

Änderung des Value of Travel Time Savings durch autonomes Fahren

–

empirische Befunde und verkehrliche Wirkungen auf den Fernverkehr in Deutschland

Felix Steck, Viktoriya Kolarova, Christian Winkler
DLR, Institut für Verkehrsforschung

Konferenz Verkehrsökonomik und -politik 2018



Wissen für Morgen



Gliederung

1. Einführung
2. Befragungsdesign
3. Ergebnisse der empirischen Erhebung
4. Implementierung in ein Verkehrsnachfragemodell (DEMO) und erste Ergebnisse der Simulationen
5. Fazit und Ausblick



1. Einleitung

Zunehmende Automatisierung von Straßenfahrzeugen



- Längere Strecken und Außerorts eine der ersten Anwendungen vom automatisierten Fahren
(Prognosen für Einführung vom automatisierten Fahren auf der Autobahn* in den nächsten 2 bis 7 Jahren (s. VDA, 2015))
- Hohe Attraktivität des automatisierten Fahren auf längeren Strecken
(Option die Zeit im Fahrzeug anders zu nutzen, längere Fahrten können ermüdend sein)

Fragestellungen:

- Wie beeinflussen automatisierte Angebote Reisezeitwahrnehmung und Moduswahl?
- Welche Auswirkungen hat die Automatisierung auf die Verkehrsnachfrage?

* Rechtlichen Rahmengesetzgebung vorausgesetzt

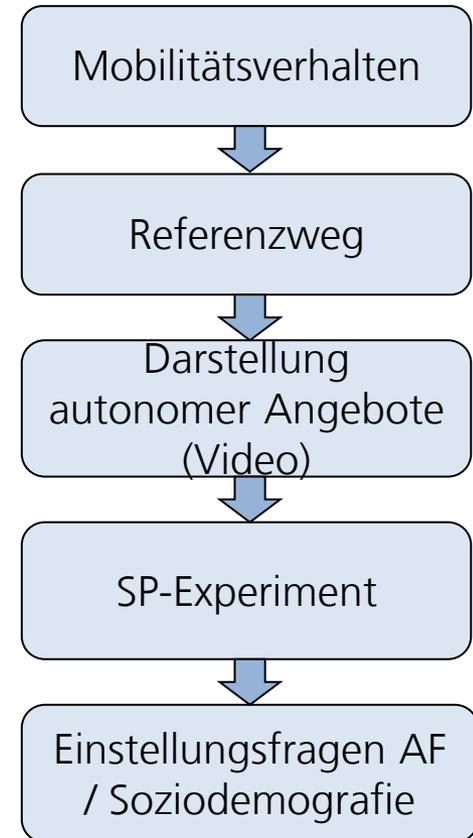


2. Befragungsdesign

Überblick

- Online-Umfrage, 441 Teilnehmer/innen (repräsentativ für Deutschland nach Alter (über 18 Jahre) und Geschlecht)
- Kombination von revealed und stated preference – Methoden
- Zwei Stated-Preference Experimente, bezogen auf einen Referenzweg:
 - **momentane Moduswahl:** Fernbus, Bahn, Flugzeug, MIV
 - **zukünftige Moduswahl:** Fernbus, Bahn, Flugzeug, privates autonomes Fahrzeug (automated vehicle, AV)
- 8 Wahlsituationen per Proband
- Analyse: Schätzung verschiedener diskreter Wahlmodelle mit unterschiedlicher Komplexität und Zielsetzung, für die Nutzung in **DEMO ein MNL**
- Ergebnis: Moduswahl-Parameter, Value of travel time savings (VTTS) nach Verkehrsmittel

Untersuchungsdesign

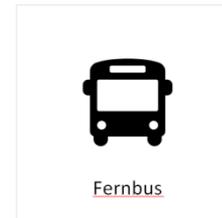
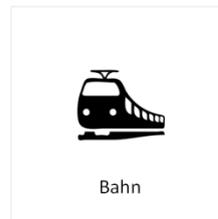


2. Befragungsdesign

Berichteter Weg (Referenzweg)

Nennen Sie den Namen der (nächstgrößeren) Stadt am Zielort:

Mit welchem der folgenden Verkehrsmittel sind Sie an den Zielort gelangt?



Reisedauer: ____ Stunden ____ Minuten
Streckenlänge: ____ km

zurück

weiter



2. Befragungsdesign

Betrachtete Automatisierung

Vollautomatisierte Fahrzeuge (Level 5)



→ Auf Wunsch des Fahrers/ der Fahrerin manuell oder autonom nutzbar



2. Befragungsdesign

Beispiel einer Wahlsituation



Stellen Sie sich vor, dass Ihnen alle unten angegebenen Verkehrsmittel für Ihre Reise zur Verfügung stehen. Die Dauer und die Kosten für die Reise mit den verschiedenen Alternativen sind wie angegeben.

Bitte kreuzen Sie an, für welche Option Sie sich in dieser Situation entscheiden würden.

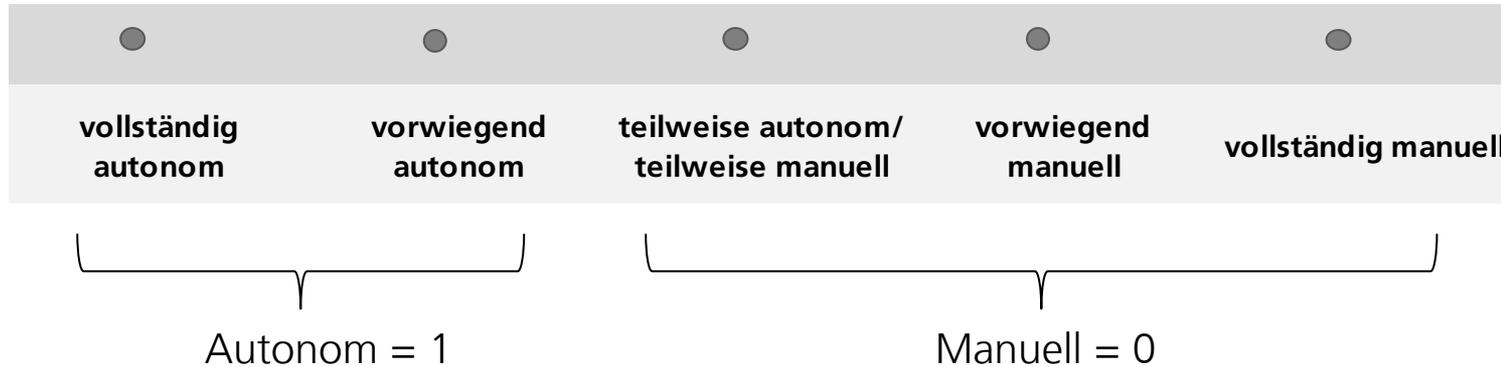
	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3	Alternative 4
Verkehrsmittel	<u>Bahn</u>	<u>Autonomer Pkw</u>	<u>Bus</u>	<u>Flugzeug</u>
Fahrzeit	3 Std. 05 Min.	4 Std. 27 Min.	5 Std. 43 Min.	54 Min.
Zu- und Abgangszeit	60 Min.	-	40 Min.	60 Min.
Wartezeit	20 Min.	-	20 Min.	60 Min.
Umstiege	1	keine	1	keine
Kosten	62 €	40 €	25 €	90 €
	Gesamte Wegezeit: 4 Std. 25 Min.	Gesamte Wegezeit: 4 Std. 27 Min.	Gesamte Wegezeit: 6 Std. 43 Min.	Gesamte Wegezeit: 2 Std. 54 Min.
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

zurück 0%  100% weiter

2. Befragungsdesign Bevorzugter Fahrmodus (autonom vs. manuell)

Likert-Skala:

Für den Fall, dass Sie ein autonomes Auto besitzen, auf welche Weise würden Sie den von Ihnen beschrieben Weg zurücklegen?



- Dichotome Variable dient zur Schätzung verschiedener Zeitkoeffizienten für manuelles (konventionelles) Fahren und autonomes Fahren



3. Ergebnisse der empirischen Erhebung

Schätzung (Zukunft) - MNL

- Die Zeit im Auto wird **weniger negativ** wahrgenommen wenn man **autonom** fährt im Vergleich zum manuellen Fahren
- Beim autonomen Fahren wird die Zeit ähnlich wie die Fahrzeit in der Bahn wahrgenommen
- Beim **Flugverkehr** sind die Zeit- oder Kostenparameter bei einem einfachen MNL **insignifikant** => Distanzabhängigkeit, andere Trade-offs zwischen Zeit und Kosten, Wegezwecke, ein anderes Verhältnis von Wartezeit/ Zu- und Abgangszeit und Flugzeit werden in folgenden Analysen näher betrachtet
- Verfügbarkeit von Auto im HH und/oder Bahn-Karte spielt bei den Entscheidungen eine signifikante Rolle



3. Vorläufige Ergebnisse der empirischen Erhebung VTTS im Fernverkehr

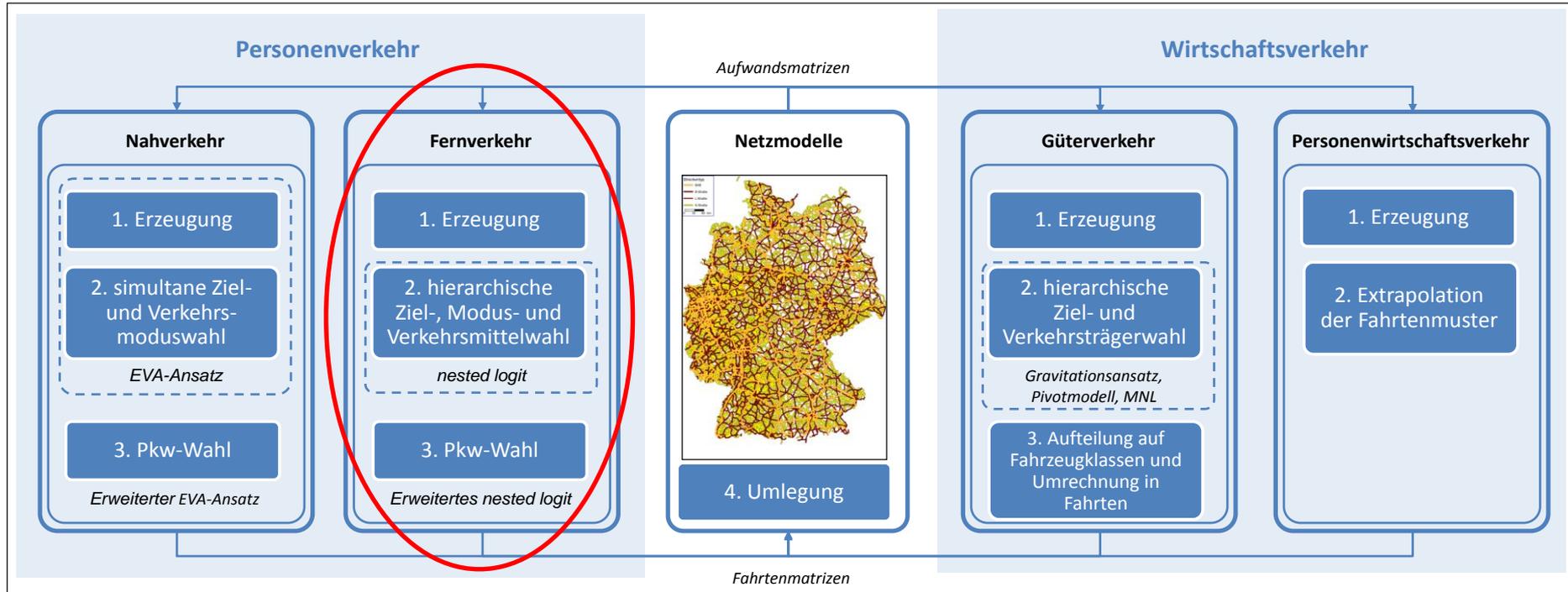
VTTS in €/h

	AV (manuell)	AV (autonom)	Pkw	Bus	Bahn
Gegenwart	-	-	15,70	13,74	12,10
Zukunft	15,66	11,25	-	14,80	11,42

- Reduktion des VTTS beim autonomen Fahren um 26%
- geglättete gewichtete Zeitwerte in €/h in Abhängigkeit der Reiseweite (400 km) aus der BVWP-Zeitwertstudie:
 - MIV: 16,03
 - ÖV: 12,28
- Keine Werte für den Flugverkehr mit MNL ermittelbar (insignifikante Zeit- oder Kostenparameter)



4. DEMO: ~7.000 Verkehrszellen, 1 Mio. Strecken, alle Verkehrssegmente, alle Verkehrsmittel



4. Möglichkeiten zur Implementierung in ein Verkehrsnachfragemodell (DEMO)

- **unmittelbare Implementierung** der geschätzten Nutzenfunktionen
 - erfordert Neukalibrierung für Istzustand
 - neue Verkehrsoptionen unmittelbar modelliert
 - geringerer Differenzierungsgrad
- **Integration** der neuen Angebote in Nachfragemodell **über Analogieschlüsse**
 - Nutzung der im Nachfragemodell hinterlegten Nutzenfunktionen
 - Übertragung der Variablen und Parameter vergleichbarer Verkehrsmittel auf neue Angebote
 - Anpassung der Zeitparameter für neue Angebote
- **mittelbare Integration** der neuen Angebote im Nachfragemodell
 - Anpassung der Parameter im Nachfragemodell bereits implementierter Alternativen



4. DEMO - Implementierung

- in DEMO hinterlegtes Verkehrsmittelwahlmodell basiert auf Nutzenfunktion der BVWP-Zeitwertstudie
- differenziert nach den Reisezwecken Arbeit, Dienstreisen, Urlaub, Sonstige
- (Teil-)Nutzenfunktion je Zweck:

$$U_k = ASC_k + (\beta_{cost} cost_k + \alpha_{cost} \ln(cost_k + \gamma_{cost})) + \beta_{ivt,k} ivt_k + \alpha_{ivt,k} \ln(ivt_k + \gamma_{ivt,k}) + \dots$$

- Definition eines „mittleren Pkw“ durch **Anpassung des „Fahrzeitnutzens“**
 - Reduktion des VTTS beim autonomen Fahren um **26%**
 - **36%** des Pkw-Bestandes sind autonom fahrende Pkw

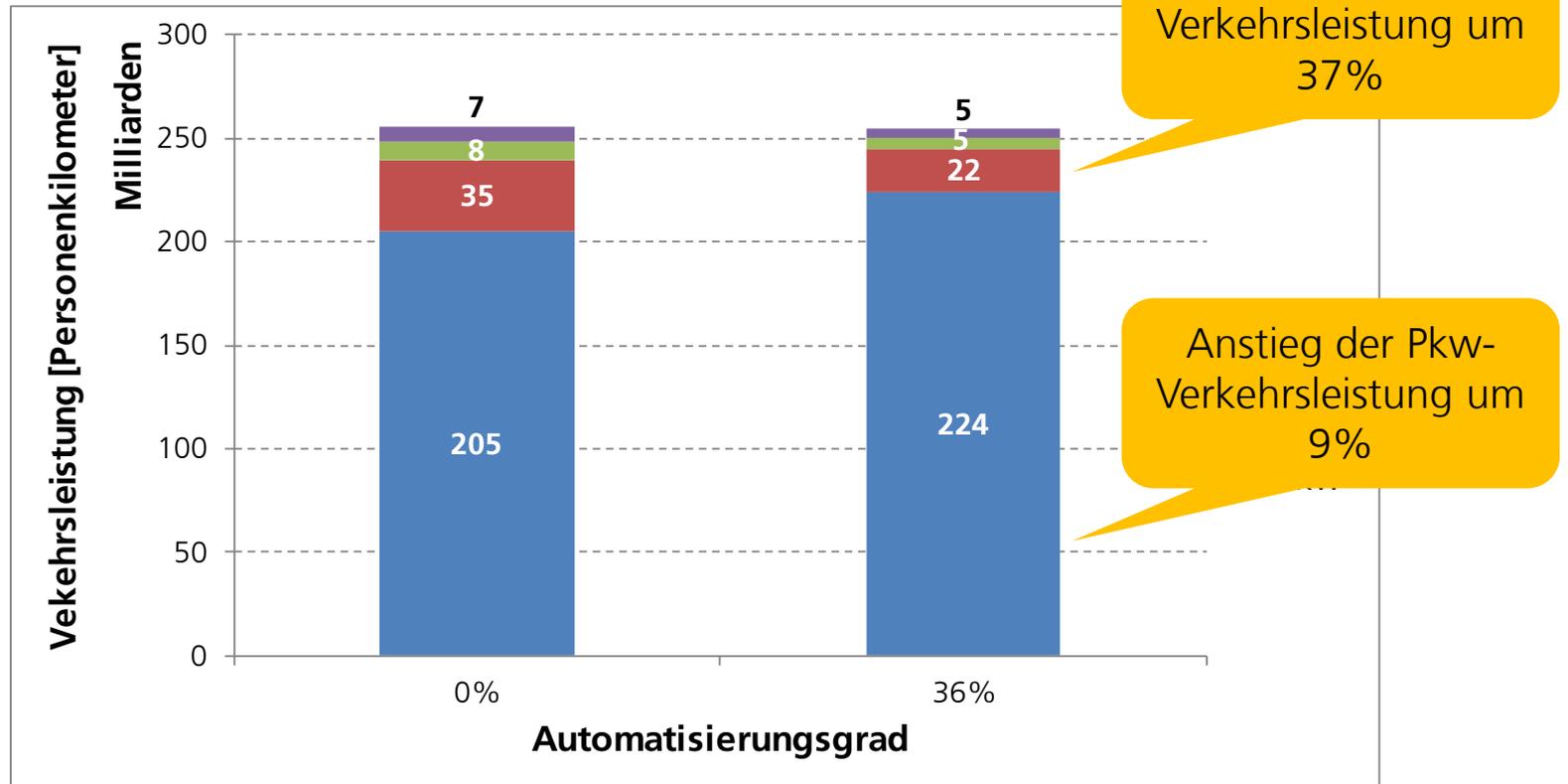
ASC	Konstante
α, β, γ	Parameter
cost	Reisekosten
ivt	Fahrzeit

→ Multiplikation des Fahrzeitnutzens mit Faktor 0,9



4. DEMO - Ergebnisse

- erste Ergebnisse eines autonomen Fernverkehrsszenarios
- Strukturdaten für das Jahr 2010



5. Fazit und Ausblick

- Das **autonome Fahren reduziert den VTTS** im Fernverkehr
- Die **Fahrzeit** beim **autonomen Fahren** wird **wie** in der **Bahn** wahrgenommen (Anmerkung: bei der Autonutzung keine/kaum Warte-, Zu- und Abgangszeiten wie bei der Bahn)
- Steigerung der Attraktivität des MIV im Fernverkehr hat eine erhebliche **Erhöhung der Verkehrsleistung** beim MIV zur Folge
- Erhebliche **Rückgänge** der Verkehrsleistung bei **Bus** und **Bahn**

Weitere Analyseschritte: Implementierung differenziert nach konventionellen und autonomen Fahrzeugen, Differenzierung nach Wegezwecken, weitere Schätzungen (Mixed Logit)



Bisherige Publikationen

- 1) Trommer, S., Kolarova, V., Fraedrich, E., Kröger, L., Kickhöfer, B., Kuhnimhof, T., Lenz, B., Phleps, P. (2015). **Autonomous Driving - The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour**, Final Report
- 2) Kolarova, V., and Steck, F. (2018). **Estimating impact of autonomous driving on value of travel time savings for long-distance trips using revealed and stated preference methods**. In: 15th International conference on travel behavior research IATBR, 15.-20. Juli 2018, Santa Barbara, CA, USA



AUTONOMOUS DRIVING
The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour

Stefan Trommer, Viktoriya Kolarova, Eva Fraedrich, Lars Kröger,
Benjamin Kickhöfer, Tobias Kuhnimhof, Barbara Lenz, Peter Phleps

