

Wolfgang Berner*, Tino Berner**,
Guido Berner***, Sascha Sommerfeld****,
Heideck Wolter*****

Steinschlagversuche

Kurzzusammenfassung

1. Das Hochspringen von einem Lkw oder dessen Hänger fallender Steine mit einer Körnung > 15 ist abhängig von der Geschwindigkeit des Lkw, der Fahrbahnoberfläche und der Kornung der Steine. Je rauer die Fahrbahnoberfläche ist, desto höher (bis zu 2 m nach Auswertung der Videos) können die Steine fliegen. Steine mit einer Körnung < 15 verursachen keine nennenswerten Schäden am hinterherfahrenden Fahrzeug.

2. Beim Einhalten des Sicherheitsabstandes „halber Tacho“ sind nur Schäden geringer Intensität bei einer maximalen Höhenlage der Treffer von 50 - 60 cm zu erwarten.

Summary

The jumping of falling stones from a truck or its trailer with a grain size > 15 depends on the speed of the truck, the highway surface and the grain size of the stones. The rougher the highway surface is, the higher (up to 2 m after evaluation of the videos) the stones can fly. Stones with a grain size < 15 cause no appreciable damages on the afterward driving vehicle.

With the observance of the safe distance „half speedometer“ only damages of low intensity with a maximum height position of the hits of 50 - 60 cm are to expect.

1 Einleitung

Auslöser zur Durchführung für die in diesem Artikel beschriebenen Steinschlagversuche waren Gutachten in gerichtlichem Auftrag, indem es zu untersuchen galt, ob bzw. welche Schäden durch vom Lkw fallende Steine an dem, dem Lkw folgenden, Pkw verursacht haben können.



Bild 1 Versuchsaufbau Hänger
Fig. 1 Test setup of the trailer

*Dipl. Ing. Wolfgang Berner, IbB Expertisen, Kfz-SV, Schulzendorfer Straße 12, 13467 Berlin

**Dipl. Ing. Tino Berner,

***Dipl. Ing. Guido Berner,

****Dipl. Ing. Sascha Sommerfeld, c/o Ing.-Büro Berner GmbH & Co. KG, Veltener Str. 300, 16767 Leegebruch,

*****Dipl. Ing. Heideck Wolter, Kfz-SV-Büro Wolter, Weizenweg 24, 12683 Berlin



Bild 2 Verwendete Steine
Fig. 2 Used stones



Bild 3 Versuchsfahrzeug
Fig. 3 Test vehicle

Um den Anforderungen des Alltags gerecht zu werden, hat der Unterzeichner Versuchsreihen mit unterschiedlichen Steinkörnungen, Geschwindigkeiten und Abständen der Fahrzeuge gefahren.

2 Theoretische Grundlagen

Zum Thema Steinschlagschäden gibt es bereits verschiedene Veröffentlichungen. Insbesondere verweist der Verfasser auf den Aufsatz von Strobl [1] und eine umfassende Diplomarbeit von Stephan Zöphel [2]. Diese wurden bereits im Aufsatz des Unterzeichners „Steinschlagversuche“ [3], veröffentlicht in Verkehrsunfall 2003, Heft 11, S. 251, näher erläutert.

3 Versuchsdurchführung

3.1 Versuche auf einem Flugplatz

Versuchsaufbau

Auf den Bildern 1 und 3 ist der Versuchsaufbau dargestellt. Es handelt sich um den bereits bei den Vorversuchen verwendeten Kasten aus Blech, der eine motorisch betriebene untere Klappe aufweist. Die Öffnung der Klappe erfolgt durch Betätigung einer Funkfernbedienung vom nachfolgenden Pkw. Der Kasten wurde in einer Höhe von etwa 2 m auf einem Pkw Hänger befestigt. Im Blechkasten befanden sich Steine unterschiedlicher Körnung, welche zur besseren Sichtbarkeit mit roter Leuchtfarbe lackiert wurden (Bild 2).

Als nachfolgender Pkw wurde ein Suzuki verwendet. Vor den Fahrversuchen wurde der Pkw Suzuki jeweils im Frontbereich mit weißer Kreidefarbe lackiert, um die Neuschäden exakt lokalisieren zu können (Bild 3).

Im Pkw Suzuki und auf dem Hänger wurden Videokameras befestigt.



Bild 4 Kamera im Begleitfahrzeug
Fig. 4 Camera in the escort vehicle

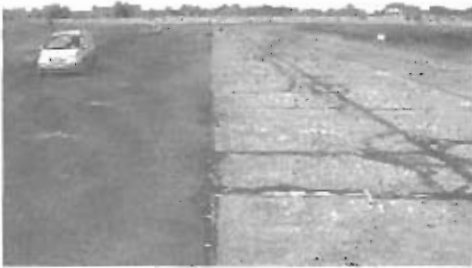


Bild 5 Versuchsgelände Flugplatz
Fig. 5 Testing ground airfield



Bild 6 Fahrversuch 9, Abstand 30 m bei 78 km/h, Körnung 16/32
Fig. 6 Driving attempt 9, space 30 m with 78 km/h, grain size 16/32

tigt, um den Bewegungsablauf der Steine aus verschiedenen Perspektiven aufzeichnen zu können. Gleichzeitig dazu wurden die Versuche aus dem parallel zum Versuchsfahrzeug fahrenden Pkw durch eine Videokamera dokumentiert (Bild 4). Eine weitere Videokamera wurde stationär installiert.

Die Versuche wurden auf der Rollbahn eines stillgelegten Flugplatzes (Bild 5) mit einer trockenen Betondecke, welche eine sehr verschlissene Oberfläche sowie Risse und Löcher aufwies, mit Geschwindigkeiten von 60 und 80 km/h gefahren.

Auf dem Gelände des Flugplatzes war eine Teilstrecke mit relativ glattem Asphaltbelag vorhanden. Auf diesem Belag wurden nur zwei Versuche mit etwa 60 km/h gefahren, da die Anfahrt relativ schwierig war.

Die Geschwindigkeit des Versuchsfahrzeugs wurde mit dem Messgerät LEM 300W der Fa. JENOPTIK gemessen. Der nachfolgende Pkw Suzuki fuhr mit unterschiedlichen Abständen (20, 30 und 40 m) hinter dem Versuchsfahrzeug (Pkw VW Sharan mit Anhänger und Versuchsaufbau).

Die Versuche wurden umfangreich dokumentiert. Die Videofilme liegen geschnitten im avi-Format vor. Zusätzlich wurden Einsequenzen aus den Videofilmen als Fotos im jpeg-Format selektiert.



Bild 7 Schäden am Versuchsfahrzeug bei Versuch 8, Abstand 20 m bei 77 km/h, Körnung 8/16

Fig. 7 Damages on the test vehicle at attempt 8, space 20 m with 77 km/h, grain size 8/16



Bild 8 Schäden am Versuchsfahrzeug bei Versuch 8, Abstand 20 m bei 77 km/h, Körnung 8/16

Fig. 8 Damages on the test vehicle at attempt 8, space 20 m with 77 km/h, grain size 8/16

Versuchsauswertung

Auswertung des Fallverhaltens des Schüttguts

Die Auswertung der beim Fahrversuch aufgenommenen Fotos lässt erkennen, dass nach dem primären Aufschlag der Steine diese bis auf eine Höhe von max. 80 - 200 cm von der Straße abprallen, wobei sich die Geschwindigkeitskomponente der Steine in Fahrtrichtung nur unwesentlich verringert. Die Steine bleiben bei diesem Vorgang noch relativ nah beisammen.

Nach dem sekundären Aufprall erhalten die Steine bei rauem Fahrbahnbelag erheblichen Drall und springen wiederholt hoch. Das Streufeld des Abwurfguts erreichte auf der Betonfahrbahn mit Schadstellen Dimensionen bis zu 60 x 15 m. Auf Asphalt kommt es nicht zum wiederholten Hochspringen der Steine.

Die Geschwindigkeit des Versuchsfahrzeugs hatte nur relativ wenig Einfluss auf die Sprunghöhe der abgeworfenen Steine nach dem Erstaufprall. Die Sprunghöhe wurde nicht gemessen, sondern durch den Autor geschätzt.

Die Steine wurden nach den Versuchen entsorgt. Dabei konnte beobachtet werden, dass die meisten Steine den Versuch ohne Bruch überstanden. Bei den Steinen handelte es sich um genormten Kies aus der Kiesgrube.

Versuchsreihe 1 mit $v = 60$ km/h

Nr.	Geschwindigkeit (km/h)	Körnung	Abstand (m)	Splitterfeld (m)	Ergebnis/Schadensbild
1.	57 km/h	8/16 + Sand	30 m	≈ 30×10	Leichte Treffer Motorhaube, Frontscheibe, Stoßfänger unten, Kotflügel rechts. Erste Steine liegen ca. 10 m vom Abwurfort entfernt.
2.	58 km/h	8/16 + Sand	25 m	≈ gleich	Leichte Lackschäden Motorhaube, vereinzelt Treffer Frontscheibe, Stoßfänger (mehrere Treffer), und Kotflügel links. Ähnliche Intensität wie bei Versuch Nr. 1.
3.	59 km/h	8/16 + Sand	20 m	≈ gleich	Wesentlich mehr Einschläge, ≈ 10 größere Einschläge auf der Motorhaube, 20-25 Einschläge auf der Stoßstange, 2-3 auf dem Kotflügel rechts, Frontscheibe (10-15 Steinschläge), vereinzelt auf dem Dach.
4.	58 km/h	8/16 + Sand	15 m	≈ gleich	Zahlreiche Treffer im Frontbereich: Stoßfänger, Motorhaube, Frontscheibe, Außenspiegel, leichte Treffer Dach.
5.	57 km/h	8/16 + Sand	10 m	≈ gleich	Heftige Treffer Stoßfänger, Motorhaube, Außenspiegel rechts und links, Frontscheibe (geringe Intensität). Steine über das Dach gerollt. Lackschäden, kleine Dellen, keine größere Schäden.

Versuchsreihe 2 mit $v = 80$ km/h

Nr.	Geschwindigkeit (km/h)	Körnung	Abstand (m)	Splitterfeld (m)	Ergebnis/Schadensbild
6.	78 km/h	8/16 + Sand	40 m	≈ 40×10	1) Fehlversuch. 2) Zahlreiche leichte Treffer bis Oberkante Stoßfänger – Unterkante Motorhaube (Trefferhöhe max. 60 cm). Scheinwerfer rechts kaputt.
7.	80 km/h	8/16 + Sand	30 m	≈ gleich	Leichte Treffer Mitte Motorhaube, Frontscheibe, Außenspiegel.
8.	77 km/h	8/16 + Sand	20 m	≈ gleich	Frontscheibe mehrere starke Einschläge (4 Stk.), Motorhaube, Stoßfänger, Außenspiegel, beide Scheinwerfergläser herausgebrochen (hatten Vorschaden).
9.	78 km/h	16/32	30 m	bis 60 m lang	Scheinwerferglas rechts zertrümmert (hatte Vorschaden), Kühlergrill nach innen verschoben, umfangreiche Beschädigungen Stoßfänger, vereinzelt Anschläge Motorhaube unten.
10.	77 km/h	16/32	20 m	≈ gleich	1) Fehlversuch. 2) Schadenbild ähnlich wie Nr. 9, nur höher, Frontscheibe bis obere Kante.

Versuchsreihe 3 mit v = 60 km/h (Asphalt)

Nr.	Geschwindigkeit (km/h)	Körnung	Abstand (m)	Splitterfeld (m)	Ergebnis/Schadensbild
11.	61 km/h	8/16	20 m	-----	1) Fehlversuch. 2) Leichte Treffer bis Frontscheibe untere Kante.
12.	59 km/h	8/16	30 m	-----	Fast nichts passiert (nur kleinere Treffer im unteren Stoßfängerbereich). Ohne nennenswerten Schaden.

Schadenauswertung

Die Versuche mit Kies in den Körnungen 8/16 bzw. 16/32 haben gezeigt, dass bei sehr rauer Oberfläche Steinschläge durch aufspringende Steine entstehen können. Die Intensität hängt vom Abstand des hinterherfahrenden Fahrzeugs ab. Bei Einhaltung des Sicherheitsabstandes „halber Tacho“, d.h., bei 80 km/h 40 m sind Einschläge bis zu einer Höhenlage von etwa 60 cm festgestellt worden.

3.2 Versuche auf Asphaltfahrbahn

Um den Fahrbahneinfluss auf das Sprungverhalten zu ermitteln, wurden weitere Versuche auf einer Fahrbahn mit Asphaltdecke (Bild 7) mit gleichem Versuchsaufbau durchgeführt. Es wurde Kies der Körnung 8/16 verwendet. Die Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs mit Anhänger betrug 60 und 80 km/h. Der nachfolgende Pkw Suzuki fuhr mit Abständen von 20 und 30 m.

Ergebnis

Nr.	km/h	Körnung	Abstand (m)	Ergebnis/Schadenbild
1.	60 km/h	8/16	30 m	sehr geringe Treffer nur in Höhe Blinker vorn rechts und sehr geringe Treffer vorderer Stoßfänger, Schürze Lufteinlass unterhalb Kennzeichen. Trefferhöhe max. 40 cm
2.	80 km/h	8/16	30 m	stärkere Einschläge gegenüber Versuch 1 bemerkbar. Die Steine sind mit geringer Intensität bis auf die Motorhaube / Windschutzscheibe gesprungen, Trefferhöhe bis 80 cm mehrfache Spuren (hintereinander) auf der Motorhaube – Abrollspuren
3.	60 km/h	8/16	20 m	vereinzelt Treffer geringer Intensität in Stoßfängerhöhe, Treffer am Kennzeichen. Trefferhöhe bis 70 cm wenig mehr Anzahl Treffer als bei Versuch 1, zwei Einschläge Motorhaube vorn rechts 70 cm Höhe oberhalb rechter Scheinwerfer auf dem Video zu sehen: Stein schlägt auf Motorhaube auf und springt danach gegen Windschutzscheibe
4.	80 km/h	8/16	20 m	– mehrfache Scheibentreffer, aber nur geringe Intensität der Einschläge in die Windschutzscheibe – mehrfache Treffer auf der Motorhaube – auf Video zu sehen: gleich mehrere Steine fliegen direkt gegen die Windschutzscheibe

Auswertung

Die Versuche mit Kies in den Körnungen 8/16 haben gezeigt, dass bei sehr glatter Fahrbahnoberfläche Steinschläge durch aufspringende Steine entstehen können. Die Steine springen jedoch nicht so hoch, wie bei unebener Fahrbahn. Die Intensität hängt vom Abstand des hinterherfahrenden Fahrzeugs ab. Bei Einhaltung des Sicherheitsabstandes „halber Tacho“, d.h., bei 60 km/h → 30 m sind Einschläge bis zu einer Höhenlage von etwa 40 - 50 cm festgestellt worden.

5 Zusammenfassung

Die vorstehend beschriebenen Untersuchungen führten zu folgendem Ergebnis:

1. Das Hochspringen von einem Lkw oder dessen Anhänger fallender Steine mit einer Körnung > 15 ist abhängig von der Geschwindigkeit des Lkw, der Fahrbahnoberfläche und der Körnung der Steine. Je rauer die Fahrbahnoberfläche ist, desto höher (bis zu 2 m nach Auswertung der Videos) können die Steine fliegen. Steine mit einer Körnung < 15 verursachen keine nennenswerten Schäden am hinterherfahrenden Fahrzeug.
2. Beim Einhalten des Sicherheitsabstandes „halber Tacho“ sind nur Schäden geringer Intensität bei einer maximalen Höhenlage der Treffer von 50 - 60 cm zu erwarten.

Literaturnachweis

- [1] Strobl, H.: Betrachtungen zum Thema Steinschlag; Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Fachzeitschrift, Heft 9, 1996.
- [2] Zophel, St.: Untersuchungen zur Steinschlag-Problematik: Mechanismen des Steinschlags und Ladungssicherung von Schüttgütern im Hinblick auf Schadenfälle im Straßenverkehr. Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau. Universität Karlsruhe, 2000
- [3] Berner, W.: Steinschlagversuche; Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Fachzeitschrift, Heft 11, 2003

**Renommiertes, gut eingeführtes
Kfz-Sachverständigenbüro**

in Baden-Württemberg sucht aus Altersgründen qualifizierten Nachfolger. Fachliche Unterstützung während der Einarbeitungszeit wird geboten

Wir sichern absolute Vertraulichkeit zu und erbitten Zuschriften unter Chiffre 1-10/04 an den Verlag.