

## Teil C: Fahrverhalten

Nach Abschn. 2 wurde die Gesamtheit der Fahreigenschaften von Kraftfahrzeugen zweckmäßiger Weise in Einzelprobleme aufgeteilt und nach Hauptkoordinatenrichtungen ausgerichtet. Nach „Teil A: Antrieb und Bremsung“, hauptsächlich  $x$ -Richtung (= Fahrtrichtung oder auch Längsdynamik genannt), und nach „Teil B: Schwingungen“,  $z$ -Richtung (Vertikaldynamik), wird nun in „Teil C: Fahrverhalten“ die Bewegung in  $y$ -Richtung (Querdynamik) behandelt. Sie ist stark gekoppelt mit der Winkelgeschwindigkeit um die Hochachse, der sog. Giergeschwindigkeit  $\psi$ , und etwas schwächer mit der Winkelbewegung um die Längsachse, der Wankbewegung  $\kappa$ . Diese werden angeregt durch die Lenkradbewegung  $\delta_L$  oder durch externe Störungen (z.B. Seitenwind).

Das *Fahrverhalten eines Kraftfahrzeugs* ist die Reaktion des Fahrzeugs auf das Lenken des Fahrers, auf das Beschleunigen und Verzögern über Fahr- und Bremspedal während der Kurvenfahrt und auf äußere Störungen.

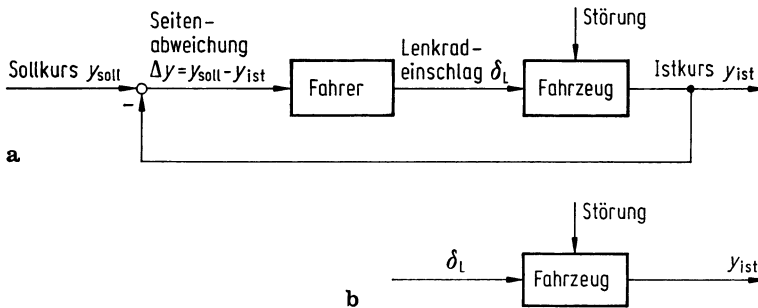
Die Auslegung und Bewertung des Fahrverhaltens von Fahrzeugen erfolgt zum großen Teil durch Vergleich von simulierten bzw. realen Verkehrssituationen und durch subjektive Urteile der Versuchingenieure. Dabei werden Bewertungskriterien verwendet, die sich etwa folgendermaßen beschreiben lassen:

Das Fahrzeug

- muß leicht kontrollierbar sein (darf den Fahrer nicht überfordern),
- darf den Fahrer auch bei Störungen nicht überraschen,
- muß die Fahrgrenzen deutlich erkennen lassen und
- Änderungen des Fahrverhaltens z.B. durch Beladung, Bereifung oder auf verschiedenen Fahrbahnen sollen möglichst klein sein.

Diese Forderungen werden häufig in dem Begriff „handling“ zusammengefaßt, und man subsummiert darunter alle wichtigen querdynamischen Eigenschaften eines Kraftfahrzeuges. Es hat ein gutes „handling“, wenn es für den Fahrer sowohl bei normaler Fahrt als auch besonders in kritischen Situationen beherrschbar bleibt. Die normale, also unfallfreie Fahrt kann man – um die Begriffe aus Teil B „Schwingungen“ zu übernehmen – dem „Komfort“ zurechnen, die kritische, also unfallträchtige Situation der „Sicherheit“, genauer gesagt der „aktiven Sicherheit“ mit dem Ziel der Verringerung der Unfallzahlen.

Aus den o.g. Kriterien – der Fahrer soll nicht überfordert und überrascht werden, er soll Fahrgrenzen erkennen und kritische Situationen beherrschen – ergibt sich,



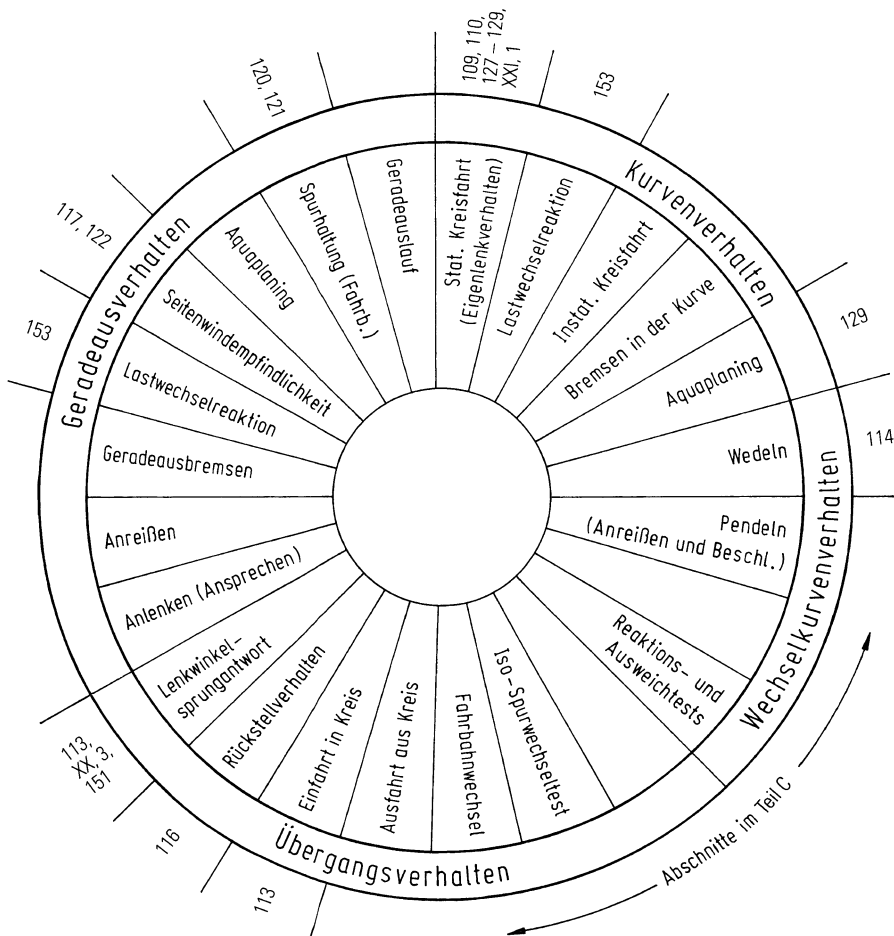
**Bild 105.1.** a Vereinfachter Regelkreis Fahrer-Kraftfahrzeug; b Teilsystem für das Kraftfahrzeug

daß das Kraftfahrzeug dem Fahrer angepaßt werden muß, oder anders ausgedrückt, Fahrer und Fahrzeug müssen gemeinsam als Regelkreis betrachtet werden. Im Versuch geschieht das schon immer (denn Fahrer beurteilen schließlich das Fahrzeug), in der Theorie hingegen selten. In Bild 105.1a ist der Regelkreis vereinfacht dargestellt: Das Fahrzeug soll auf einem Sollkurs  $y_{\text{soll}}$  entlangfahren, in Wirklichkeit fährt es auf einem Istkurs  $y_{\text{ist}}$ . Auf die Seitenabweichung  $\Delta y = y_{\text{soll}} - y_{\text{ist}}$  reagiert der Fahrer mit einem Lenkradeinschlag  $\delta_L$ , so daß sich ein neuer Istkurs  $y_{\text{ist}}$  und eine neue – hoffentlich kleinere – Seitenabweichung  $\Delta y$  einstellt. Gleichzeitig wirkt auf das Kraftfahrzeug noch eine Störung, z.B. Seitenwind, ein.

Um den Regelkreis theoretisch beurteilen zu können, müssen die Blöcke „Fahrer“ und „Kraftfahrzeug“ in Gleichungsform vorliegen, und erst dann kann man versuchen, die obige Forderung zu verwirklichen, nämlich das Fahrzeug dem Fahrer anzupassen. Nun zeigt sich aber aus den bisherigen Arbeiten mit dem Regelkreis Fahrer-Fahrzeug, daß die Fahrer in der Lage sind, sich den verschiedenen Fahrzeugen und den verschiedenen Fahrsituationen (z.B. Einparken mit mehreren Lenkradumdrehungen oder Geradeausfahrt bei hoher Fahrgeschwindigkeit mit nur wenigen Winkelgraden oder -minuten Einschlag am Lenkrad) anzupassen, zumindest in der normalen, unfallfreien Fahrsituation. Das heißt, die Gleichungen für den Fahrer sehen in den verschiedenen Situationen verschieden aus. Abgesehen davon gibt es *den* Fahrer nicht. Aus diesem Grund lohnt es sich eigentlich kaum, sich mit dem Regelkreis Fahrer-Fahrzeug-Normalsituation zu befassen. Anders sieht es aus mit dem Regelkreis Fahrer-Fahrzeug-kritische Situation, weil der Fahrer in diesen unfallträchtigen Situationen nicht mehr die Zeit hat sich anzupassen.

Da über den Fahrer in diesen kritischen Situationen wenig bekannt ist, wird das Kraftfahrzeug meistens allein betrachtet. Die Arbeit ist damit nicht vergeblich, da man seine Eigenschaften ohnehin kennen muß. Allerdings kann man diese Eigenschaften bei isolierter Betrachtung des Kraftfahrzeugs zunächst nicht bewerten. Man hilft sich mit Erfahrungswerten und Vergleichsversuchen, mit sog. Subjektivurteilen.

Das Teilsystem Fahrzeug aus dem Regelkreis zeigt Bild 105.1b. Es werden am Kraftfahrzeug nur der Eingang  $\delta_L$ , die Störung und der Ausgang, z.B.  $y_{\text{ist}}$ , betrachtet. Es hat sich eingebürgert, bei  $\delta_L = \text{const}$ , speziell bei  $\delta_L = 0$  von *fixed con-*



**Bild 105.2.** Prüfverfahren zum Fahrverhalten, geordnet nach Haupt-Fahrsituationen<sup>1,2</sup>

rol (festgehaltenes Lenkrad) zu sprechen. Es gibt noch eine andere, mit *free control* bezeichnete Möglichkeit, das Kraftfahrzeug ohne den Fahrer zu betrachten, indem das Lenkrad z.B. am Ausgang einer Kurve losgelassen und das Verhalten des Kraftfahrzeugs betrachtet wird. Neben den oben angedeuteten Situationen gibt es noch eine Fülle von anderen. Bild 105.2 gibt einen Überblick über diese Fahrsituationen, die teilweise genormt sind.

<sup>1</sup> Rönitz, R.; Braess, H.-H.; Zomotor, A.: Verfahren und Kriterien zur Bewertung des Fahrverhaltens von Personenkraftwagen, Automobil-Industrie 22 (1977) Heft 1, S. 29-39 und 22 (1977) Heft 3, S. 39-48.

<sup>2</sup> Zomotor, A.; Braess, H.-H.; Rönitz, R.: Verfahren und Kriterien zur Bewertung des Fahrverhaltens von Personenkraftwagen – Ein Rückblick auf die letzten 20 Jahre, ATZ 99 (1997), S. 780-786, ATZ 100 (1998), S. 236-243.

Dabei wird das Fahrverhalten von Fahrzeugen meistens nicht in Normalsituationen geprüft, die bei üblicher Fahrt mit durchschnittlichen Fahrern auftreten, sondern es werden bewußt kritische Situationen erzeugt, die zu Unfällen führen können. Die Aufgabe dieser Tests ist es, das Fahrverhalten so zu verbessern, daß Unfälle vermieden werden. Für den Fahrer sind dabei sowohl ein angemessenes Informationsangebot als auch ausgewogene Anforderungen an seine Motorik und Sensorik von Bedeutung. Wird er zu wenig gefordert, so verhält er sich wie ein Ermüdeter (day-dreaming), bei Überforderung schaltet er ab.

Neben dem „handling“ des Fahrzeuges in kritischen Situationen darf nicht das in Normalsituationen – falls Unterschiede bestehen – vergessen werden, denn schwere Unfälle kommen erfreulicherweise nur sehr, sehr selten vor, nur ein Unfall auf 1 Million km.<sup>3</sup>

Teil C ist wie folgt gegliedert:

In Kap. XVIII wird mit einem einfachen, linearisierten Fahrzeugmodell begonnen, bei dem der Freiheitsgrad Wanken vernachlässigt wird. Es werden fahrzeugtechnische Kennwerte und objektiven Kenngrößen genannt, und es wird auf Subjektivurteile eingegangen.

In Kap. XIX werden einige Grundlagen des Regelkreises Fahrer-Fahrzeug beschrieben. Dadurch werden manche objektive Kenngrößen und Subjektivurteile aus Kap. XVIII verständlich.

In den folgenden Kapiteln wird dann wieder nur das Fahrzeug allein behandelt. In Kap. XX wird der Einfluß der nichtlinearen Reifeneigenschaften gezeigt, die Auswirkungen von Vorder-, Hinter-, Allradantrieb abgeleitet und das Fahrverhalten an der Kraftschlußgrenze besprochen.

In Kap. XXI kommt zusätzlich der Einfluß der Radlaständerung an den kurvenäußeren und -inneren Rädern, der Radaufhängung sowie des Wankens hinzu. Weiterhin werden Fahrerassistenz-Systeme behandelt, u.a. die Fahrdynamikregelung (ESP).

In Kap. XXII werden die Ergebnisse des „Teiles C“ zusammengefaßt.

---

<sup>3</sup> Errechnet aus „Verkehr in Zahlen“ 1999, 28. Jahrgang, Bundesministerium für Verkehr. Für die Bundesrepublik Deutschland gelten für 1998 folgende Zahlen: 42,3 Mill. Pkw und Kombi mit einer durchschnittlichen Fahrstrecke von 14 100 km/a, 513 300 Straßenverkehrsunfälle/a mit Personenschaden und Sachschaden über 4.000,- DM. Ergibt 995 000 km/Unfall.