

# Fahrwerkregelung in Nutzfahrzeugen

*Dipl.-Ing. Karl-Heinz Hesse, WABCO Fahrzeugbremsen, Hannover*

*Dr.-Ing. Hans Otto Becher, WABCO Fahrzeugbremsen, Hannover*

*Dipl.-Ing. Andreas Sieber, Fichtel & Sachs AG, Schweinfurt*

Zusammenfassung:

Wie im Pkw wird auch im Nutzfahrzeug angestrebt, bzgl. Fahrverhalten und Sicherheit durch konstruktive und algorithmische Maßnahmen das Fahrwerk, bestehend aus Reifen, Federung und Dämpfung, zu verbessern. Nachstehend werden die unterschiedlichen Lösungsansätze und darauf basierend die realisierten Systeme aufgezeigt. Näher beschrieben wird ein System, das demnächst in Serie geht, welches neben der elektronischen Luftfederungsregelung auch eine kontinuierliche Dämpferregelung beinhaltet. Der Algorithmus der Dämpferregelung ist nach Fuzzy-Kriterien ausgelegt, die in idealer Weise der Aufgabenstellung gerecht werden und insbesondere dem Versuchspersonal ein einfaches Entwicklungswerkzeug zur Reglervariation zur Verfügung stellen.

## 1. Gründe für eine Fahrwerkregelung

Seit Straßenfahrzeuge gebaut werden, sind ihre Fahreigenschaften ständig verbessert worden. Auch die Fahrwerke wurden weiterentwickelt. Waren die Fahrzeuge zunächst ungefedert, kamen später Blattfedern zum Einsatz, wobei deren innere Reibung als Dämpfung genügen mußte. Die Verwendung von Schraubenfedern und reibungsarmen Blattfedern erforderte hydraulische Teleskopdämpfer. Diese Systeme sind jedoch immer nur ein Kompromiß für bestimmte Fahr-, Straßen- und Ladungszustände. Aufgrund der konstanten Wirkung der Federungs- und Dämpfungselemente sind sie daher nicht geeignet, eine breite Palette von Anforderungen abzudecken. Der Kompromiß ist immer ein relatives Optimum zwischen Schwingungskomfort und Fahrsicherheit.

Nutzfahrzeuge werden seit Anfang der 50er Jahre mit Luftfederungen ausgerüstet, deren Anteil seit den 80er Jahren ständig zunimmt. Die Luftfederung hat im Vergleich zur Stahlfederung folgende Vorteile:

- von der Beladung unabhängige konstante Fahrzeughöhe
- einfache Niveaueinstellung für Container- und Laderampenbetrieb
- 
- Erhöhung des Fahrkomforts und Schonung des Ladegutes durch
  - kleinere Federrate
  - weitgehend konstante, niedrige Eigenfrequenz
- einfache Steuerung der Zusatzachse(n)

Die ersten Luftfederanlagen bis Mitte der 80er Jahre wiesen hauptsächlich rein mechanisch-pneumatische Steuerungen auf, die dann seit Mitte der 80er Jahre durch das System ECAS (Electronically Controlled Air Ssuspension) mehr und mehr ersetzt wurden. Obwohl die Luftfederung

schon eine Reihe von Vorteilen bietet, galt es, durch ECAS eine Reihe von Nachteilen zu verbessern. Zu diesen zählten schwerpunktmäßig:

- der unnötig hohe Luftverbrauch während der Fahrt durch dauerndes Ansprechen der Luftfederventile
- ungewollte Niveauänderung während der Fahrt
- automatische Niveauregelung auch außerhalb des Normalniveaus
- Achslastverlagerung zur Traktionsverbesserung
- Liftachssteuerung
- Hebe- und Senkbetrieb für Be- und Entladen
- Reduzierung des Installationsaufwandes und damit der Kosten und vieles andere mehr

Diese vor mehr als 10 Jahren in Serie eingeführte ECAS wurde inzwischen zu mehr als 350 000fach in Fahrzeugen eingesetzt und hat sich hervorragend bewährt. Das System ist verfügbar für Lkw, Busse und Anhänger-Fahrzeuge.

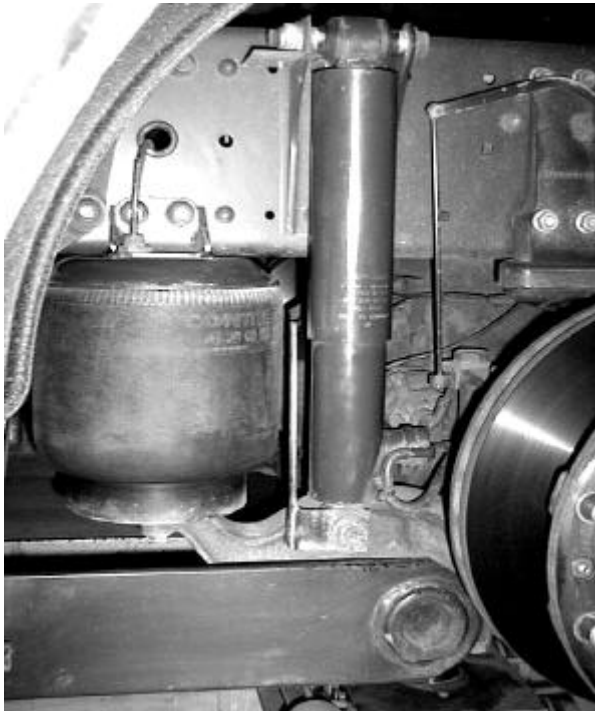
Die Vorteile in Bezug auf das Federungsverhalten und die Flexibilität in der Auslegung der Anlage durch ECAS ist aber ebenfalls noch verbesserungsfähig, wenn veränderliche Komponenten für die Funktion des Fahrwerks eingesetzt werden können. Diese veränderbaren Komponenten in Bezug auf die Federrate könnten beispielsweise Steuerung von Zusatzvolumina zur schnellen Veränderung der Federkonstante darstellen. Diese Maßnahmen wurden zwar funktionell untersucht, sind aber bisher nicht serienmäßig realisiert.

System	Regelzeit	Energiebedarf	Beispiel	relative Mehrkosten
passiv	-	-	konv. Fahrzeug	-
adaptiv	25 ms → 1 s	niedrig	WABCO ESAC	gering
semiaktiv	< 10 ms	niedrig	Skyhook Fichtel & Sachs	hoch
langsam aktiv	> ca. 0,5 s	mittel	Mercedes Benz Bus "ABC"	hoch
aktiv	< 10 ms	sehr hoch	Lotus Sport	sehr hoch

**Bild 1:** Federungs- und Dämpfungssysteme für Fahrzeuge

Weithin bekannt sind Fahrwerkregelungssysteme, die in unterschiedlicher Form auf die Dämpfungscharakteristik Einfluß nehmen. Derartige Regelungen ermöglichen, den klassischen Zielkonflikt zwischen Fahrkomfort und Fahrsicherheit zu entschärfen. Auf welche Weise die Dämpferhärte jedoch verändert wird, charakterisiert die unterschiedliche Ausführung der Systeme. In der Tabelle in Bild 1 ist die Klassifizierung der entsprechenden Systeme dargestellt. Neben den konventionellen Fahrwerken aus fest abgestimmten Federn und Dämpfern unterscheidet man

- adaptive Systeme, die sich relativ langsam an die Fahrsituation anpassen;
- semiaktive Systeme, die auch die Achsdynamik berücksichtigen und entsprechend schnell eine Anpassung vornehmen, aber nach wie vor mit passiven Komponenten arbeiten und
- aktive Systeme, die durch entsprechende Energiezufuhr aktive Federungs- und Dämpfungenergie bei Bedarf bereitstellen.



**Bild 2:** Hinterachs-Fahrwerk mit ESAC

Natürlich ist die Ausführung der entsprechenden Systeme eine Frage der Systemkosten und der Energiebilanz und damit der Betriebskosten. Aufgrund der geeigneten Einbindung in das bereits vorhandene ECAS haben WABCO und Sachs Boge sich entschieden, eine adaptive Fahrwerkregelung (Dämpferregelung) darzustellen, deren Ergebnis in Bezug auf Kosten und Funktionalität völlig zufriedenstellend ist.

Bild 2 zeigt das realisierte System in einem Fahrzeug der neuen Generation, bestehend aus Achse mit Luftfeder und CDC-Dämpfer (Continuous Damper Control). Die Ziele der Dämpferregelung ergeben sich aus den Abstimmproblemen herkömmlicher Dämpfer.

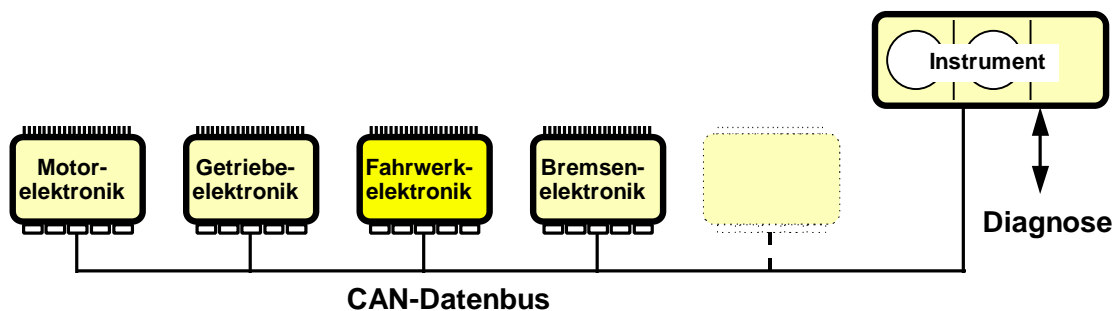
	Konventionelle Dämpferabstimmung		Variable Dämpferabstimmung (ESAC)
	(weich)	(straff)	
- Schwingungskomfort	✓	⚡	✓
- Ladegutbeanspruchung	✓	⚡	✓
- Fahrbahnbeanspruchung	✓	⚡	✓
- Wankeigenschaften	⚡	✓	✓
- Nickeigenschaften	⚡	✓	✓
- Handling-Eigenschaften	⚡	✓	✓

**Bild 3:** Einfluß der Dämpferabstimmung auf die Eigenschaften eines Fahrzeugs

In Bild 3 ist die Lösung des Zielkonfliktes zwischen Fahrkomfort und -sicherheit zu erkennen, die sich mit einem adaptiven Fahrwerkregelsystem ergibt.

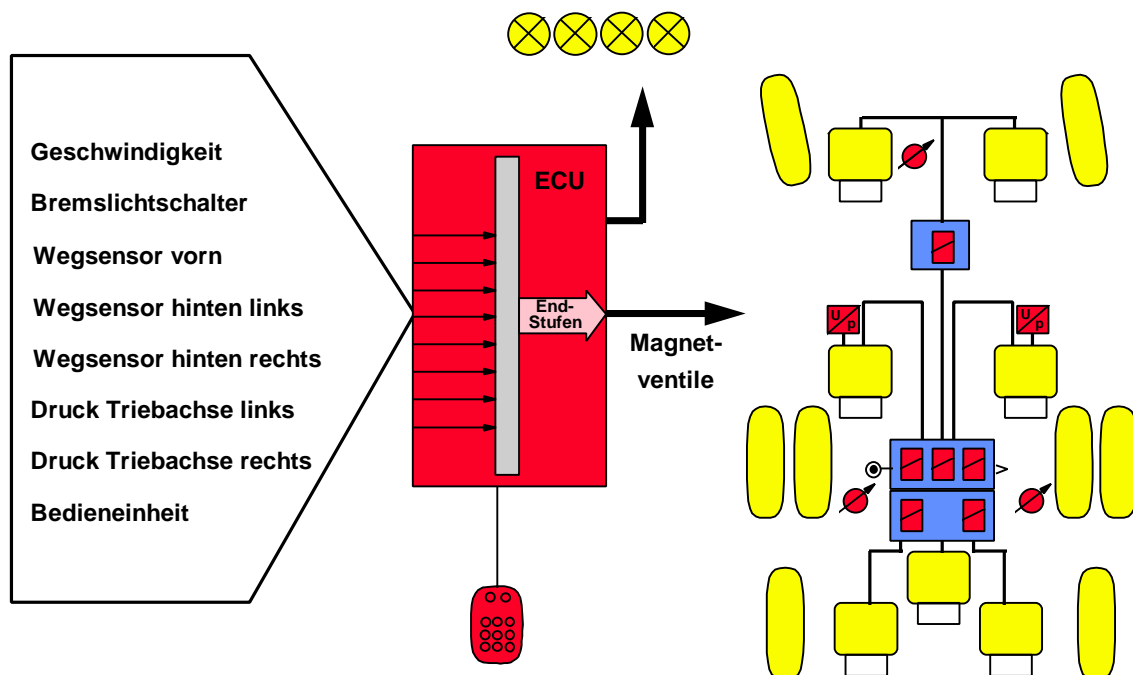
## 2. Konzeption der WABCO-Fahrwerkregelung

Die Lösung für die vorstehend angesprochenen Probleme ist mit einem vertretbaren Aufwand in dem System ECAS/ESAC (Electronic Shock Absorber Control) erreicht worden. Dieses System ist in dem erwähnten Fahrzeug in das Fahrzeugdatennetzwerk gemäß CAN-Protokoll eingebunden. Die sich daraus ergebenden Vorteile liegen auf der Hand. Kann ECAS beispielsweise durch die Direktverkabelung der Sensorik und einigen Eingangssignalen ohne einen Datenbus auskommen, würde durch das Hinzufügen von ESAC noch weitere Sensorik bzw. Kenngrößeneingabe erforderlich sein. Diese vermehrten Daten können durch die Übertragung im Fahrzeugdatennetzwerk einfach bereitgestellt werden, ohne wesentliche Mehrkosten vorauszusetzen. Bild 4 zeigt den Systemverbund.



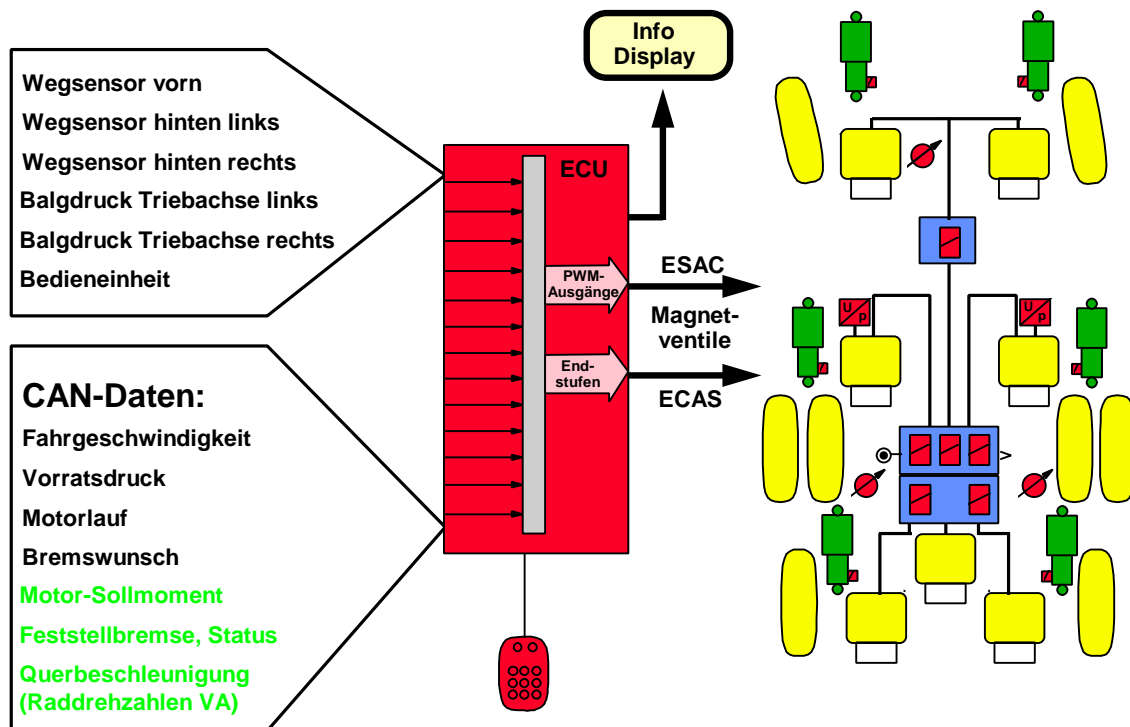
**Bild 4:** Elektronische Systeme im CAN-Datenbusverbund

Die Sensorinformationen aus anderen Systemen ermöglichen z. B. die Querschleunigungsberechnung, Bremspedalposition, Fahrpedalposition, Fahrgeschwindigkeit etc. Vorteilhaft ist für die Integration von ESAC in ECAS die Verwendung der bereits vorhandenen Sensoren für die Federwege, aus deren Signalen Wank- und Nickverhalten sowie eine Fahrbahnerkennung gewonnen werden. Der Vergleich ist leicht



**Bild 5:** ECAS 6x2-Anlage, Vollluftfederung

erkennbar aus den Bildern 5 und 6, in denen einmal das einfache ECAS 6 x 2-Vollluftschema und zum anderen das ECAS/ESAC 6 x 2-Vollluftschema mit CAN dargestellt sind.



**Bild 6:** ECAS/ESAC 6x2-Anlage, Vollluftfederung + kontinuierlich verstellbare Dämpfer

In Kapitel 4, in dem die Reglerstruktur diskutiert wird, wird auch auf die Information der Fahrzeugquerbeschleunigung, bedingt durch das Fahrzeuglenkverhalten, eingegangen. Diese prediktive Fahrzeugquerbeschleunigungsermittlung kann beispielsweise entweder mit einem speziellen Querbeschleunigungssensor erfaßt werden, der jedoch Extrakosten verursacht, oder aber mit einer vertretbaren Verzögerung durch Bewertung der Vorderrad-Differenzgeschwindigkeiten ermittelt werden. Diese Vorderrad-Differenzgeschwindigkeit kann in Verbindung mit der mittleren Fahrzeuggeschwindigkeit über den Datenbus übertragen werden. ECAS/ESAC berechnet daraus die Querbeschleunigung. Die Berechnung der Querbeschleunigung kann andererseits aber auch in den Bremssteuergeräten (ABS oder EBS) geschehen, die ohnehin Informationen über die Radgeschwindigkeiten haben. In dem Fall wird dann die Querbeschleunigung als fertiger Wert übertragen. Dies ist eine Frage der Festlegung bzw. Standardisierung dieser Übertragung. Bild 7 zeigt beispielsweise die Darstellung dieser Informationen in der Matrix des SAE-Standards J 1939.

Beispielhaft für alle Größen, die bei der Berechnung des ESAC-Algorithmus herangezogen werden, soll auf die Ermittlung der Fahrzeugquerbeschleunigung und des Fahrzeugquerrucks - der zeitlichen Ableitung der Querbeschleunigung - eingegangen werden.

Aufgrund der natürlichen Toleranzen der Reifenumfänge ist es erforderlich, die statischen Abweichungen durch einen Grob- und einen nachfolgenden Feinabgleich zu kompensieren. Diesem nicht unkomplizierten Algorithmus folgt dann wegen der dynamischen Abweichungen (Reifenunwucht, Abplattungen, Polradfehler etc.) noch eine geeignete Filterung der v- bzw. der  $\Delta v$ -Signale.

Die Werte für die Querschleunigung errechnen sich dann nach der Formel (ohne Radschlupf):

$$y = \frac{1}{s} \cdot \Delta v \cdot v \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

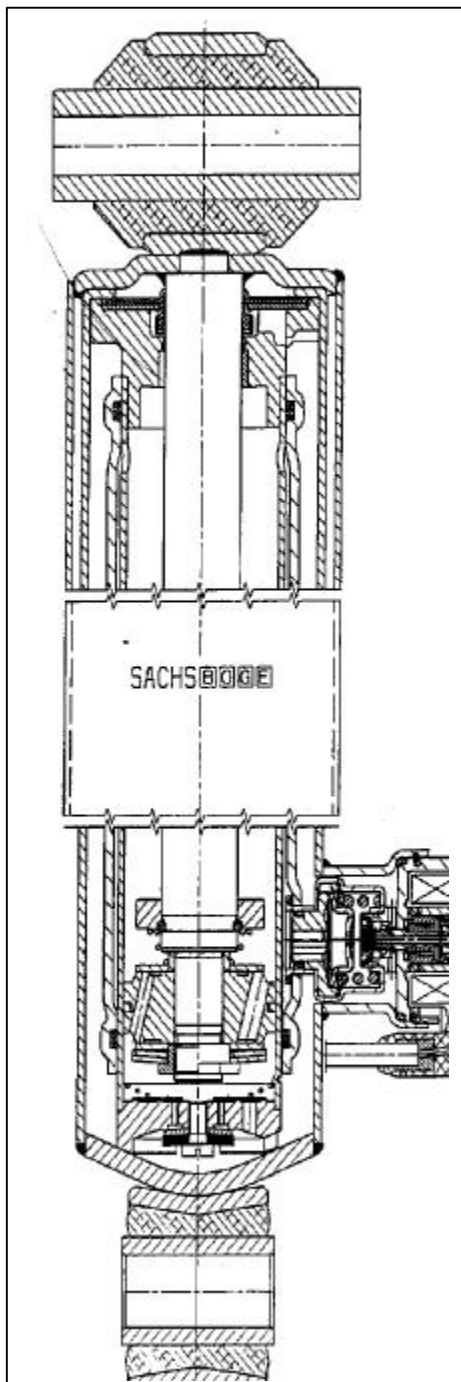
$\Delta v$  gefilterte und Null-korrigierte Differenzgeschwindigkeit der Vorderräder

$v$  mittlere Geschwindigkeit der Vorderräder

$s$  Spurweite der Vorderräder (im Lkw ca. 2 m)

Die so berechnete Querschleunigung wird als  $y$ -Beschleunigung an den Fuzzy-Regler gegeben.

Der Querruck wird aus der zeitlichen Ableitung der Querschleunigung ermittelt und ebenfalls dem Fuzzy-Regler zugeführt.



Die Positionen von Brems- bzw. Fahrpedal können entweder als Schaltsignal oder aber als kontinuierliches Signal in die Regelung eingebracht werden.

Im Regelalgorithmus von ESAC wird neben der Dämpferregelung auch auf eine Verbesserung der ECAS-Funktionalität Rücksicht genommen. Z. B. kann die ECAS-Regelung erheblich verbessert werden, wenn während einer Regelung die Dämpferhärte und damit deren Hysterese auf „Weich“ abgestimmt wird.

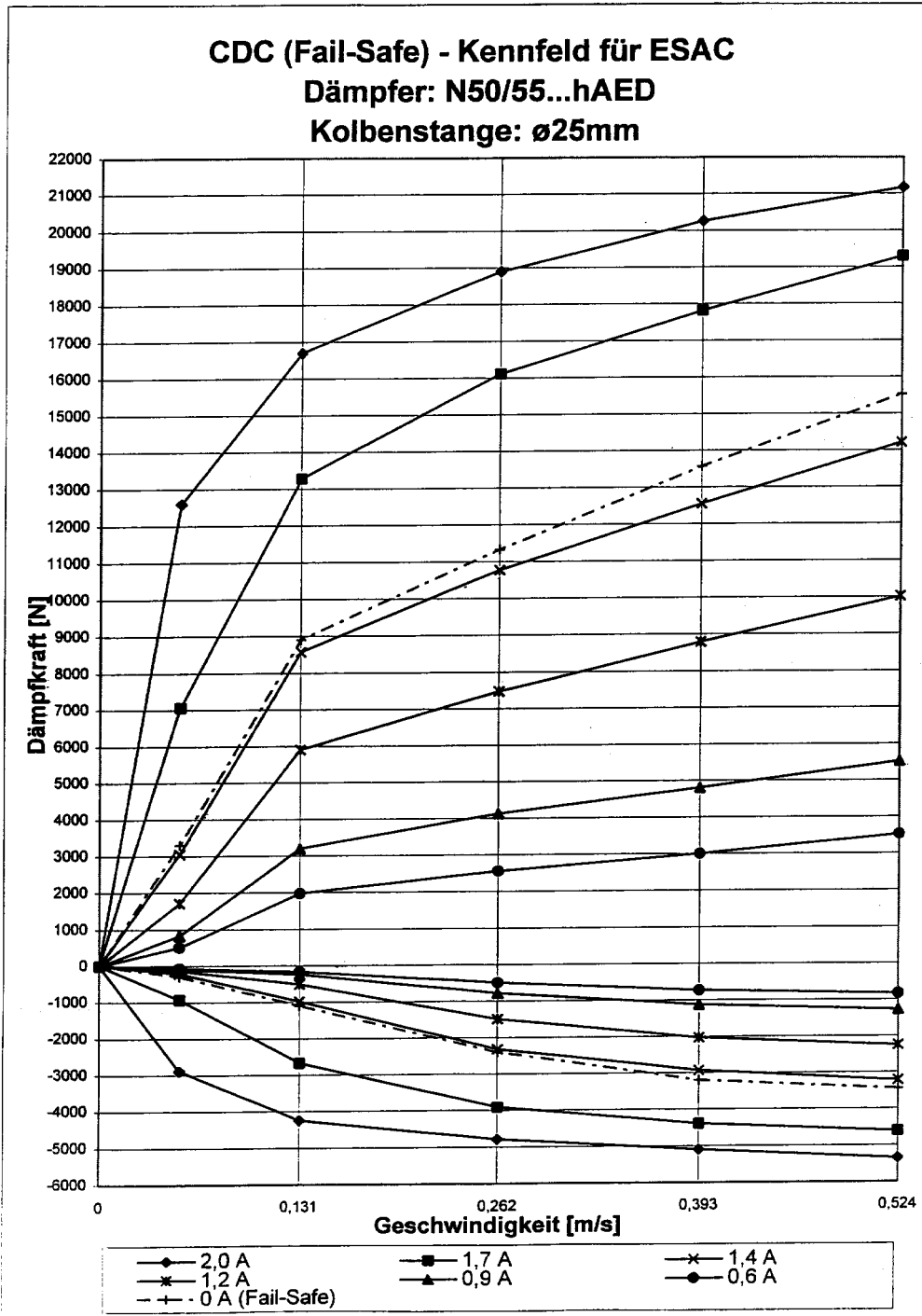
In den nachfolgenden Kapiteln wird auf die Komponenten der ECAS/ESAC-Anlage eingegangen. Das wesentliche neue Element des Systems stellt der kontinuierlich verstellbare Dämpfer von Sachs Boge dar. Die Gesamtfunktionalität geht aus der Reglerstruktur in Kapitel 4 hervor. Wie sich das Ganze im Fahrversuch bzw. im praktischen Einsatz ergibt, wird in Kapitel 5 dargestellt.

### 3. Der kontinuierlich verstellbare Dämpfer von Sachs Boge

Mit dem Ziel der Minimierung des Kompromisses zwischen Sicherheit / Handling und Fahrkomfort entwickelte Sachs Boge elektrisch stufenlos verstellbare Stoßdämpfer für Personen- und Nutzkraftwagen (Bild 8). Der neuartige Dämpfer ermöglicht die optimale Anpassung der Reglerstruktur nach Fuzzy-Kriterien und ist gleichermaßen kostengünstiger als ein bisher realisierter 3-stufig verstellbarer Dämpfer mit zwei Magnetventilen.

**Bild 8:** CDC-Dämpfer N50/55 (Schnittdarstellung)

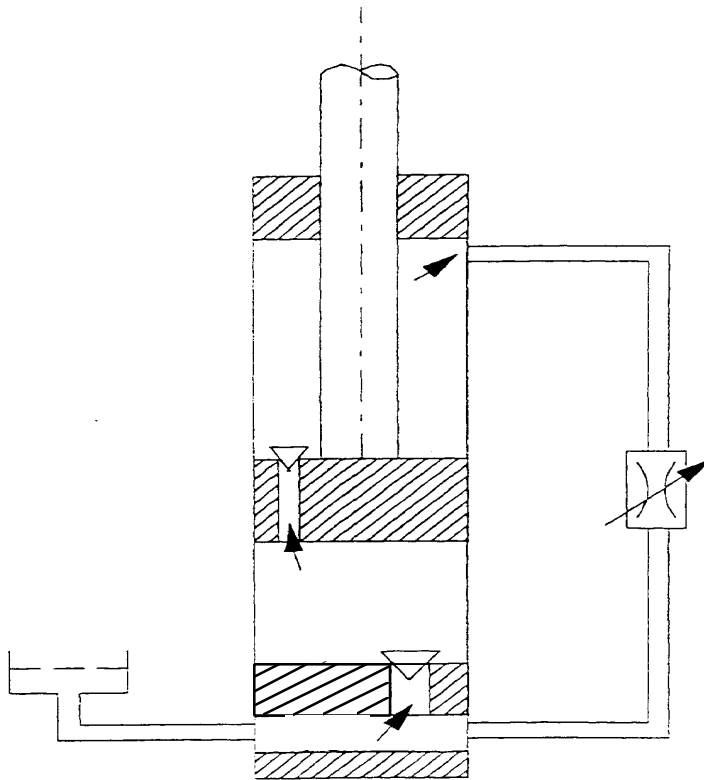
Auf Grundlage der Proportionalventiltechnik wird ein praktisch stufenloses Kennfeld sowohl in Zug- als auch in Druckrichtung über ein außen am Dämpfer adaptiertes Magnetventil steuerstromproportional realisiert. Die Charakteristik der Kennlinienschar wurde dem Verlauf der im Standarddämpfer üblichen Kennlinien angenähert (verstellbare Voröffnung / federbelasteter Bereich), siehe Bild 9.



**Bild 9:** Kennfeld eines CDC-Dämpfers (Fail-Safe-Ventil) N50/55, Kolbenstangendurchmesser 25 mm

Kolben- und Bodenventile sind als Rückschlagventile ausgebildet, so daß die gesamte Dämpfung über das Magnetventil eingestellt wird. In Zugrichtung wird das Ölvolumen über der Kolbenringfläche und in

Druckrichtung das von der Kolbenstange verdrängte Ölvolumen über Bohrungen im Zylinderrohr in ein Zwischenrohr und von dort durch das Magnetventil in den Vorratsraum befördert (siehe Bild 10).

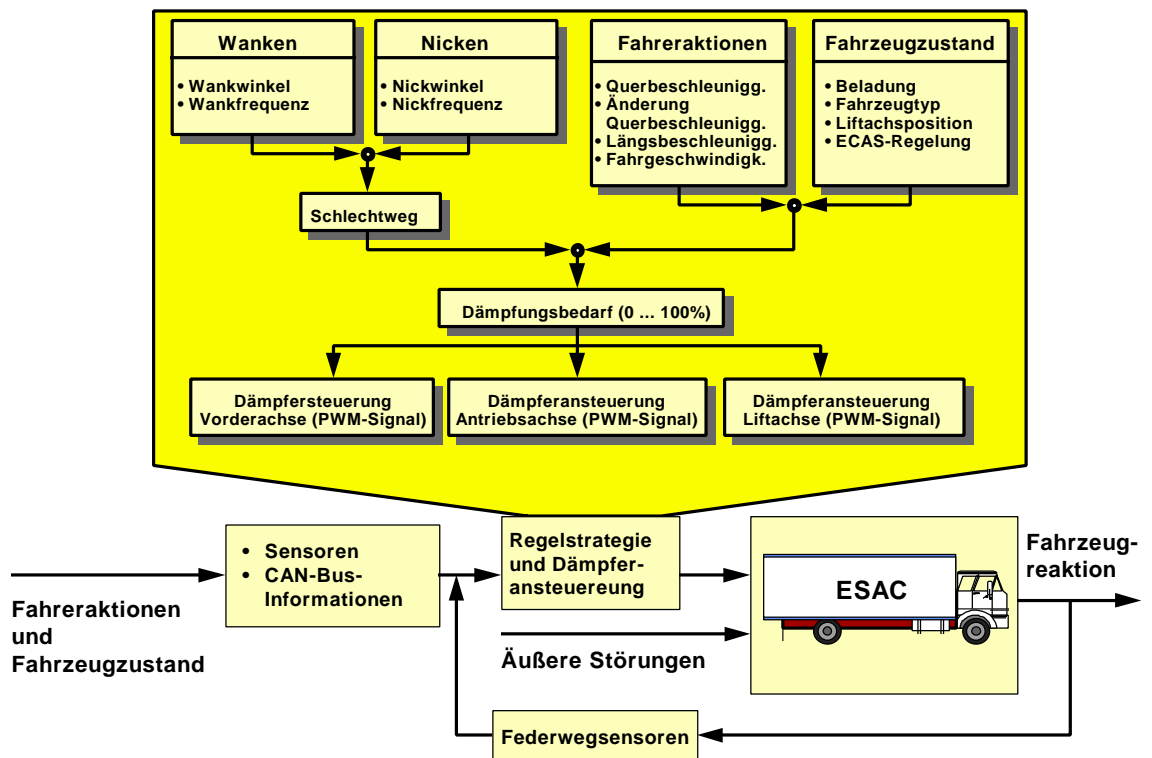


**Bild 10:** CDC-Funktionsprinzip

Bei Systemausfall wird die harte Kennlinie eingestellt, es besteht jedoch auch die Möglichkeit, durch Änderungen am Magnetventil bei Ausfall der elektrischen Ansteuerung eine mittlere Kennlinie aus dem Kennfeld entsprechend dem Kundenwunsch (z. B. Kennlinie nahe Standard-Seriendämpfer) einzustellen. Dieses sogenannte Fail-Safe-Ventil wird besonders für die Anwendung im Nutzfahrzeugbereich empfohlen.

#### 4. Die Reglerstruktur

Die Reglerstruktur der ESAC-Funktionalität ist Bild 11 zu entnehmen. Aktuatorseitig wird lediglich die Einstellung der jeweiligen Dämpferhärte vorge-

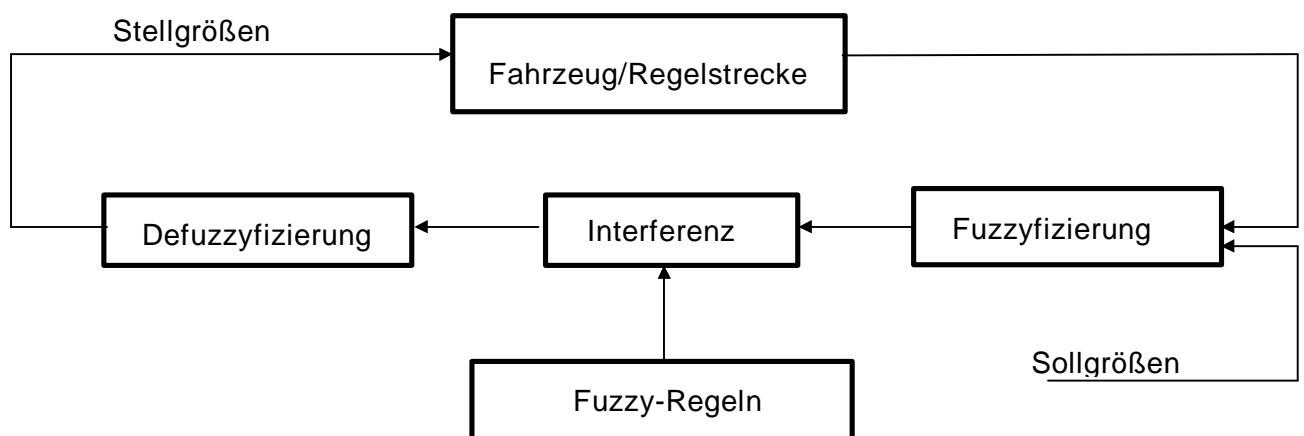


**Bild 11:** ESAC-Reglerstruktur



nommen. Eingangsseitig bzw. führungsrößenseitig werden verschiedene Einflüsse berücksichtigt. Hierzu zählen die Eingangssignalgruppierungen Fahrerreaktionen, Fahrzeugzustand, Fahrzeugreaktionen und Fahrbahnbeschaffenheit. Die Verknüpfung der systembeschriebenen Größen erfolgt über Fuzzy-Algorithmen, die in geeigneter Weise für diese Problemstellung eingesetzt werden können.

In diesem Beitrag kann nicht in allen Einzelheiten die vorteilhafte Ausnutzung von Fuzzy-Kriterien behandelt werden. Die Fuzzy-Logik ist ein Ansatz der Mathematik, der menschliche Entscheidungsprozesse abzubilden versucht. Mit Hilfe von Fuzzy-Logik kann ein Rechner solche unscharfen Begriffe, wie z.B. "das Fahrzeug wankt etwas", verarbeiten und Entscheidungen treffen. Im Gegensatz zu numerischen Algorithmen werden die Signalgrößen des Reglers in unscharfen Mengen bzw. Klassen eingeteilt. Durch die Fuzzy-Regeln wird festgelegt, in welcher Weise die Eingangsgrößen mit der Ausgangsgröße verknüpft werden. Die Regeln sind formal immer gleich aufgebaut und bestehen aus einer Voraussetzung und einer Schlußfolgerung. Der Vorgang, aufgrund bestimmter Eingangswerte auf die Klassen (Mengen) der Ausgangsgrößen zu schließen, wird als Interferenz bezeichnet. Nachfolgendes Blockschaltbild (Bild 12) zeigt im Ansatz die allgemeine Lösung eines Regelkreises mit Fuzzy-Logik.

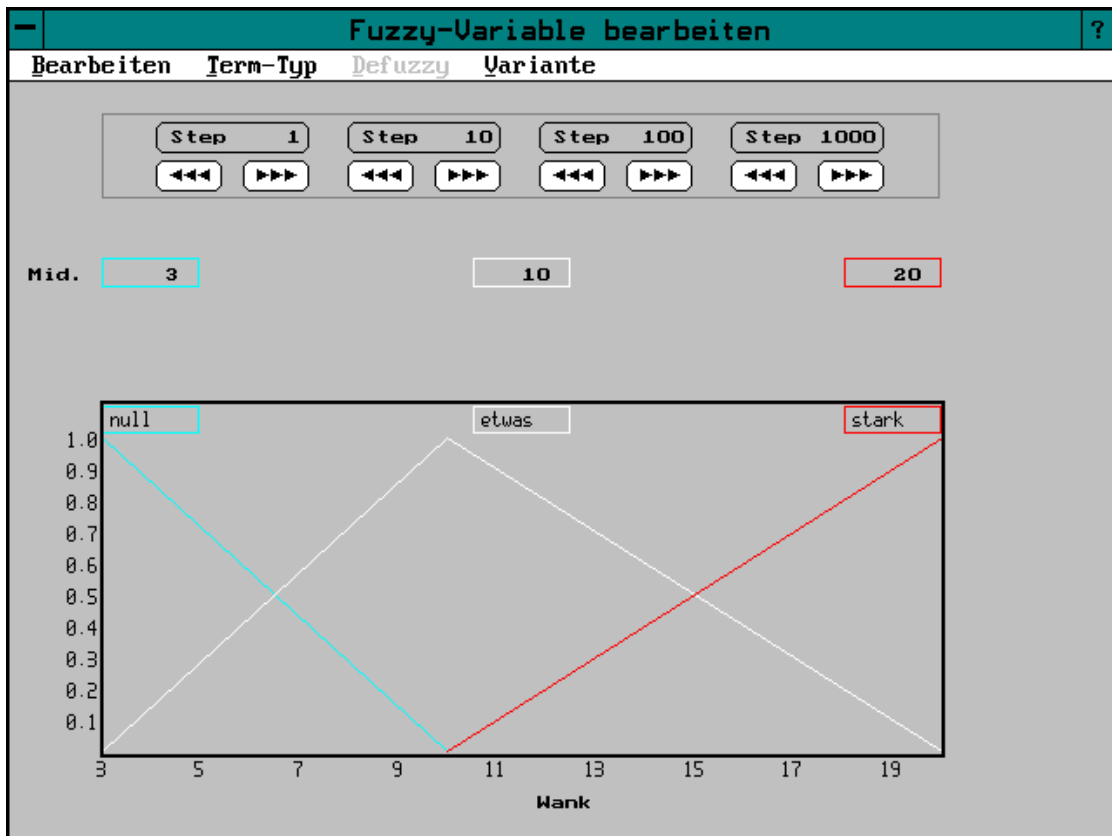


**Bild 12:** Blockschaltbild eines Regelkreises mit Fuzzy

Die Vorteile der Fuzzy-Logik lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- kürzere Entwicklungszeiten
- bessere Übersichtlichkeit des Regelalgorithmus
- kürzerer Rechnercode (u. U.)
- Lösungen für Probleme, für die es bisher keine bzw. nur eine unbefriedigende Lösung gibt
- intelligente Verknüpfung von Sensorinformationen
- Berücksichtigung auch nichtlinearer Vorgänge
- flexible Regelungsgesetze

Insbesondere die einfache Weise, die durch die Fuzzy-Regeln bestimmten Gewichtungsfunktionen während des Fahrbetriebes zu verändern, hat große Vorteile während der Projektentwicklung zur Folge gehabt. Bild 13 zeigt die Aufnahme einer Bildschirmoberfläche, nach der durch graphisches Verändern der Gewichtungsfunktion die Reglerstruktur am Beispiel der Definition "Wanken" einfach verändert werden kann.



**Bild 13:** Fuzzy-Oberfläche: Definition "Wanken"

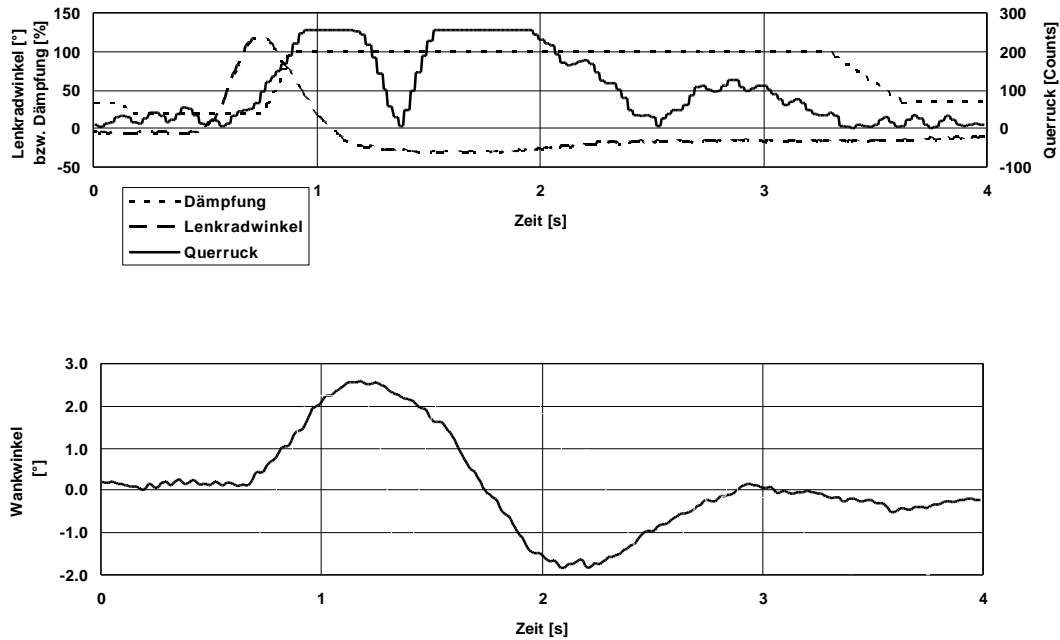
## 5. Ergebnisse aus dem Fahrversuch

Das z. Z. in Serie gehende System ECAS/ESAC wurde in umfangreichen Fahrversuchen getestet, wobei die bei der Reglerstruktur diskutierten Größen wie Wankverhalten, Nickverhalten, Schwingungsverhalten in Abhängigkeit der jeweiligen Fahrbahn und Fahrereinflußbedingungen ermittelt wurden. Bezüglich des Wankverhaltens kennen wir folgende Voraussetzungen:

- Fahrzeugreaktion aufgrund von Fahrbahnunebenheiten oder Seitenwind (Wankwinkel)
- Querbeschleunigung durch Seitenkräfte bzw. Richtungsänderung (Lenkwinkel)

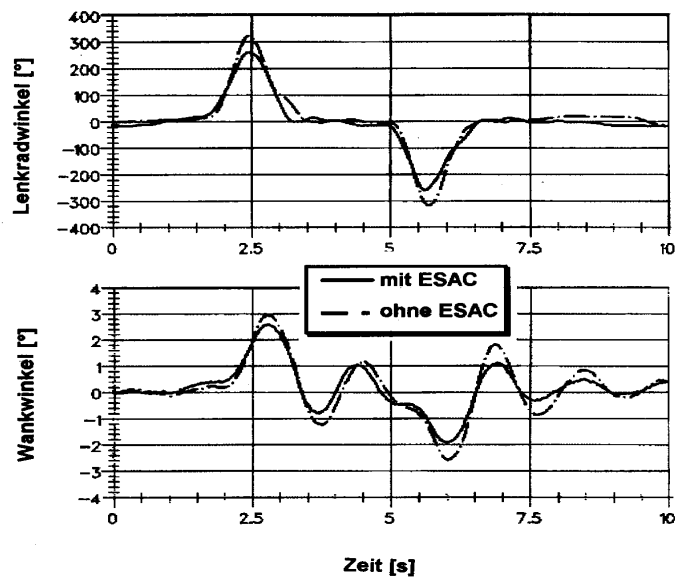
Um rechtzeitig auf die Richtungsänderung Rücksicht nehmen zu können, ist die vorausschauende Ermittlung des Lenkwinkels wichtig. Dieses kann natürlich mit einem entsprechenden Sensor durchgeführt werden, was aus Kostengründen aber verworfen wurde. Die Berücksichtigung der Querbeschleunigungsgröße aus der Differenz der Vorderraddrehzahlen ist ebenfalls geeignet, eine ausreichende Erkennung der durch Lenkvorgänge erzielten Querbeschleunigung zu ermitteln. Wie diese

Daten übertragen werden, ist in Abschnitt 2 diskutiert worden. Bild 14 zeigt ein typisches Verhalten beim "Anreißen" des Fahrzeugs. Der Lenkradwinkel wurde lediglich als Kontrollgröße mit aufgezeichnet. Die Regelung spricht zuerst auf den Querruck an, im weiteren Verlauf ist der Wankwinkel die dämpfungsbestimmende Größe. In Verbindung mit einer Haltedauer werden die Dämpfer so während des gesamten kritischen Fahrzustands in der straffen Kennung gehalten.



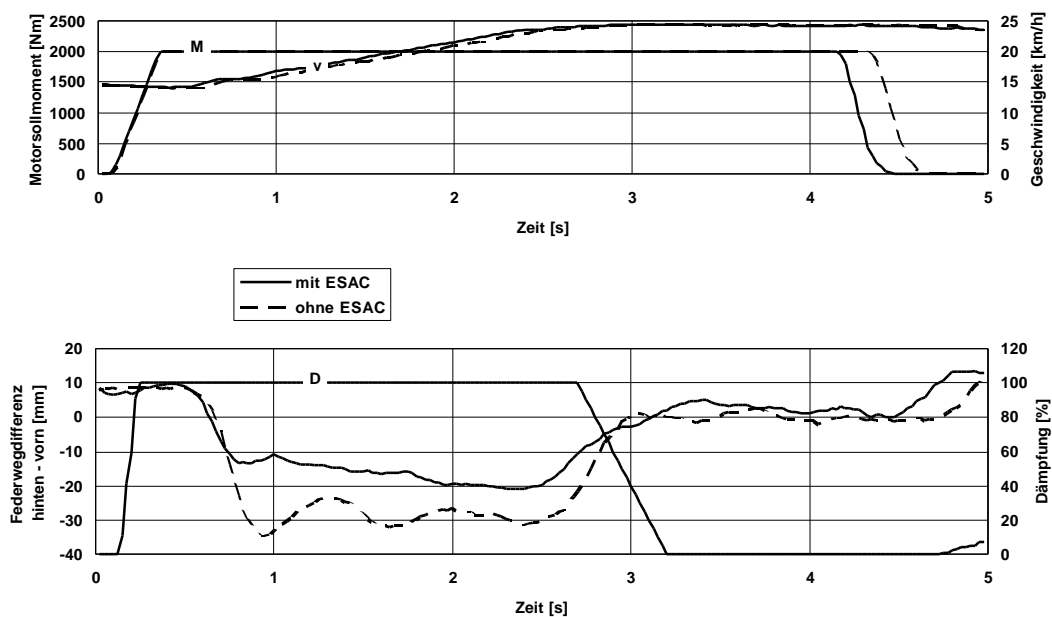
**Bild 14:** Anreißen aus  $v = 80 \text{ km/h}$ , 6x2-Lkw, Liftachse angehoben, 16,2 t

Ein Vergleich mit/ohne ESAC ist in Bild 15 anhand eines einfachen Fahrspurwechsels dargestellt. Der Spurwechsel wurde durch eine sehr eng gesteckte Gasse gefahren. Man erkennt, daß der Fahrer ohne ESAC größere Lenkamplituden benötigt, um den gewünschten Kurs einzuhalten. Der Verlauf des Wankwinkels im unteren Diagramm macht die Verbesserung der Wankdynamik mit ESAC deutlich.



**Bild 15:** Einfacher Fahrspurwechsel aus  $v = 25 \text{ km/h}$ , 4x2-Lkw, 19 t

Für die Berücksichtigung der Lastwechsel, die sich im nachfolgenden Nickverhalten auswirkt, sind die Größen Motor-Sollmoment bzw. Fahrpedalstellung hilfreich. In Bild 16 ist ein Lastwechsel, der durch Niedertreten des Fahrpedals provoziert wurde, dargestellt. Gut zu erkennen ist das zeitliche Voreilen der Größe Motor-Sollmoment bezogen auf die Aufbaubewegungen. Die Dämpfer sind bereits in der straffen Kennung, bevor der Aufbau beginnt zu nicken. Die Verbesserung durch ESAC wird im unteren Diagramm deutlich. Das Aufbäumen beim Lastwechsel und die nachfolgenden Nickschwingungen werden reduziert, was den Komforteindruck deutlich positiv beeindruckt. Ein noch größeres Verbesserungspotential hinsichtlich der Nickdynamik ergibt sich naturgemäß bei Sattelzugmaschinen mit deren kurzen Radstand.

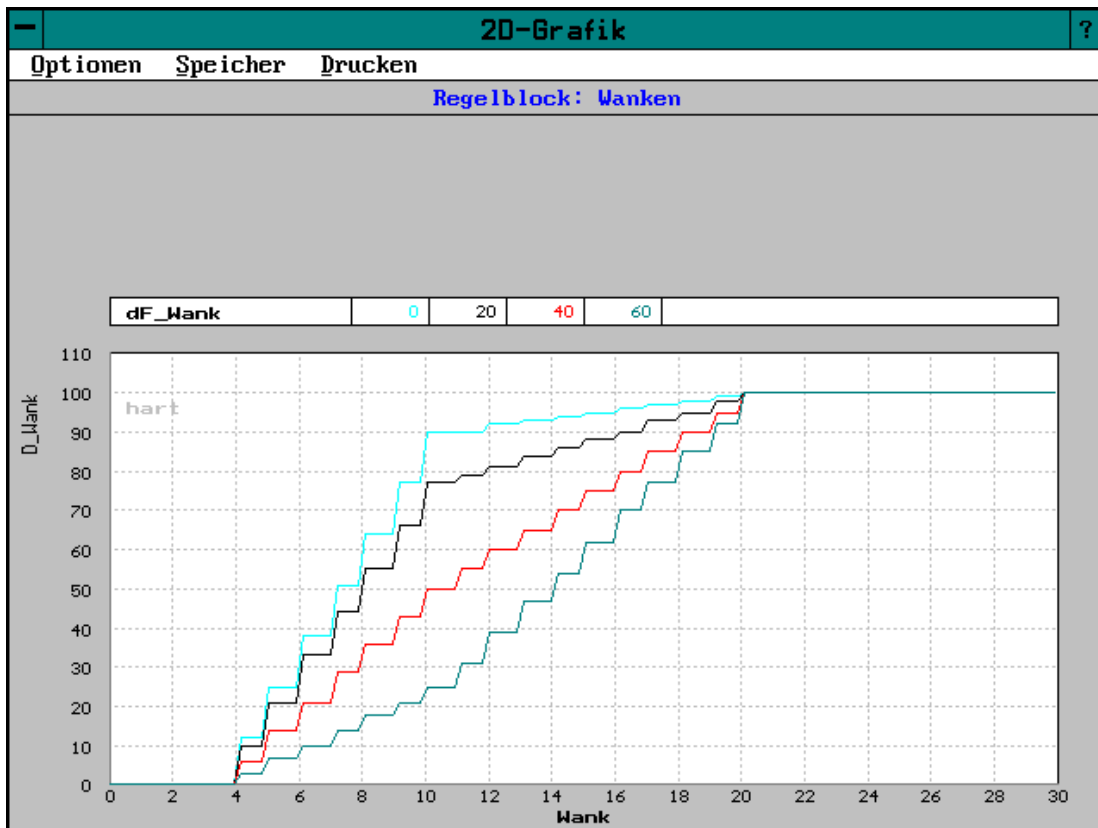


**Bild 16:** Lastwechsel (Niedertreten des Fahrpedals) bei  $1300 \text{ min}^{-1}$  im 4. Gang, untere Gruppe, 4x2-Lkw, 19 t, Radstand 5600 mm

Die gleiche Betrachtung ist auch für den Bremsvorgang anzustellen, dessen Erkennung über das Bremspedal bzw. Bremswertgebersignal eines mit EBS ausgestatteten Fahrzeugs leicht möglich ist. Auch hier ist somit eine vorausschauende Dämpferverhärtung möglich.

Eine alleinige Berücksichtigung der Fahreraktivitäten wie Lenken, Bremsen oder Beschleunigen, genügt jedoch nicht; ebenso müssen die Fahrzeugreaktionen erfaßt werden, damit auch äußere Störungen in die Regelung eingehen können. Hierzu wird die Dynamik der Wegsensordaten ausgewertet, um entsprechende Reaktionen auf die Dämpfersteuerung abzuleiten. Wie dieses in dem Fuzzy-Regler realisiert ist, geht aus dem Fuzzy-Schaubild 17 hervor. Hierin wird beispielhaft der Regelblock "Wanken" beschrieben. Auf der x-Achse ist der Wankwinkel (Federwegdifferenz rechts - links) in Elektronik-Zähleinheiten (counts) aufgetragen. Auf der y-Achse läßt sich der zugehörige Dämpfungsbedarf von 0 ... 100 % ablesen. Als Parameter ist die Abweichung der vorliegenden Wankfrequenz von der Wankfrequenz in Prozent aufgetragen. Ist dieser Wert 0 %, so wankt der Aufbau momentan in

Eigenfrequenz. Je weiter die Wankfrequenz von der Wankeigenfrequenz entfernt ist, um so weniger wird die Dämpfung angehoben. Im gezeigten Beispiel wird bei einer Abweichung über 60 % die Wankfrequenz nicht mehr berücksichtigt.



**Bild 16:** Fuzzy-Regelblock "Wanken"

## 6. Ausblick

Mit dem beschriebenen ESAC-System wurde von WABCO und Sachs Boge eine Fahrwerkregelung entwickelt, die durch Integration in ECAS und die CAN-Datenbusumgebung ein günstiges Kosten-/Nutzen-Verhältnis aufweist. Die Marktakzeptanz wird nun über die Verbreitung dieses weltweit erstmals im Nutzfahrzeug angebotenen Systems entscheiden.

Literatur:

- [1] Dr. Ing. Becher: Entwicklungskriterien für gesteuerte Fahrwerke in Nutzfahrzeugen, Dissertation 1991.
- [2] SAE Standard J1939.
- [3] Proceedings Convergence 1996, Session: Large Vehicle Subsystems, OEM Perspective.