

# ABS- und ASR-Implementierung in ein ferngesteuertes Modellauto

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Jennewein, Dipl.-Ing. Alexander Russ, Florian Umhöfer

Um während des Fahrbetriebes die Sicherheit eines Fahrzeuges zu erhöhen, kommen heutzutage unterschiedlichste technische Sicherheitssysteme zum Einsatz. Im Rahmen eines Ingenieur-Forschungsprojektes wurde ein RC-Fahrzeug mit einer Antriebsschlupfregelung und einem Antiblockiersystem ausgestattet. Um eine optimale Regelgüte der ASR und des ABS durch Eingriff der Bremsanlage zu gewährleisten, wurden bremsenspezifische Kenndaten aufgezeichnet und ausgewertet. Um das Fahrzeug auch abseits des Rollenprüfstandes betreiben zu können, wurde dessen Hardware modifiziert, um die Spannungsversorgung aller Elemente mit einem Akkumulator zu realisieren.

## Motivation

In vorangegangenen Forschungsprojekten war die Möglichkeit des Fahrbetriebes abseits des Rollenprüfstandes nicht gegeben. Die Berechnung der Drehzahldifferenz zwischen Fahrzeuggeschwindigkeit und Radumfanggeschwindigkeit war nur anhand von Drehzahlsensoren an den Rollen des Versuchsaufbaus möglich. Daher wurde eine neue Berechnungsmethode der angenommenen Fahrzeuggeschwindigkeit ausgearbeitet und implementiert. Um nach der Weiterentwicklung des Regelalgorithmus den bestmöglichen Eingriff der Sicherheitssysteme gewährleisten zu können, sollte das Systemverhalten der Drehzahlen bei einer Bremsbetätigung bekannt sein.

## Spannungsversorgung

Da die verbauten Aktoren und Sensoren unterschiedliche Steuerspannungen zum Betrieb benötigen, wurden diese in der Vergangenheit mit mehreren Spannungsquellen versorgt. Um einen Ausfall der Steuerung aufgrund eines entladenen Akkumulators zu verhindern, wurde das Modellauto so modifiziert, dass es mit nur einer Spannungsquelle betrieben werden kann. Dazu wurde ein sogenannter „BEC-Regler“ beschafft, der es ermöglicht, die Batteriespannung von 12V auf 6V herab zu setzen. Da jeder der an dem Regler angeschlossenen Bremservos bei einer Vollbremsung bis zu 4A benötigen kann, wurde ein Spannungsregler ausgewählt, der bei Normalbetrieb 8A und unter Vollast bis zu 15A zur Verfügung stellen kann. Der Empfänger der Fernbedienung (Remote-Controller), sowie der Mikroprozessor (Arduino Due), werden direkt von einem im Fahrtenregler (Wechselrichter für E-Motor) eingebauten Spannungsregler versorgt. Die verbauten Sensoren und LED's können aufgrund ihrer geringen benötigten Leistung direkt vom Arduino-Board gespeist werden. In Abbildung 1 ist der Verdrahtungsschaltplan der Fahrzeugelektronik dargestellt.

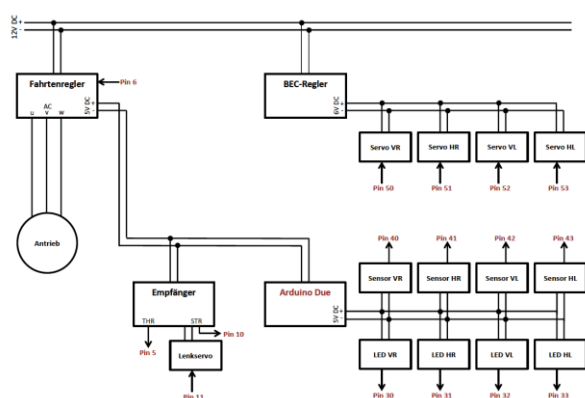


Abbildung 1: Schaltplan des ferngesteuerten Modellautos

## Drehzahlermittlung und Drehzahldifferenz

Die grundlegende Ermittlung der einzelnen Sensor-signale zur Bestimmung der Drehzahl wurde von den Projektvorgängern übernommen. Dabei werden von sogenannten Interrupt-Funktionen Magnetfeldänderungen mithilfe der Sensoren detektiert und aufsummiert. Da die Drehzahlermittlung der Regelzeit der Sicherheitssysteme entspricht, wird diese nun Zeitabhängig durchgeführt. Zur Berechnung der Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Radumfang und Fahrbahn muss die Fahrzeuggeschwindigkeit ermittelt werden. Dabei wird angenommen, dass maximal ein Rad bei einem Beschleunigungsvorgang durchrutscht

oder bei einem Bremsvorgang blockiert und somit die übrigen drei Räder annähernd die reale Fahrzeuggeschwindigkeit vertreten. Daher wird als angenommene Fahrzeuggeschwindigkeit der Mittelwert aller 4 Räder berechnet. Die durch das Rad mit einer anderen Drehzahl entstehende Verschiebung in Richtung dessen Umfanggeschwindigkeit, spielt dabei keine Rolle, da dieser Wert bei Vorgabe der Grenzdrehzahldifferenz berücksichtigt werden kann. Die Funktionsweise der Regelstruktur wird in Abbildung 2 verdeutlicht.

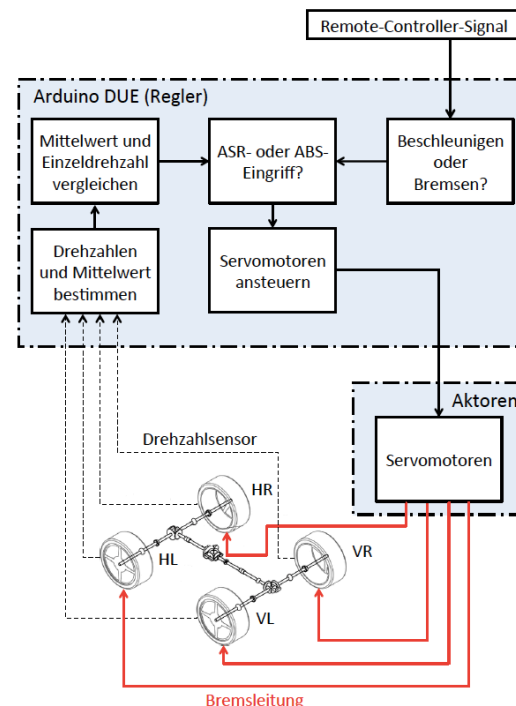


Abbildung 2: Regelstruktur des ferngesteuerten Modellautos

## Bremsenkennlinien

Zum Beurteilen der Servo-Bremsen-Drehzahl-Kopplung, wurden unterschiedliche Kennlinien aufgezeichnet. Als die wichtigste Messkurve eines Systems gilt dessen Hysterese. Dabei wird das Ausgangssignal (Drehzahl) bei einer kontinuierlichen Veränderung (steigende und fallende Rampe) des Eingangssignals (Servozustellung) aufgezeichnet. Start- und Endpunkte der Zustellrampe wurden manuell ermittelt. Anhand dieser Messungen lassen sich die in Abbildung 3 gezeigten fünf statischen Betriebspunkte der Bremsen feststellen.

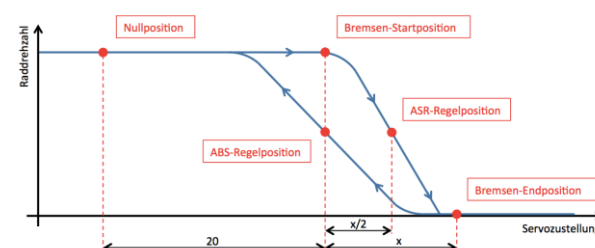


Abbildung 3: Betriebspunkte der Bremsenservos

Dabei stellt die Bremsen-Startposition den Servowert dar, ab dem ein erster Kontakt zwischen Bremsbelag und -scheibe stattfindet. Soll das Rad maximal abgebremst werden, wird am Servomotor die Bremsen-Endposition eingestellt. Ist hingegen eine geringere Abbremsung durch den Remote-Controller vorgegeben, wird dieser übertragene Wert auf den Bereich zwischen Start- und Endposition interpoliert. Um bei einem Eingriff der ASR das Rad nicht zu blockieren, wurde für dessen Servoposition (ASR-Regelposition) die mittlere Servozustellung gewählt. Als ABS-Regelposition wird ein Wert analog zur Bremsen-Startposition ausgewählt. Dabei wird das Rad weniger abgebremst als die anderen Räder und kann wieder Geschwindigkeit aufnehmen. Ist kein Bremsingriff gefordert, z.B. bei einer Beschleunigung, befindet sich der Servo in seiner Nullposition. Für diesen Wert wird die Startposition, abzüglich 20 Servoschritten gewählt. Dabei muss dessen Abhängigkeit von der Drehrichtung des Servo beachtet werden.

## Antriebsschlupfregelung

Betrieibt man das Fahrzeug nun mit eingeschalteter ASR, werden die Drehzahlen der Räder kontinuierlich berechnet und mit der angenommenen Fahrzeuggeschwindigkeit verglichen. Wird nun eine erhöhte Drehzahl an einem der Räder detektiert, stellt sich an dem jeweiligen Bremsenservo die ASR-Regelposition ein. Das entsprechende Rad wird dadurch abgebremst und zurück auf eine optimale Drehzahl gebracht. Da das verwendete Modellauto ein allradgetriebenes Fahrzeug ist, wird das gegenüberliegende Rad durch das Differentialgetriebe kurzzeitig stärker beschleunigt. Daher wird auch dieses Rad nach Überschreiten des Grenzdrehzahlwertes abgebremst, bis sich beide Räder wieder innerhalb der erlaubten Drehzahldifferenz befinden. Ein solches Regelmanöver ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Drehzahlen der einzelnen Räder sowie die Fahrzeuggeschwindigkeit werden in unterschiedlichen Farben angezeigt. In gleicher Farbausführung wird der Einsatz eines ASR-Eingriffs dargestellt. Bei Aktivität des Systems zeigt dessen Wert „1“ und bei Inaktivität „0“ an.

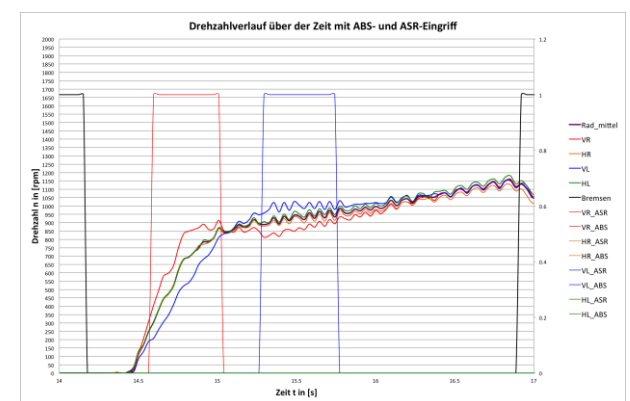


Abbildung 4: Beschleunigungsvorgang mit ASR-Eingriff

## Antiblockiersystem

Analog zur Antriebsschlupfregelung wird bei Betätigung der Bremse die Drehzahlüberwachung für eine Unterschreitung der ABS-Grenzdrehzahl eingeschaltet. Neigt dabei ein Rad zum Blockieren, wird am Bremsenservo die ABS-Regelposition eingestellt und die Bremse somit gelöst. Das Rad wird nicht gebremst, bis es genügend Geschwindigkeit aufgenommen hat. Auch hier stellt sich ein Über- bzw. Unterschwingen des gegenüberliegenden Rades ein. Das Öffnen und Schließen der Bremsanlage bei Über- oder Unterschreiten des Grenzwertes eines jeden Rades, wird bis zum sicheren Stillstand des Fahrzeuges durchgeführt. Abbildung 5 zeigt das Regelverhalten des Antiblockiersystems. Die Darstellungsform der Kennlinien ist analog der ASR. Als Zusatzinformation wird eine Bremsvorgabe durch eine schwarze Linie mit dem Wert „1“ angezeigt.

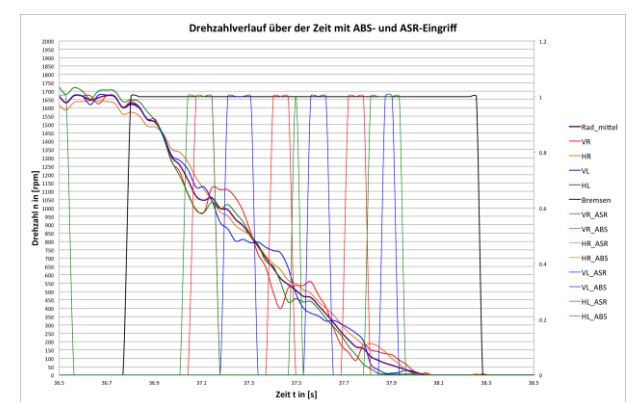


Abbildung 5: Bremsvorgang mit ABS-Eingriff

## Ergebnisse und Ausblick

Nachdem die optimalen Bremsenparameter bestimmt und im Regelskript eingepflegt wurden, lässt sich eine deutliche Verbesserung des Regelverhaltens feststellen. Auch die neu hinzugekommene ASR erfüllt ihren Zweck und verhindert das Durchdrehen einzelner Räder. Nach einer Neuverdrahtung der Steuereinheit ist die Möglichkeit der Steuerbeeinflussung des Motors sowie des Lenkservo gegeben. Somit ist es möglich ein Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP), für eine sichere Kurvenfahrt, zu implementieren.

## Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Dietmar Jennewein  
Fachbereich Maschinenbau und Kunststofftechnik  
Schöfferstraße 3, 64295 Darmstadt  
E-Mail: dietmar.jennewein@h-da.de