

# Simulation des Hydrauliksystems eines Helikopters

## Diplomand



Michael Kryenbühl

**Einleitung:** In dieser Masterarbeit wird das Hydrauliksystem des Airbus H125 Helikopters inklusive der dazugehörigen Aktoren modelliert. Ziel ist es, dass zu einem späteren Zeitpunkt das Modell bei einem Flugsimulator für den H125 der Firma VRM-Schweiz (Abb. 1) eingesetzt werden kann. Damit sollen auch diverse potenzielle Fehlfunktionen in einer sicheren, aber dennoch realistischen Umgebung trainiert werden können. Eines der häufigsten Ursachen für Abstürze dieses Helikoptertyps ist die Servo-Transparenz. Hierbei sind die Kräfte, die auf die Kolbenstange wirken, grösser als die Kraft, die durch den Druck des Hydrauliksystems erzeugt werden kann. Eine weitere häufige Fehlerursache ist ein defekter Riemen, der die Hydraulikpumpe antreibt.

**Vorgehen:** Bevor das ganze Hydrauliksystem modelliert werden kann, werden an einem vereinfachten Modell verschiedene Modellierungsansätze miteinander verglichen. Dazu gehören von Hand aufgestellte Differentialgleichungen und mit Simscape erstellte Gleichungen (Abb. 2). Nach den verschiedenen Modellierungsmöglichkeiten wird auf die verschiedenen Lösungsmethoden eingegangen. Insbesondere wurde der Einfluss implizierter und expliziter Solver in Abhängigkeit der Steifigkeit des Systems analysiert. Beim Erstellen der Gleichung für das Hydrauliksystem des H125 ist durch diese Erkenntnis darauf geachtet worden, dass das System nicht steifer als nötig modelliert wird. Für das Aufstellen der Gleichung für das ganze Hydrauliksystem ist ein Offline GUI erstellt worden, der das Erstellen und Entwickeln der Differentialgleichung vereinfacht. Mit dem GUI können, während dem Berechnen in Echtzeit, die wichtigsten Parameter verändert werden. Zusätzlich können mittels Schieberegler die Momente, die auf die Steuer wirken und die Status des Helikopters, wie zum Beispiel Fluggeschwindigkeit, eingestellt werden. Mithilfe des Matlab-Coders wird aus der Gleichung in Matlab Dateien erstellt, die für die Control-Unit des Teststandes kompilierbar sind. Der Teststand selbst bietet die Anschlüsse für alle benötigten Steuergeräte des Helikopters. Die Control-Unit des Teststandes löst die Differentialgleichung und die Positionen werden an die Servo-Drives übermittelt (Abb. 3).

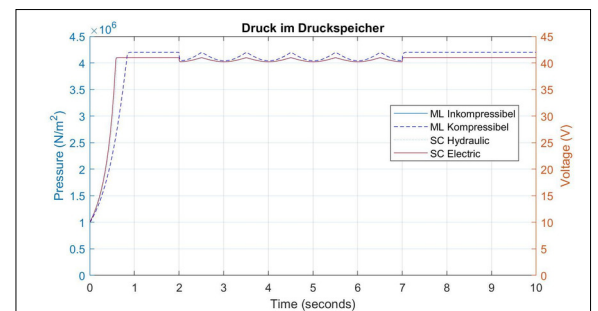
**Ergebnis:** Durch das vereinfachte Hydrauliksystem konnten die Vorteile des komplett inkompressiblen Ansatzes verdeutlicht werden. Insbesondere der Modellierungsaufwand wird deutlich reduziert, da nicht noch zusätzlich die Fließgeschwindigkeiten des Öls mit modelliert und berechnet werden müssen. Ich empfehle noch Arbeit in die Differentialgleichung des Servo-Ventils zu investieren. Es empfiehlt sich ein kleiner Druckspeicher zwischen dem Servo-Ventil und dem Zylinder einzufügen, um die hydraulisch wirkende Kraft auf die Kolbenstange besser

berechnen zu können. Diese Veränderung wird nötig sein, um das Verhalten bei einer Servo-Transparenz korrekt abbilden zu können. Es empfiehlt sich insbesondere für die Servo-Transparenz ein physikalisches Modell des Rotorkopfes und seinen Kräften zu erstellen. Weiter sind mehr Fehlfunktionen geplant, wie zum Beispiel ein einzelner Druckspeicherdefekt, eine Leckage im Hydrauliksystem oder ein Festklemmen eines Steuergerätes. Durch den Aufbau der Gleichung können solche Fehlfunktionen einfach integriert werden. Wenige Parameter ermöglichen ein einfaches Tuning des Verhaltens anhand von Pilotenrückmeldungen. Der Steuerknüppel konnte bereits zufriedenstellend eingestellt werden.

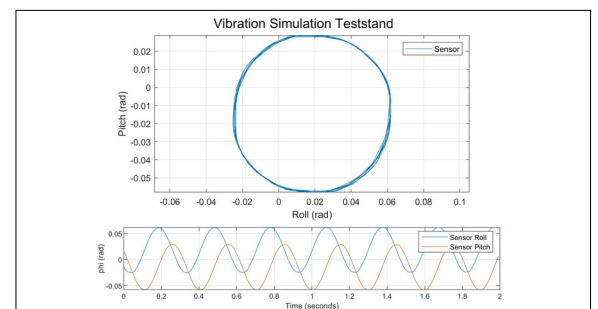
## H125 Simulator von VRM Switzerland VRM Switzerland intern



## Vergleich des Druckverlaufes von verschiedenen Modellen Eigene Darstellung



## Aufzeichnung der Vibration des Steuerknüppels Eigene Darstellung



**Examinator**  
Prof. Michael Hubatka

**Expertin**  
Dr. Antje Rey, Zürich,  
ZH

**Themengebiet**  
Innovation in Products,  
Processes and  
Materials - Industrial  
Technologies

**Projektpartner**  
VRM Switzerland,  
Dübendorf, ZH