

Neu ist immer besser? Das Lenkgefühl vom schweren Nutzfahrzeug mit hybridem und konventionellem Lenksystem

Alisa BOLLER, Frieda PREUSS, Karolin STRIEGEL, Tanja STOLL,
Sabrina HEINRICH, Kathrin SCHMIDT, Enrico WOHLFARTH

*Daimler AG
70546 Stuttgart, Deutschland*

Kurzfassung: Im schweren Nutzfahrzeug werden hydraulische Lenkungen nach und nach durch hybride ersetzt. Mit diesen kann das Unterstützungsmoment geschwindigkeitsabhängig gestaltet werden. Ob dieses System tatsächlich zu einem verbesserten Lenkgefühl führt, wurde in einem Realfahrversuch überprüft. Hierzu wurde ein Fahrzeug mit hybrider Lenkung mit drei Fahrzeugen mit rein hydraulischen Lenksystemen verglichen (within-subject design). $N = 10$ Fahrer beurteilten die Aspekte Lenkkraft, Rückstellverhalten, Lenkungsstößigkeit, Präzision und Gesamteindruck. Die hybride Lenkung wurde im Wesentlichen nur im Vergleich zu einem Fahrzeug besser bewertet. Somit führte die bisherige Auslegung der hybriden Lenkung zu keiner bedeutenden Verbesserung des Lenkgefühls.

Schlüsselwörter: Lenkgefühl, Fahrer-Fahrzeug-Interaktion, User Experience, Nutzfahrzeug, Gesamtfahrzeug

1. Einleitung

Die Lenkung ist ein elementarer Teil der Mensch-Fahrzeug-Interaktion (Vollrath & Krems, 2011). Als solcher muss sie neben Sicherheitsanforderungen auch ergonomischen Ansprüchen gerecht werden. Eine Anpassung der Lenkunterstützung an den Fahrerwunsch ist mit den derzeit verbauten hydraulischen Lenksystemen im schweren Lkw jedoch nur begrenzt möglich. Aufgrund der im Vergleich zum Pkw deutlich höheren Lenkachlasten sind elektrische Systeme alleine nicht leistungsstark genug. In einigen schweren Nutzfahrzeugen werden die konventionellen, rein hydraulischen Lenksysteme jedoch bereits mit elektrischen Komponenten ergänzt. Diese hybriden Systeme ermöglichen neben einem aktiven Rücklauf eine Anpassung der Unterstützungsmomente an die Fahrgeschwindigkeit. Dadurch kann die vom Fahrer aufzuwendende Lenkkraft deutlich verringert werden, was insbesondere beim Rangieren von Vorteil ist. Inwiefern sich diese technische Neuerung tatsächlich positiv auf das Lenkgefühl auswirkt, stellte Gegenstand der folgenden Probandenstudie dar. Ferner sollte abgesichert werden, dass die niedrigeren Lenkkräfte bei schneller Fahrt keine Verschlechterung des Lenkgefühls mit sich bringen. Hierzu wurden die folgenden Hypothesen überprüft:

H1: Das Fahrzeug mit hybrider Lenkung wird besser bewertet als die Fahrzeuge mit rein hydraulischer Lenkung hinsichtlich der aufzuwendenden Lenkkraft, dem Rückstellverhalten, der Lenkungsstößigkeit und der Gesamtbewertung.

H2: Das Fahrzeug mit hybrider Lenkung wird nicht unterschiedlich bewertet als die Fahrzeuge mit rein hydraulischer Lenkung hinsichtlich der Lenkpräzision.

2. Methode

2.1 Auswahl der Vergleichsfahrzeuge

Aufgrund der Einschätzung interner Fahrdynamikexperten wurden vier Fahrzeuge verschiedener Hersteller herangezogen. Fahrzeug 1 war mit einem hybriden Lenksystem ausgestattet. Die Fahrzeuge 2-4 hatten rein hydraulische Lenksysteme, unterschieden sich aber in ihrer Komforteinschätzung interner Fahrdynamik-Experten. Während Fahrzeug 2 hinsichtlich des Lenkgefühls Benchmark war, bildete Fahrzeug 3 das Mittelfeld und Fahrzeug 4 das Schlusslicht.

2.2 Stichprobe & Versuchsdesign

Aus vorherigen Fahrversuchen zum Lenkgefühl ging hervor, dass der Hersteller bzw. die Marke des Fahrzeugs einen erheblichen Einfluss auf die subjektive Bewertung der Versuchsteilnehmer hat (Schalz et al. 2002). Deswegen wurden für diese Untersuchung möglichst markenneutrale Fahrer gesucht. Somit nahmen $N = 10$ Fahrer des internen Werksverkehrs teil, welche sich dadurch auszeichneten, dass sie im wöchentlichen Rhythmus zwischen Fahrzeugen aller Hersteller wechselten und somit die Vor- und Nachteile der 4 Versuchsfahrzeuge kannten. Ein weiterer Vorteil war, dass die Fahrer auf ihrer täglichen Strecke befragt werden konnten. Aufgrund der vertrauten Route war es den Fahrern möglich, sich stärker auf die Bewertung des Lenkgefühls zu konzentrieren. Da es sich um eine anfallende Stichprobe handelte, konnte ein within-subject design realisiert werden. Somit bewerteten alle Fahrer alle 4 Fahrzeuge.

2.3 Versuchsablauf

Die Versuchsstrecke war insgesamt 120 km lang und bestand zum größten Teil aus Autobahnabschnitten und ausgebauten Bundesstraßen (Fahrzeit ca. 3 h). Die Befragung der Probanden fand während der Fahrt statt (siehe Abschnitt 2.4). Nach der Fahrt gaben die Probanden eine Gesamtfahrzeug-Bewertung in Anlehnung an einen bestehenden Akzeptanz-Fragebogen (van der Laan et al. 1997) ab, um die Annahme der Markenneutralität der Fahrer zu überprüfen.

2.4 Befragungsmethode

Zur subjektiven Bewertung des Lenkgefühls wurde ein Fragebogen von Boller und Wohlfarth (2015) herangezogen, welcher speziell für Normalfahrer geeignet ist. Dieser beinhaltete 25 Bewertungskriterien, welche mit entsprechenden Erklärungen versehen waren (siehe Tabelle 1). Ausgehend von den Kriterien wurde die Strecke im Vorfeld einer genauen Analyse unterzogen. Es sollte herausgefunden werden, welches Kriterium auf welchem Streckenabschnitt optimal bewertet werden konnte.

Die Bewertung wurde in eine Niveau- und Gefallensbewertung aufgeteilt. Zuerst sollten die Probanden angeben, wie stark eine gewisse Eigenschaft ausgeprägt ist (Niveau-Bewertung). Im zweiten Schritt wurde bewertet, inwiefern diese Ausprägung

gefällt (Gefallens-Bewertung). Diese Unterscheidung war von Bedeutung, da beispielsweise eine höhere aufzubringende Lenkkraft je nach persönlicher Präferenz besser oder schlechter gefallen kann. Zur Bewertung wurden beide Aspekte mit einer Likert-Skala versehen. Entsprechend der Literatur werden 7 Stufen genutzt (Preston & Colman 2000; Weijters et al. 2010). Diese wurden benannt (*gar nicht / kaum / wenig / teilweise / eher / ziemlich / völlig*), um die Reliabilität zu erhöhen (Alwin & Krosnick 1991; Weng 2004). Die Gesamtbewertung erfolgte im Schulnoten-System.

Tabelle 1: Beispielhafte Bewertungskriterien mit dazugehöriger Erklärung und Fahrsituation

Kriterium	Erklärung	Fahrsituation
Leichtgängig	Um zu lenken ist nur ein geringer Kraftaufwand notwendig.	Rangieren, im Stand
Haltemoment	Für das Halten des Lenkrads in Kurven ist ein geringer Kraftaufwand nötig.	lange Kurve auf Autobahn, Autobahnauffahrt
Rückstellverhalten Restlenkwinkel (i)	Sie müssen aufgrund eines großen Restlenkwinkels viel nachlenken.	Enge Kurven, Abbiegen
Rückstellverhalten Geschwindigkeit	Das Lenkrad dreht sich schnell in die Geradeausstellung zurück.	Enge Kurven, Abbiegen
Lenkungsstößigkeit	Das Lenkrad leitet Störungen der Straße weiter. Sie können einen Schlag im Lenkrad spüren.	Autobahn mit schlechter Fahrbahn/Betonplatten
Nervös (i)	Das Fahrzeug reagiert hektisch und stärker, als Sie es erwartet haben.	Geradeausfahrt; Aufforderung, leicht hin und her zu lenken
Genau	Das Fahrzeug reagiert genau so, wie Sie es aufgrund Ihrer Lenkeingabe erwarten (Abstand zur Fahrbahnmarkierung beachten).	Kurvige Landstraße, Autobahnausfahrt
Gesamtbewertung	Wie gut hat Ihnen die Lenkung insgesamt gefallen?	Gesamte Fahrt

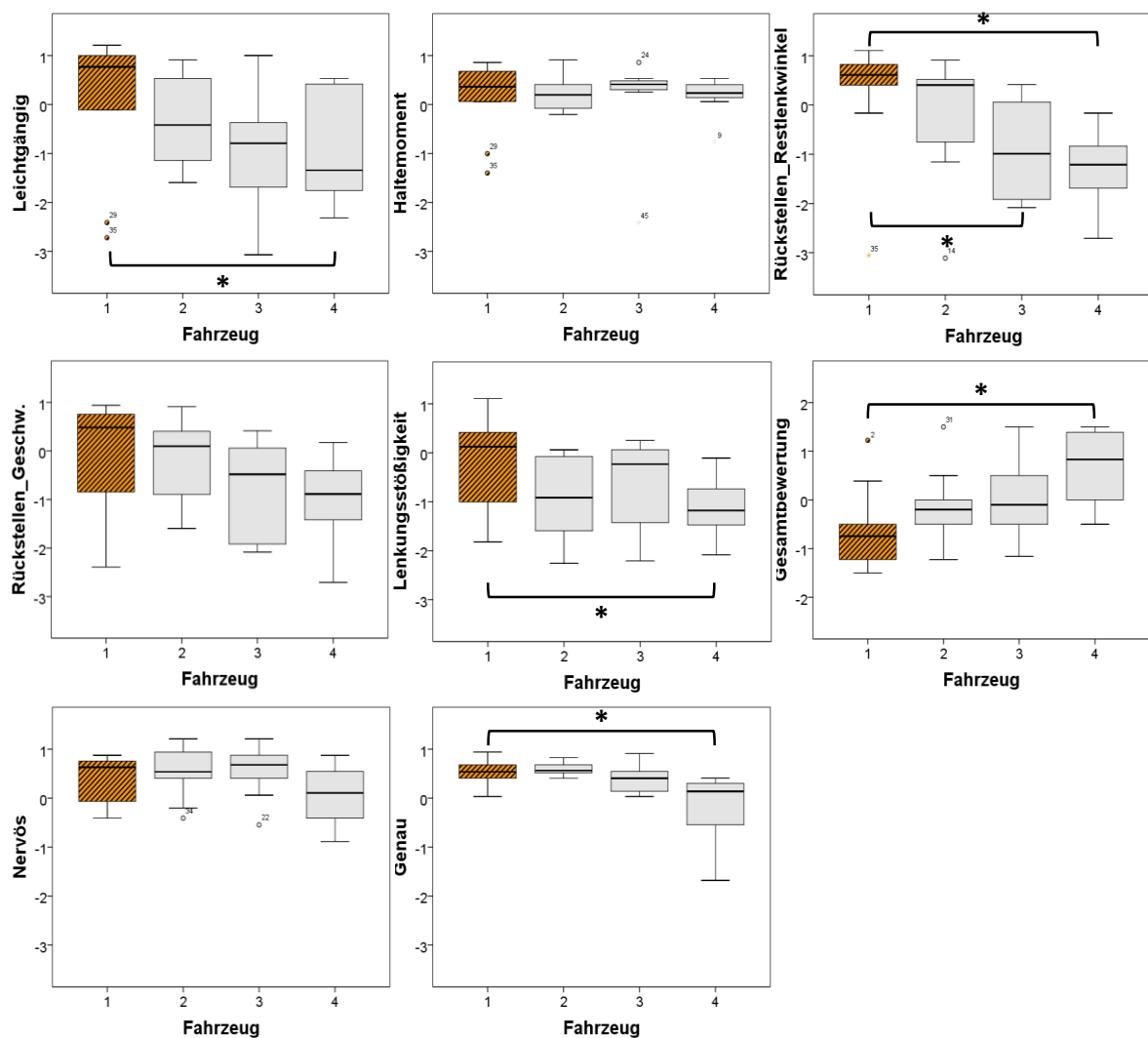
3. Ergebnisse

Die Datenanalyse wurde mit IBM SPSS Statistics 21 durchgeführt. Da die Daten nicht-normalverteilt waren, wurden Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests berechnet, um das Fahrzeug mit dem hybriden Lenksystem mit den drei übrigen zu vergleichen. Für die Analyse wurden die Gefallens-Bewertungen der neun relevanten Kriterien analysiert. Hypothese 1 wurde einseitig, Hypothese 2 zweiseitig getestet. Im Anschluss werden signifikante p -Werte sowie die dazugehörigen Effektstärken r berichtet.

3.1 Stichprobe und Markenaffinität

Die Probanden waren im Durchschnitt 52,4 Jahre alt ($SD = 6,8$), hatten eine mittlere Fahrfahrung von 29,8 Jahren ($SD = 8,9$) und eine jährliche Fahrleistung von 37,2 tkm ($SD = 5,0$). Alle Fahrer waren mit mindestens 30 tkm und 17 Jahren Fahrfahrung im Lkw als erfahren anzusehen (Birbaumer 2008; Ellmann 2003). Die Analyse der Gesamtfahrzeug-Beurteilung ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Fahrzeugen. Somit war anzunehmen, dass die Probanden nicht durch die allgemeine Favorisierung eines bestimmten Fahrzeugs beeinflusst wurden.

Abbildung 1: Boxplots der subjektiven Bewertungen in Abhängigkeit des gefahrenen Fahrzeugs.



3.2 Hypothese 1

Beim Rangieren wurde die Lenkkraft von Fahrzeug 1 im Vergleich zu Fahrzeug 4 signifikant besser bewertet ($p_{14} = .037$, $r_{14} = .40$; siehe Abbildung 1). Eine Analyse der verbalen Anmerkungen der Fahrer ergab, dass die Leichtgängigkeit des hybriden

Fahrzeugs stark polarisierte. Während einige Fahrer die niedrigen Lenkkräfte bevorzugten, lehnten andere sie stark ab. Hinsichtlich des Haltemoments in Kurven ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in der Gefallensbewertung.

Beim Rückstellen des Lenkrads nach der Kurvenfahrt bewerteten die Fahrer die hybride Lenkung hinsichtlich des geringeren verbleibenden Restlenkwinkel im Vergleich zu den Fahrzeugen 3 und 4 positiver ($p_{13} = .037$, $r_{13} = .40$; $p_{14} = .014$, $r_{14} = .49$). Die Rückstellgeschwindigkeit war jedoch nicht signifikant verschieden.

Fahrzeug 1 wurde im Vergleich zu Fahrzeug 4 signifikant besser bewertet hinsichtlich der geringeren Lenkungsstößigkeit ($p_{14} = .037$, $r_{14} = .40$).

Hinsichtlich der Gesamtbewertung schnitt Fahrzeug 1 signifikant besser ab als Fahrzeug 4 ($p_{14} = .014$, $r_{14} = .49$).

3.3 Hypothese 2

Das Fahrzeug mit der hybriden Lenkung wurde im Vergleich zu Fahrzeug 4 von den Probanden hinsichtlich der Nervosität nicht unterschiedlich bewertet, während die Genauigkeit als besser eingeschätzt wurde ($p_{14} = .012$, $r_{14} = .56$).

4. Diskussion

Die Analyse der subjektiven Bewertungen zeigt, dass das Fahrzeug mit der hybriden Lenkung sich nur gegen das Fahrzeug durchsetzen konnte, welches hinsichtlich der Lenkung von Experten am schlechtesten eingeschätzt wurde. Es wurde jedoch in keinem Kriterium besser als das Benchmark-Fahrzeug oder das als durchschnittlich angesehene Fahrzeug eingeschätzt. Selbst beim Rangieren schnitt das Fahrzeug mit seinen deutlich reduzierten Lenkkräften nicht durchweg besser ab. Hier zeigt sich, dass die extrem niedrige Lenkkraft nicht von allen Fahrern als angenehm empfunden wird. Nichtsdestotrotz gefiel den Fahrern das Fahrzeug auch bei höheren Geschwindigkeiten hinsichtlich der Lenkpräzision nicht schlechter.

In einem weiteren Fahrversuch sollte überprüft werden, wie die hybride Lenkung so ausgelegt werden kann, dass sie dem Fahrerwunsch am besten entspricht und ihr Potential optimal ausgeschöpft werden kann.

5. Literatur

- Alwin DF, Krosnick JA, (1991) The reliability of survey attitude measurement the influence of question and respondent attributes. *Sociological Methods & Research* 20(1):139-181.
- Birbaumer N, Frey D, Kuhl J, Krüger H (2008) *Anwendungsfelder der Verkehrspsychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Boller A, Wohlfarth E (2014) Assessing Steering Feel in Truck Drivers: Evaluation Criteria and Rating Scale. *Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences*. Volume 5:3286–3292
- Ellmann A (2003) *Vielfahrer in Deutschland*. DVR-Presseseminar.
- Preston CC, Colman AM (2000) Optimal number of response categories in rating scales: reliability, validity, discriminating power, and respondent preferences. *Acta Psychologica* 104(1):1–15.
- Schalz J, Duhr A, Marušić Z (2002) Subjektiv-objektiv Korrelation fahrdynamischer Größen in der Praxis. In: Becker K (Hrsg) *Subjektive Fahreindrücke sichtbar machen II*. Renningen: expert, 51-65.
- Van der Laan JD, Heino A, de Waard D (1997) A simple procedure for the assessment of acceptance of advanced transport telematics. *Transportation Research* 5:1-10.

Vollrath M, Krems J (2011) Verkehrspsychologie. Ein Lehrbuch für Psychologen, Ingenieure und Informatiker. Stuttgart: Kohlhammer.

Weijters B, Cabooter E, Schillewaert N (2010) The effect of rating scale format on response styles: The number of response categories and response category labels. *International Journal of Research in Marketing* 27(3):236–247.

Weng L (2004) Impact of the number of response categories and anchor labels on coefficient alpha and test-retest reliability. *Educational and Psychological Measurement* 64(6):956-972.

Danksagung: Unser besonderer Dank gilt den Fahrern des internen Werksverkehrs sowie Konrad Deuschle und Christopher Merkel für die Unterstützung.