

Fahrzeugdynamik

Das Gesamtsystem Fahrer-Fahrzeug-Regelsysteme



Quelle: ©iStockphoto.com/MistikaS

Für einen Automobilhersteller ist eine hervorragende dynamische Performance seiner Produkte seit jeher ein wichtiges Differenzierungsmerkmal, welches zu seinem Image und zu seiner Positionierung am Markt beiträgt.

Früher wurden Fahrzeuge entweder eher sportlich oder eher komfortabel ausgelegt. Dabei ging das Eine immer ein Stück weit zu Lasten des Anderen. Vom Kunden wurde dies akzeptiert und trug letztlich sogar zur Identifikation mit einer bestimmten Marke und deren Auslegungs-Philosophie bei.

Bei heutigen Fahrzeugen mit ihrer fortgeschrittenen Technik und ihrer Vielzahl an aktiven Systemen wird die Auflösung des Zielkonfliktes zwischen sportlichem Handling und hohem Fahrkomfort ebenso selbstverständlich erwartet wie ein Höchstmaß an Sicherheit in jeder Fahrsituation.

Hierfür müssen die vorhandenen Potenziale zunehmend ausgeschöpft werden. Dies erfordert eine ganzheitliche Betrachtung des Systems bestehend aus Fahrer, Fahrzeug und Regelsystemen und eine intelligente Abstimmung ihrer Interaktion. Insbesondere die Bewertung von Fahrzeugeigenschaften aus der subjektiven Sicht des Fahrers und damit des Kunden kann hierbei zukünftig entscheidende Impulse liefern.

1. Einleitung

Die Entwicklung der fahrdynamischen Eigenschaften bewegt sich heute in einem Spannungsfeld, welches durch zahlreiche Einflüsse geprägt ist. Wesentliche Punkte hierbei sind:

- Das Produkt „Kraftfahrzeug“ ist in einem hohem Maße technisch ausentwickelt. Beim Kunden ist eine entsprechend hohe Erwartungshaltung etabliert. Diese noch weiter zu übertreffen bedeutet einen immer höheren Aufwand für einen immer weniger deutlich zunehmenden Nutzen. Auch die gegenüber früher deutliche Erweiterung des Portfolios, beispielsweise durch Entwicklung von Derivaten wie Sportcoupes o.ä. auf Basis bestehender Fahrzeugplattformen, bringt einen erhöhten Entwicklungsaufwand mit sich. Diese Produktvielfalt stellt eine Voraussetzung für das Bestehen auf dem heutigen globalisierten Markt dar, bedingt aber auch eine immer weitere Verkürzung der Entwicklungszeiten. Beide Faktoren machen neue Wege erforderlich, um zeit- und kostenintensive Entwicklungsschritte, wie etwa aufwändige Fahrversuche mit Prototypen, soweit wie möglich zu reduzieren oder gänzlich durch Simulationsrechnungen zu ersetzen, also einen vollständig digitalen Entwicklungsprozess zu etablieren.
- Mit der fortschreitenden Verbesserung der Fahrdynamik geht in einem bestimmten Maße eine Angleichung der Fahrzeuge einer Klasse einher. Dies bedeutet einen gewissen Prägnanzverlust bei den Fahrzeugmarken. Vergleichbar, wenn auch nicht so negativ belegt, ist dies mit der Situation, als die äußere Form der Fahrzeuge mehr und mehr durch die Forderung nach einem geringen Luftwiderstandsbeiwert bestimmt wurde. Vielfach wurde beklagt, dass als Folge „alle Autos gleich aussehen“. Heute haben die Hersteller, trotz weiterer Verbesserung der aerodynamischen Eigenschaften, wieder eine eigene, klare Designsprache gefunden. Prozesse zur Auslegung der Fahrdynamik müssen es zukünftig in derselben Weise erlauben, ein markenspezifisches Fahrerlebnis herauszuarbeiten und sicherzustellen.
- Der Energieverbrauch der Fahrzeuge, aber auch der Fahrzeugpreis rücken immer mehr in den Vordergrund. Dies berührt nicht zuletzt die aktiven Systeme im Fahrzeug, die im Betrieb zum Teil ein spürbares

Maß an Stellenergie benötigen. Entwicklung, Absicherung und Darstellung dieser Systeme im Fahrzeug stellen zudem einen erheblichen Kostenfaktor dar. Fraglos wird die Zahl der eingebetteten Systeme im Fahrzeug weiter zunehmen. Das Fahrzeug wird mit immer mehr eigener Intelligenz ausgestattet sein und den Fahrer durch gezielte Information unterstützen. Zusätzlich zu aktiv eingreifenden Sicherheitsfunktionen, wie etwa Stabilitätsregelung oder Bremsassistent, werden Komfortfunktionen, wie etwa eine Unterstützung beim Ausregeln von Seitenwind, Einzug ins Fahrzeug halten. Diese Entwicklung kann und darf jedoch nicht das „intelligente Design“ durch den Menschen ersetzen, welches das grundlegende Fahrverhalten des Fahrzeugs an den Fahrer anpasst und dafür sorgt, dass es ihn bei der Fahraufgabe unterstützt, anstatt ihn unnötig zu fordern. Beide Aspekte, künstliche Intelligenz beim Einsatz aktiver Systeme sowie intelligentes Design des passiven Fahrzeugverhaltens müssen ineinandergreifen und sich effizient ergänzen. Das passive Verhalten stellt dabei den „Grundzustand“ dar, die aktiven Systeme kommen zum Einsatz, sobald sich Fahrsicherheit und Komfort dadurch entscheidend verbessern lassen. Randbedingungen wie Fahrzeugklasse und Antriebskonzept müssen hierbei natürlich mit in Betracht gezogen werden. Ein Fahrzeug der gehobenen Klasse wird anders auszulegen sein als ein

SUMMARY

Mit dem immer höheren technischen Standard und der Variantenvielfalt heutiger Kraftfahrzeuge geht eine immer weitere Verkürzung der Entwicklungszeiten einher. Dies macht es erforderlich, zeit- und kostenintensive Entwicklungsschritte soweit wie möglich zu reduzieren. Schlüsselbegriff ist hierbei der „digitale Entwicklungsprozess“, mit dessen Einführung Entscheidungen in zunehmendem Maße auf der Grundlage von Simulationsergebnissen getroffen werden anstatt auf Basis aufwändiger Versuche mit Prototypen. In Bezug auf die Auslegung der Fahrdynamik kann hierbei insbesondere die Bewertung von Fahrzeugeigenschaften aus der subjektiven Sicht des Fahrers und damit des Kunden zukünftig entscheidende Impulse liefern.

The increasing technical standard and variety of today's production vehicles demand shorter and shorter development periods. This requires reducing time- and cost demanding development steps to a minimum. A key term in this context is the „digital design process“, with whose introduction decisions will be increasingly based on simulation results rather than expensive prototype testing. With regard to vehicle dynamics design, in particular methods for assessing vehicle dynamics properties from the driver's, i.e. the customers, subjective point of view may provide vital input.

das Fahrerurteil somit messbar gemacht werden. Im Kontext der Fahrzeugentwicklung bedeutet dieses messbar machen des Fahrerurteils die Möglichkeit, klar umrissene Entwicklungsziele zu definieren.

In einem weiteren Schritt muss das Verhalten des Fahrers im Rahmen seiner Regeltätigkeit in geeigneter Weise in der Simulation nachgebildet werden. Das heißt letztlich, dass auf Basis gewonnener Erkenntnisse vorhergesagt werden muss, wie sich ein bestimmter Fahrer in einem bestimmten Fahrzeug verhalten wird. Dieses vorhersehbar machen des Fahrerhaltens bedeutet, Entwicklungszeiten zu verkürzen. Je genauer das objektive Verhalten des Gesamtsystems Fahrer-Fahrzeug und die subjektive Fahrerbewertung in der Simulation vorhergesagt werden können, desto weniger muss mit realen Fahrzeugen getestet werden.

Eine solche Entwicklung ganz zu Ende gedacht, bedeutet einen vollständig digitalen Entwicklungsprozess, ohne jede Notwendigkeit für physische Tests. Ein solcher Schritt wäre im Hinblick auf Kosten und Zeitaufwand zu begrüßen, wird bezüglich der Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeug jedoch nicht in allernächster Zukunft erfolgen, da, wie schon erwähnt, Erfahrung und Urteilsvermögen eines realen Testfahrers oder Abstimmers nicht ohne weiteres in Formeln und Algorithmen auszudrücken sind. Dafür sind das menschliche Handeln zu komplex und die zu betrachtenden Aspekte der Fahrzeugdynamik zu vielfältig.

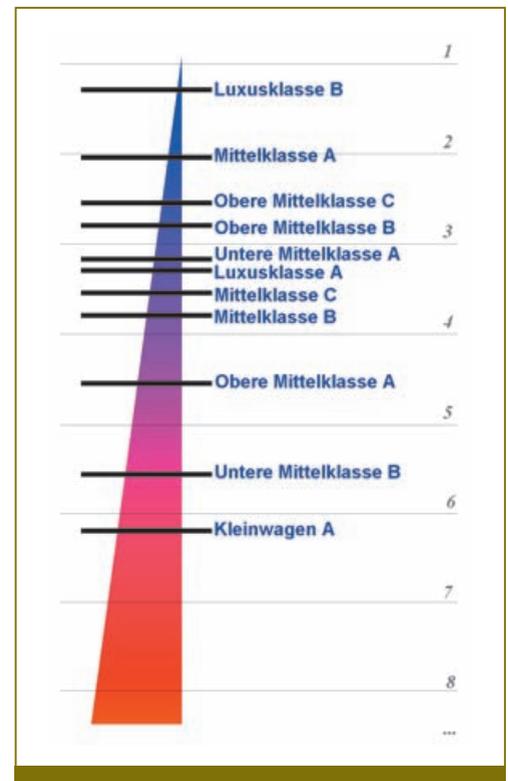
In Teilbereichen ist eine durchgängige simulative Untersuchung der Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeug allerdings bereits heute möglich. Dies soll am Beispiel des Fahrens unter dem Einfluss von natürlichem Seitenwind gezeigt werden. Für diese Fahrsituation wurde am Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen/Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart (IVK/FKFS) ein Bewertungsverfahren entwickelt, welches im Stande ist, die genannten Teilaufgaben zu erfüllen, also das Fahrerverhalten im geschlossenen Regelkreis Fahrer-Fahrzeug vorherzusagen und eine Bewertung der Eigenschaften dieses Gesamtsystems aus der subjektiven Sicht des Fahrers vorzunehmen, [2]. Insbesondere kann damit anhand von Simulationsrechnungen ein Vergleich mit anderen Fahrzeugen vorgenommen und ein Ranking

erstellt werden (02) noch bevor ein erstes reales Fahrzeug auf der Straße ist. So kann negativen Überraschungen frühzeitig vorgebeugt werden.

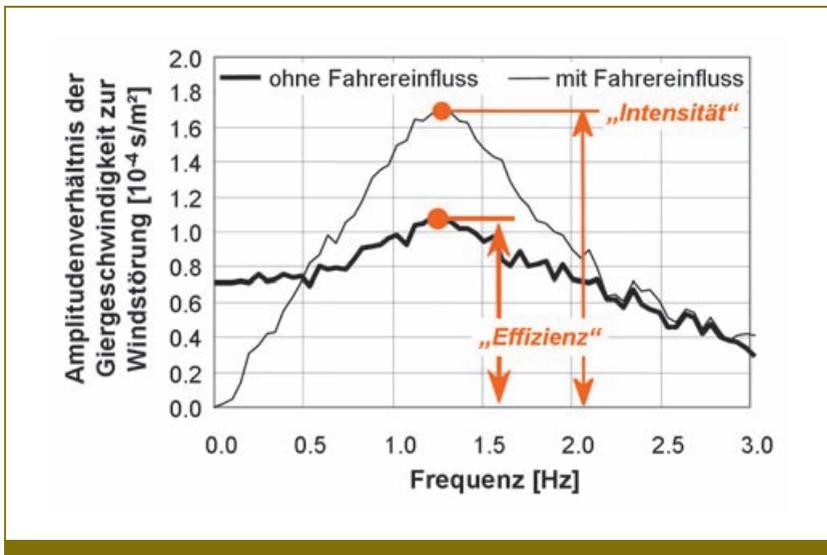
Bei Fahrt unter natürlichem Seitenwind kann das Fahrzeug durch Windböen erfasst und dadurch vom gewünschten Kurs abgebracht werden. Dem muss der Fahrer durch Lenkbewegungen entgegenwirken. Insbesondere bei sehr böigem Wind, also bei häufigen und schnellen Änderungen von Windstärke oder Windrichtung, muss der Fahrer fortwährend korrigierend eingreifen. Je nach Fahrzeug empfindet er dies als mehr oder weniger anstrengend.

Um diesen sich einstellenden subjektiven Eindruck an objektiven Messgrößen festmachen zu können, wird die Geradeausfahrt bei Seitenwind betrachtet. Hier muss der Fahrer keinem kurvigen Fahrbahnverlauf folgen, sondern seine Lenkbewegungen dienen allein dem Ausgleich der Windstörung. Dies vereinfacht die Interpretation des Fahrerhaltens, da nicht zwischen zwei verschiedenen Einflüssen auf den vom Fahrer eingestellten Lenkradwinkel unterschieden werden muss. Darüber hinaus erledigt der Fahrer das Ausregeln der Windstörung bei Geradeausfahrt weitestgehend unterbewusst. Dies führt letztlich dazu, dass die gefundenen Zusammenhänge weitestgehend fahrerunabhängig sind, also auf andere Fahrer übertragbar sind. Diese Besonderheit hebt die „Geradeausfahrt unter Einfluss von stochastischem Seitenwind“ aus der Fülle der möglichen Fahrsituationen heraus.

Zur eigentlichen Bewertung des Seitenwindverhaltens aus Sicht des Fahrers wird unter anderem die Drehgeschwindigkeit des Fahrzeugs um die Hochachse (Gieren) herangezogen, also die Geschwindigkeit, mit der sich das Fahrzeug bei Wind aus der gewünschten Fahrtrichtung herausdreht. Der Fahrer bewertet dabei das Absolutmaß der Gierbewegung sowie die Effizienz sei-

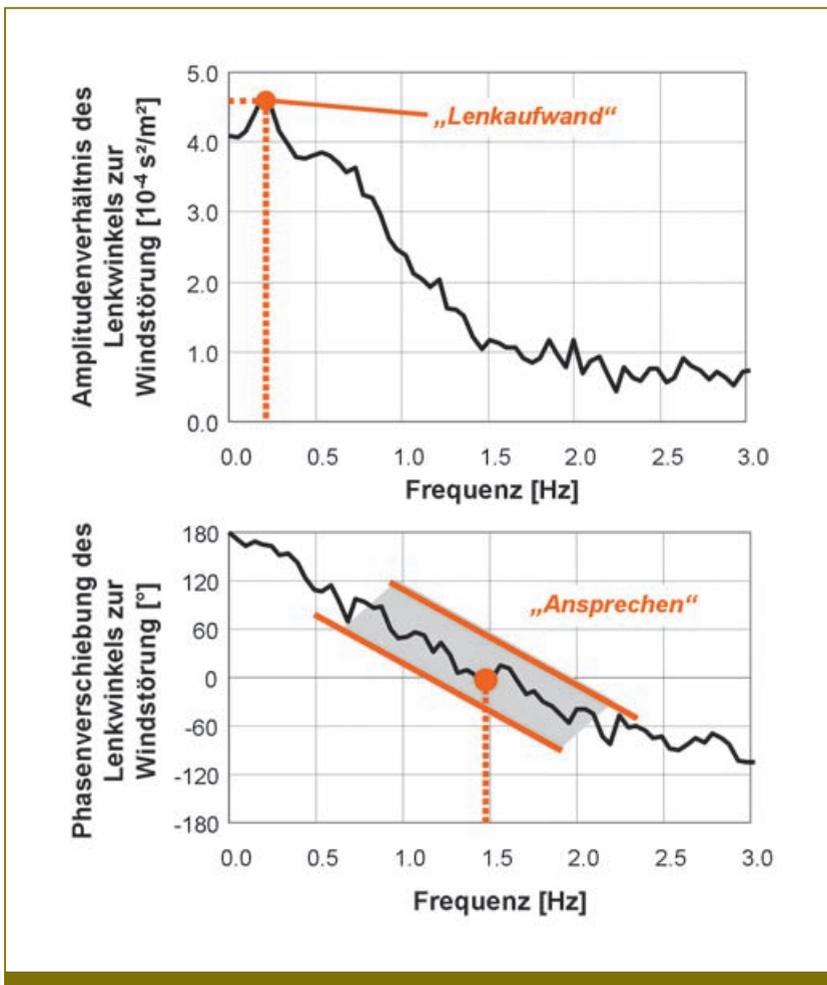


Simulativ ermitteltes Fahrzeug-Ranking.



03

Gierantwort des Fahrzeugs auf stochastischen Seitenwind mit und ohne Fahrereinfluss.



04

Amplitudenverhältnis und Phase des Fahrerlenkwinkels beim Ausregeln von Seitenwind.

ner Lenkeingriffe zur Kompensation der Windstörung (03).

Weitere objektive Kriterien, die bestimmte Teilaspekte des subjektiven Fahrerurteils wiedergeben, werden direkt anhand des Lenkverhaltens definiert, das der Fahrer bei der Bewältigung der Regelaufgabe zeigt (04). Hier wird zum einen der so genannte Lenkaufwand bestimmt, der angibt, wie stark und wie schnell gegengelenkt werden muss, und zum anderen wird betrachtet, wie schnell der Fahrer im geschlossenen Regelkreis auf die Windstörung effektiv reagiert.

Durch unterschiedliche Gewichtung dieser vier Einzelkriterien wird eine Gesamtbewertung erzeugt, die das Subjekturteil des Fahrers wiedergibt (05). Von besonderer Bedeutung ist dabei die effektive Reaktionsgeschwindigkeit des Fahrers. Fühlt er sich aufgrund der Fahrzeugeigenschaften zu besonders schnellen Reaktionen veranlasst, so wirkt sich dies zwar positiv auf die Spurhaltung aus und hilft bei der Bewältigung der Regelaufgabe, der Fahrer bewertet die Notwendigkeit einer schnellen Reaktion jedoch als negativ. Er bevorzugt ein Fahrzeug, das es ihm ermöglicht, langsam zu reagieren und damit entspannter und bequemer zu fahren.

3. Das Fahrzeug – Technische Entwicklung in neuem Licht

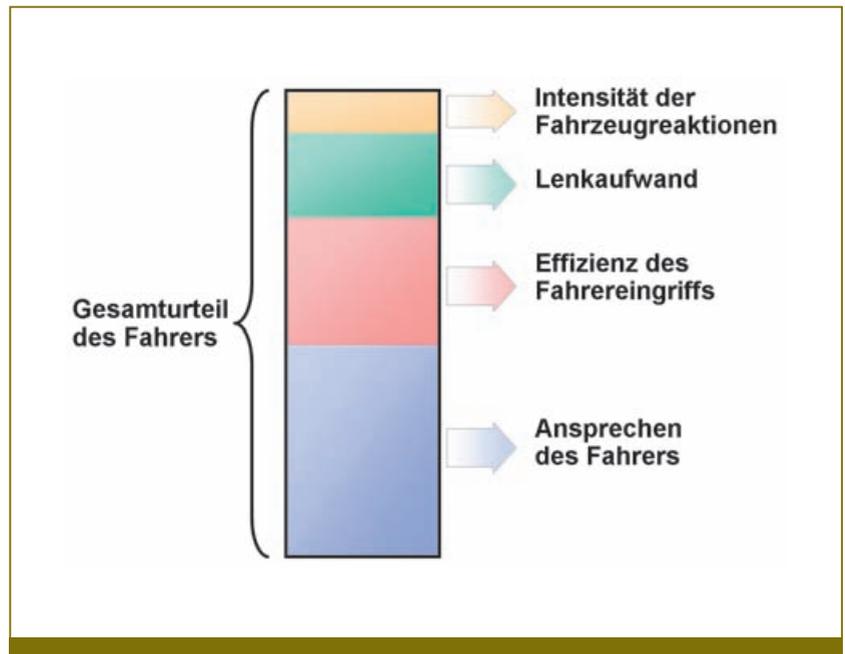
Die Möglichkeiten zur Untersuchung und Bewertung der Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeug in der Simulation wirft ein neues Licht auf die technische Weiterentwicklung von Fahrzeugen. Bewährte Konzepte lassen sich weiter verbessern und gezielt aus Sicht des Fahrers optimieren. Neue technische Entwicklungen können frühzeitig bezüglich ihrer Auswirkungen auf das Fahrerempfinden beurteilt werden. Die klassische Vorgehensweise bei der Entwicklung eines aktiven Systems besteht etwa darin, zunächst die Funktion darzustellen und anschließend im Fahrversuch zu überprüfen, ob die erreichte Verbesserung vom Fahrer auch als solche beurteilt wird, oder ob der aktive Eingriff gar als störend empfunden wird. Eine durchgängige Simulation und Bewertung des Gesamtsystems Fahrer-Fahrzeug-Regelsystem ermöglicht es dagegen, die Funktionalität eines Systems sowie dessen Einfluss auf das Fahrerempfinden bereits in einem frühen Stadium des Entwicklungsprozesses paral-

lel und damit in enger Wechselwirkung zu betrachten. Dies führt schneller zum gewünschten Ziel bzw., in begrenzter Zeit, zu besseren Lösungen.

Auch eine Verbesserung des oben angesprochenen Seitenwindverhaltens von Fahrzeugen kann mit Hilfe aktiver Systeme erreicht werden. Zum Teil befinden sich solche Systeme bereits im Serieneinsatz, [3]. Wie zuvor angedeutet ist es im Sinne einer optimalen Energieeffizienz natürlich auch hier sinnvoll, zunächst das passive Fahrzeug optimal auszulegen. Entsprechende Potenziale ergeben sich wieder durch eine ganzheitliche Betrachtung des Systems Fahrer-Fahrzeug, sei es durch Neubewertung bisheriger Entwicklungsziele oder durch Verfeinerung der Untersuchungs- und Entwicklungsmethoden. Letzteres soll an einem Beispiel gezeigt werden, dass in engem Zusammenhang mit der Seitenwindproblematik steht, nämlich dem Einbezug instationärer aerodynamischer Phänomene in die Untersuchung des dynamischen Fahrzeugverhaltens.

Bei der aerodynamischen Optimierung eines Fahrzeugs liegt das Hauptaugenmerk auf dem Erreichen eines geringen Luftwiderstandsbeiwertes, da sich die Luftwiderstandskraft unmittelbar auf den Kraftstoffverbrauch und damit den CO_2 -Ausstoß auswirkt. Daneben beeinflussen jedoch noch weitere Luftkräfte und -momente das Fahrzeugverhalten. In Bezug auf die Seitenwindempfindlichkeit von Kraftfahrzeugen sind dies insbesondere die Windseitenkraft und das Windgiermoment, welche eine Spurbabweichung und ein Herausdrehen des Fahrzeuges aus der gewünschten Fahrtrichtung bewirken.

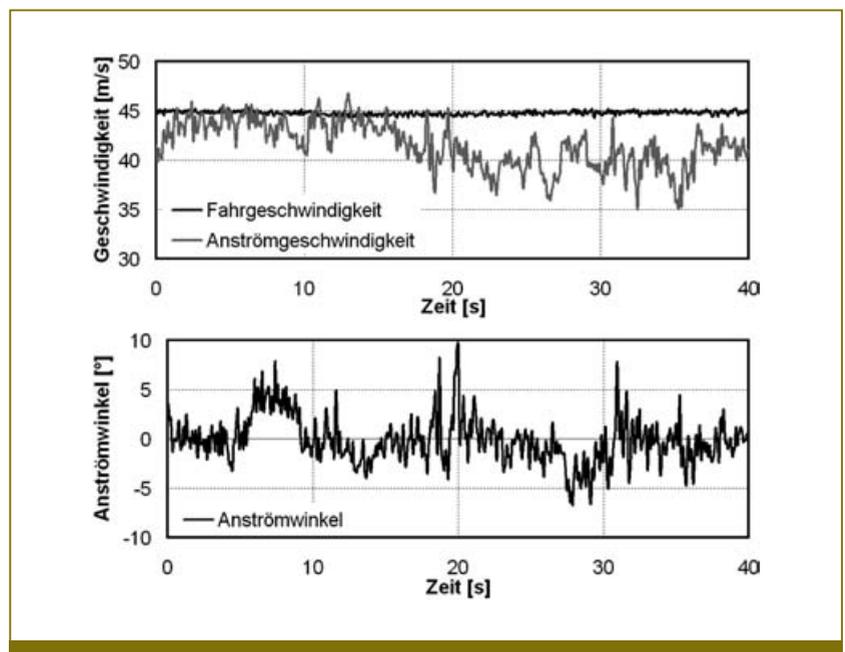
Üblicherweise werden die aerodynamischen Kräfte und Momente heute in Windkanälen bestimmt, die darauf ausgelegt sind, möglichst gleichmäßige und konstante Anströmbedingungen zu schaffen. Diese standardisierten Bedingungen ermöglichen eine gute Reproduzierbarkeit sowie Vergleichbarkeit der Messergebnisse untereinander. Die Anströmbedingungen, welche bei einer Fahrt auf öffentlichen Straßen auftreten, unterscheiden sich hiervon jedoch grundlegend. Vorausfahrende Fahrzeuge, insbesondere aber natürlicher Wind führen zu veränderlichen Windgeschwindigkeiten und Anströmwindeln (06), was zu einer permanent wechselnden Anströmsituation des Fahrzeuges führt.



05

Gewichtung der Einzelkriterien zu einer Gesamtbewertung des Seitenwindverhaltens.

Aktuelle Forschungsansätze erlauben es, die wesentlichen Aspekte der in der Realität herrschenden Anströmverhältnisse im Prüfstand nachzubilden. Hierzu kann etwa ein System zum Einsatz gelangen, wie es im Modellwindkanal des IVK zur Verfügung steht. Dort wird unmittelbar nach der Düse ein Böen-Generator eingebracht, der aus mehreren drehbar gelagerten Flügelprofilen besteht. Die einzelnen Flügel-



06

Anströmsituation bei realer Straßenfahrt.

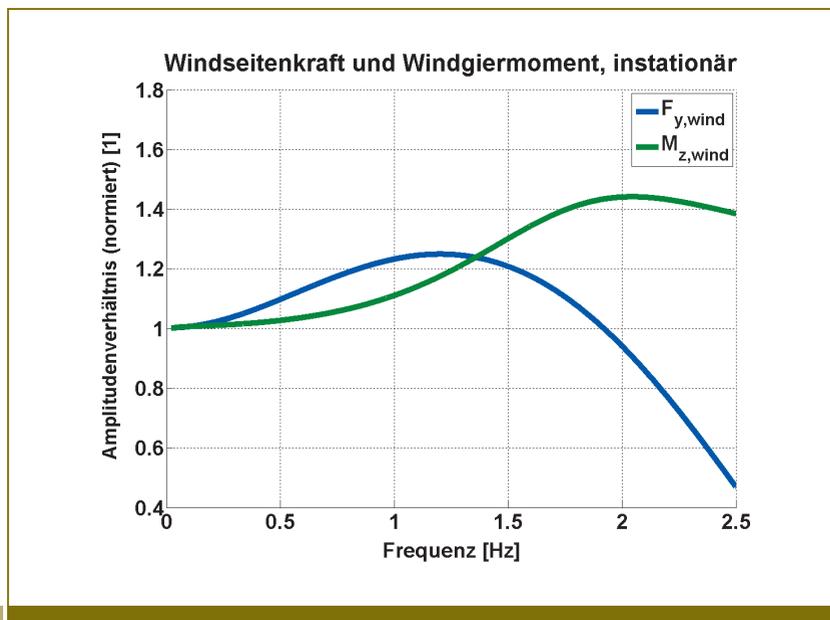


07

Böen-Generator im
IVK Modellwindkanal.

profile werden synchron von Elektromotoren angetrieben, wodurch die Strömung zur einen oder zur anderen Seite ausgelenkt und eine nahezu beliebige Windanregung erzeugt werden kann (07).

Werden die Elektromotoren etwa mit einem stochastischen Signal angesteuert, welches vom Frequenzinhalt her der Charakteristik von natürlichem Seitenwind entspricht, so stellt man fest, dass die entstehenden aerodynamischen Kräfte und Momente eine Eigendynamik aufweisen, [4]. Bei schnell wechselnden Anströmverhältnissen werden im Mittel höhere Windseitenkräfte und Windgiermomente erreicht als bei



08

Beispielhafter Verlauf von
Windseitenkraft und Windgiermoment
über der Anregungsfrequenz bezogen
auf den stationären Messwert.

Seitenwind, der konstant aus einer Richtung kommt (08).

Diese Frequenzabhängigkeit der Windkräfte und -momente wird in der heutigen Fahrzeugentwicklung noch in keiner Weise berücksichtigt. Mit Hilfe des dargestellten Böen-Generators lassen sich solche instationären aerodynamischen Effekte jedoch bestimmen und nahtlos in eine ganzheitliche Betrachtungsweise der Fahrzeugdynamik einbeziehen. So können diese Ergebnisse etwa direkt in das weiter oben beschriebene Verfahren zur Vorhersage und Bewertung des Seitenwindverhaltens einfließen. Hierzu wird das Fahrzeugmodell um die Beschreibung der frequenzabhängigen Windkräfte und -momente ergänzt. Ist man nun in der Lage, diese durch geeignete aerodynamische Maßnahmen zu verringern, so verringert sich die Gesamtreaktion des Systems Fahrer-Fahrzeug im entsprechenden Frequenzbereich ebenfalls (09). Dies wirkt sich positiv auf das subjektive Fahrerurteil aus, selbst dann wenn der Stationärwert, also bei 0 Hz, nicht verändert wird. Die Betrachtung der instationären Aerodynamik eröffnet somit Potenziale, die mit den klassischen Werkzeugen der Aerodynamikentwicklung bisher nicht ausgeschöpft werden konnten.

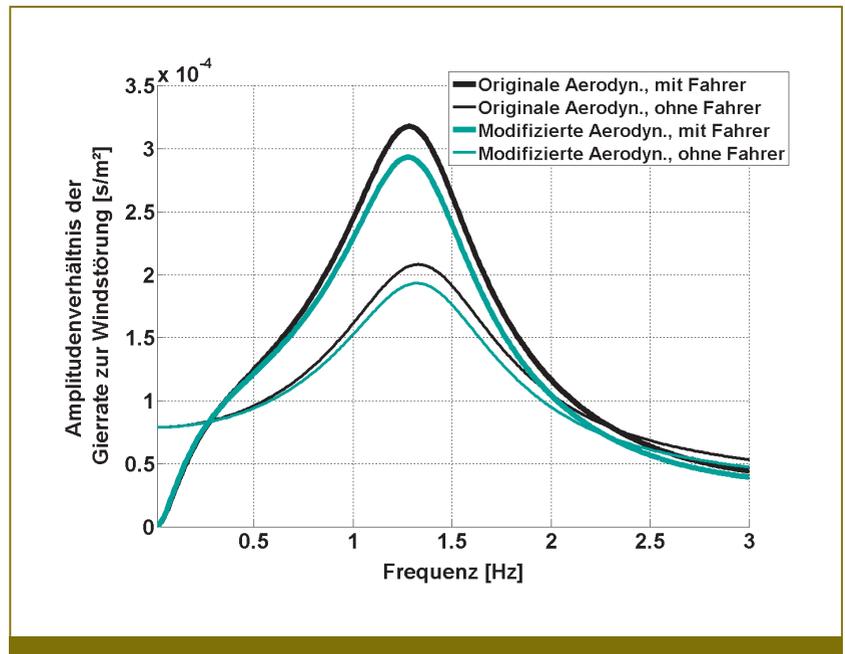
Die gezeigten Beispiele machen deutlich, dass eine disziplinenübergreifende, ganzheitliche Betrachtung der Fahrzeugdynamik, insbesondere unter Einbezug des Fahrers und seiner subjektiven Beurteilung, in der Fahrzeugentwicklung neue Wege eröffnen kann. Im Hinblick auf das Seitenwindverhalten von Fahrzeugen ist bereits heute eine durchgängige simulative Untersuchung und Bewertung des Systems Fahrer-Fahrzeug möglich. Wie gesagt stellt das Fahren unter Seitenwind allerdings nur eine von vielen Fahrsituation dar, die im Rahmen der Entwicklung der Fahrzeugdynamik zu berücksichtigen sind. Eine Übertragbarkeit der gefundenen Zusammenhänge auf andere Fahrsituationen wie etwa einer Fahrt auf unebener Fahrbahn, kurviger Fahrbahnverlauf etc. ist nicht ohne weiteres gegeben. Hierfür müssen erweiterte Simulations- und Bewertungsansätze gefunden werden.

Neben der Untersuchung des realen Systems Fahrer-Fahrzeug kommt hierfür auch die Nutzung eines leistungsfähigen Fahrsimulators mit Bewegungssimulation in Betracht, wie er am IVK/FKFS gerade entsteht. Hiermit sind zahlreiche Vorteile wie

beispielsweise hohe Verfügbarkeit, schnelle Erzeugung von Varianten oder Wetterunabhängigkeit der Fahrversuche verbunden. Tatsächlich kann ein Fahr Simulator im Hinblick auf die Fahrzeugentwicklung auf verschiedenen Ebenen zum Einsatz kommen. Zunächst kann etwa das reale System Fahrer-Fahrzeug durch die Kombination aus realem Fahrer und simuliertem Fahrzeug ersetzt werden. Bereits mit dieser Konfiguration können Veränderungen am Fahrzeug oder die Auswirkungen aktiver System auf das subjektive Fahrerempfinden untersucht und bewertet werden. In einem weiteren Schritt kann dann, analog zum Vorgehen hinsichtlich Seitenwind, versucht werden, den realen durch einen virtuellen Fahrer zu ersetzen. Hierdurch lassen sich dann wieder Aussagen machen, ohne dass physische Tests erforderlich werden. Für die Praxis wäre dann ein mögliches Szenario, dass in einem sehr frühen Stadium der Fahrzeugentwicklung rein simulative Ansätze Verwendung finden, um grundlegende Aussagen zu liefern.

Im fortschreitenden Entwicklungsprozess folgen dann Untersuchungen im Fahr Simulator und zuletzt, im Sinne eines letzten Feinschliffs, im realen Fahrzeug. Die Geschwindigkeit dieser Entwicklung hin zum digitalen Entwicklungsprozess unter Einbezug menschlichen Verhaltens lässt sich nicht genau vorhersagen, da aus heutiger Sicht noch zahlreiche Probleme zu lösen sind. Das Potenzial ist jedoch so groß, dass am IVK/FKFS auf jeden Fall weiter in diese Richtung geforscht werden wird. •

*Jochen Wiedemann, David Schröck
und Werner Krantz*



Einfluss einer Verbesserung der instationären Aerodynamik auf die Gierreaktion des Systems Fahrer-Fahrzeug.

Literatur

- [1] Macadam, C.C.: Understanding and modeling the human driver. *Vehicle System Dynamics* 40 (2003) 1-3, pp. 101-134
- [2] Wagner A.: Ein Verfahren zur Vorhersage und Bewertung des Fahrerhaltens bei Seitenwind. Dissertation, Universität Stuttgart, 2003
- [3] Keppler, D., Rau, M., Ammon, D., Kalkkuhl, J., Suissa, A., Walter, M., Maack, L., Hilf, K.-D., Däsch, C.: Realisierung einer Seitenwind-Assistenzfunktion für PKW. 11. Braunschweiger Symposium AAET, Braunschweig, 2010
- [4] Schröck, D., Krantz, W., Widdecke, N., Wiedemann, J.: Instationäre aerodynamische Eigenschaften von Fahrzeugen unter böigem Seitenwind. Haus der Technik, München, 2010

DIE AUTOREN



PROF. DR.-ING. JOCHEN WIEDEMANN

1972-1977 Studium des Allgemeinen Maschinenbaus an der Ruhr-Universität, Bochum. 1977-1978 Stipendium des Bundesministers der Verteidigung. Diploma Course am von Karman Institute for Fluid Dynamics in Rhode St. Genèse, Belgien. Abschluss mit VKI Diploma. 1978-1983 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Thermo- und Fluidodynamik der Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Strömungslehre bei Prof. Dr.-Ing. K. Gersten. Juli 1983 Promotion zum Dr.-Ing. mit einer Dissertation zum Thema: „Einfluss von Ausblasen und Absaugen an durchlässigen Wänden auf Strömungen bei hohen Reynoldszahlen“. 1984 Eintritt in die AUDI AG, Abteilung Karosserietechnik/Aerodynamik. Aerodynamische und aeroakustische Entwicklung aller Baureihen. 1995- Juni 1998 Mitglied des Managements. Projektleiter für das Audi Windkanalzentrum bestehend aus Aero-Akustik Windkanal und Thermo-Windkanal. Juli 1998 Berufung als Leiter des Lehrstuhls Kraftfahrwesen am Institut für Verbrennungsmotoren und

Kraftfahrwesen der Universität Stuttgart und Mitglied des Vorstands der Gemeinnützigen Stiftung FKFS (Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart). 2002 auf Beschluss der wissenschaftlichen Kommission des Chinesisch Deutschen Hochschul Kollegs (CDHK) der Tongji-Universität Shanghai Ernennung zum Professor des CDHK. 2009 Verleihung des Magnolia Silver Award der Stadt Shanghai für Verdienste um die soziale und wirtschaftliche Entwicklung Shanghais.



DIPL.-ING. DAVID SCHRÖCK

studierte Maschinenwesen an der Universität Karlsruhe (TH) und der Universität Stuttgart. Von April 2005 bis März 2010 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Fahrzeugaerodynamik und Thermomanagement am Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren (FKFS). Seit April 2010 ist er als Projektleiter im Windkanal am FKFS tätig. Sein Forschungsschwerpunkt liegt auf dem Gebiet der instationären Aerodynamik.



DIPL.-ING. WERNER KRANTZ

studierte Maschinenwesen an der Universität Stuttgart. Von Februar 1999 bis August 2003 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Fahrzeugtechnik und Fahrdynamik am Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart (FKFS). Seit September 2003 ist er am Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen (IVK) der Universität Stuttgart tätig. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf der Modellierung des Systems Fahrer-Fahrzeug sowie auf der Korrelation zwischen objektivem Fahrzeugverhalten und subjektiven Fahrerempfinden.

Kontakt

Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen
 Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 12, 70569 Stuttgart
 Tel. 0711/685-65601, Fax 0711/685-65632
 E-Mail: info@ivk.uni-stuttgart.de, Internet: www.ivk.uni-stuttgart.de