

# Beiträge zur Positionsregelung für Multikopter: Theorie und Praxis

David Kastelan

Matthias Konz

Joachim Rudolph

Lehrstuhl für Systemtheorie und Regelungstechnik  
Universität des Saarlandes  
Campus A5 1, 66123 Saarbrücken

+49-681-302-64724  
d.kastelan@lrs.uni-saarland.de

+49-681-302-64729  
m.konz@lrs.uni-saarland.de

+49-681-302-64721  
j.rudolph@lrs.uni-saarland.de

**Schlüsselwörter: Flachheitsbasierte Folgeregelung, geometrische Methoden, Echtzeitrealisierung**

Unbemannte Kleinfluggeräte vom Typ Multikopter sind inzwischen weit verbreitet, vom Hobby- bis in den militärischen Bereich und auch als experimentelle Plattform an regelungs- und automatisierungstechnischen Forschungseinrichtungen.

Im Vortrag werden zunächst die am Lehrstuhl entwickelten Trikopter und Quadropter (Abb. 1) vorgestellt. Während letztere wie üblich durch fest montierte Propeller angetrieben werden, können die Propeller beim Trikopter zusätzlich individuell geschwenkt werden. Als Sensoren dienen mitgeführte Inertialmesssysteme und ein stationäres Kamerasystem.



Abb. 1: Multikopter

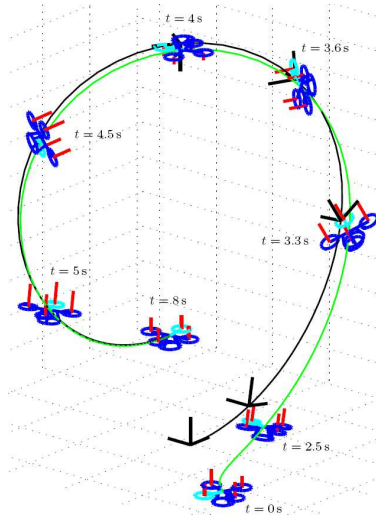


Abb. 2: Beispielmanöver

Aus Sicht der Regelungstechnik ist unter anderem die modellbasierte Folgeregelung der Position und der Orientierung dieser Fluggeräte interessant. Während für langsame Manöver in der Umgebung des stationären Schwebens die Betrachtung eines linearisierten Starrkörpermodells ausreicht, muss für aggressivere Manöver (wie in Abb. 2) ein nichtlineares Modell herangezogen werden. Sollen hohe Beschleunigungen realisiert werden, sind auch technologische Stellgrößenbeschränkungen relevant.

Die im Vortrag vorgeschlagene Folgeregelung besteht aus zwei Komponenten, der Planung einer Referenztrajektorie und deren Stabilisierung. Für beides ist die differentielle Flachheit des Quadropter-Modells hilfreich. Eine Herausforderung für eine globale Stabilisierung ist, dass die Orientierung eines Multikopters durch die Rotationsgruppe beschrieben wird, also eine dreidimensionale Mannigfaltigkeit, die nicht global isomorph zum  $\mathbb{R}^3$  ist. Der vorgeschlagene Ansatz nutzt daher speziell definierte Fehlerkoordinaten und eine diesen zugeordnete nichtlineare Fehlerdynamik. Die Wahl beider ist aus der Geometrie des Problems motiviert.

Die Funktionalität der auf einem Quadropter realisierten Regelungsalgorithmen wird abschließend anhand experimenteller Ergebnisse demonstriert.