

# Fragebogen für Normalfahrer zur Erfassung des Lenkgefühls beim Führen eines schweren Nutzfahrzeugs

Alisa BOLLER, Enrico WOHLFARTH

*Daimler AG  
70546 Stuttgart, Deutschland*

**Kurzfassung:** Das Lenkgefühl ist die Summe der vom Fahrer wahrgenommenen Sinneseindrücke beim Lenken eines Fahrzeugs. Zur Optimierung des Lenkgefühls ist es nötig, den Zusammenhang der subjektiven Bewertungen mit den objektiven Kenngrößen des Lenksystems zu quantifizieren. Da sich die bisherige Forschung auf eine Bewertung durch Experten beschränkt, soll für eine Beurteilung durch Normalfahrer ein geeignetes Befragungsinstrument entwickelt werden. Im Folgenden wird der Entwicklungsprozess eines solchen Fragebogens für Normalfahrer zur Erfassung des Lenkgefühls im Nutzfahrzeug vorgestellt. Außerdem werden die daraus gewonnenen Dimensionen des Lenkgefühls thematisiert.

**Schlüsselwörter:** Lenkgefühl, Fragebogen, Fahrer-Fahrzeug-Interaktion, Nutzfahrzeug

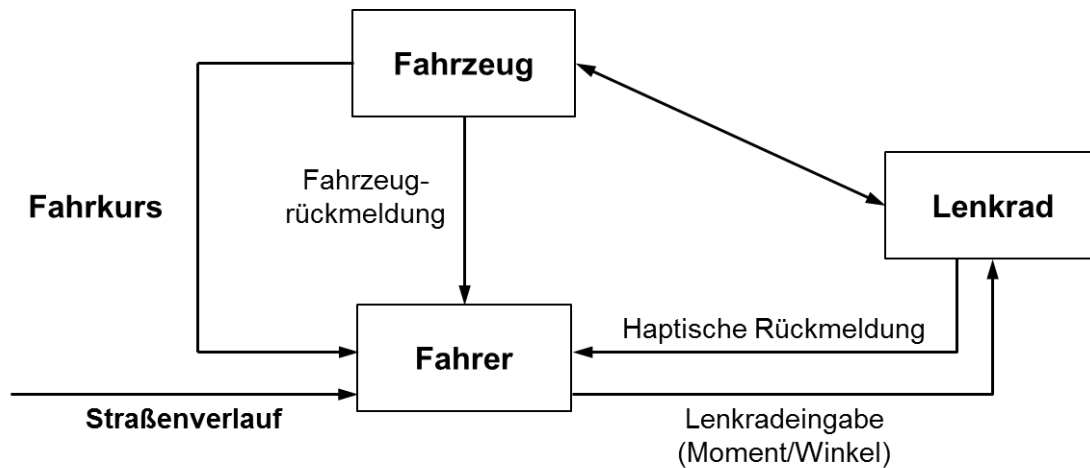
## 1. Einleitung

Die Querführung eines Kraftfahrzeugs bildet zusammen mit der Längsführung die primäre Fahraufgabe. Dabei ist es besonders im Nutzfahrzeug von großer Bedeutung, die Lenkung optimal an die Bedürfnisse des Fahrers anzupassen, da der Fahrersitz gleichzeitig der Arbeitsplatz des Berufskraftfahrers ist. Obwohl aus der Pkw-Entwicklung bereits zahlreiche Arbeiten zum Zusammenhang zwischen der subjektiven Bewertung des Lenkverhaltens und den objektiven Kenngrößen des Lenksystems vorliegen, wurde dieses Thema am Nutzfahrzeug bisher nur unzureichend untersucht. Ferner beschränkten sich bisherige Arbeiten darauf, Fahrdynamikexperten als Beurteiler heranzuziehen, da diese fundierte Bewertungen abgeben. Nach den Grundsätzen der menschenzentrierten Gestaltung (DIN EN ISO 9241) ist es jedoch notwendig, zusätzlich eine Bewertung durch den Nutzer des Systems vorzunehmen. Im Rahmen einer Forschungstätigkeit bei der Daimler AG wird ein Fragebogeninstrument entwickelt, welches eine Bewertung des Lenkgefühls durch Normalfahrer ermöglicht.

## 2. Das Lenkgefühl: Stand der Forschung

Das Lenkrad als Schnittstelle zwischen Fahrer und Fahrzeug hat zwei Funktionen (Pfeffer & Harrer 2013; siehe Abbildung 1). Zum einen gibt der Fahrer bei Abweichungen zwischen dem Soll- und Istwert entsprechende Eingaben ins Lenkrad ein. Zum anderen bekommt er von diesem eine haptische Rückmeldung über den Fahrzustand und die Fahrbahnbeschaffenheit. Zusammen mit der Fahrzeugrückmeldung ergibt sich hieraus das Lenkgefühl. Dieses ist die Summe aller optischen, haptischen und kinästhetischen Sinneseindrücke, die der Fahrer beim Lenken eines Fahrzeugs

erfährt (Pfeffer & Harrer 2013). Nach Wolf (2009) entspricht dies dem Lenkgefühl im *weiteren* Sinn, wie es auch von Normalfahrern wahrgenommen wird. Das Lenkgefühl im *engeren* Sinn hingegen – als Definition für Experten – umfasst lediglich die Eingabe von Lenkradmoment und -winkel durch das Hand-Arm-System sowie die am Lenkrad haptisch wahrgenommene Rückmeldung.



**Abbildung 1:** Regelkreis Fahrer-Fahrzeug nach Pfeffer und Harrer (2013)

Verschiedene Autoren zeigen Ansätze, wie das Lenkgefühl im weiteren Sinn in Dimensionen gefasst werden kann. Pfeffer und Harrer (2013) geben eine Aufteilung in Präzision, Komfort, Rückmeldung und Dynamik vor. Aus Studien im Nutzfahrzeug berichtet Rothhämel (2013) 8 Faktoren: Stabilität, Fahrzeugreaktion, Spiel, Widerstand, Direktheit, Fahrbahnkontakt, Komfort und Rückstellverhalten. Wolf (2009) führt in einer detaillierteren Aufgliederung beispielsweise den Lenkaufwand, das Gefühl der Kontrolle und das Sicherheitsgefühl auf. Es zeigen sich somit große Unterschiede in Anzahl und Inhalt der Dimensionen. Ferner stammen die meisten Kategorisierungen aus der Pkw-Entwicklung und können möglicherweise nicht uneingeschränkt auf das Nutzfahrzeug übertragen werden.

Die bisherige Forschung zum subjektiven Empfinden beim Lenken stützt sich außerdem hauptsächlich auf Beurteilungsbögen von Experten aus der Fahrdynamikentwicklung. Diese weisen aufgrund ihrer Fertigkeiten eine höhere Zuverlässigkeit und eine geringere Streuung bei ihren Bewertungen auf (Koch 2010). Wolf (2009) zeigte jedoch, dass auch Normalfahrer, also Personen ohne besondere Fähigkeiten und Fertigkeiten im Bereich der Querdynamik, Unterschiede der Lenkungscharakteristiken detektieren, aber nicht so fein verbal auflösen können.

Eine hieraus resultierende Forderung ist, die verwendeten Kriterien an das Beurteilungsvermögen der Normalfahrer anzupassen. Dies wurde bisher zumeist vernachlässigt, worin auch die geringere Beurteilungsgüte begründet sein könnte (Zschocke 2009). Im Folgenden wird der Entwicklungsprozess eines Fragebogens für Normalfahrer vorgestellt. Dieser soll ohne besondere Expertise im Bereich der Lenkung verständlich sein und gleichzeitig alle aus Expertensicht nötigen Bewertungskriterien beinhalten. Ferner werden die gewonnenen Dimensionen des Lenkgefühls vorgestellt.

### 3. Entwicklung und Erprobung eines Fragebogens für Normalfahrer

Der Entwicklungsprozess ist an Kallus (2010) angelehnt. Zu Beginn wurde eine Interviewstudie mit N=31 Berufskraftfahrern durchgeführt, um bekannte Aspekte zur Beschreibung des Lenkgefühls zu sammeln. Aus der Fachliteratur (Rothhämel 2013) und Lkw-Fachzeitschriften wurden weitere Kriterien extrahiert. Diese wurden durch den Ausschluss von inhaltlich ähnlichen sowie unverständlichen Kriterien und einer weiteren Befragung (N=45 Berufskraftfahrern, N=9 Experten) reduziert. Im Anschluss wurde ein erster Vorversuch im öffentlichen Straßenverkehr mit N=6 Berufskraftfahrern durchgeführt. Dieser hatte zum Ziel, den Fragebogen hinsichtlich seiner Verständlichkeit und Bewertbarkeit in bestimmten Fahrsituationen zu erproben. Es zeigte sich, dass die Kriterien mit Erklärungen versehen müssen, um einen einheitlichen Wissensstand bei den Befragten zu schaffen. Diese wurden mithilfe von N=3 Experten erstellt. 10 Kriterien verblieben ohne Erklärung, da sie keiner weiteren Erläuterung bedurften. In einem letzten Schritt wurde der Fragebogen um weitere 8 Bewertungskriterien ergänzt. Diese werden bei der Lenkungsbeurteilung durch Experten häufig verwendet, waren aber im bisherigen Fragebogen nicht abgebildet. Der entwickelte Fragebogen bestand somit aus 35 Kriterien. Im Anschluss wurde eine weitere Befragung (N=51 Berufskraftfahrer) durchgeführt, um die Kriterien zu Dimensionen zusammenzufassen. Mithilfe einer hierarchischen Clusteranalyse (average linkage within groups) wurden sechs Cluster gewonnen, welche jeweils 4 bis 6 Kriterien beinhalten (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Aus Cluster- und Faktorenanalyse gewonnene Dimensionen mit Beispielkriterien.

Clusteranalyse	Faktorenanalyse
Lenkkomfort: <i>ruhig</i>	Lenkkomfort: <i>empfindlich</i>
Fahrzeugreaktion: <i>verzögert</i>	Fahrzeugreaktion: <i>schwammig</i>
Lenkaktivität: <i>leichtgängig</i>	Lenkaktivität: <i>direkt</i>
Kontrollierbarkeit: <i>sicher</i>	Kontrollierbarkeit: <i>beherrschbar</i>
Störungen: <i>nervös</i>	Stabilität: <i>spurtreu</i>
Präzision: <i>genau</i>	Dynamik: <i>agil</i>

Zur Erprobung des Fragebogens wurde eine Probandenstudie durchgeführt. N=41 Normalfahrer (Berufskraftfahrer mit einer Fahrleistung von min. 30tkm/a) bewerteten zwei Sattelzugmaschinen unterschiedlicher Hersteller mit ausgeladenem Auflieger. Hierzu wurden die 35 Kriterien um eine 10-stufige Likert-Skala ergänzt. Analog zu Zschocke (2009) wurde zu jedem Kriterium eine Niveau- und eine Gefallensbewertung abgegeben. Während erstere eine objektive Einschätzung zur Ausprägung des Kriteriums erfragt, richtet sich die zweite daran, wie gut diese gefällt. Im Folgenden wird nur auf die Gefallensbewertung eingegangen, da diese eher Rückschlüsse auf die Kundentauglichkeit zulässt. Die Probanden erprobten beide Fahrzeuge in den Situationen Autobahn, Landstraße, Stadt und beim Rangieren. Die einzelnen Kriterien wurden an festgelegten Punkten erhoben, sodass die Vergleichbarkeit der beiden Versuchsfahrten gewährleistet war. Im Anschluss an beide Fahrten gaben die Probanden eine begründete Gesamtbewertung ab. Abschließend wurde der Fragebogen erneut vorgelegt mit der Bitte, besonders gut verstandene Kriterien zu markieren.

Während der Fahrt notierten die Versuchsleiter zusätzlich, wenn die genannten Begründungen un schlüssig waren und das Kriterium nicht verstanden wurde.

Zu Beginn der Auswertung wurden 7 unverständliche Kriterien aufgrund der Versuchsleiter- und Selbsteinschätzung und 3 aufgrund einer Itemanalyse ausgeschlossen. Anschließend wurde eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt. Da anzunehmen ist, dass die Faktoren miteinander korrelieren, wurde eine oblique Rotation gewählt (Promax). Die resultierenden 6 Faktoren mit jeweils 2 bis 8 Kriterien sind auszugsweise in Tabelle 1 dargestellt. Cronbachs  $\alpha$  der einzelnen Faktoren liegt zwischen ,390 und ,794 und ist somit teils nicht ausreichend. Einige Trennschärfen lagen unter dem geforderten Grenzwert von ,3 (Field 2013). Der Vergleich von Cluster- und Faktorenanalyse ergab, dass die ermittelten Cluster und Faktoren inhaltlich sehr ähnlich waren, sich jedoch in der Zuordnung der Bewertungskriterien unterschieden.

#### 4. Diskussion und Ausblick

Im vorliegenden Bericht wurde der Entwicklungsprozess eines Fragebogens zum Lenkgefühl am schweren Nutzfahrzeug vorgestellt. Die entwickelten Bewertungskriterien entsprechen der Sprache und Expertise von Normalfahrern und wurden in einem Fahrversuch erprobt. Dieser zeigte, dass der Großteil der Kriterien für Normalfahrer verständlich war. Ferner wurden Dimensionen des Lenkgefühls berechnet, die sich in Inhalt und Anzahl mit denen anderer Autoren decken (Pfeffer & Harrer 2013; Rothhämel 2013; Wolf 2009). Somit ist anzunehmen, dass dem Lenkgefühl am Pkw und Nutzfahrzeug die gleichen Dimensionen zugrunde liegen. Es bleibt jedoch offen, welche Gewichtung die einzelnen Dimensionen für die Gesamtbewertung haben.

Mithilfe einer weiteren Datenerhebung muss überprüft werden, welche der beiden Lösungen beibehalten werden soll. Hierzu wird die Analyse mit einer größeren Stichprobe wiederholt. Anschließend sollen mithilfe eines Probandenversuchs die Zusammenhänge zwischen der subjektiven Bewertung und den objektiven Kennwerten des Lenksystems quantifiziert werden.

#### 5. Literatur

- Deutsches Institut für Normung e.V. (2010) DIN EN ISO 9241: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme.
- Field A (2013) Discovering statistics using IBM SPSS statistics. London: Sage.
- Kallus KW (2010) Erstellung von Fragebogen. Wien: Facultas.
- Koch T (2010) Untersuchungen zum Lenkgefühl bei Steer-by-Wire Lenksystemen. Göttingen: Cuvillier.
- Pfeffer P, Harrer M (2013) Lenkgefühl, Interaktion. In: Pfeffer P, Harrer M. (Eds) Lenkungshandbuch. Wiesbaden: Springer, 125-141.
- Rothhämel M (2013). Characterisation and utilisation of steering feel in heavy trucks. KTH: Vehicle Dynamics, Dissertation.
- Wolf H (2009) Ergonomische Untersuchung des Lenkgefühls an Personenkraftwagen. Technische Universität München: Fakultät für Maschinenwesen, Dissertation.
- Zschocke A (2009) Ein Beitrag zur Objektivierung und subjektiven Evaluierung des Lenkkomforts von Kraftfahrzeugen. Universität Karlsruhe: Institut für Produktentwicklung, Dissertation.

**Danksagung:** Die Autoren bedanken sich herzlich bei Frieda Preuß, Kathrin Schmidt und Konrad Deuschle für die konstruktive Zusammenarbeit.