

Stand- und Sitzsicherheit von Fahrgästen in Linienbussen

von Dipl.-Ing. Burkhard Walter, Münster*

Sind die in § 22 der StVO formulierten Anforderungen an die Ladungssicherung auf die Sicherheit von Fahrgästen im Linienbus übertragbar?

I. Einleitung

Der § 22 StVO schreibt vor, dass die Ladung einschließlich der Geräte zur Ladungssicherung sowie Ladeeinrichtungen so auf einem Fahrzeug verstaut und gesichert werden sollen, dass sie selbst bei Vollbremsungen oder plötzlichen Ausweichmanövern nicht verrutschen, umfallen, hin- oder herrollen, herabfallen oder vermeidbaren Lärm erzeugen kann. Gemäß der VDI-Richtlinie 2700 (Ladungssicherung auf Straßenfahrzeugen) gehören diese Fahrmanöver zu den üblichen und normalen Gegebenheiten des Straßenverkehrs.

Bei Formulierung dieses Gesetzes hat man vermutlich in erster Linie an Lastkraftwagen gedacht. Der Fahrer eines Linienbusses hat sich offenbar derartige Gedanken über die Sicherheit seiner Fahrgäste nicht zu machen, da hier durch den § 14 der BO-Kraft (Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrtunternehmen im Personenverkehr) darauf hingewiesen wird, dass im Oberleitungsbus und Linienverkehr mit Kfz die Fahrgäste verpflichtet sind, sich im Fahrzeug ständig einen festen Halt zu verschaffen.

Schlagzeilen wie „Bus zur Vollbremsung gezwungen – Fahrgast verletzt“ zeigen jedoch, dass sich immer wieder Unfälle ereignen, die Verletzungen von Bussinsassen nach sich ziehen, ohne dass der Bus in eine Kollision verwickelt war. Damit wäre also festzustellen, dass sich schon unter normalen Gegebenheiten des Straßenverkehrs ein Fahrgast verletzen kann. Die in der Konsequenz an den forensisch tätigen Unfallanalytiker herangetragene **Frage** kann in solchen Fällen sein, ob es dem **verletzten Fahrgast** in der konkreten Situation überhaupt **möglich** war, sich ausreichend **festen Halt** zu verschaffen.

Um auf diese Problematik umfassend einzugehen zu können, wurden im innerstädtischen Linienverkehr auftretende **Beschleunigungen gemessen**. Da die Fahrer von den Messungen nicht in Kenntnis gesetzt wurden, können die ermittelten Werte als die Belastungen angesehen werden, die im normalen Alltag auftreten. Weiterhin wurden verschiedene Stand- und Sitzpositionen im Rahmen einer Versuchsreihe mit Probanden untersucht. Als Ergebnis kann dargelegt werden, welche Längs- und Querkräfte ein Fahrgast in Abhängigkeit der Stand- oder Sitzposition ohne Sturz oder Verletzung beherrschen kann, und ob diese Belastungsgrenzen schon im alltäglichen Fahrbetrieb oder nur in Ausnahmesituationen erreicht werden.

II. Im normalen Fahrbetrieb auftretende Beschleunigungen

Das Ergebnis der stichprobenartigen Messung im Stadtgebiet von Münster zeigt die **Tabelle 1**. Bemerkenswert ist, dass die wirkenden Belastungen beim Durchfahren von Kurven höher sein können, als beim Verlassen oder beim Halten an einer Haltestelle. In Längsrichtung traten Beschleunigungen i.H.v. bis zu etwa $2,5 \text{ m/s}^2$ auf. In Querrichtungen waren es bis gut 3 m/s^2 . (Anm.: Eine Bremsverzögerung ist physikalisch gesehen eine negative Beschleunigung).

Regelung für Ladungssicherung vorhanden

Ergebnis der Messung

* Der Autor ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle im Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke, Münster.

	Anfahren [m/s ²]	Anhalten [m/s ²]	Linkskurve [m/s ²]	Rechtskurve [m/s ²]
1	0,70	1,36	1,56	0,44
2	0,72	1,36	1,82	1,28
3	0,78	1,52	1,91	1,60
4	0,84	1,78	1,93	1,76
5	0,85	1,80	2,02	1,80
6	0,90	1,80	2,03	1,94
7	0,95	1,98	2,11	2,01
8	1,21	2,02	2,14	2,36
9	1,22	2,06	2,14	2,46
10	1,23	2,14	2,35	2,54
11	1,24	2,28	2,40	2,58
12	1,26	2,30	2,48	2,66
13	1,37	2,34	2,61	2,78
14	1,44	2,42	2,70	2,88
15	1,80	2,48	2,94	3,06
16	2,44	2,56	3,16	3,12

Tabelle 1: wirkende Beschleunigungen im normalen Linienverkehr

Theoretisch können aber auch höhere Bremsverzögerungen von mehr als 3 m/s² unter ganz normalen Bedingungen erforderlich sein. Wenn im ungünstigsten Fall der innerhalb eines Ortes mit 50 km/h auf eine Ampelanlage zufahrende Bus beim Umspringen der Ampel von Grün auf Gelb noch 42 m von der Haltelinie entfernt ist, muss der Busfahrer seine Fahrt stoppen, um nicht bei Rot in die Kreuzung einzufahren (innerörtliche Gelbzeit = 3 Sekunden). Nach Verstreichen einer Reaktionszeit von 1 Sekunde steht ihm in diesem Fall ein Bremsweg von 28 m zur Verfügung, s. Abbildung 1. Daraus resultiert eine erforderliche Bremsverzögerung von 3,5 m/s².

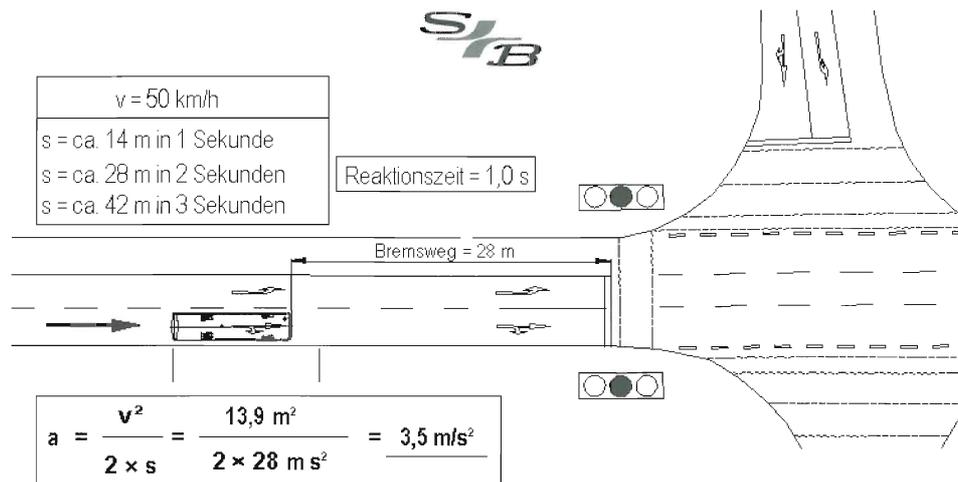


Abbildung 1: Bremsverzögerung, die beim Heranfahren an eine Ampel mit 50 km/h unter ungünstigen Bedingungen erforderlich sein kann.

Praxistipp:

Stichprobenartige Messungen im Linienverkehr haben gezeigt, dass auf den Fahrgast Quer- und Längsbeschleunigungen i.H.v. bis zu $\pm 3,0 \text{ m/s}^2$ wirken können. Aufgrund der innerörtlichen Gelbzeit von 3 Sekunden kann ein Busfahrer beim Heranfahren an eine auf Rot umspringende Ampel auch zu einer Bremsverzögerung i.H.v. $3,5 \text{ m/s}^2$ gezwungen werden.

dass bei Vollbremsungen mit einem Nutzfahrzeug, und damit auch mit einem Kraftomnibus, Bremsverzögerungen von bis etwa $8,0 \text{ m/s}^2$ auftreten können. Bei Ausweichmanövern ist gemäß der VDI-Richtlinie 2700 mit bis zu $5,0 \text{ m/s}^2$ zu rechnen.

III. Ergebnisse einer Versuchsreihe mit Probanden

1. Stehen und Gehen im Bus ohne festen Halt

In dieser Versuchsreihe bewegten sich die Probanden frei im Versuchsbus und wurden gebeten, sich während der leichten Abbremsungen nicht zusätzlich mit den Armen festzuhalten. Um einen Sturz zu verhindern, waren die Probanden durch ein Bergsteigergeschirr gesichert, das in einer Laufschiene mitgeführt wurde.

Im Ergebnis war festzustellen, dass ein sicheres Stehen ohne einen Ausfallschritt bis zu einer Verzögerung von ca. $1,3 \text{ m/s}^2$ möglich ist. Bis zu einer Verzögerung von $2,0 \text{ m/s}^2$ konnte das Gleichgewicht durch einen Ausfallschritt aufrecht gehalten werden. Beim Gehen ergab sich ein breiterer Toleranzbereich zwischen $1,5$ bis $3,5 \text{ m/s}^2$. Es scheint, dass die augenblickliche Schrittposition beim Einsetzen der Beschleunigung einen entscheidenden Einfluss auf das Sturzrisiko hat.

2. Stehen im Bus mit festem Halt

Bei dieser Versuchsreihe hielten sich die Probanden in Schwerpunkthöhe (ca. 57 % der Körpergröße) mit einer Hand an einer Haltestange fest, s. Abbildung 2 links. Es konnte eine Abhängigkeit zwischen der von den Versuchspersonen aufgebrachten Haltekraft in Bezug auf das Körpergewicht und die einwirkende Beschleunigung festgestellt werden. Die Haltekräfte lagen im Mittel um das 1,5-fache höher, als die nach den Gesetzen der Kinetik notwendigen.



Abbildung 2: Messung von Handzugkräften

Um auch Standsicherheitsgrenzen für Personen über 60 Jahren, mit denen aus Sicherheitsgründen keine Fahrversuche durchgeführt wurden, angeben zu können, wurden maximale Handzugkräfte von Personen im Alter von 3 bis 98 Jahren statistisch gemessen, s. Abbildung 2 rechts.

Eine Gegenüberstellung der max. möglichen mit den erforderlichen Handzugkräften ergab, dass es weiblichen Fahrgästen aus der Gruppe der 68- bis 93-jährigen lediglich möglich ist, sich bei Verzögerungen von bis zu $3,3 \text{ m/s}^2$ im Bus mit einer Hand festzuhalten. Im Gegensatz dazu besitzen jüngere Fahrgäste, selbst Kinder, die Fähigkeit, Verzögerungen von bis zu ca. 5 m/s^2 ohne Sturz zu beherrschen, wenn sie mit einer Abbremsung rechnen.

Versicherungsvorgaben

Ergebnis

Versuchungsvorgaben

Ergebnis

Praxistipp:

Ältere Fahrgäste sind aufgrund ihrer körperlichen Konstitution lediglich in der Lage, sich bis zu einer wirkenden Beschleunigung von etwa $3,0 \text{ m/s}^2$ mit einer Hand an einer Haltestange festzuhalten. Die Belastbarkeit von jungen Fahrgästen liegt bei ca. 5 m/s^2 . Als Ergebnis dieser Untersuchung kann festgestellt werden, dass ein Fahrgast, der sich mit lediglich einer Hand in Höhe seines Körperschwerpunktes an einer Haltestange festhält, unabhängig vom Alter nicht in der Lage ist, eine Vollbremsung zu beherrschen.

Festhalten mit den Händen?

3. Sitzsicherheit

Beim Sitzen mit Blick quer zur Fahrtrichtung zeigte sich, dass die Trägheitskräfte ab einer Beschleunigung von ca. $4,0 \text{ m/s}^2$ zum Kippen vom Sitz führen, wenn sich der Proband nicht zusätzlich mit den Händen festhält, s. Abbildung 4 links. Bei Versuchen mit sitzenden Fahrgästen, welche in Fahrtrichtung blicken, konnten die Probanden Verzögerungen von bis zu $6,0 \text{ m/s}^2$ tolerieren, ohne in ihrer Sitzsicherheit beeinträchtigt zu werden. Bis zu dieser Beanspruchung war keine zusätzliche Abstützung durch die Arme notwendig, s. Abbildung 4 rechts.

Dabei ist zu beachten, dass die Beurteilung der Versuchsergebnisse unter der Maßgabe erfolgte, dass bei allen durchgeführten Fahrversuchen die Probanden auf das Eintreten einer **Verzögerung vorbereitet** waren. Beim Fahrgast im realen Straßenverkehrsgeschehen, den dieses Ereignis unvorbereitet trifft, sind die tolerierbaren Beschleunigungsgrenzen entsprechend abzuschwächen.

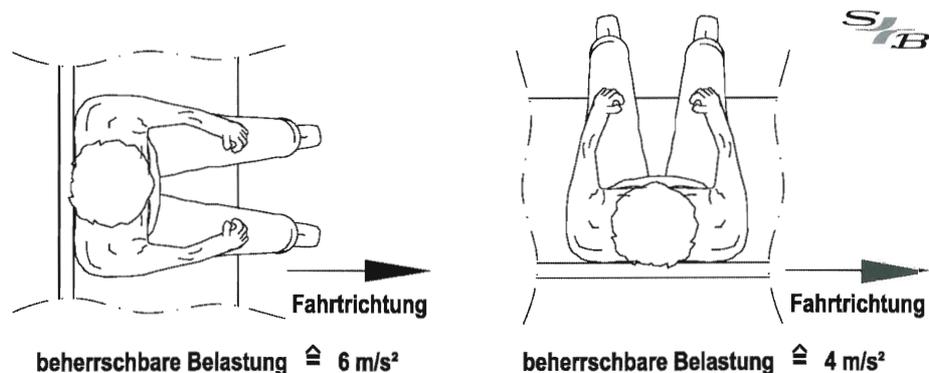


Abbildung 3: Maximale Belastungshöhe in Abhängigkeit der Sitzposition

IV. Zusammenfassung und Ausblick

Fazit

Die Untersuchung zeigt insgesamt, dass die in § 22 der StVO formulierten Anforderungen an die Ladungssicherung **in keinem Fall** auf die Stand- und Sitzsicherheit von Fahrgästen in Linienbussen **übertragen** werden können. Besonders ältere Fahrgäste, die sehr häufig den Linienbus nutzen, sind lediglich in der Lage, Verzögerungen in einer deutlich geringerer Größenordnung von lediglich bis zu $3,0 \text{ m/s}^2$ durch das Festhalten mit einer Hand zu beherrschen, sodass bereits eine ordnungsgemäße Abbremsung vor einer auf Rot umspringenden Ampel zum Sturz eines stehenden Fahrgastes führen kann. Aber auch der im Bus sitzende Fahrgast kann bei einer scharfen Kurvenfahrt, z.B. im Zuge eines Ausweichmanövers, seitlich vom Sitz kippen.

Praxistipp:

Schon bei einer stärkeren Abbremsung muss der Fahrer eines vollbesetzten Linienbusses mit dem Sturz einiger Fahrgäste rechnen. Bei einer **Vollbremsung** kann man sich i.d.R. keinen festen Halt mehr verschaffen, wenn man sich lediglich mit einer Hand an einer Haltestange festhält.

Der **Sicherheitsgurt** ist im öffentlichen Nahverkehr aufgrund der kurzen Distanzen und der fest mit eingepplanten Stehplätze nicht umsetzbar. Deshalb sollte ein insgesamt neues System zur Erhöhung der passiven Sicherheit im Kraftomnibus entwickelt werden, um zumindest den Anforderungen an die Ladungssicherung entsprechen zu können. Ein erster Ansatz in dieser Richtung ist die Konsens zwischen Stehen (Vorteil: hohe Ausnutzung des Platzangebotes) und Sitzen (Vorteil: geringe Sturzgefahr). Basierend auf einer Idee von Professor *Schimmelpfennig*, Münster wurde der Prototyp eines sog. **Stehsitzes** realisiert, s. Abbildung. Die Sitzfläche des Stehsitzes ist im Gegensatz zu der eines herkömmlichen Sitzes deutlich höher. Sie fällt jedoch kürzer aus und ist leicht nach vorn geneigt.

Zu vergleichen ist diese Körperhaltung mit derjenigen, die man auch bei Stehhilfen wieder findet. Wie schon der Name – Stehsitz – ausdrückt, beinhaltet dies ein geneigtes Stehen mit Abstützung im Gesäßbereich. Der Stehsitz ist zusätzlich mit einer transparenten elastischen Rückenlehne ausgestattet. Somit ist gewährleistet, dass der Busfahrer die Übersicht über das Geschehen im Bus behält.

Dem Fahrgast wird im Stehsitz ein Anlehnen ermöglicht. Bei starken Verzögerungen dient die Rückenlehne dem dahinter befindlichen Fahrgast als Rückhaltesystem, das einen ansonsten möglichen Sturz verhindert. Erste Versuche mit Probanden ließen auch eine Vollbremsung ohne jegliches Verletzungsrisiko zu.



Abbildung 4: Stehsitz für den Linienverkehr