

# KRT Praktikum: Protokoll 2 - L2 und H2

Kimon Beyer, Yves Gaßmann, Justin Buhl

---

**Abstract:** Im folgenden Protokoll werden die Ergebnisse des zweiten Labortages sowie der zweiten Hausaufgabe im Rahmen des Praktikums Konzepte der Regelungstechnik des IST behandelt. Dabei erfolgte die aus dem Protokoll 1 gewonnene Identifikation der fehlenden Modellparameter zur vollständigen Beschreibung des Helikopter Modells. Des Weiteren wurde nun dieses Modell simulativ validiert, sowie linearisiert.

---

## 1. ZWEITER LABORTAG (L2)

Bei den folgenden Gleichungen handelt es sich um die aus dem ersten Protokoll modellierten Systemgleichungen des Helikopters:

$$\ddot{\alpha} = \frac{-(F_{\text{vorne}} + F_{\text{hinten}})l_{\text{heli}} \sin(\gamma)}{I_{\alpha}} \quad (1)$$

$$\ddot{\beta} = \frac{(F_{\text{vorne}} + F_{\text{hinten}})l_{\text{heli}} \cos(\gamma) - F_g l_{\text{mmp}} \cos(\beta)}{I_{\beta}} \quad (2)$$

$$\ddot{\gamma} = \frac{(F_{\text{vorne}} - F_{\text{hinten}})l_{\text{rotor}}}{I_{\gamma}} \quad (3)$$

Mit

$$F_g = m_{\text{mmp}} g \quad (4)$$

Wie bereits in Protokoll 1 beschrieben, fehlen nun noch wenige Werte zur vollständigen Systemidentifikation. Hier macht sich nun der große Vorteil der CAD Modelle zu Nutzen, da keinerlei Trägheitstensoren oder Gesamt-massen bestimmt werden müssen. Diese können direkt aus dem CAD Modell entnommen werden. Dies ist äußerst hilfreich, da die experimentelle Bestimmung der Trägheitstensoren sowohl aufwändig als auch fehleranfällig ist. Daher wird davon ausgegangen, dass das Modell auch in seiner bereits Vereinfachten Form bereits eine gute Systembeschreibung des realen Systems darstellt.

Die einzigen zu bestimmenden Systemparameter sind somit die Spannung-Kraft Kennlinien  $F_{\text{vorne}}$  und  $F_{\text{hinten}}$  der Rotoren. Dafür wurde der reale Helikopter auf  $\beta = 0$  fixiert. Die einzelnen Rotoren wurden nun einzeln geprüft, da davon auszugehen ist, dass die Rotoren unterschiedliche Kennlinien liefern könnten. Die Rotor-Einheit wurde nun von unten auf eine Waage gelegt und von oben mit einem Gewicht beschwert. Nun wurden verschiedene Spannungslevel angelegt und die jeweilige Differenz der Waage abgelesen. Mit dieser Methode konnte demnach über die Differenz der Gewichtskraft ein Rückschluss auf die durch den Rotor erzeugte Auftriebskraft gezogen werden.

$$F = mg \quad (5)$$

Dabei ist  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  die Gewichtskraft. Die so erhaltenen Messwerte wurden in Matlab ausgewertet und eine

lineare Regression durchgeführt, um die Spannung-Kraft Kennlinie zu bestimmen.

Hier die Spannungs-Kraft kennlinie einfügen: TODO

Beschreiben dass wir für beide Rotoren die gleiche Kraftlinie annehmen und der Regler dies kompensiert TODO

Damit wurden sind nun alle Systemparameter bekannt und das Modell kann im folgenden auf Simulink implementiert und simulativ validiert werden. Darauf wird in folgenden eingegangen.

## 2. ZWEITE HAUSAUFGABE (H2)

Wie bereits in Protokoll 1 diskutiert, handelt es sich bereits um ein stark vereinfachtes Modell des Helikopters. Da die Auswirkung des Winkels  $\beta$  auf die Beschleunigung  $\ddot{\alpha}$  vernachlässigt wird, muss im stetig in Betracht gezogen werden, diese Modellreduktion anzupassen, sobald sich diese Vernachlässigung als problematisch herausstellt.

Zunächst wurden nun die nichtlinearen Systemgleichungen (1)–(3) in Simulink implementiert und simulativ validiert.

Hier nun die Simulink Diagramme einfügen: TODO

Simulink Diagramme beschreiben und bewerten TODO

Des Weiteren wurden nun die Gleichungen linearisiert, und direkt in Zustandsraum gebracht.

Dafür wurden die Systemgleichungen (1)–(3) in Matlab linearisiert.

Als Arbeitspunkt wurde .... TODO

Hier nun die linearisierten Gleichungen einfügen: TODO

Zustandsraum einfügen: TODO

Die Darstellung in Zustandsraum ist essentiell, da sie sowohl die Grundlage für den späteren linearen Reglerentwurf darstellt, als auch systemtheoretische Eigenschaften des Systems aufzeigt. So liegen beispielsweise die Systempole des linearen Systems bei

Systempole ? Systempole bewerten TODO Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit (können wir ja einfach sagen dass wirs geprüft haben und die Bedingungen erfüllt sind?) TODO

## 3. KOMMENTARE UND AUSBLICK AUF L3

Hier nun beschreiben was im nächsten Labor gemacht wird TODO

---

\* Institute for Systems Theory and Automatic Control, University of Stuttgart, Germany. <http://www.ist.uni-stuttgart.de>

## REFERENCES