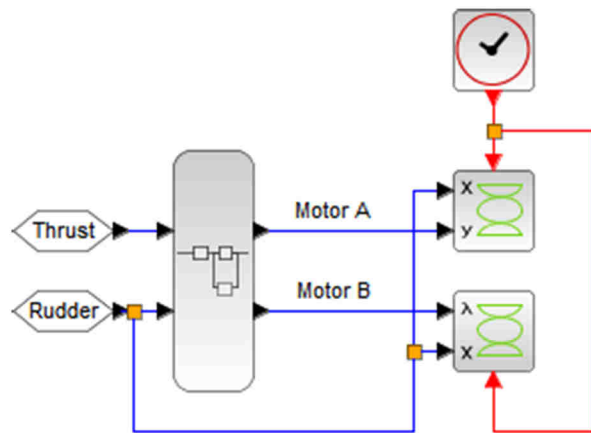


Abb. 4: XCOS-Simulationsblock der Lenkkinematik

Für den Simulationsblock gelten die in Tab. 1. aufgeführten Ein- und Ausgangsgrößen.

Eingangsgrößen	Wertebereich	Ausgangsgrößen	Wertebereich
Schub	-1 ... +1	Motor A	-1 ... +1
Ruderausschlag	-1 ... +1	Motor B	-1 ... +1

Tab. 1: E/A Größen des XCOS-Blockes für die Lenkkinematik

Die Steuerkennlinien können in drei Abschnitte unterteilt werden. Der erste Abschnitt beschreibt die Kennlinien für einen negativen Ruderausschlag und alle Schubstellungen im Bereich von -1 ... +1 ohne den Schub null. Der zweite Abschnitt beschreibt die Kennlinien für einen positiven Ruderausschlag und alle Schubstellungen im Bereich von -1 ... +1 ohne den Schub null. Der dritte Abschnitt beschreibt die Kennlinien für einen Ruderausschlag im Bereich von -1 ... +1 ausschließlich für die Schubstellung null.

Die Bereiche 1 und 2 dienen den Kurvenfahrten des Katamarans in allen Schubbereichen ausschließlich null. Der Bereich 3 ist für reine Drehbewegungen des Katamarans um die Hochachse vorgesehen. Damit wird es möglich, auch im Stand (Schub null) einen vorgegebenen Kurswinkel einzuregeln. Die Vorzeichenkonvention des Ruderausschlages richtet sich nach dem Rechtssystem. Eine Drehung des Katamarans gegen die Urzeigerrichtung wird als mathematisch positiv betrachtet, eine Drehung in Uhrzeigerichtung als mathematisch negativ. Die Abb. 5 und Abb. 6. zeigen die einzelnen Bereiche der Steuerkennlinien.

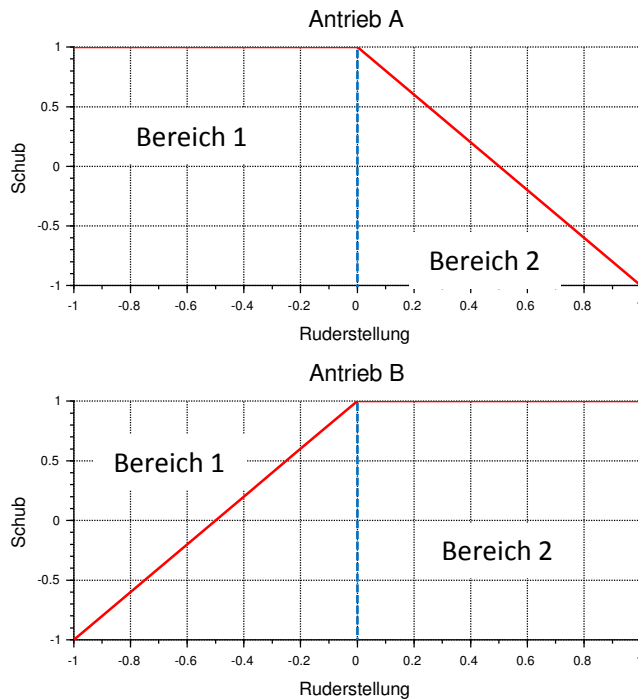


Abb. 5: XCOS-Simulation der Steuerkennlinien für einen Schub von 100%

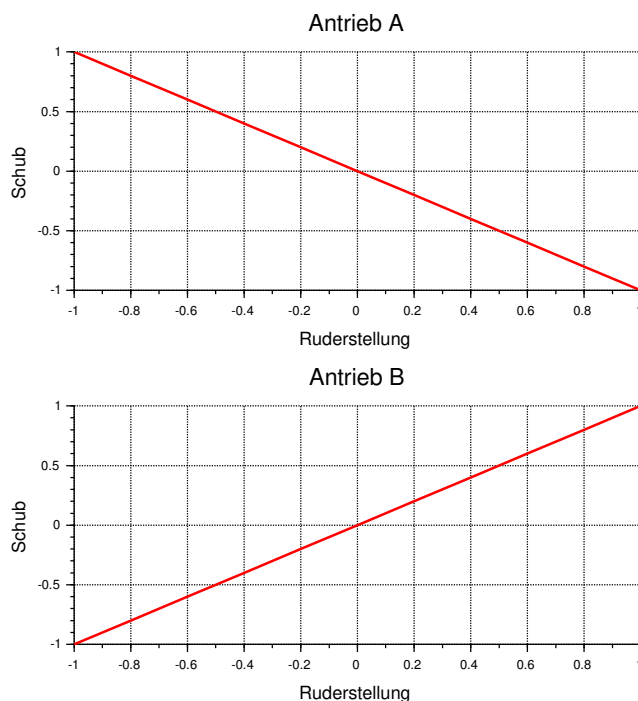


Abb. 6: XCOS-Simulation der Steuerkennlinien für einen Schub von null