

Gruppe B-Mo2: Abschlussprotokoll des Praktikums

Yuchan Bian, Jiaqi Qin, E. Boateng

Abstract: Das vorliegende Protokoll beschreibt das Vorgehen des Praktikums Konzept der Regelungstechnik. Im Praktikum wird an einem 3-DOF Helikopter eine Regelungsaufgabe systematisch gelöst. Der Helikopter muss eine Trajektorie mit Beschränkungen wie Mindesthöhe abfliegen und eine Last von einem Landepunkt anderen transferieren. Die Modellierung des Systems erfolgte mithilfe des Drallsatzes. Das resultierende nichtlineare Modell wird um einen Arbeitspunkt linearisiert. Mittels eines linearisierten Modells wird ein LQI-Regler entworfen. Die Erfüllung der Hauptaufgabe wird dann mit einer geplanten Solltrajektorie durchgeführt. Abschließend wurden die Reglerparameter optimiert, um ein gutes Ergebnis zu erzielen.

1. EINLEITUNG

Dieses Protokoll dient der abschließenden Dokumentation der durchgeführten Schritte zur erfolgreichen Absolvierung der Hauptaufgabe. Im ersten Kapitel wird die Aufgabestellung und der Versuchsaufbau vorgestellt. Anschließend wird die Modellierung und die Auslegung des Reglers beschrieben. Zuletzt wird das Ergebnis gezeigt.

1.1 Aufgabenstellung

Das Ziel des Praktikums ist es, wie in Abbildung 1 zu sehen ist, einen automatisierten Lastentransport zu realisieren. Der Helikopter soll die Aufgabe automatisch lösen können und dabei Mindesthöhen einhalten.

1.2 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 2 dargestellt. Darin wird das Koordinatensystem und die dazugehörigen Winkel definiert. Der Schwenkwinkel beschreibt die Drehung um die x -Achse und wird mit α bezeichnet. Der Steigwinkel beschreibt die Drehung um die y -Achse und wird mit β bezeichnet. Der Nickwinkel beschreibt die Drehung um die z -Achse und wird mit γ bezeichnet. Der Helikopter verfügt über die zwei einzeln ansteuerbare Motoren (Frontmotor und Heckmotor). Die zugehörigen Spannungen werden entsprechend mit U_F und U_B bezeichnet.

2. MODELLIERUNG

3. REFERENZTRAJEKTORIE

Um die Aufgabe zu absolvieren, ist es notwendig, die Referenzsignale zu definieren. Diese Signale muss die vorgegebene Anforderungen erfüllen. Die Hauptaufgabe lassen sich wie Tabelle 1 definieren.

Table 1. Hauptaufgabe

Subtask	Point	α	β
Start	1	0°	approx. -27°
Cargo pick-up	2	90°	approx. -22°
Cargo deposition	3	450°	approx. -22°
Finish(landing)	1	0°	approx. -27°

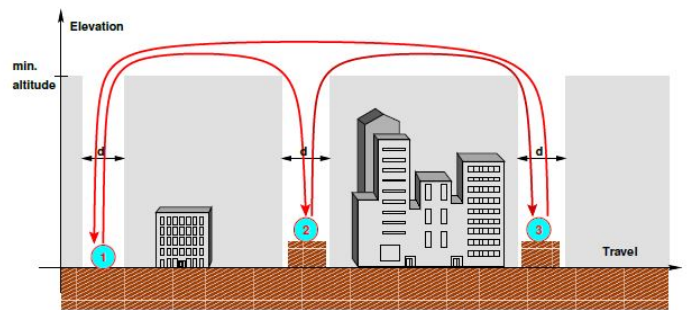


Fig. 1. Flugbahn der Hauptaufgabe

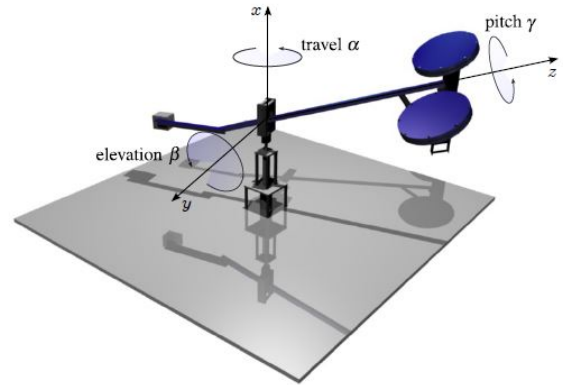


Fig. 2. Darstellung des Versuchsaufbaus

Außerdem ist die Mindestflughöhe von Steigwinkel β gleich -7.5° . Weil der Nickwinkel γ nicht berücksichtigt wird, ist es nur notwendig, Referenzsignale für Schwenkwinkel α und Steigwinkel β zu definieren. Die Trajektorie soll in einige Abschnitte unterteilt werden, in denen jeweils ein Zustand verändert wird. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie z.B. Sprünge, Rampen, trigonometrische Funktionen (wie \sin und \cos) oder Polynome n-ten Grades, um die Zustandsänderung bei jedem Abschnitt darzustellen. Hier wurden Sinus-Funktionen mit verschiedenen Zeitpunkten implementiert. Durch Phasenverschiebung ($\pi/2$) können die steigenden Sinus-Signale und die fallenden Sinus-Signale unterscheidet werden. Die steigenden Signale werden durch

$$S_{steig} = Z \pm Z \sin\left(\frac{2\pi(t - T_{start})}{2(T_{end} - T_{start})} - \pi/2\right) \quad (1)$$

gegeben. Die fallende Signale werden durch

$$S_{fall} = Z \pm Z \sin\left(\frac{2\pi(t - T_{start})}{2(T_{end} - T_{start})} + \pi/2\right) \quad (2)$$

gegeben. Z ist die Amplitude bei jeder Abschnitt. T_{start} ist der Startzeitpunkt von jedem Abschnitt. T_{end} ist der Endzeitpunkt. Die Abschnitte lassen sich wie in Tabelle 2 definieren.

Table 2. Trajektorieabschnitte

Abschnitt	α	β	Aufgabe
1	0°	-27°	Start
2	0°	$-27^\circ \rightarrow 0^\circ$	/
3	0°	0°	/
4	$0^\circ \rightarrow 90^\circ$	0°	/
5	90°	0°	/
6	90°	$0^\circ \rightarrow -22^\circ$	/
7	90°	-22°	Cargo Pick-up
8	90°	$-22^\circ \rightarrow 0^\circ$	/
9	90°	0°	/
10	$90^\circ \rightarrow 450^\circ$	0°	/
11	450°	0°	/
12	450°	$0^\circ \rightarrow -22^\circ$	/
13	450°	-22°	Cargo deposition
14	450°	$-22^\circ \rightarrow 0^\circ$	/
15	450°	0°	/
16	$450^\circ \rightarrow 0^\circ$	0°	/
17	0°	0°	/
18	0°	$0^\circ \rightarrow -27^\circ$	/
19	0°	-27°	Finish(landing)

Fig. 3 und 4 zeigen die Solltrajektorie in α und β Richtung.

4. LQI-REGLER

5. SIMULATIONSERGEBNISSE

Nach dem Entwurf des Reglers wird das komplette System mit dem Black Box Modell getestet. Bei dem Black Box Modell muss man die Vorzeichen von α , β , und γ beachten. Wenn die Vorzeichen falsch sind, funktioniert der Regler schlecht. Die Solltrajektorie wird in das System eingegeben, um die Funktion des Regler zu prüfen. Nach Auswahl passender Parameter kann die Gesamtaufgabe unter 120s gelöst werden. In Fig.5 und 6 sind die Verläufe des Schwenkwinkelsignals(α) und des Steigwinkelsignals(β). Der Signalverlauf der Solltrajektorie sind in den Abbildungen mit blau gekennzeichnet, während die geregelte Strecke in gelb gekennzeichnet ist. Aus den Abbildungen sieht man deutlich, dass das Verhalten des Reglers ausgezeichnet ist.

6. FAZIT

In diesem Protokoll stellen wir unsere Arbeit für das Praktikum Konzept der Regelungstechnik vor, in der wir einen beobachterbasierten LQI-Regler für den 3-DOF Helikopter entworfen haben. Wir verwendeten den systematischen Ansatz zur Lösung allgemeiner Regelungsprobleme. Wichtige Schritte in diesem Prozess waren die Modellierung des Systems, die Wahl der Regelstruktur und

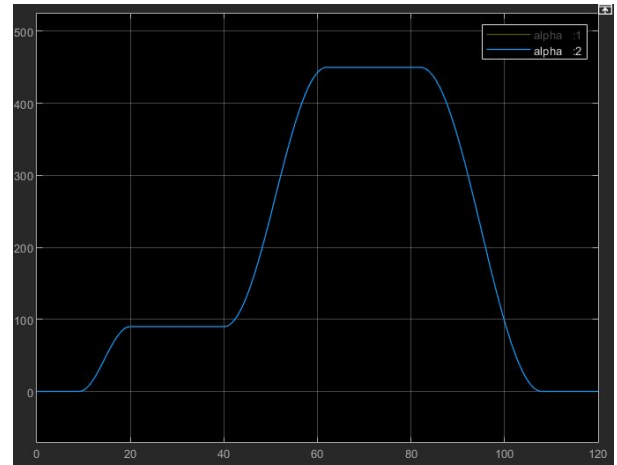


Fig. 3. Sollsignal von α

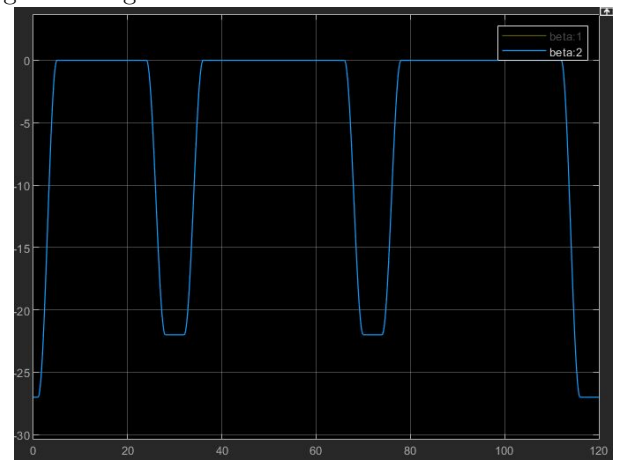


Fig. 4. Sollsignal von β

des eigentlichen Reglertyps und schließlich die Implementierung und Validierung des entworfenen Reglers. Außerdem ist eine ordentliche Dokumentation von Ergebnissen auch wichtig, da diese eine Richtlinie sind. Die Betreuung der Tutoren während des Praktikums ist sehr hilfreich. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass wir viele praktische Erfahrungen gesammelt haben und diese Erfahrungen auf weitere Aspekte im Studium sowie im Berufsleben anwenden können.

REFERENCES

- [1] Handbook Control of a 3-DOF Helicopter
IST, University of Stuttgart, Germany
Corona Edition Winter term 2020/21
- [2] Regelkreisstrukturen
IST, University of Stuttgart, Germany

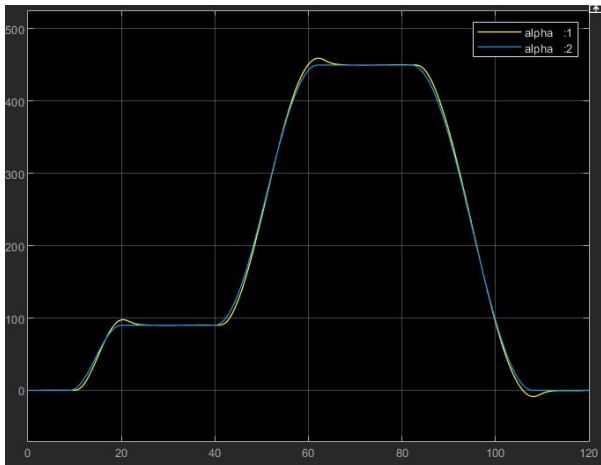


Fig. 5. Ergebnis des Black Box Modells in α

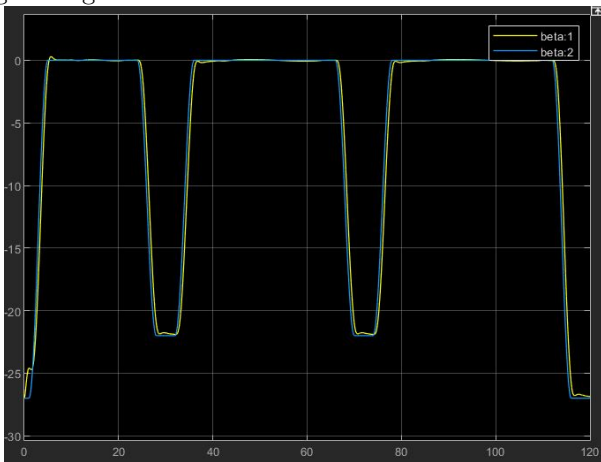


Fig. 6. Ergebnis des Black Box Modells in β