

Implementierung eines ABS in ein ferngesteuertes Modellauto

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Jennewein, Dipl.-Ing. Alexander Russ, Heiko Schultz, Jens Winter

Im Rahmen eines Ingenieur-Forschungsprojektes wurde ein Antiblockiersystem in einem RC-Fahrzeug verbaut. Dabei ist die Funktionalität zum aktuellen Zeitpunkt nur bei Verwendung auf einem Rollenprüfstand gegeben. Dieser wurde mit einer Schutzverglasung und einer Sicherung versehen.

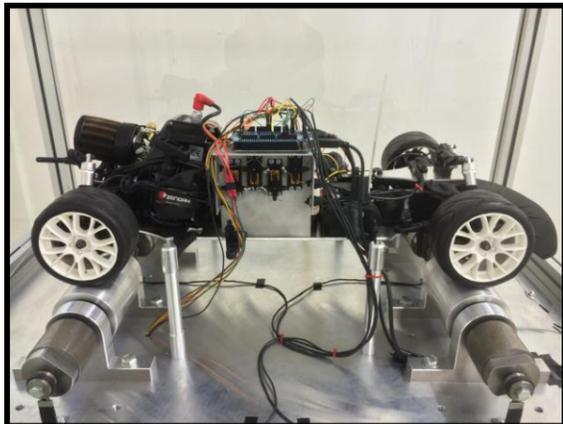


Abbildung 1 • RC-Fahrzeug auf Rollenprüfstand

Motivation

Aus heutigen Automobilen sind Fahrerassistenzsysteme nicht mehr wegzudenken. Die Entwicklung schreitet rasch voran und es werden beständig neue Systeme ins Fahrzeug integriert. Dabei ist jedoch selbst ein vermeintlich einfaches System, wie das ABS, von einer hohen Komplexität geprägt. Um ein besseres Verständnis für mechatronische Fahrzeugsysteme zu schaffen, wurde ein RC-Fahrzeug im Maßstab 1:8 angeschafft. Für dieses wurde ein eigens entwickelter Rollenprüfstand gebaut, der in Abbildung 1 dargestellt ist. Das RC-Fahrzeug soll für die Durchführung von Versuchen verwendet werden und dafür in einem ersten Schritt mit einem ABS ausgestattet werden, das alle Räder unabhängig voneinander bremsen kann. Ein im Auslieferungszustand über die Fernbedienung einstellbares ABS erweist sich aufgrund der fehlenden Unabhängigkeit der einzelnen Räder als unpraktikabel.

Antiblockiersystem

Bei abrupten Bremsvorgängen oder Bremsen auf rutschiger Fahrbahn kann es zum Blockieren einzelner Räder kommen. Die Folge davon ist eine Lenkunfähigkeit des Fahrzeugs und eine Verlängerung des Bremsweges. Bei Fahrzeugen mit ABS wird der Bremsdruck an einem Rad mit Blockierneigung kurzzeitig verringert, um das Haften des Reifens auf der Fahrbahn wiederherzustellen. Anschließend kann der Bremsdruck wieder erhöht werden.

In PKW werden heutzutage ausschließlich hydraulische Betriebs-Bremsanlagen eingesetzt, deren ABS bis zu zehn Regeleingriffe pro Sekunde umsetzen können. Bei dem verwendeten RC-Fahrzeug wird die Bremse mechanisch über Bowdenzüge betätigt. Im Falle einer Bremsung ziehen Servomotoren an den Bowdenzügen, wodurch die Bremsbacken zusammengedrückt werden. Bei PKW liegt ein weiteres Problem in der Bestimmung der Fahrzeuggeschwindigkeit. Die Geschwindigkeit wird aus Radumfang und Winkelgeschwindigkeit der Räder berechnet. Sobald Schlupf auftritt, ist dies nicht mehr einwandfrei möglich. Um dennoch die korrekte Geschwindigkeit ermitteln zu können, werden komplexe Berechnungsverfahren eingesetzt und die Bremse kurzzeitig an einzelnen Rädern gelöst. Für die Umsetzung des ABS auf dem Prüfstand entfällt diese Problematik, da hierbei die Drehzahlen von Rollen und Rädern direkt verglichen werden können.

Umbaumaßnahmen

Um das zu entwickelnde ABS auf dem bestehenden Prüfstand und am RC-Fahrzeug erfolgreich umsetzen zu können, mussten entsprechende Umbaumaßnahmen durchgeführt werden. Hierfür wurde einerseits die Sicherheit des Prüfstandes verbessert und zum anderen die benötigte Hardware am Fahrzeug angebracht.

Der Prüfstand wurde mit Hilfe von Item-Profilen und Plexiglas ganzseitig gegen äußere Einflüsse abgeschirmt. Außerdem wurde das Fahrzeug zusätzlich zur bestehenden Halterung über vier Stahlseile gesichert, um beim Beschleunigen und Bremsen nicht von den Rollen abzuheben.

Zur Messung der acht Drehzahlen an Rädern und Rollen wurden einfache Halterungen konstruiert auf welche die benötigten Sensoren geklebt wurden. Die Halterungen der Rollen sind fest am Prüfstand und die Halterungen der Räder an den Bremsen des Fahrzeugs verschraubt. Jeder Sensor benötigt außerdem einen zugehörigen Magnetring, an dem die Drehung des Rads oder der Rolle gemessen werden kann. Diese Ringe verfügen über insgesamt 90 wechselnde Nord- und Südpol-Segmente, von denen jedes Segment wiederum in vier Bereiche unterteilt ist. Abbildung 2 zeigt beispielhaft einen am Rad befestigten Magnetring sowie einen an der Bremsvorrichtung verschraubten Sensor.

Um die Servomotoren für die einzelnen Bremsen und den Arduino-Mikrocontroller sicher am Fahrzeug befestigen zu können, wurde eine entsprechende Halterung aus Aluminium konstruiert. Diese ist in der Mitte des Fahrzeugs fest mit dessen Unterboden verschraubt. Jeder Servomotor ist über einen Bowdenzug mit einer der vier Bremsen verbunden. Pro Sensor führen je drei Kabel zum Mikrocontroller, außerdem ist der Empfänger der Fernsteuerung über zwei Kabel mit dem Arduino verbunden. Die Stromversorgung der Servomotoren übernimmt ein externes Netzteil, sie sind lediglich über Signalkabel mit dem Controller verbunden. Zusätzlich wurden drei Potentiometer angeschlossen, um ausgewählte Systemparameter während des Betriebs ändern zu können. Auf dem Mikrocontroller sind insgesamt vier LEDs verlötet, welche zur Anzeige der Aktivität des ABS genutzt werden können.



Abbildung 2 • Rad mit Magnetring (links), Scheibenbremse mit Drehzahlsensor (rechts)

Umsetzung der Steuerung

Die Steuerung des ABS folgt im Wesentlichen dem in Abbildung 3 dargestellten Schema. Der Mikrocontroller bildet hierbei die zentrale Recheneinheit. Er verarbeitet die Signale aus den Drehzahlsensoren, sowie der Fernsteuerung des Fahrzeugs, berechnet hieraus eine neue Sollposition für jeden Servomotor und gibt diese weiter. Der Controller verfügt sowohl über digitale als auch analoge Anschlüsse, welche im Programm als Ein- oder Ausgang definiert werden müssen. Der Controller wird in einer C-ähnlichen Sprache programmiert, wobei das Grundgerüst jedes Programms aus zwei Funktionen besteht: die Setup-Funktion wird zu Beginn des Programms einmalig ausgeführt und die Loop-Funktion im Anschluss in einer Schleife immer wieder aufgerufen und durchlaufen.

Grundlage des ABS bildet die Ermittlung der acht Drehzahlen. Diese werden an jedem Rad des Fahrzeugs sowie an den dazugehörigen Stahlrollen gemessen. Der Mikrocontroller empfängt pro Sensor und Umdrehung 360 Signalwechsel. Da diese Datenmenge in der gewöhnlichen Loop-Funktion nicht mehr verarbeitet werden kann, kommen hier sogenannte Interrupts zum Einsatz. Diese werden immer dann ausgelöst, wenn ein Signalwechsel am betreffenden Anschluss vorliegt. Ein Interrupt bewirkt eine Unterbrechung des laufenden Programms in Echtzeit und den Aufruf einer zuvor definierten Interrupt-Funktion. Im vorliegenden Fall ist dies eine Funktion zur Inkrementierung eines Zählers. Diese Zähler können nun in der Loop-Funktion zur Ermittlung der Drehzahldifferenz genutzt werden.

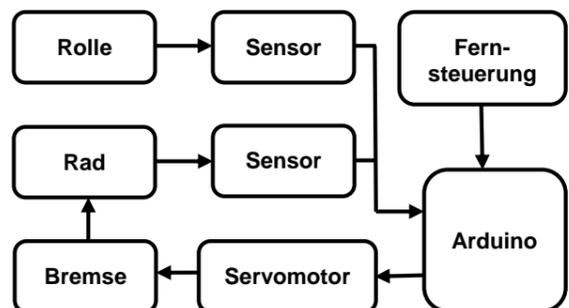


Abbildung 3 • Prinzipieller Aufbau des ABS an einem Rad

Die Auswertung des Signals der Fernsteuerung dient zur Stellung der Brems-Servomotoren. Diese sendet in kurzen Zeitabständen ein Rechtecksignal an den Empfänger, welches je nach Stellung des Gas-/Bremshebels eine unterschiedliche Pulsweite besitzt. Daraufhin wird der Wert der Pulsweite über eine lineare Interpolation in die neue Sollposition der Servomotoren umgewandelt und weitergegeben.

Die Steuerung der Servomotoren erfolgt über die Angabe eines Drehwinkels. Zu Beginn des Programms werden jedem Servomotor eine individuelle Ausgangsposition sowie eine Maximalposition zugewiesen. In der Loop-Funktion sendet der Mikrocontroller dann die aktuelle Sollposition an die Servomotoren. Diese Position wird bei vollständiger Haftung über die Fernsteuerung bestimmt. Kommt es allerdings durch Schlupf zu einer Drehzahldifferenz an einem der Räder, wird die Bremse an diesem Rad solange gelöst, bis die Drehzahlen an Rad und Rolle sich wieder angeglichen haben.

Ergebnisse und Ausblick

Das Antiblockiersystem am RC-Fahrzeug ist bei Einsatz auf dem Prüfstand funktionsfähig. Dabei konnte eine unabhängige Steuerung der Bremsen an den einzelnen Rädern erreicht werden. In einem nächsten Schritt muss zunächst eine softwareseitige Optimierung des ABS vorgenommen werden. Anschließend kann eine Umsetzung des ABS für den Betrieb auf der Straße mit den genannten Problemen bei der Berechnung der Fahrzeuggeschwindigkeit erfolgen. Unter Verwendung eines Gyroskopsensors ließe sich auch ein ESP umsetzen.

Quellen:

K. Reif, Bremsen und Bremsregelsysteme, Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag, 2010, p. 82 ff.
<http://www.kfztech.de/kfztechnik/fahrwerk/bremsen/abs.htm> [Zugriff am 10.02.2014]

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Jennewein
Fachbereich Maschinenbau und
Kunststofftechnik
Schöfferstraße 3, 64295 Darmstadt