

Diplomarbeit:

Kurvensichere Traktionsregelung für Sport-Motorräder

Autor: Martin Vetr
Betreuung: Prof. Dr. Luigi del Re
Mitbetreuung: Dipl.-Ing. Markus Hirsch
Fertigstellung: Oktober 2008

Abstract

Motorradfahren ist für viele Menschen die Erfüllung ihres Freiheitsdranges. Speziell bei Motorrädern mit hoher Leistung kann ein beherzter Dreh am Gasgriff jedoch schnell diesen Freiheitsdrang beenden. Um diese Gefahr zu verringern wurden verschiedene Strategien untersucht. Ziel dieser Diplomarbeit ist die Entwicklung einer Reglerstruktur, mit der ein Ausbrechen des Hinterrades verhindert werden kann. Dieses System soll auch unter großen Schräglagen arbeiten ohne die Sicherheit des Fahrers zu gefährden. Für die Berücksichtigung der Schräglagen wurden mehrere Verfahren zur Ermittlung des Rollwinkels getestet. Um die Traktionsregelung am Simulationsmodell testen zu können, musste zuerst sicher gestellt werden, dass sich das Modell und das reale Motorrad ähnlich verhalten. Dazu wurden Messfahrten durchgeführt und das Modell entsprechend abgestimmt. Auf diesem Modell wurden anschließend unterschiedliche Manöver mit der Regelung gefahren und die Auswirkung der Regelung diskutiert.

Regelung unter Schräglage

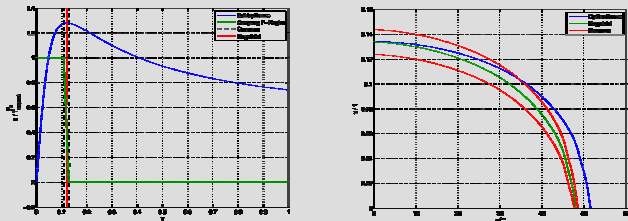
Unter Schräglage wurde versucht entlang des Kammschen Kreises zu regeln. Der Kammsche Kreis definiert jene Punkte, bei denen das Maximum an kombinierter Längs- und Querkraft zwischen Reifen und Straße übertragen werden kann. Im quasistatischen Fall hängt die Querkraft direkt mit dem Rollwinkel zusammen; die übertragbaren Kräfte zwischen Reifen und Straße sind abhängig von der Radaufstandskraft, dem Schlupf, dem Schräglaufwinkel und dem Rollwinkel:

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} = f(F_z, \kappa, \alpha, \gamma) \quad \text{mit } F_z = mg \tan \gamma$$

Gibt man einen Arbeitspunkt aus Rollwinkel und Schlupf vor, so kann der Schräglaufwinkel verwendet werden, um die Bedingung der statischen Kurvenfahrt zu erfüllen. Jene Punkte mit der maximalen Längskraft entlang des Rollwinkels ergeben den Kammschen Kreis.

Auslegung der Regelung

Proportionalanteil wird aus dem Abstand der Schwellen berechnet, Integralteil für das Regelziel unabhängig. Anschließend adaption entlang des Kammschen Kreises. Verschiebung nach links um Rollwinkelfehler zu berücksichtigen.



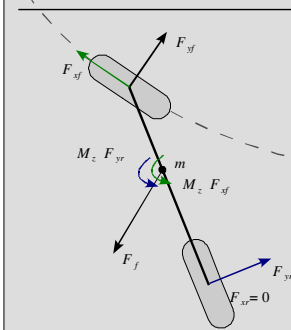
Ausgangssituation

Moderne Sportmotorräder haben Leistungen von annähernd 200 PS bei einer Fahrzeugmasse von ungefähr 200 kg. Der durchschnittliche Fahrer kann dieses Potential nicht nutzen und Erreicht entweder große Schräglagen oder große Beschleunigungen, daher wurde ein System entworfen, das große Beschleunigungen unter großen Schräglagen ermöglicht und zugleich die Sicherheit für den Fahrer aufrecht erhält.

Simulationsumgebung

Als Simulationsumgebung wurde ein Matlab/Simulink-Modell verwendet, welches auf einer physikalischen Modellbildung basiert. Dieses Modell basiert auf der Diplomarbeit von Markus Hirsch.

Eingriff und Statische Betrachtung



Eingriffsmöglichkeiten zur Stabilisierung:

- Antriebsmoment am Vorderrad
- Momentenrücknahme am Hinterrad

→ Antriebsmoment am Vorderrad meist nicht möglich bzw. durch Rennsportreglement verboten.

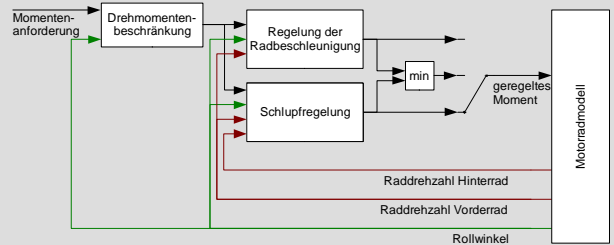
→ Die Seitenführungskraft muss vom Hinterrad aufgebracht werden können, wenn kein Antriebsmoment übertragen werden kann, ansonsten kann ein Sturz nicht vermieden werden.

Regelstrategien und Struktur

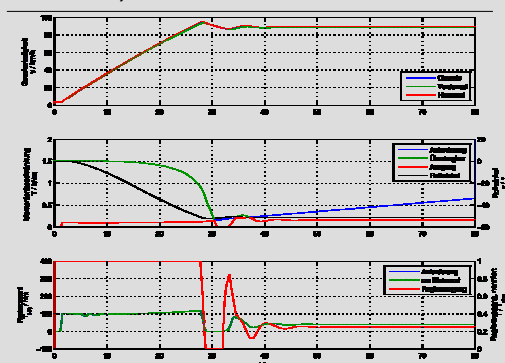
Schlupfregelung: Einfach zu implementieren, die dafür benötigten Sensoren sind aus ABS-Systemen bekannt und praxiserprobt. Der Schlupf wird aus dem Vergleich der Geschwindigkeiten von angetriebenem Hinterrad und frei mitlaufendem Vorderrad ermittelt.

Regelung der Radbeschleunigung: Aus dem Signal des Drehzahlsensors am Hinterrad wird die Beschleunigung des Rads ermittelt mithilfe des Differenzenquotienten ermittelt. Die Regelung der Radbeschleunigung wird nicht als Regelung im eigentlichen Sinn verwendet, sondern als Momentenabschaltung bei einem durchdrehenden Hinterrad.

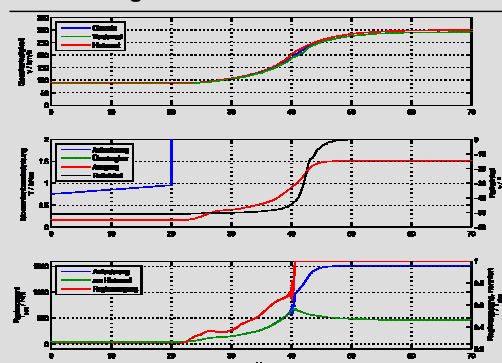
Drehmomentenbeschränkung: Die Momentenbeschränkung geht aus der Überlegung hervor, dass abhängig vom Rollwinkel nur ein bestimmtes Drehmoment umgesetzt werden kann. Unter maximaler Schräglage kann kein Drehmoment mehr übertragen werden, da die gesamte übertragene Kraft für die Seitenführung verwendet wird. Die Eingriffe dieses Blocks sind relativ langsam und können daher auf die Drosselklappe wirken, während die Eingriffe der vorgenannten auf den Zündwinkel wirken werden.



Kreisbahn, r=50 m



Beschleunigungen aus der Kurve



Schlussfolgerungen und Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass der vorgestellte Regelansatz in der Simulation mit einer hohen Performance funktioniert.

Um eine gute Performance zu erreichen ist sowohl eine genaue Methode zur Rollwinkelschätzung als auch eine ausgereifte Methode der Schlupfschätzung notwendig.

Vor der Implementierung auf einem realen Motorrad sind jedoch noch Untersuchungen mit einem genaueren Motormodell durchzuführen, bei dem Drosselklappe und Zündwinkel getrennt vorgegeben werden, sowie die Verbrennungsstöße berücksichtigt werden.