

Kopplung von Motorprogrammen und Blickverhalten bei Testfahrern der Automobilindustrie

Thomas Jürgensohn, Robert Alms, Kai Sölter und Sandra Trösterer

Schlüsselwörter: Fahrermodellierung, Blickverhalten, Motorprogramme

Zusammenfassung

Der Beitrag berichtet über ein Projekt der HFC Human-Factors-Consult GmbH und der TU Berlin zur Modellbildung von Testfahrern der Automobilindustrie. Ziel war die Entwicklung von individuellen Modellen von Versuchs- und Testfahrern beim Befahren ausgesuchter Closed-Loop-Tests. Dazu wurden bei der Firma Magna Steyr in Graz Versuche mit erfahrenen Testfahrern durchgeführt. In den Versuchen wurden die Augenbewegungen aufgezeichnet, mit dem Ziel, daraus den Informationsaufnahmeprozess der Fahrer nachvollziehen zu können. In Interviews und Focusgruppen wurden die Fahrstrategien der Fahrer erfragt. Dazu zählten Fragen, welche Informationsquellen beachtet werden, welche Objekte die Fahrer nach ihrer Meinung anschauen und ähnliches. Die Informationen aus den Fahrerbefragungen und aus den aufgezeichneten Daten flossen in die jeweils individuellen Fahrermodelle ein.

Beim einem durchgeführten Manöver, dem doppelten Spurwechsel, schauen die Fahrer dabei zu keinem Zeitpunkt auf den zukünftig gefahrenen Fahrkurs. Sie nehmen also 100% der Informationen peripher wahr. Das steht im Gegensatz sowohl zu der gängigen veröffentlichten Meinung, die postuliert, der Fahrer schaut dorthin, wohin er auch fahren will. Es steht aber auch im Gegensatz zu der eigenen Auffassung der Probanden, die einhellig von einer Fixierung des prospektierten Kurses berichteten.

Einleitung

Die Nachbildung menschlichen Fahrerverhaltens in Fahrermodellen der Querdynamik verfolgt entweder epistemische Ziele zur Erklärung menschlichen Handelns allgemein bzw. in dem speziellen Kontext Fahrzeugführung; oder sie ist eingebettet in ein kommerzielles Anwendungsszenario, in welchem simulierte Fahrer zum Steuern simulierter Fahrzeuge als Ersatz von Realversuchen eingesetzt werden. Zunehmend wird dabei für spezielle Anwendungen die Nachahmung tatsächlichen, möglichst realen Fahrerverhaltens gefordert – dann nämlich, wenn das Fahrerverhalten nur im Kontext des Fahrzeugverhaltens und umgekehrt betrachtet werden kann, Fahrerverhalten also bewertungskonstituierend für Fahrzeugeigenschaften ist.

Exemplarisch für diese Klasse menschähnlicher Fahrmodelle sind solche, die zum Test aktiver Fahrdynamikregelsysteme eingesetzt werden, welche in ihrem Regelkalkül typischerweise menschliches Verhalten integriert haben. Da das Regelsystem menschliche Reaktionsweisen, die beispielsweise ihre Ursache in Reaktionszeiten haben, erwartet und auf diese reagiert, kann ein Test der Regelsysteme nur mit einem Fahrermodell möglich sein, das genau diese Reaktionen auch produziert. Eine Überprüfung dieser Systeme erfordert deshalb immer Closed-Loop-Tests, in denen der Fahrer eine aktive und gleichzeitig reagierende Rolle einnimmt.

Ziel des Modellierungsprojekts, in dessen Umfeld die hier vorgestellte Untersuchung von Blickbewegungen stehen, ist die Nachbildung von Testfahrern der Automobilindustrie beim Absolvieren gängiger Closed-Loop-Tests mit der Beschränkung auf die reine Querdynamik. Die Testfahrer sind hochgeübt und kennen die Manöver aus unzähligen Versuchen genau. Ihre Handlungen sind demzufolge im Vergleich zu denen von anderen Fahrern hochgradig wiederholkonstant. Sie stehen damit gleichsam in der Mitte zwischen Lenkroboter und Alltagsfahrer. Trotz ihrer gleichsam maschinenähnlichen Reproduktionsgenauigkeit sind aber auch die Testfahrer Menschen mit typischen Beschränkungen und besonderen Fähigkeiten.

Modellierung des Testfahrerhaltens

In dem im Folgenden dargestellten Fahrermodellansatzes sind Konzepte einer kontextabhängigen Totzeit, der Verbindung von Steuerung und Regelung, der Abkehr vom Solltrajektorienparadigma sowie die Vorgabe der Kontextbindung zusammengefasst. Als Kontexte wurde der Doppelte Spurwechsel nach DIN-ISO 3888-1 gewählt (Abb. 1). Der Fahrer muss dabei bei konstanter Geschwindigkeit einen Weg durch drei Pylonengassen finden.

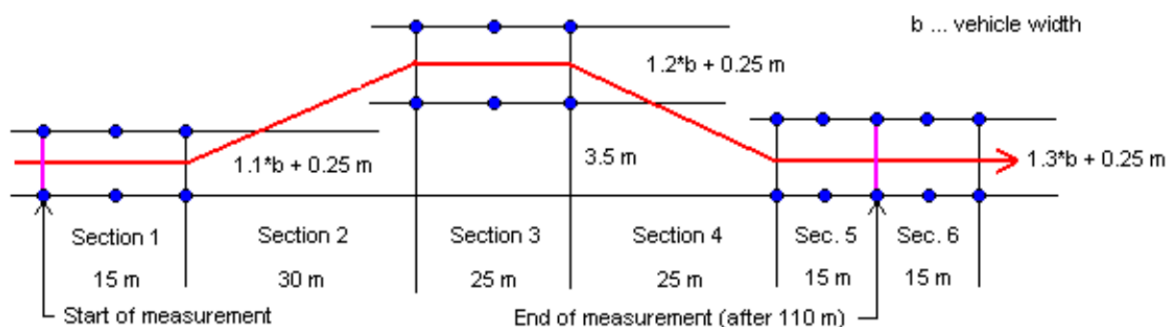


Abb. 1: Doppelter Spurwechsel nach DIN-ISO 3888-1. Für diese Aufgabe wurde ein Fahrermodell entwickelt.

Grundannahmen der Modellbildung

Die Grundannahmen der Fahrermodellierung sind folgende.

- • Der Mensch plant nicht Trajektorien, denen er folgen möchte, sondern Handlungsfolgen (Steuersequenzen), denen Konsequenzen (gefährdeter dynamischer Kurs, Fahrzeugdrehungen) zugeordnet sind. In den Handlungsfolgen besteht die Möglichkeit für Korrekturen.
- • Die Handlung besteht aus andauernder Planung im Wechsel mit Kontrolle und Korrektur.
- • Die Aufgabe wird dadurch realisiert, dass Handlungsparameter korrigiert (geregelt werden).
- • Die Regelung erfolgt so lange wie möglich auf Parameterebene (geregelte Steuersequenzen). Erst bei unvorhersehbaren Einflüssen oder sehr großen Abweichungen wird geregelt. In diesem Fall reagiert der Fahrer mit einer Totzeit.
- • Jeder Fahrer hat seine eigene Strategie. Diese spiegeln sich in der Art der Aufgabenbewältigung bei vorhandenen Freiheiten wider.

Diese Grundannahmen sind im Einzelnen wie folgt im Modell umgesetzt.

Parametrisierbare Steuersequenzen

Man kann für Lenkmanöver parametrisierte Steuersequenzen definieren. Diese sind dadurch definiert, dass ein Bewegungsparameter über einen gewissen Zeitraum konstant bleibt. Konstant sind Lenkwinkelbeschleunigungen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt einsetzen. Abbildung 2 zeigt eine Realisierung solch eines Bewegungsprogramms. Die Amplituden der Lenkbeschleunigung (proportional zu Kraftaufwand) sowie die Zeitpunkte des Wechsels definieren den Parametersatz. Beispielhaft sind die Parameter a_1 , a_2 , t_1 , t_2 eingetragen.

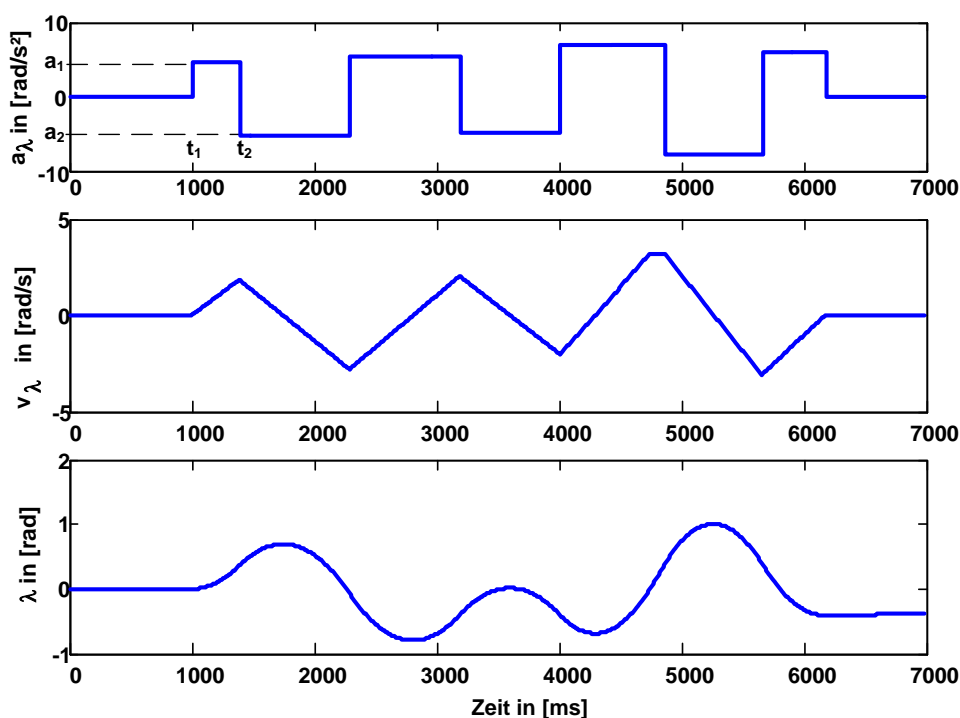


Abb. 2: Steuersequenzmodell für den Doppelten Spurwechsel. Abschnitte konstanter Lenkbeschleunigung erzeugen glatte Lenkwinkelverläufe wie sie bei Testfahrern zu beobachten sind (aus Jürgensohn, Kupschick, 2008)

Die Parameter sind durch die Beschränkung einer maximalen Lenkbeschleunigung (maximale Kraft), einer maximalen Lenkgeschwindigkeit und eines maximalen Lenkwinkels (kein Übergreifen während des Manövers) beschränkt. Weiterhin sind die Parameter mit der Konsequenz, dem Fahrkurs, verknüpft. Wir gehen davon aus, dass der Fahrer die Konsequenzen seiner gut geübten Handlung in einer gewissen Genauigkeit kennt. Neben der Konsequenz des Treffens der Gassen sind das auch die Konsequenzen der Fahrzeugstabilität. Bei zu starken Lenkamplituden kann das Fahrzeug in den nichtlinearen, instabilen Bereich kommen.

Verbindung zu Blickbewegungen

In den Fahrversuchen wurden neben den Lenkbewegungen des Fahrers auch seine Blicke registriert. Dabei zeigte sich, dass Es zeigt sich, dass die Blickbewegungen bei den hochgeübten Testfahrern in den vielfach geübten Testmanövern – ebenso wie die Lenkbewegungen – hochgradig an zeitliche oder örtliche Ankerpunkte geheftet sind. Die Blickbewegungen synchronisieren dabei mit Extrema der Lenkbewegungen (Extrema von Lenkgeschwindigkeit oder Lenkbeschleunigung). Beim doppelten Spurwechsel schauen die Fahrer dabei zu keinem Zeitpunkt auf den zukünftig gefahrenen Fahrkurs. Sie nehmen also 100% der Informationen peripher wahr. Das steht im Gegensatz sowohl zu der gängigen veröffentlichten Meinung, die postuliert, der Fahrer schaut dorthin, wohin er auch fahren will. Es steht aber auch im Gegensatz zu der eigenen Auffassung der Probanden, die einhellig von einer Fixierung des prospektierten Kurses berichteten. Abbildung 3 zeigt die Sequenz der Blickänderungen eines der Fahrer bei Durchfahren des Doppelten Spurwechsels. Es treten jeweils 4 Änderungen des Fixationspunktes (Sakkaden 1-4) auf, wobei die Sakkade 3 nicht in jedem Fall erfolgt.

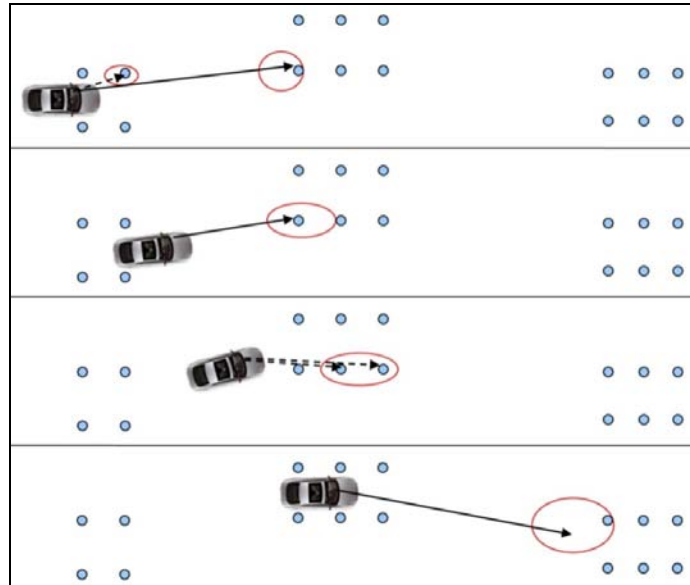


Abb.3: Fixationspunkte der Testfahrer

Kopplung der Blickbewegungen an Bewegungsparameter

In Abb. 4 sind die Triggerpunkte im Handlungsablauf im Vergleich zu Zeitpunkten der Fixationswechsel (Sakkaden) dargestellt. Die rote Linie stellt den Zeitpunkt der ersten Sakkade dar.

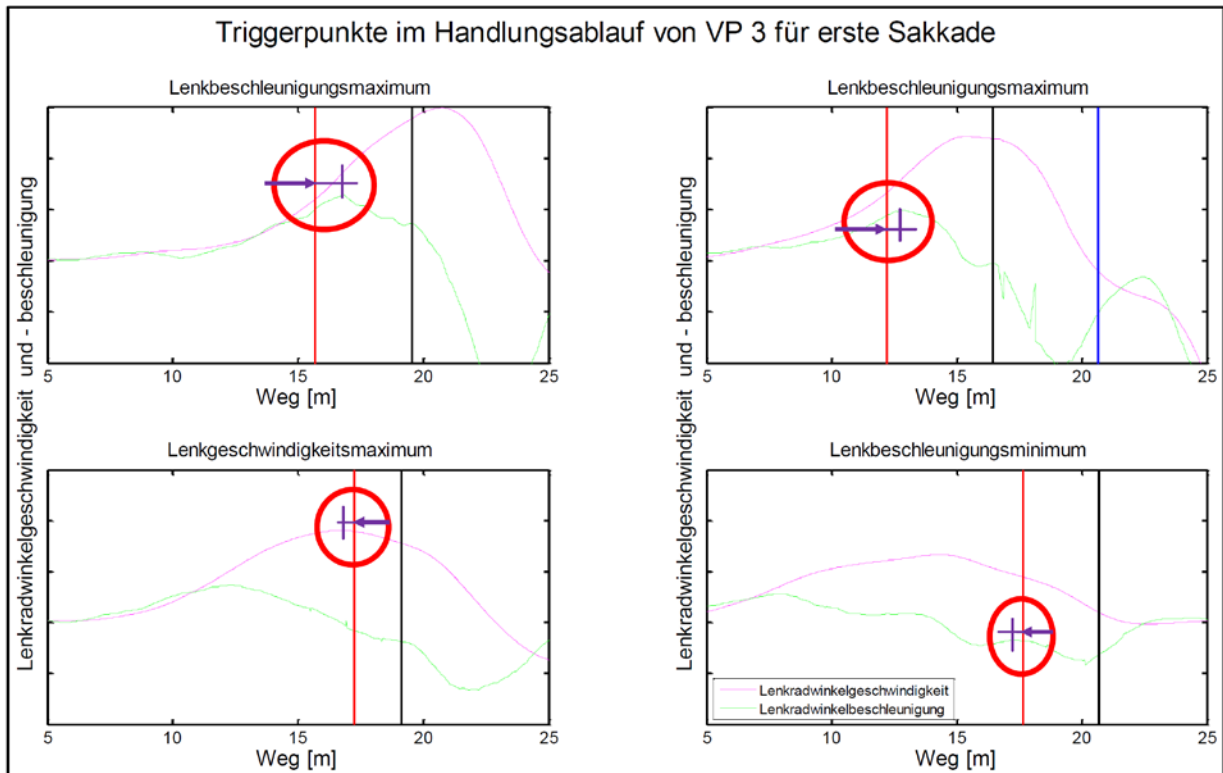


Abb. 4: Triggerpunkte im Handlungsablauf im Vergleich zu Zeitpunkten der Fixationswechsel (Sakkaden)

Es zeigt sich, dass die Blickbewegungen an die Lenkung derart gekoppelt ist, dass dann ein Blickwechsel durchgeführt wird, wenn ein Extremum von der Lenkgeschwindigkeit oder der Lenkbeschleunigung kurz bevor steht oder gerade vorbei ist. Ob die Triggerung an die Lenkbeschleunigungs- oder Lenkgeschwindigkeitextrema gekoppelt ist und ob die Kopplung an Ma-

xima oder Minima erfolgt, hängt von der „Opportunität“ der Situation ab. Diese wird durch die Randbedingungen, wie viel und was durch die Fixation auf eine bestimmte Pylone peripher sichtbar ist, determiniert. Wenn der Bedarf besteht, weiter nach vorne zu schauen, um den weiter vorne liegenden Gassenverlauf besser – das heißt schärfer – einsehen zu können, wird der „nächstbeste“ Triggerpunkt als Initiierung eines Blickwechsels herangezogen.

Statistik der Blick-Handlungskopplung

Abbildung 5 zeigt die klassierten Häufigkeiten und ein Normalfit des Zeitpunktes der Sakkade 1 auf Basis von 18 Fahrten eines Fahrers.

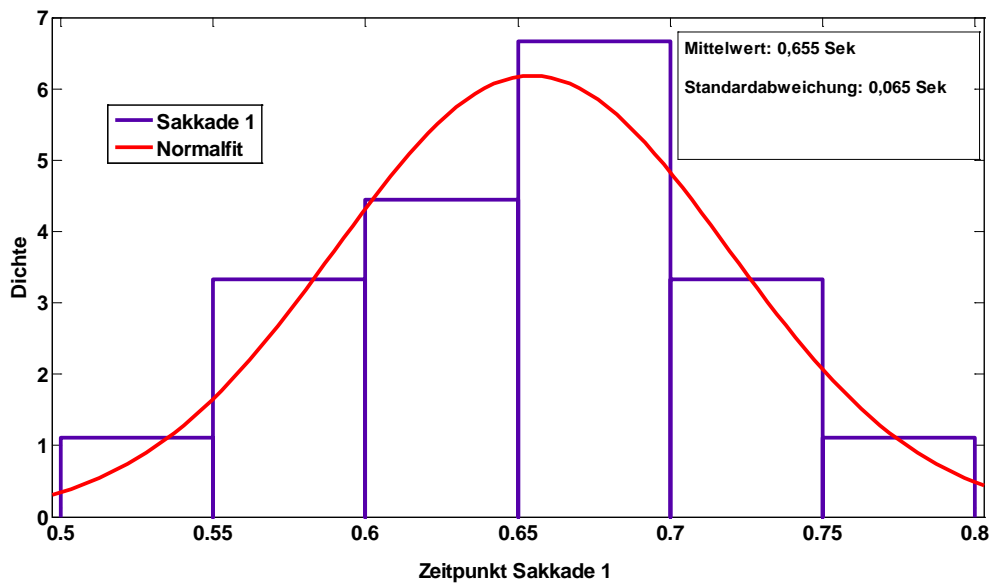


Abb. 5: Verteilung der Zeitpunkte des Auftretens der Sakkade 1 für einen Fahrer.

Die Verbindung zu den Handlungsparametern wird in der folgenden Abbildung 6 deutlich.

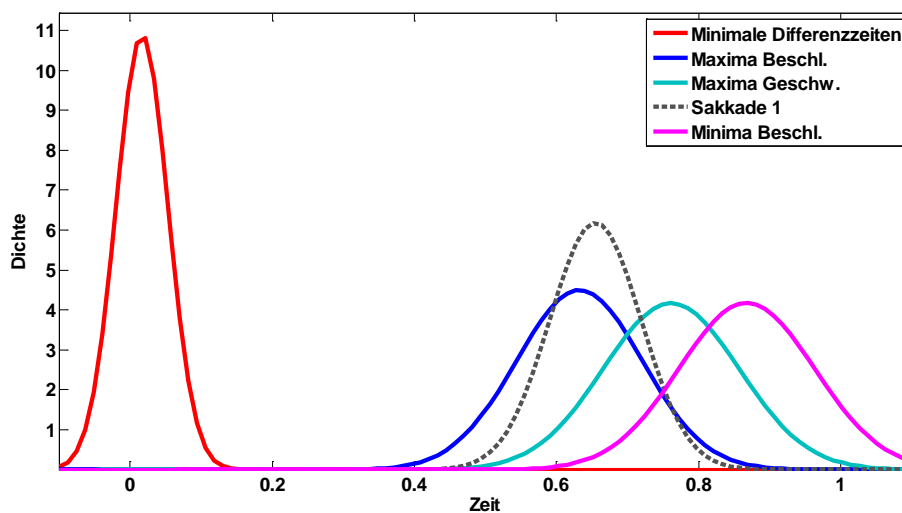


Abb. 6: Normalverteilungsfits für die Daten der ersten Sakkade, der drei Bewegungsparameter Maximum der Beschleunigung, Minimum der Beschleunigung und Maxima der Geschwindigkeit sowie für die minimalen Zeitdifferenzen der Sakkade zu einem Bewegungsparameter.

Abbildung 6 macht zum einen deutlich, dass die Varianz der Differenzen der Sakkadenzeiten zu den Blickbewegungsparametern kleiner ist als die Varianz der Sakkaden selbst, was auf eine Kopplung hindeutet. Es macht aber auch deutlich, dass eine Kopplung der Blicke in erster Linie an die Maxima der Beschleunigung sinnvoll ist. In Abb. 7 sind die Verhältnisse für die Sakkaden 1, 2 und 4 zusammengefasst.

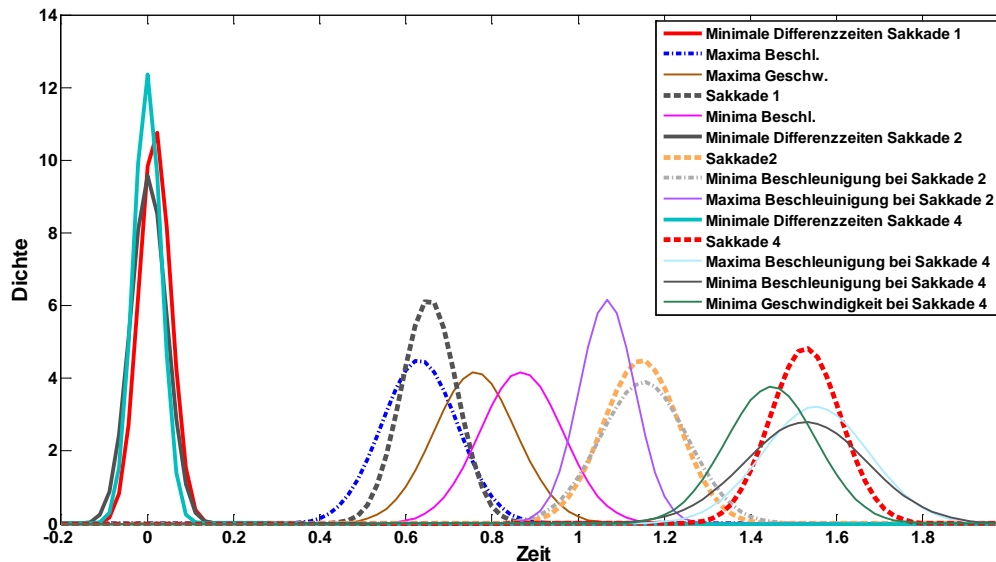


Abb. 7: Normalverteilungsfits wie in Abb. 6 für die Sakkaden 1,2,4.

Abb. 7 macht deutlich, dass sich bei allen Sakkaden ähnliche Verhältnisse ergeben. Sakkade 2 koppelt an die Minima der Beschleunigung, Sakkade 4 ist nicht spezifisch an einen Bewegungsparameter gekoppelt. Hier wird deutlich, dass die strikten Steuerstrategien wie zu Anfang des Manövers am Ende wegen der hohen Dynamik der Bewegung nicht durchgehalten werden können.

Literatur

Jürgensohn, T; Kupschick, S. (2008). Parametergeregelte Fahrermodelle für Standardmanöver. In T. Jürgensohn; H. Kolrep (Hrsg.), *Fahrermodellierung in Wissenschaft und Wirtschaft* (S. 15-34), Düsseldorf: VDI-Verlag (VDI-Fortschrittberichte, Reihe MMS, ZMMS-Spektrum, Band 28)