

# Validierung der deutschen Fassung der „Pedestrian Behavior Scale“: Ein Fragebogen zur Erfassung des Verhaltens von Fußgänger:innen bei der Straßenquerung

Philip Joisten, Lukas Bier und Bettina Abendroth

Zur Erfassung des Verhaltens von Fußgänger:innen bei der Straßenquerung wurde im Jahr 2013 die „Pedestrian Behavior Scale“ (PBS) entwickelt, die auf fünf unabhängigen Faktoren des Verhaltens basiert (Verstöße, Fehler, Versehen, aggressives Verhalten und positives Verhalten). Die Validierung der PBS in verschiedenen Ländern zeigt keine studienübergreifenden validen und reliablen Eigenschaften des Befragungsinstruments hinsichtlich der voneinander unabhängigen Verhaltensweisen von Fußgänger:innen im Straßenverkehr. Deshalb hat dieser Beitrag zum Ziel, das Messinstrument für eine deutsche Population zu validieren und eine deutsche Kurzversion der Originalskala abzuleiten. Zur Erreichung dieses Ziels wurde die Skala ins Deutsche übersetzt, eine Onlinebefragung durchgeführt (N = 480) und die Konstruktvalidität, die konvergente und diskriminante Validität sowie die kongenerische Reliabilität mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse geprüft und eingeschätzt. Die Modellschätzung legt ein 3-Faktoren-Modell in der deutschen Kurzversion offen, die sehr gute Messeigenschaften aufweist. Mit der deutschen Kurzversion steht ein effizientes Instrument zur Verfügung, um die selbstberichteten Verhaltensweisen von Fußgänger:innen bei der Straßenquerung zu erfassen und zu klassifizieren.

## A Validation Study of the "Pedestrian Behavior Scale" in Germany

In 2013, the Pedestrian Behavior Scale (PBS) was developed to assess pedestrian crossing behaviour based on five independent behavioural factors (violations, errors, lapses, aggressive and positive behaviour). The application of the PBS in different cultural contexts does not show consistent valid and reliable properties of the survey instrument. Therefore, this paper aims to validate the measurement instrument for a German population and to derive a German short version of the original scale. To achieve this goal, the scale was translated into German, an online survey was conducted (N = 480) and construct, convergent and discriminant validity as well as congeneric reliability were tested and estimated by means of a confirmatory factor analysis. The model estimation reveals a 3-factor model of the German short version, with very good measurement properties. With the German short version, an efficient instrument is available to measure and classify the reported behaviour of pedestrians when crossing the street.

## 1 Einleitung

In Deutschland waren im Jahr 2019 insgesamt 32.602 Fußgänger:innen an Unfällen mit Personenschaden beteiligt (Statistisches Bundesamt 2020). Davon verunglückten 417 Fußgänger:innen tödlich im Straßenverkehr. Unter allen Verkehrsteilnehmenden sind Fußgänger:innen die flexibelsten, die ihre Verhaltensweisen schnell auf eine Situation anpassen können (Deb, Strawderman et al. 2017). Gleichzeitig geht diese Flexibilität mit einer Unberechenbarkeit einher, die schwer durch Regularien zu beherrschen ist (Klebsberg 1982).

Die Ursachen der Unfälle mit einer Beteiligung von Fußgänger:innen gehen u. a. auf falsches Verhalten von Fußgänger:innen zurück. In 13.065 Fällen wurde in Deutschland im Jahr 2019 ein Fehlverhalten der beteiligten Fußgänger:innen (personenbezo-

gene Unfallursache) polizeilich festgestellt (Statistisches Bundesamt 2020). Hauptsächlich dafür ist das falsche Verhalten beim Überqueren der Fahrbahn, z. B. durch Nichtbeachtung des Fahrzeugverkehrs.

Es bleibt eine Herausforderung, die Verhaltensweisen von Fußgänger:innen zu verstehen, um angemessene Maßnahmen zur Reduktion der Unfallzahlen von Fußgänger:innen zu bewirken. Die Klärung der „Dimensionalitätsfrage“ des Verhaltens von Fußgänger:innen trägt dazu bei, diejenigen Verhaltensdimensionen zu unterscheiden, die bei der Straßenüberquerung zu Fuß relativ unabhängig voneinander sind (Klebsberg 1982). Diesbezügliche Analysen zum Verhalten von Fußgänger:innen können dazu beitragen, auf bestimmte Verhaltensweisen gezielt ausgerichtete Präventionsstrategien zu entwickeln und die Unfallzahlen im Straßenverkehr weiter zu reduzieren.

### 1.1 Verhaltenskategorien von Fußgänger:innen

Seit den 1950er-Jahren wird das Verhalten von Fußgänger:innen im Straßenverkehr erforscht (Biehl 1977; Haperen, Riaz et al. 2019; Rasouli, Tsotsos 2019; Schüller, Nie-stegge et al. 2020). Ein Fokus der Forschung

#### ■ Dokumentation

Joisten, P.; Bier, L.; Abendroth, B.: Validierung der deutschen Fassung der „Pedestrian Behavior Scale“: Ein Fragebogen zur Erfassung des Verhaltens von Fußgänger:innen bei der Straßenquerung, Z. f. Verkehrssicherheit 68, (2022) Nr. 1, S. 13

#### ■ Schlagwörter

Fußgänger, Verhalten, Fragebogen, Onlinebefragung, Validierung

**Tabelle 1:**  
Definition der  
Kategorien des  
Verhaltens von  
Fußgänger:innen  
(entnommen aus  
Deb, Strawderman  
et al. 2017;  
Übersetzung  
durch die Auto-  
ren)

Verhaltens- kategorie	Definition	Beispiel	Referenz
Verstoß (violation)	Bewusstes Abweichen von sozialen Regeln ohne die Absicht, Verletzungen oder Schäden zu verursachen	Den nahe gelegenen Fußgängerüberweg nicht zum Überqueren benutzen	Reason, Manstead et al. (1990)
Fehler (error)	Mangel an Wissen über Verkehrsregeln und/oder über die für die Entscheidungsfindung maßgeblichen Informationen	Diagonal die Straße überqueren, um Zeit zu sparen	Rasmussen (1980); Reason, Manstead et al. (1990)
Versehen (lapse)	Unbeabsichtigtes Abweichen von Praktiken im Zusammenhang mit einem Mangel an Konzentration auf die Aufgabe; Vergesslichkeit	Vergessen, sich vor dem Überqueren nach Fahrzeugen umzusehen	Reason, Manstead et al. (1990)
Aggressives Verhalten (aggressive behaviour)	Die Neigung, das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer:innen falsch zu interpretieren, was zu der Absicht führt, andere Verkehrsteilnehmer:innen zu belästigen oder zu gefährden	Sich über eine/n andere/n Verkehrsteilnehmer:in ärgern und ihn/sie beleidigen	Lawton, Parker et al. (1997); Baxter, Macrae et al. (1990)
Positives Verhalten (positive behaviour)	Verhalten, das darauf abzielt, Verstöße oder Fehler zu vermeiden und/oder die Einhaltung von Verkehrsregeln zu gewährleisten	Die Straße nicht diagonal überqueren oder andere Verkehrsteilnehmer:innen zuerst passieren lassen	Özkan, Lajunen (2005)

liegt auf dem Verhalten von Fußgänger:innen bei der Straßenüberquerung (Rasouli, Tsotsos 2019), beispielsweise unter dem Aspekt der Lückenakzeptanz (bspw. Petzoldt 2014) oder der Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmenden (bspw. Färber 2016; Stanciu, Eby 2018). Dabei werden auch Fragebögen eingesetzt, die selbstberichtete Verhaltensweisen von Fußgänger:innen erfassen (Elliot, Baughan 2004; Granié, Pannetier et al. 2013). Dieser Ansatz ermöglicht es, das Verhalten von Fußgänger:innen in Verhaltenskategorien zu klassifizieren.

Folgt man Reason, Manstead et al. (1990) und Granié, Pannetier et al. (2013), lassen sich Verhaltensweisen im Straßenverkehr in (unbeabsichtigte) Irrtümer und (beabsichtigte) Verstöße klassifizieren. Während Irrtümer auf ein Versagen von kognitiven Fähigkeiten zurückgehen und durch Aufklärung und Training korrigiert werden können, sind Verstöße mit motivationalen Faktoren und der individuellen Einstellung verbunden. Kennzeichnend für Verstöße ist „die beachtete (...) Abweichung von Praktiken, die als gesellschaftlich relevant zur Aufrechterhaltung des sicheren Betriebs eines potentiell gefährlichen Systems“ (Reason, Manstead et al. 1990, S. 1316) angesehen werden. Eine weitere Differenzierung von Irrtümern erfolgt in Versehen und Fehler. Versehen resultieren aus Handlungen, die der eigentlichen Absicht eines Individuums entgegenstehen. Vergisst ein/e Fußgänger:in, sich vor der Überquerung einer Straße nach Fahrzeugen umzusehen, wird dies der Verhaltenskategorie der Versehen zugeordnet

(Deb, Strawderman et al. 2017). Fehler hingegen beziehen sich auf ein Versagen in der Intention, sodass der Situation nicht angemessene Handlungen gewählt und ausgeführt werden.

Die Unterscheidung von Verhaltenskategorien in Verstöße, Fehler und Versehen bildet die Basis der Entwicklung des Driver Behaviour Questionnaire (DBQ; Reason, Manstead et al. 1990). Auch im Kontext des Zufußgehens im Straßenverkehr wurde bereits auf diese Verhaltenskategorien zurückgegriffen (Moyano Díaz 2002). Granié, Pannetier et al. (2013) ergänzten diese durch die Kategorien des aggressiven Verhaltens (zurückgehend auf Lawton, Parker et al. 1997) und des positiven Verhaltens (zurückgehend auf Özkan, Lajunen 2005) beim Zufußgehen im Straßenverkehr. Diese Kategorisierung nach Granié, Pannetier et al. (2013, s. Tabelle 1) bildet den Ausgangspunkt verschiedener Studien, die das Verhalten von Fußgänger:innen mittels Fragebögen untersuchen.

## 1.2 Fragebögen zur Erfassung des Verhaltens von Fußgänger:innen

Ausgehend vom DBQ (Reason, Manstead et al. 1990) entwickelte und validierte Moyano Díaz (2002) einen Fragebogen in Chile, der das Verhalten von Fußgänger:innen in Verstöße, Fehler und Versehen kategorisiert. Für jugendliche Fußgänger:innen und Radfahrer:innen (Altersgruppe: 11 bis 16 Jahre) entwickelten Elliot und Baughan (2004) den Adolescent Road User Behaviour Questionnaire (ARBQ).

Mit dem Ziel, die vorangegangene Forschung hinsichtlich Verhaltensweisen von Fußgänger:innen im Straßenverkehr zu vereinen und alle Altersgruppen einzubeziehen, entwickelten und validierten Granié, Pannetier et al. (2013) die Pedestrian Behavior Scale (PBS) mittels einer Befragung von 343 Personen in Frankreich. Die PBS beinhaltet in ihrer Langversion 47 Indikatorvariablen, die auf fünf (theoretischen) Konstrukten basiert: Verstöße, Fehler, Versehen, aggressives Verhalten und positives Verhalten (Tabelle 1). Die Ergebnisse einer explorativen Faktorenanalyse zeigen eine Struktur von vier Faktoren, die als Verletzungen (eng Transgression; Verstöße und Fehler), Versehen, aggressives Verhalten sowie positives Verhalten bezeichnet werden. Aus dieser Struktur wurde eine Kurzversion des Fragebogens abgeleitet, die aus den insgesamt 2 Indikatorvariablen mit den höchsten Faktorladungen auf den vier Faktoren besteht. Diese Struktur weist eine hohe interne Reliabilität auf (Granié, Pannetier et al. 2013). Die PBS wurde in verschiedene Sprachen übersetzt und in unterschiedlichen Ländern verwendet (für einen Überblick siehe McIlroy, Plant et al. 2019). Deb, Strawderman et al. (2017) validierten in den USA eine ergänzte Langversion der PBS mit 50 Indikatorvariablen mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse (KFA). Die Analyse legte ein 5-Faktoren-Modell (Verstöße, Fehler, Versehen, aggressives Verhalten und positives Verhalten) offen, die als Pedestrian Behavior Questionnaire (PBQ) bezeichnet wird (Deb, Strawderman et al. 2017).



Geschlecht	Altersgruppe in Jahren				Total
	18–30	31–45	46–59	60 und älter	
Weiblich	115 (59,9 %)	52 (54,7 %)	46 (42,2 %)	37 (44,0 %)	250 (52,1 %)
Männlich	75 (39,1 %)	42 (44,2 %)	63 (57,8 %)	45 (53,6 %)	225 (46,9 %)
Divers	2 (1,0 %)	1 (1,1 %)	0	2 (2,4 %)	5 (1,0 %)
Total	192	95	109	84	480

**Tabelle 2:** Stichprobengröße nach Geschlecht für jede Altersgruppe. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Spaltensummen („Total“)

### 1.3 Ziele der Studie

Die in Frankreich, USA und weiteren Ländern durchgeführten Validierungsstudien erreichen keinen Konsens hinsichtlich der Anzahl unabhängiger Faktoren (Dimensionalität) der PBS. Insbesondere aufgrund der nicht hinreichenden Konsistenz in der Dimensionalität der PBS innerhalb vergleichbarer kultureller Kontexte (z. B. innerhalb von westlichen Ländern) bleibt die Frage nach der Dimensionalität des Messinstruments bisher offen. Deshalb hat diese Studie zum Ziel, die von Deb, Strawderman et al. (2017) weiterentwickelte Version der PBS hinsichtlich der Dimensionalität des Messinstruments in Deutschland zu untersuchen. Im Speziellen liegen dieser Untersuchung folgende Ziele zugrunde:

- (1) Die Entwicklung der deutschen Version des PBS, die zur Erforschung des Verhaltens von Fußgänger:innen in Deutschland genutzt werden kann.
- (2) Die Ableitung einer Kurzversion des PBS in Deutschland, die einen effizienten Einsatz des Instruments in Forschung und Anwendung ermöglicht.

Zur Erreichung dieser Ziele wurde eine Befragung von Fußgänger:innen mittels Fragebogen in Deutschland durchgeführt. Um die Eignung der in der Literatur identifizierten Modellstrukturen für eine deutsche Population zu beurteilen, wurde eine KFA durchgeführt.

## 2 Methodik

### 2.1 Erhebungsinstrument

Dieser Untersuchung liegt die weiterentwickelte Version der PBS von Deb, Strawderman et al. (2017) zugrunde. Das Erhebungsinstrument besteht aus zwei Teilen: den Fragen zu soziodemografischen Informationen (9 Fragen) und den Fragen zum Verhalten als Fußgänger:in bei der Straßenquerung (50 Fragen). Als soziodemografische Informationen werden Geschlecht, Alter, formale Bil-

dung, Wohnort (2 Fragen), Führerscheinbesitz (2 Fragen) und Teilhabe am Straßenverkehr als Fußgänger:in erhoben (2 Fragen). Die verhaltensbezogenen Fragen werden in fünf Faktoren eingeteilt: Verstöße (11 Indikatorvariablen), Fehler (12 Indikatorvariablen), Versehen (8 Indikatorvariablen), aggressives Verhalten (6 Indikatorvariablen) und positives Verhalten (6 Indikatorvariablen). Zusätzlich zu diesen 43 Indikatorvariablen enthält der Fragebogen Filterfragen (7 Fragen), die der Analyse der Konsistenz der Beantwortung durch die Teilnehmenden dienen. Die Beantwortung der Indikatorvariablen erfolgt auf einer 6-stufigen Likert-Skala (1 – nie, 2 – sehr selten, 3 – selten, 4 – häufig, 5 – sehr häufig, 6 – immer).

Die Übersetzung des Fragebogens erfolgte mittels der Methode der Rückübersetzung (Brislin 1970; McIlroy, Plant et al. 2019). Die initial vom Englischen ins Deutsche übersetzte Version wurde von einem englischen Muttersprachler zurück ins Englische übersetzt. Die beiden englischen Versionen wurden anschließend verglichen und Unstimmigkeiten in einem Workshopformat mit drei Wissenschaftler:innen diskutiert. Die so überarbeitete deutsche Version des Fragebogens wurde in einem Pretest mit sechs Teilnehmer:innen auf die Verständlichkeit der Fragen überprüft.

### 2.2 Durchführung der Befragung

Die Verteilung des Onlinefragebogens erfolgte über einen Panelanbieter, Onlineforen und persönliche Ansprache. Zur Stichprobenziehung wurden die Kriterien Wohnort, Alter (in vier Gruppen) und Geschlecht ausgewählt. Ziel war es, eine annähernde Gleichverteilung nach weiblichen und männlichen Teilnehmenden sowie mindestens 50 Fälle je Altersgruppe zu erreichen. Zusätzlich wurden nur Teilnehmende mit einem Wohnort in Deutschland berücksichtigt. Insgesamt wurden 554 Teilnehmende akquiriert. Die durchschnittliche Bearbeitungsdauer des Fragebogens betrug 9,2 Minuten.

### 2.3 Datenaufbereitung

Zur Sicherstellung der Qualität der Daten wurde der Datensatz aufbereitet und 74 Teilnehmende aus der weiteren Analyse ausgeschlossen. Die Ausschlussgründe waren eine schnelle Antwortzeit (< 4 Minuten), ein konstantes Antwortmuster, kein Wohnsitz in Deutschland, Teilnehmende jünger als 18 Jahre zum Zeitpunkt der Befragung sowie die Beantwortung der Filterfrage „Ich gehe draußen zu Fuß“ mit der Antwortoption „Nie“. Die verbleibenden Daten von 480 Teilnehmenden wurden in die weitere Analyse eingeschlossen.

In Anlehnung an das Vorgehen von Antic, Pesic et al. (2016) dienten die beiden Indikatorvariablen „Ich gehe auf Radwegen, wenn ich auf dem Bürgersteig laufen könnte“ (E2) und „Ich gehe auf dem Fahrradweg, wenn ich auf dem Bürgersteig gehen kann“ (E11) zur Überprüfung der Konsistenz der Antworten. Beide Indikatorvariablen korrelierten stark miteinander ( $r_s = 0,665$ ;  $p < 0,001$ ), was eine hinnehmbare Konsistenz der Antworten bestätigte. Die Indikatorvariable E2 („Ich gehe auf Radwegen, wenn ich auf dem Bürgersteig laufen könnte“) wurde für die weitere statistische Analyse ausgeschlossen.

### 2.4 Untersuchte Modelle und Modellmodifikation

Die untersuchten Modelle leiten sich aus dem bisherigen Stand der Forschung ab (s. Abschnitt 1.2). Eingeschlossen wurden sowohl das 4-Faktoren-Modell von Granié, Pannetier et al. (2013) als auch das 5-Faktoren-Modell von Deb, Strawderman et al. (2017). In Anlehnung an Deb, Strawderman et al. (2017) wurden die Modelle zunächst auf Grundlage der ins Deutsche übersetzten PBS ohne Filterfragen (43 Indikatorvariablen) geschätzt. Daraus wurde eine Kurzversion abgeleitet, die jeweils aus den vier Indikatorvariablen mit der höchsten Faktorladung je Faktor besteht. Aufgrund geringer Faktorladungen (< 0,3) wurden die Indikatorvariablen V10, E8 und P6 (Tabelle 3) aus

Indikatorvariablen	Mdn	Verteilung der Antworten (in %)					
		1	2	3	4	5	6
V1: Ich überquere die Straße, obwohl die Fußgängerampel rot ist.	2	20,8	35,4	22,9	15,2	5,4	0,2
V2: Ich gehe auf dem Bordstein.	3	23,8	17,5	13,3	9,0	22,3	14,2
V3: Ich vermeide die Benutzung von Fußgängerbrücken oder Unterführungen aus Gründen der Bequemlichkeit, auch wenn sich eine in der Nähe befindet.	2	26,3	36,9	24,2	9,0	3,1	0,6
V4: Ich überquere, während ich auf meinem Handy spreche oder Musik auf meinen Kopfhörern höre.	2	42,5	15,0	11,3	13,5	15,2	2,5
V5: Ich überquere, obwohl die Ampel für Fahrzeuge noch grün ist.	2	34,8	32,3	18,1	11,9	2,9	0
V6: Ich überquere diagonal, um Zeit zu sparen.	3	12,3	24,0	22,1	25,6	14,2	1,9
V7: Ich nehme Wege, die Fußgängern verboten sind, um Zeit zu sparen.	2	31,5	37,5	20,6	7,3	2,9	0,2
V8: Ich fange an, über die Straße zu gehen, aber ich muss den Rest des Weges rennen, um herannahenden Fahrzeugen aus dem Weg zu gehen.	2	21,0	38,5	25,2	12,5	2,5	0,2
V9: Ich gehe bewusst auf der Fahrbahn, wenn ich auf dem Bürgersteig oder am Fahrbahnrand gehen könnte.	1	71,5	20,4	5,8	1,5	0,8	0
V10: Auf einer Straße mit Gegenverkehr und ohne Mittelstreifen überquere ich den ersten Teil und warte in der Mitte der Fahrbahn, um den zweiten Teil zu überqueren.	2	26,5	29,6	19,2	12,7	7,3	4,8
V11: Ich überquere die Straße außerhalb des Fußgängerüberwegs, selbst wenn einer (Zebrastreifen) weniger als 50 Meter entfernt ist.	3	12,5	31,0	26,3	24,0	5,6	0,6
E1: Ich beobachte die Ampel für Fahrzeuge und beginne die Überquerung, sobald sie rot wird.	3	24,8	25,0	20,4	20,0	8,1	1,7
E2: Ich gehe auf Radwegen, wenn ich auf dem Bürgersteig laufen könnte.	2	47,3	38,5	10,4	2,9	0,6	0,2
E3: Ich überquere die Straße zwischen geparkten Autos.	4	2,3	19,0	27,9	34,8	14,6	1,5
E4: Ich gehe auf der Fahrbahn, um neben meinen Freunden auf dem Bürgersteig zu sein oder jemanden zu überholen, der langsamer geht als ich.	2	24,0	32,7	24,0	14,2	4,8	0,4
E5: Ich überquere zwischen Fahrzeugen, die auf der Fahrbahn im Stau stehen geblieben sind.	3	9,8	21,5	31,9	25,8	9,4	1,7
E6: Ich renne über die Straße, ohne auf den Verkehr zu achten, weil ich in Eile bin.	1	79,2	14,4	4,6	1,7	0	0,2
E7: Ich überquere die Straße, obwohl Hindernisse (geparkte Fahrzeuge, Gebäude, Mülleimer etc.) die Sichtbarkeit beeinträchtigen.	3	11,3	27,9	32,3	22,9	5,0	0,6
E8: Wenn ein Auto den Zebrastreifen blockiert, gehe ich hinter dem Auto über die Straße.	4	9,4	13,8	22,7	30,4	15,4	8,3
E9: Wenn ein Auto den Zebrastreifen blockiert, gehe ich vor dem Auto über die Straße.	3	14,4	19,6	21,3	26,5	13,5	4,8
E10: Ich überquere, auch wenn Fahrzeuge kommen, weil ich denke, dass sie für mich anhalten werden.	1	56,9	23,3	14,2	4,8	0,8	0
E11: Ich gehe auf dem Fahrradweg, wenn ich auf dem Bürgersteig gehen kann.	2	48,5	36,9	11,5	2,7	0,4	0
E12: Ich beginne einen Fußgängerüberweg zu überqueren und überquere die Straße letztendlich diagonal, um Zeit zu sparen.	3	18,1	24,2	25,2	21,0	9,8	1,7
L1: Ich komme vom Bürgersteig ab, weil ich mich in meinen Gedanken verliere.	1	72,7	21,0	5,2	0,8	0,2	0
L2: Ich überquere ohne hinzuschauen, wenn ich anderen Leuten folge, die überqueren.	2	48,8	28,5	15,4	5,8	1,5	0
L3: Ich stelle fest, dass ich mich nicht an die Route erinnere, die ich gerade genommen habe.	2	47,9	30,8	12,5	5,4	1,9	1,5
L4: Ich überquere ohne hinzuschauen, weil ich mit jemandem spreche.	1	65,8	27,5	4,8	1,9	0	0
L5: Ich vergesse, vor der Überquerung auf die Straße zu schauen, weil ich an etwas anderes denke.	1	65,8	25,2	7,9	0,8	0,2	0
L6: Ich merke, dass ich mehrere Straßen und Kreuzungen überquert habe, ohne auf den Verkehr zu achten.	1	69,6	21,0	6,9	1,3	0,8	0,4
L7: Ich bin mit einem Fußgänger oder einem Hindernis zusammengestoßen, weil ich nicht aufmerksam war.	1	56,0	34,2	7,5	1,0	1,0	0,2
L8: Ich vergesse zu schauen, bevor ich eine Straße überquere, weil ich zu jemandem auf dem Bürgersteig auf der anderen Seite möchte.	1	70,0	22,7	5,0	2,1	0,2	0
A1: Ich gehe auf eine Art und Weise, die andere Fußgänger zwingt, mich durchzulassen.	2	37,9	30,4	20,6	8,8	1,7	0,6
A2: Ich überquere sehr langsam, um einen Fahrer zu ärgern.	1	76,5	18,1	4,2	1,3	0	0
A3: Ich werde wütend auf einen anderen Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, Fahrer, Radfahrer etc.) und ich mache eine Geste mit der Hand.	2	41,9	30,0	18,8	5,2	3,8	0,4
A4: Ich werde wütend auf einen anderen Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, Fahrer, Radfahrer etc.) und ich schreie ihn an.	1	64,4	25,6	6,5	2,3	1,0	0,2

Tabelle 3: PBS-Indikatorvariablen Langversion (Wie oft zeigen Sie als Fußgänger folgende Verhaltensweisen?). Median (Mdn) und Verteilung der Antworten (N = 480) von 1 („nie“) bis 6 („immer“). V: Verstöße (violation), E: Fehler (error), L: Versehen (lapses), A: aggressives Verhalten (aggressive behaviour), P: positives Verhalten (positive behaviour)



A5: Ich werde wütend auf einen anderen Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, Fahrer, Radfahrer etc.) und beleidige ihn.	1	60,2	25,4	7,9	4,8	1,3	0,4
A6: Ich bin wütend auf einen Fahrer geworden und habe sein Fahrzeug geschlagen.	1	92,5	6,0	1,0	0,2	0,2	0
P1: Ich danke einem Fahrer, der anhält, um mich überqueren zu lassen.	5	1,9	2,5	5,6	23,5	25,6	40,8
P2: Ich bleibe stehen, um andere Fußgänger vorbeilaufen zu lassen.	4	5,8	14,0	27,9	38,3	12,3	1,7
P3: Ich lasse ein Auto vorbeifahren, auch wenn ich Vorrang habe, wenn kein anderes Fahrzeug dahinter fährt.	4	5,0	12,3	29,8	36,5	14,2	2,3
P4: Ich gehe auf der rechten Seite des Bürgersteigs, um die Fußgänger, denen ich begegne, nicht zu stören.	4	2,9	4,6	12,9	35,2	31,7	12,7
P5: Wenn ich von anderen Fußgängern begleitet werde, gehe ich auf schmalen Gehwegen hintereinander, um die Fußgänger, die mir entgegenkommen, nicht zu stören.	4	2,9	6,0	12,1	32,9	30,4	15,6
P6: Auf einer Straße mit Gegenverkehr und mit Mittelstreifen überquere ich den ersten Teil und warte in der Mitte der Fahrbahn, um den zweiten Teil zu überqueren.	3	13,1	20,6	19,6	24,4	11,7	10,6

Tabelle 3: Fortsetzung

der weiteren Analyse der Modelle ausgeschlossen.

## 2.5 Statistische Analyse

Für eine KFA empfehlen Rhemtulla, Brosseau-Liard et al. (2012) bei der Nutzung von kategorialen Indikatorvariablen ab fünf Antwortkategorien die Verwendung der robusten Maximum-Likelihood (ML)-Schätzmethode, wenn die Indikatorvariablen nicht zu stark von der Normalverteilung abweichen (Gäde, Schermelleh-Engel et al. 2020). Indikatorvariablen mit einer Schiefe größer gleich zwei und einer Kurtosis größer gleich sieben sollten wegen der Verletzung der Normalverteilungsannahme bei einer KFA ausgeschlossen werden (Curran, West et al., 1996). Dies führte zum Ausschluss der Indikatorvariablen A6, E6 und L6.

Zur Modellevaluation wurden folgende inferenzstatistische und deskriptive Gütekriterien herangezogen (vgl. Gäde, Schermelleh-Engel et al. 2020; in Klammern ist der Cut-off-Wert eines guten/akzeptablen Modellfits für deskriptive Gütekriterien angegeben):

- Chi-Quadrat-Test und relativer Chi-Quadrat-Wert ( $\leq 2/\leq 3$ ),
- Comparative-Fit-Index (CFI,  $\geq 0,95/\geq 0,90$ ),
- Tucker-Lewis Index (TLI,  $\geq 0,95/\geq 0,90$  für heterogene Indikatorvariablen),
- Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA,  $\leq 0,05/\leq 0,08$ ) sowie
- Standardized Root Mean Square Residual (SRMR,  $\leq 0,05/\leq 0,10$ ).

Zum Vergleich der Modellstrukturen wurden das Akaike-Informationskriterium (AIC) und das Bayes'sche Informationskriterium (BIC)

verwendet (Gäde, Schermelleh-Engel et al. 2020). Im Einklang mit dem Vorgehen von McIlroy, Plant et al. (2019) wurden als Indikatoren für die Konstruktvalidität der latenten Variablen die Konvergenzvalidität und die kongenerische Reliabilität (engl. composite reliability) berechnet. Als Maß für die Konvergenzvalidität wurde die durchschnittlich erfasste Varianz (DEV) herangezogen. Zur Berechnung der kongenerischen Reliabilität wurde der McDonald's Omega-Koeffizient verwendet. Akzeptable Werte sind eine DEV größer 0,5 und ein Omega-Koeffizient größer 0,7 (Hair, Black et al. 2006). Diskriminante Validität zwischen Faktoren wurde angenommen, wenn das Quadrat der Korrelationen zwischen zwei Faktoren kleiner ist als die DEV dieser beiden Faktoren.

Die statistische Analyse der Daten wurde mit der Statistiksoftware R in der Version 4.0.4. durchgeführt. Zur Parameterschätzung und Modellevaluation wurde auf das R-Paket lavaan zurückgegriffen (Rosseel 2012).

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Teilnehmende

Die Verteilung der 480 Teilnehmenden nach Alter und Geschlecht ist in Tabelle 2 dargestellt. Während das Geschlecht nahezu gleich verteilt ist, verteilt sich das Alter linkssteil in vier Altersgruppen ( $\chi^2(3, n = 275) = 11,633$ ;  $p = 0,009$ ; Pearson-Chi-Quadrat-Test ohne Geschlecht „divers“). Der Wohnsitz aller Teilnehmenden ist Deutschland. Die Größe des Wohnortes verteilt sich wie folgt: 49,0 % leben in einem Ort mit mehr als 100.000 Einwohner:innen, 20,6 % leben in einem Ort zwischen 20.000 und 100.000 Einwohner

:innen und 30,4 % leben in einem Ort mit weniger als 20.000 Einwohner:innen.

92,3 % aller Teilnehmenden besitzen einen Pkw-Führerschein. Die mittlere Dauer des Führerscheinbesitzes beträgt 21,7 Jahre, bei einer Standardabweichung von 15,6 Jahren. Drei Teilnehmende (0,6 %) geben an, in den letzten fünf Jahren an einem Verkehrsunfall als Fußgänger:in beteiligt gewesen zu sein. Hinsichtlich der Aktivität als Fußgänger:in geben 33,8 % der Teilnehmenden an, an jedem Tag in der Woche als Fußgänger:in am Straßenverkehr teilzunehmen. 37,7 % nehmen an vier bis sechs Tagen in der Woche und 28,5 % nehmen an einem Tag bis drei Tagen in der Woche als Fußgänger:in am Straßenverkehr teil.

### 3.2 Deskriptive Analyse der Indikatorvariablen

Der Median und die Verteilung der Antworten für jede Indikatorvariable sind in Tabelle 3 sortiert nach den zugrunde liegenden Faktoren abgebildet. Am häufigsten berichtete Verhaltensweisen sind das positive Verhalten bei der Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmenden („Ich danke einem Fahrer, der anhält, um mich überqueren zu lassen“) und Verhaltensweisen, die einem Fehlverhalten bei der Straßenquerung zugeordnet sind („Ich überquere die Straße zwischen geparkten Autos“). Zu den Verhaltensweisen, die am seltensten berichtet wurden, zählen die Nichtbeachtung des Fahrzeugverkehrs bei der Straßenquerung (Indikatorvariablen des Faktors Fehler), aggressive Verhaltensweisen, Verstöße (insbesondere das Konfliktverhalten mit anderen Verkehrsteilnehmenden) und Versehen (bspw. das Vernachlässigen von absicherndem Verhalten durch Blicke vor der Straßenquerung).

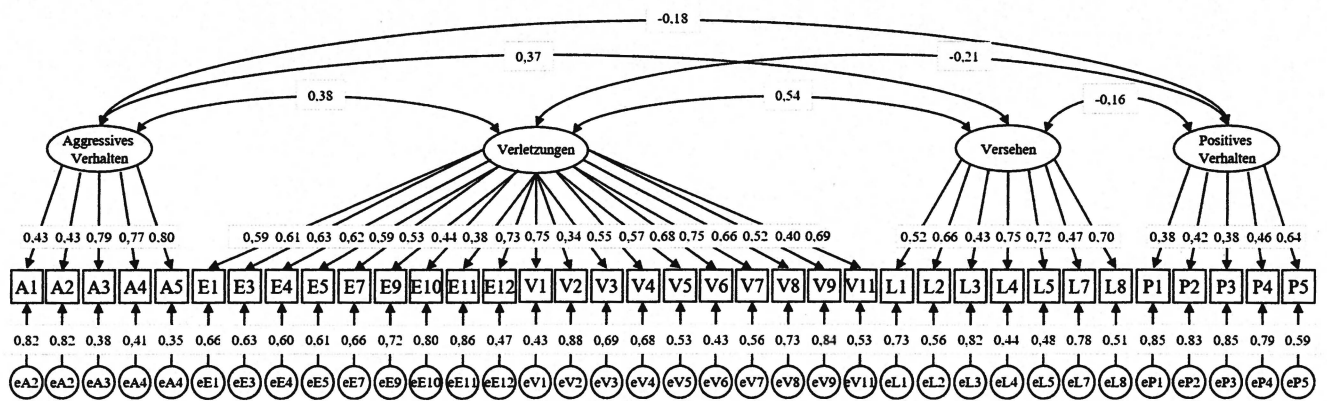


Bild 1: Standardisierte Lösung von Modell 1 (Granié, Pannetier et al. 2013); s. Tabelle 4 für die Gütekriterien der Modellschätzung

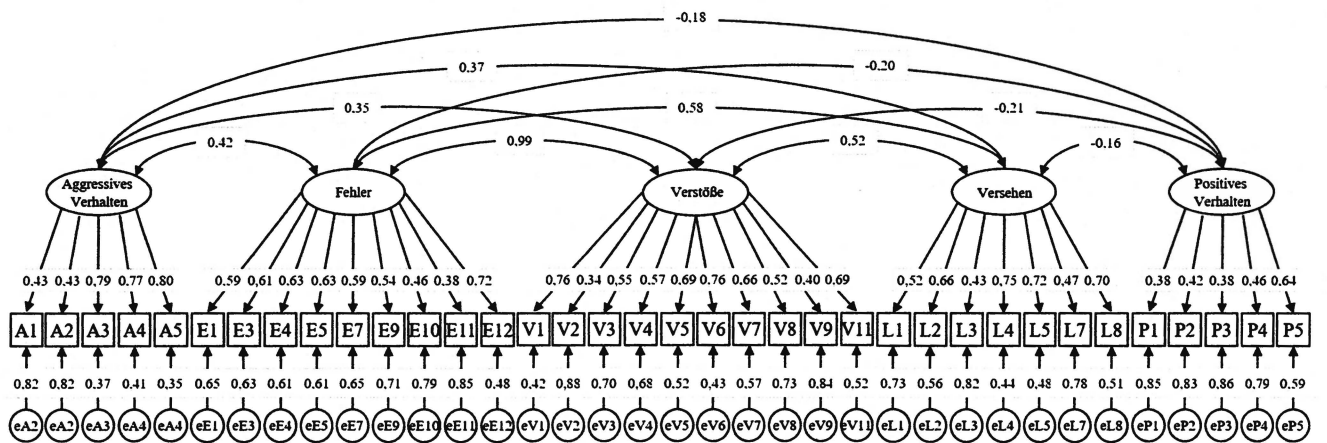


Bild 2: Standardisierte Lösung von Modell 2 (Deb, Strawderman et al. 2017); s. Tabelle 4 für die Gütekriterien der Modellschätzung

### 3.3 PBS Validierung

Eine KFA unter Verwendung der robusten ML-Schätzmethode zur Überprüfung der Faktorstruktur des Messinstruments wurde durchgeführt. Zwei Modelle wurden in die Analyse eingeschlossen (Modell 1: 4-Faktoren-Modell von Granié, Pannetier et al. (2013) und Modell 2: 5-Faktoren-Modell von Deb, Strawderman et al. (2017)).

Die standardisierten Lösungen von Modell 1 und Modell 2 basierend auf den eingeschlossenen 36 Indikatorvariablen sind in Bild 1 und Bild 2 dargestellt. Die zugehörigen deskriptiven und inferenzstatistischen Gütekriterien der Schätzungen von Modell 1 und Modell 2 sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Anhand der Gütekriterien zeigt sich ein akzeptabler Modellfit für beide Modelle. Die Informationskriterien, die zum Vergleich von Modell 1 (AIC = 45.351; BIC = 45.677) und Modell 2 (AIC = 45.346; BIC = 45.688) herangezogen wurden, unterscheiden sich nur geringfügig.

Zur weiteren Analyse der geschätzten Modelle wurden Reliabilitäts- und Validitätsmaße berechnet. Für beide Modelle sind die Indikatoren der Konstruktvalidität für den Faktor „Positives Verhalten“ in keinem akzeptablen Wertebereich (DEV = 0,222; Omega-Koeffizient = 0,571). In Modell 2 weist die hohe Korrelation zwischen den Faktoren „Fehler“ und „Verstöße“ auf Probleme beider Faktoren hinsichtlich der diskriminanten Validität hin. Für beide Faktoren ist die DEV in Modell 2 kleiner als die quadrierte Korrelation ( $r^2 = 0,98$ ;  $DEV_{\text{Fehler}} = 0,353$ ;  $DEV_{\text{Verstöße}} = 0,351$ ). Deshalb wird für die weitere Analyse Modell 1 mit vier Faktoren gewählt.

### 3.4 Ableitung einer Kurzversion der deutschen Fassung der PBS

Aus den Ergebnissen der KFA für Modell 1 wurde eine Kurzversion des Messinstruments abgeleitet. Der Faktor „Positives Verhalten“ wurde aufgrund eines nicht akzeptablen Indikators für die Konstruktvalidität nicht weiter betrachtet, d. h. der Faktor

und die zugehörigen Indikatorvariablen werden aus dem Messinstrument entfernt. Für die Ableitung der Kurzversion (Modell 3) wurden in einem ersten Schritt die Indikatorvariablen mit der jeweils höchsten Faktorladung je Faktor zusammengefasst. Aufgrund hoher Kovarianzen zwischen Residuen wurden in einem zweiten Schritt Indikatorvariablen ausgeschlossen und für die Indikatorvariablen mit der nächsthöheren Faktorladung in das Modell eingeschlossen (V7 statt V5 und E1 statt E12). Die Kurzversion besteht aus 16 Indikatorvariablen, die drei Faktoren zugeordnet werden (s. Tabelle 6 im Anhang).

Die standardisierte Lösung von Modell 3 in Bild 3 dargestellt. Die deskriptiven und inferenzstatistischen Gütekriterien zeigen einen guten Modellfit (Tabelle 4). Die Omega-Koeffizienten als Maß für die kongenerie Reliabilität sowie die DEV als Maß für die Konvergenzvalidität sind in Tabelle 5 angegeben. Die Werte sind für die Faktoren „Versehen“ und „Aggressives Verhalten“

	$\chi^2$ (p-Wert)	df	$\chi^2$ / df	CFI	TLI	RMSEA (p-Wert)	SRMR	AIC	BIC
Modell 1: Vier Faktoren (Granić, Panetier et al. 2013)	1315,91 ( $< ,001$ )	588	2,238	0,856	0,846	0,054 (0,351)	0,068	45.350,9	45.676,5
Modell 2: Fünf Faktoren (Deb, Strawderman et al. 2017)	1304,31 ( $< ,001$ )	584	2,233	0,858	0,847	0,053 (0,368)	0,067	45.346,1	45.688,3
Modell 3: Drei Faktoren (Kurzversion, s. Abschnitt 3.4)	203,61 ( $< ,001$ )	101	2,016	0,954	0,945	0,050 (0,776)	0,057	-	-

Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse der KFA (Werte mit robuster Standardfehlerschätzung nach Yuan-Bentler-Korrektur, s. Rosseel 2012)

einem akzeptablen Bereich. Obwohl der DEV-Wert für den Faktor „Verletzungen“ unter der Grenze von 0,5 liegt, können in bestimmten Fällen auch noch Werte größer als 0,25 akzeptiert werden (Hair, Black et al. 2006; McIlroy, Plant et al. 2019). Die Korrelationen zwischen den Faktoren sind alle kleiner als die Quadratwurzel der DEV, somit kann von diskriminanter Validität ausgegangen werden.

#### 4 Diskussion und Zusammenfassung

Dieser Beitrag hat zum Ziel, eine deutsche Version der „Pedestrian Behavior Scale“ (PBS) zu entwickeln und zu validieren und einen Fragebogen daraus abzuleiten, der zur Erforschung des Verhaltens von Fußgänger:innen bei der Straßenquerung in Deutschland genutzt werden kann. Dazu wurde basierend auf den Vorarbeiten von Granić, Pannetier et al. (2013) und Deb, Strawderman et al. (2017) die weiterentwickelte Version der PBS ins Deutsche übersetzt, eine Befragung durchgeführt und ein 4-Faktoren-Modell gegenüber einem 5-Faktoren-Modell von Verhaltenskategorien mittels einer KFA geprüft. Das Ergebnis der Prüfung zeigt, dass das 4-Faktoren-Modell, bestehend aus den Verhaltenskategorien „Verletzungen“, „Versehen“, „aggressives Verhalten“ und „positives Verhalten“, bessere Eigenschaften hinsichtlich einer diskriminanten Validität als das 5-Faktoren-Modell aufweist. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse der Befragung, dass am häufigsten positive Verhaltensweisen berichtet werden, aber auch Fehler bei der Straßenquerung, bspw. die Straßenquerung von Fußgänger:innen bei eingeschränkter Sichtbarkeit, häufig genannt werden.

Die postulierten Verhaltenskategorien (Verstöße, Fehler, Versehen, aggressives Verhalten, positives Verhalten), deren theoretischer Hin-

tergrund aus dem DBQ entstammt, können nicht auf das Verhalten bei der Straßenquerung von Fußgänger:innen in Deutschland übertragen werden. Insbesondere die Faktoren „Verstöße“, „Fehler“ und „positives Verhalten“ stellen sich als problematisch heraus. Verstöße und Fehler zeigen keine diskriminante Validität, d. h. die beiden Faktoren unterscheiden sich nicht hinreichend voneinander. Einen Erklärungsansatz für die fehlende diskriminante Validität liefern Granić, Varet et al. (2019), die bei Fußgänger:innen ein geringeres Bewusstsein für die Unterscheidung von formellen und sozialen Regeln im Straßenverkehr als bei Fahrenden feststellen. Infolge der fehlenden diskriminanten Validität dieser Faktoren wurden diese in der Skala „Verletzungen“ zusammengeführt (Granić, Pannetier et al. 2013). Ein alternatives Vorgehen zeigen McIlroy, Plant et al. (2019) auf, die den Faktor „Fehler“ für ihre weitere Untersuchung ausschließen. Dieser Ansatz wurde hier nicht weiterverfolgt, weil der vereinte Faktor „Verletzungen“ eine hinreichende Konstruktvalidität

Faktor	Omega-Koeffizient	DEV	1	2	3
1. Verletzungen	0,865	0,443	0,666		
2. Versehen	0,799	0,501	0,456	0,708	
3. Aggressives Verhalten	0,830	0,576	0,342	0,313	0,759

Tabelle 5: Omega-Koeffizient, DEV und Kovarianzen (alle  $p < 0,001$ ) für Modell 3 (auf der Diagonalen der Kovarianz-Matrix ist die Quadratwurzel der DEV abgebildet)

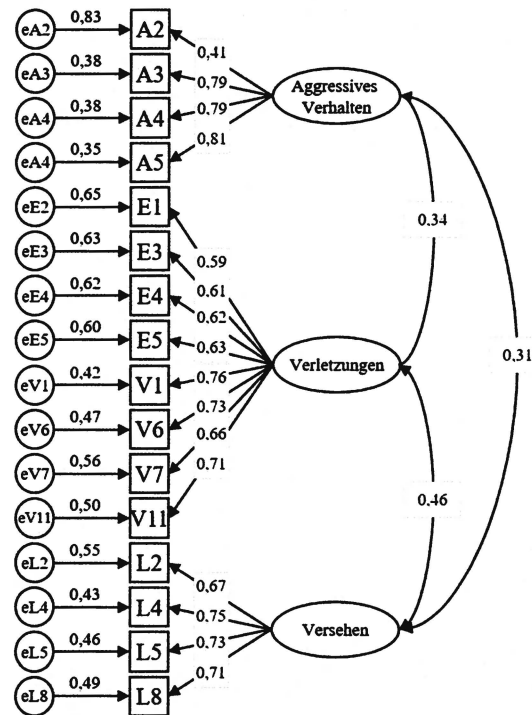


Bild 3: Standardisierte Lösung von Modell 3 (Kurzversion); s. Tabelle 4 für die Gütekriterien der Modellschätzung

aufweist. Der Faktor „positives Verhalten“ weist eine nicht akzeptable interne Konsistenz auf und wurde deshalb für die Ableitung der Kurzskala der deutschen Version der PBS ausgeschlossen. Dieser Befund steht im Einklang mit vielen Validierungsstudien der PBS in anderen Ländern (McIlroy, Plant et al. 2019) und lässt darauf schließen, dass die genutzten Indikatorvariablen nicht den

**Tabelle 6:** PBS-Indikatorvariablen der Kurzversion in der deutschen Fassung. Die Bezeichnung der Indikatorvariablen korrespondiert mit der Nummerierung in der Langversion

**Anhang: Kurzversion der PBS in der deutschen Fassung (19 Indikatorvariablen)**

**Verletzungen**

Ich überquere die Straße, obwohl die Fußgängerampel rot ist. (V1)

Ich überquere diagonal, um Zeit zu sparen. (V6)

Ich nehme Wege, die Fußgängern verboten sind, um Zeit zu sparen. (V7)

Ich überquere die Straße außerhalb des Fußgängerüberwegs, selbst wenn einer (Zebrastreifen) weniger als 50 Meter entfernt ist. (V11)

Ich beobachte die Ampel für Fahrzeuge und beginne die Überquerung, sobald sie rot wird. (E1)

Ich überquere die Straße zwischen geparkten Autos. (E3)

Ich gehe auf der Fahrbahn, um neben meinen Freunden auf dem Bürgersteig zu sein oder jemanden zu überholen, der langsamer geht als ich. (E4)

Ich überquere zwischen Fahrzeugen, die auf der Fahrbahn im Stau stehen geblieben sind. (E5)

**Versehen**

Ich überquere ohne hinzuschauen, wenn ich anderen Leuten folge, die überqueren. (L2)

Ich überquere ohne hinzuschauen, weil ich mit jemandem spreche. (L4)

Ich vergesse, vor der Überquerung auf die Straße zu schauen, weil ich an etwas Anderes denke. (L5)

Ich vergesse zu schauen, bevor ich eine Straße überquere, weil ich zu jemandem auf dem Bürgersteig auf der anderen Seite möchte. (L8)

**Aggressives Verhalten**

Ich überquere sehr langsam, um einen Fahrer zu ärgern. (A2)

Ich werde wütend auf einen anderen Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, Fahrer, Radfahrer, etc.) und ich mache eine Geste mit der Hand. (A3)

Ich werde wütend auf einen anderen Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, Fahrer, Radfahrer, etc.) und ich schreie ihn an. (A4)

Ich werde wütend auf einen anderen Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, Fahrer, Radfahrer, etc.) und beleidige ihn. (A5)

**Filterfragen (Granić, Pannetier et al. 2013)**

Ich gehe zum Spaß. (F1)

Ich nehme öffentliche Verkehrsmittel (Busse, U-Bahnen, Straßenbahnen, etc.). (F2)

Ich gehe zu Fuß, weil ich keine andere Wahl habe. (F3)

Kern des positiven Verhaltens von Fußgänger:innen bei der Straßenquerung treffen.

Auf Grundlage des Vergleichs der Modelle mittels KFA konnte eine Kurzversion der PBS abgeleitet werden, die einen guten Modellfit aufweist. Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen damit die Untersuchung von Nordfjaern, Simsekglu (2013) und Nordfjaern, Zahareh (2016), die ebenfalls ein 3-Faktoren-Modell des Verhaltens von Fußgänger:innen bei der Straßenquerung aufzeigen. Die Kurzversion stellt ein effizientes Befragungsinstrument bereit, um selbstberichtete Verhaltensweisen von Fußgänger:innen in Deutschland zu erfassen. Das Befragungsinstrument ermöglicht es, ein detailliertes Verständnis über die Verhaltenskategorien von Fußgänger:innen zu gewinnen, die Beziehungen zwischen den verschiedenen Verhaltenskategorien zu analysieren und mögliche Risikogruppen und Risikofaktoren von Fußgänger:innen im Straßenverkehr zu erforschen (Granić, Pannetier et al. 2013).

Trotz der linksschiefen Verteilung der Al-

tersstruktur konnte eine breite Altersverteilung in der Befragung erreicht werden. Eine Limitation bleibt, dass Kinder, Jugendliche und mobilitätseingeschränkte Personen nicht in die Studie einbezogen wurden. Vor dem Einsatz des Messinstruments mit diesen Personengruppen sollte eine Validierung des Fragebogens für diese Zielgruppen stattfinden.

Forschungsbedarf zeigt sich insbesondere hinsichtlich der Weiterentwicklung der Skalen des Fragebogens. Neben der Weiterentwicklung der Skalen zu bestehenden Faktoren (insb. der Skalen „Verletzungen“ und „positives Verhalten“) sollte die Einbeziehung weiterer Faktoren in den Fragebogen offen geprüft werden. Erste Ansätze diesbezüglich finden sich bereits in der Literatur, bspw. hinsichtlich der Nutzung von Technologien beim Gehen (bspw. von Smartphones; O’Hern, Stephens et al. 2020). Dabei sollte jedoch auch geprüft werden, ob die Integration in die vorhandene Klassifikation von Verhaltensweisen möglich und sinnvoll ist. Weiterer Analysebedarf besteht hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen den offen-

gelegten Verhaltensdimensionen und soziodemografischen Merkmalen, bspw. Alter oder des Geschlechts (Useche, Hezle, et al. 2021). Auch zur Analyse des Mobilitätsverhaltens von unterschiedlichen Personengruppen kann die PBS eingesetzt werden (Xu, Liu et al. 2018; McIlroy, Hill et al. 2020).

Anhand der Klassifikation von Verhaltensweisen von Fußgänger:innen bei der Straßenquerung können unterschiedliche, sich heitsrelevante Aspekte untersucht werden wie z. B. die Verhaltensweisen von Fußgänger:innen, die an Verkehrsunfällen beteiligt sind, wie die Verhaltensweisen von Fußgänger:innen psychologisch zu erklären sind oder wie diese im Kollektiv der Verkehrsteilnehmenden verteilt sind (Granić, Pannetier et al. 2013). Die deutsche Kurzversion der PBS ist ein effizientes Werkzeug zur Messung von selbstberichteten Verhaltensweisen von Fußgänger:innen in Deutschland.

**Anhang: Ergänzendes Material**

Der aufbereitete Datensatz ist verfügbar unter: <https://doi.org/10.48328/tudatalil607.2>



## Literaturverzeichnis

- Antic, B.; Pesic, D.; Milutinovic, N.; Maslac, M. (2016): Pedestrian behaviours: Validation of the Serbian version of the pedestrian behaviour scale. *Transportation Research Part F*, 41, Part A, 170–178. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2016.02.004>
- Baxter, J. S.; Macrae, C. N.; Manstead, A. S. R.; Stradling, S. G.; Parker, D. (1990): Attributional biases and driver behaviour. *Soc. Behav.*, 5, 3, 185–192
- Biehl, B. (1977): Sicherheit und Verhalten von Fussgängern. Literaturübersicht. In: *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bericht zum Forschungsprojekt 7377. Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung, Köln*
- Brislin, R. (1970): Back-translation for cross-cultural research. *J. Cross. Psychol.*, 1, 185–216
- Curran, P. J.; West, S. G.; Finch, J. F. (1996): The robustness of test statistics to nonnormality and specification error in confirmatory factor analysis. *Psychological Methods*, 1, 1, 16–29. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.1.1.16>
- Deb, S.; Strawderman, L.; DuBien, J.; Smith, B.; Carruth, D. W.; Garrison, T. M. (2017): Evaluating pedestrian behavior at crosswalks: Validation of a pedestrian behavior questionnaire for the U. S. population. *Accident Analysis and Prevention*, 106, 191–201. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2017.05.020>
- Elliott, M. A.; Baughan, C. J. (2004): Developing a self-report method for investigating adolescent road user behavior. *Transportation Research Part F*, 7, 6, 373–393. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2004.10.002>
- Färber, B. (2016): Communication and Communication Problems Between Autonomous Vehicles and Human Drivers. In: *Autonomous Driving*, Maurer, J.; Gerdes, J. C.; Lenz, B.; Winner, H. (Hrsg.), Springer, Berlin, Heidelberg, 125–144. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8_7)
- Gäde, J. C.; Schermelleh-Engel, K.; Brandt, H. (2020): Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA). In: *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*, Moosbrugger, H.; Kelava, A. (Hrsg.), Springer, Berlin, Heidelberg, 615–659
- Granié, M.-A.; Pannetier, M.; Guého, L. (2013): Developing a self-reporting method to measure pedestrian behaviors at all ages. *Accident Analysis and Prevention*, 50, 830–839. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.07.009>
- Granié, M.-A.; Varet, F.; Degraeve, B.; Khalafian, A. (2019): The Role of Context and Perception of Road Rules in the Pedestrian Crossing Decision: A Challenge for the Autonomous Vehicle. In: *Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Human Factors and Systems Interaction*, Nunes, I. L. (Hrsg.), Springer, Berlin, Heidelberg, 221–233. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20040-4\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20040-4_20)
- Hair, J. F. Jr.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. (2006). *Multivariate Data Analysis* (6. Auflage). Pearson, New Jersey, S. 779
- Haperen, W. van; Riaz, M. S.; Daniels, S.; Saunier, N.; Brijis, T.; Wets, G. (2019): Observing the observation of (vulnerable) road user behaviour and traffic safety: A scoping review. *Accident Analysis and Prevention*, 123, 211–221. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.11.021>
- Kleibelsberg, D. (1982): *Verkehrspsychologie*. Springer, Berlin, Heidelberg, S. 77, S. 112
- Lawton, R.; Parker, D.; Manstead, A. S. R.; Stradling, S. G. (1997): The role of affect in predicting social behaviors: the case of road traffic violations. *J. Appl. Soc. Psychol.*, 27, 14, 1258–1276. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1997.tb01805.x>
- McIlroy, R. C.; Plant, K. L.; Jikyong, U.; Vu Hoai, N.; Bunyasi, B.; Kokwaro, G. O.; Wu, J.; Hoque, M. S.; Preston, J. M.; Stanton, N. A. (2019): Vulnerable road users in low-, middle-, and high-income countries: Validation of a Pedestrian Behaviour Questionnaire. *Accident Analysis and Prevention*, 131, 80–94. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.05.027>
- McIlroy, R. C.; Hoài, N. V.; Bunyasi, B. W.; Jikyong, U.; Kokwaro, G. O.; Wu, J.; Hoque, M. S.; Plant, K. L.; Preston, J. M.; Stanton, N. A. (2020): Exploring the relationships between pedestrian behaviours and traffic safety attitudes in six countries. *Transportation Research Part F*, 68, 257–271. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.11.006>
- Moyano Díaz, E. (2002): Theory of planned behavior and pedestrians' intentions to violate traffic regulations. *Transportation Research Part F*, 5, 3, 169–175. [https://doi.org/10.1016/S1369-8478\(02\)00015-3](https://doi.org/10.1016/S1369-8478(02)00015-3)
- Nordfjaern, T.; Simsekoglu, Ö. (2013): The role of cultural factors and attitudes for pedestrian behaviour in an urban Turkish sample. *Transportation Research Part F*, 21, 181–193. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trf.2013.09.015>
- Nordfjaern, T.; Zavareh, M. F. (2016): Individualism, collectivism and pedestrian safety: a comparative study of young adults from Iran and Pakistan. *Safety Science*, 87, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.03.005>
- O'Hern, S.; Stephens, A. N.; Estgfaeller, N.; Moore, V.; Koppel, S. (2020): Self-reported pedestrian behaviour in Australia. *Transportation Research Part F*, 75, 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.10.002>
- Özkan, T.; Lajunen, T. (2005): A new addition to DBQ: Positive driver behaviours scale. *Transportation Research Part F*, 8, 4, 355–368. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2005.04.018>
- Petzoldt, T. (2014): On the relationship between pedestrian gap acceptance and time to arrival estimates. *Accident Analysis and Prevention*, 72, 127–133. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.06.019>
- Rasmussen, J. (1980): What can be learned from human errors report? In: *Changes in Working Life*, Duncan, K.; Gruneberg, M.; Wallis, D. (Hrsg.), Wiley, London
- Rasouli, A.; Tsotsos, J. K. (2019): Autonomous Vehicles That Interact With Pedestrians: A Survey of Theory and Practice. *IEEE Transactions on Intelligent Transportations Systems*, 21, 3, 900–918. <http://dx.doi.org/10.1109/TITS.2019.2901817>
- Reason, J.; Manstead, A.; Stradling, S.; Baxter, J.; Campbell, K. (1990): Errors and violations on the roads: a real distinction? *Ergonomics*, 33, 10–11, 1315–1332. <https://doi.org/10.1080/00140139008925335>
- Rhemtulla, M.; Brosseau-Liard, P. É.; Savalei, V. (2012): When can categorical variables be treated as continuous? A comparison of robust continuous and categorical SEM estimation methods under suboptimal conditions. *Psychological Methods*, 17, 3, 354–373. <https://doi.org/10.1037/a0029315>
- Rossee, Y. (2012): lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48, 2, 1–36. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i02>
- Schüller, H.; Niestegge, M.; Roßmerkel, M.; Schade, J.; Röbger, L.; Rehberg, K.; Maier, R. (2020): Systematische Untersuchung sicherheitsrelevanten Fußgängerverhaltens. In: *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 299, Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG, Bergisch Gladbach*
- Stanciu, S. C.; Eby, D. W.; Molnar, L. J.; St. Louis, R. M.; Zanier, N.; Kostyniuk, L. P. (2018): Pedestrians/Bicyclists and Autonomous Vehicles: How Will They Communicate? *Transportation Research Record*, 2672, 22, 58–66. <https://doi.org/10.1177/0361198118777091>
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2020): *Verkehr. Verkehrsunfälle 2019, Fachserie 8, Reihe 7*
- Useche, S. A.; Hezaveh, A. M.; Llamazares, F. J.; Cherry, C. (2021): Not gendered... but different from each other? A structural equation model for explaining risky road behaviors of female and male pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 150, 105942. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105942>
- Xu, J.; Liu, J.; Qu, W.; Ge, Y.; Sun, X.; Zhang, K. (2018): Comparison of pedestrian behaviors between drivers and non-drivers in Chinese sample. *Transportation Research Part F*, 58, 1053–1060. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.05.034>

## ■ Verfasser

## M. Sc. Philip Joisten

philip.joisten@tu-darmstadt.de



Philip Joisten studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit der technischen Fachrichtung Maschinenbau an der TU Darmstadt und ist seit Mai 2018 Doktorand am Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt. In der Forschungsgruppe Mensch-Maschine-Interaktion und

Mobilität erforscht er die Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf Fußgänger:innen bei der Straßenquerung.

## Dr.-Ing. Lukas Bier

lukas.r.bier@gmail.com



Lukas Bier war von 2014 bis 2019 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt. Er forscht zu den Themen Arbeitsgestaltung sowie Mensch-Maschine-Interaktion und Mobilität. Er promovierte zum Thema Gamification

zur Vorbeugung monotoniebedingter Müdigkeit beim Autofahren. Seit 2020 arbeitet er als Operation Consultant bei Lumics Consulting, einem Joint Venture zwischen McKinsey & Company und Lufthansa Technik.

## Dr.-Ing. Bettina Abendroth

bettina.abendroth@tu-darmstadt.de



Bettina Abendroth promovierte im Jahr 2001 zum Thema Gestaltungspotenziale für Pkw-Abstandregelsysteme unter Berücksichtigung verschiedener Fahrertypen. Seit 2000 ist sie Oberingenieurin am Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt und Leiterin

der Forschungsgruppe Mensch-Maschine-Interaktion und Mobilität. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Fahrzeuergonomie, insbesondere Fahrerassistenzsysteme, automatisiertes Fahren und zukünftige Fahrzeugführungskonzepte.

## Anschrift

Technische Universität Darmstadt  
 Fachbereich Maschinenbau  
 Institut für Arbeitswissenschaft  
 Otto-Berndt-Straße 2  
 64287 Darmstadt