

Unfallrekonstruktion

Steinschlagschäden durch Schwerlastverkehr

von Dipl.-Ing. Markus Nickel, Münster

I. Einleitung

Mit zunehmender Laufleistung erleidet die „Außenhaut“ eines Fahrzeugs zahlreiche Steinschlagschäden. Die Ursachen solcher Schäden sind vielfältig. Häufig werden kleine Steinchen durch vorausfahrende oder im Gegenverkehr befindliche Fahrzeuge aufgewirbelt, ohne dass ein Schadensverursacher im Nachhinein ermittelt werden kann. Wird allerdings ein Steinschlagschaden einem bestimmten Fahrzeug zugeordnet, so liegt vom mutmaßlich Geschädigten im Allgemeinen eine präzise Beschreibung des Geschehens

Ausgangslage

* Der Autor ist Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle im Ingenieurbüro Schimmelpfennig + Becke, Münster.

vor, um seinen Schadensersatzforderungen den notwendigen Rückhalt zu verleihen. Ist die Haftungsfrage ungeklärt, kann mit Hilfe von Gutachten geprüft werden, ob der geschilderte Geschehensablauf mit dem Schaden am Fahrzeug in Einklang steht oder nicht.

Bei den **schadensverursachenden Fahrzeugen** stehen die **Nutzfahrzeuge** aus dem Schüttguttransport oder dem Baustellenverkehr an **erster Stelle**. Anhand der Schadensschilderung ist zunächst zwischen zwei grds. verschiedenen Bewegungsabläufen zu unterscheiden:

1. dem Verlust von Schüttgut von der Ladefläche oder dem Aufbau,
2. dem Aufwirbeln von Steinen durch die Reifen.

Nach dieser Einteilung lässt sich mit Hilfe zahlreicher Randbedingungen, auf die später näher eingegangen wird, die Gesteinsflugbahn zunächst theoretisch berechnen. Im Anschluss an diese Berechnungen werden oft speziell auf den Fall abgestimmte Versuche durchgeführt, anhand derer dann das Schadensausmaß und die Schadensintensität besser nachvollzogen werden können. Mit den Ergebnissen aus den theoretischen Berechnungen und den praktischen Versuchen lässt sich dann eine Aussage zur Plausibilität der Unfallschilderung treffen.

II. Prinzipielle Vorgehensweise

Erste Bewegungskategorie

Die prinzipielle Vorgehensweise wird im Folgenden anhand der **ersten Bewegungskategorie**, dem Verlust von Schüttgut von der Ladefläche, beschrieben. Je nachdem, von wo die Steine herabfallen, ergeben sich unterschiedliche Wurfweiten. Grds. gilt: je größer die Abwurfhöhe, desto größer ist auch die Wurfweite. Selbst wenn vom Geschädigten keine Angaben darüber gemacht werden, von wo die Steine herab gefallen sind, lassen sich bei der nachträglichen Besichtigung des mutmaßlich schadenverursachenden Fahrzeugs oft typische Fallhöhen ermitteln.

Für den abgebildeten Lkw (Abb. 1) ergeben sich Fallhöhen von 1 – 4 Metern. Die Abb. 2 zeigt einen Abladevorgang eines Muldenkippers. Die Bildfolge verdeutlicht, dass das Gefahrenpotenzial nicht nur von voll beladenen Fahrzeugen ausgeht, sondern auch von gerade „frisch“ abgeladenen Fahrzeugen, die im Anschluss nicht ordnungsgemäß gereinigt wurden.

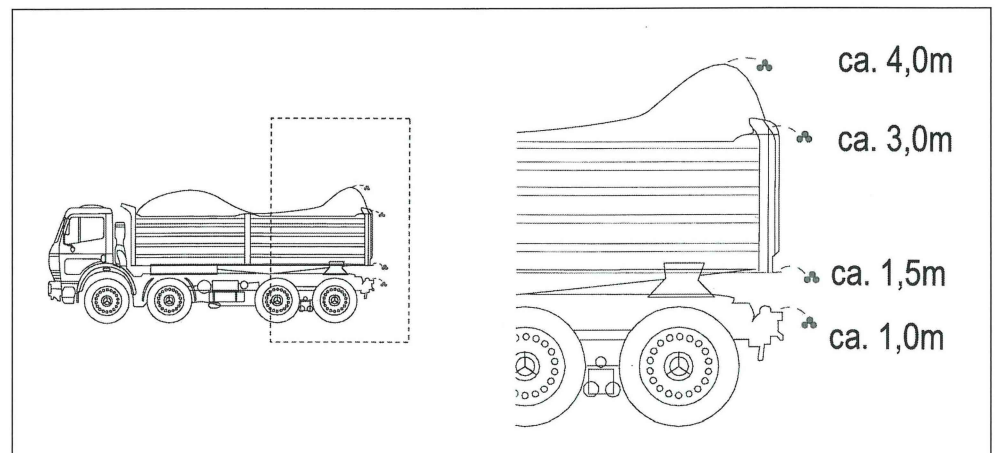


Abb. 1: Typische Fallhöhe

Ursachen für Verlust von Schüttgut

Die häufigsten **Ursachen** für den Verlust von Schüttgut von der Ladefläche oder dem Aufbau sind:

- falsche Beladung oder unzureichende Ladungssicherung
- starke Verschmutzungen
- Erschütterungen des Aufbaus z.B. durch Fahrbahnunebenheiten
- Umwelteinflüsse z.B. starker Wind

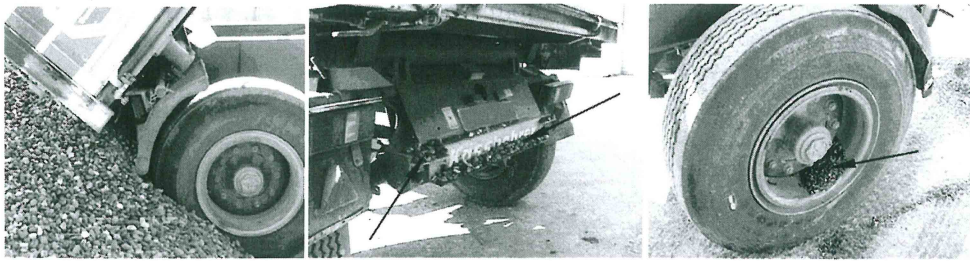
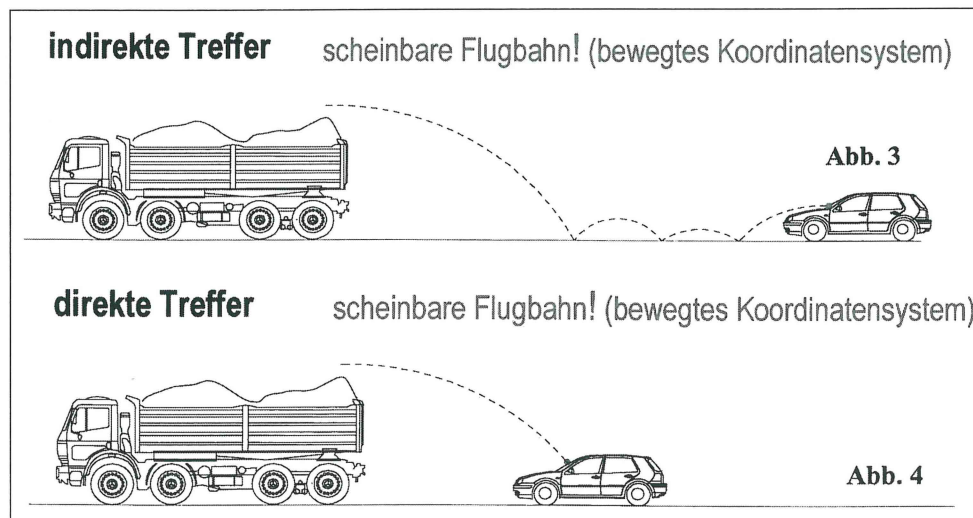


Abb. 2: Abladevorgang eines Muldenkippers/Gefährliche Ablagerungen von Schüttgut

Für die weiteren Randbedingungen, die zur **Rekonstruktion** der Gesteinsflugbahnen notwendig sind, muss wiederum auf die Schilderungen des Geschädigten zurückgegriffen werden. In vielen Fällen ist es daher notwendig, die Randbedingungen durch gezieltes Nachfragen z.B. bei der Anhörung zu ergänzen bzw. zu festigen. Die nachfolgende Auflistung der Randbedingungen erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sind allerdings die aufgelisteten Randbedingungen bekannt, kann in vielen Fällen die Frage der Haftung beweissicher geklärt werden. Im Speziellen handelt es sich um:

- die Aussage, ob es sich bei dem Steinschlag um einen **direkten** oder **indirekten Treffer** handelte (die genaue Unterscheidung wird am Ende dieser Auflistung erklärt);
- die angegebene **Fahrgeschwindigkeit** (bei Lkw kann diese im Nachhinein evtl. durch Auswertung der Diagrammscheibe überprüft werden);
- den angegebenen **Abstand** bzw. die Position hinter oder neben dem vorausfahrenden Fahrzeug;
- die **Abwurfhöhe** (kann mit Hilfe der Abmaße des Schaden verursachenden Fahrzeugs eingegrenzt werden);
- die **Auftreffhöhe** (ergibt sich aus dem Schadensbild am geschädigten Fahrzeug);
- **Angaben zum Gestein** (können evtl. aus den Frachtpapieren des Lkw entnommen werden); dabei geht es darum, das spezifische Gewicht und die Größe des Gesteins herauszufinden, um sie in den Berechnungen möglichst genau berücksichtigen zu können.

Weitere Randbedingungen



Gemäß dieser Auflistung ist zunächst zwischen der Möglichkeit eines indirekten Treffers, bei dem der Stein zunächst auf die Straße trifft, bevor er das nachfolgende Fahrzeug erreicht (Abb. 3), und einem direkten Treffer, bei dem ein Stein unmittelbar von dem vorausfahrenden Fahrzeug z.B. auf die Windschutzscheibe fällt (Abb. 4), zu unterscheiden. Diese Bewegungsbahnen, bei der der Stein scheinbar nach hinten abgeworfen wird, gelten allerdings **nur** für den **bewegten Beobachter**, der das Geschehen aus einem Fahrzeug mit ähnlicher Geschwindigkeit, wie das vorausfahrende, Schaden verursachende Fahrzeug, beobachtet.

Bewegter Beobachter

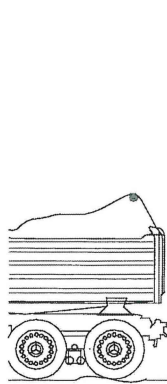


Abb. 5

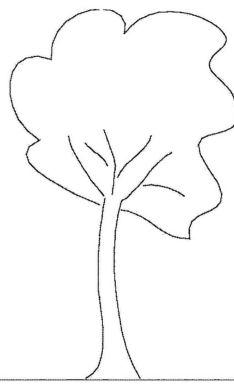
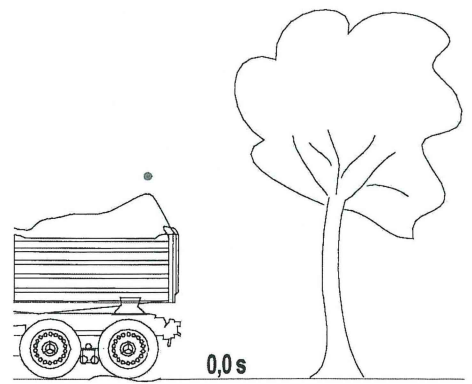


Abb. 6



0,0s

Ruhender Beobachter

Die **tatsächliche Flugbahn** erkennt der **ruhende Beobachter**. Die folgenden Illustrationen sollen diese Zusammenhänge verdeutlichen. Fährt ein mit Schüttgut beladener Lkw mit hoher Geschwindigkeit über ein Schlagloch (Abb. 5), so ist es denkbar, dass durch die Erschütterungen einzelne Steine von der Ladefläche aufspringen (Abb. 6). Im ersten Moment nach dem Lösen von der Ladefläche, hat der einzelne Stein zunächst die gleiche Geschwindigkeit wie der Lkw. Im nächsten Moment der Betrachtung setzt die Erdanziehungskraft ein, die den Stein nach unten zieht. Zeitgleich wird das Flugobjekt durch den Luftwiderstand abgebremst. Es bewegt sich nach dem Prinzip des waagerechten Wurfs (Abb. 7). Während der Lkw durch den Motor mit konstanter Geschwindigkeit weiterfährt, wird der Flugkörper in Fahrtrichtung des Lkw kontinuierlich langsamer, während die Fallgeschwindigkeit infolge der Erdbeschleunigung kontinuierlich zunimmt. Tatsächlich kommen Steine oder sonstiges Schüttgut dem nachfolgenden Pkw also nicht entgegen, sondern eilen dem verursachenden Fahrzeug in einer zur Seite geöffneten Parabelbahn hinterher (Abb. 8).

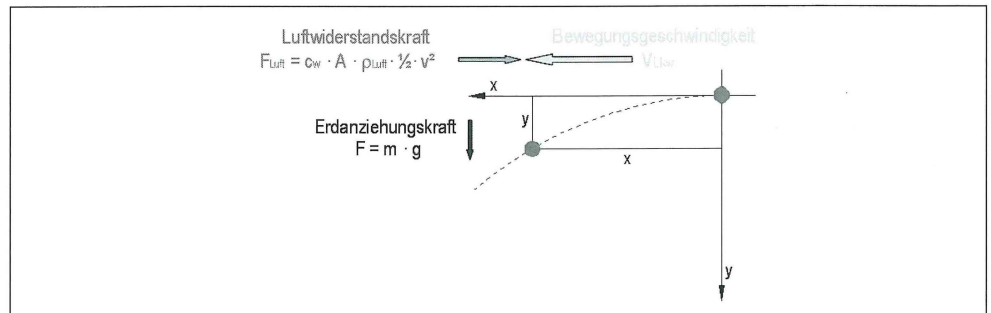


Abb. 7: Prinzipskizze waagerechter Wurf

Richtwert

Als **Richtwert** für direkte Treffer kann festgehalten werden, dass Steine, die bei ca. 80 km/h von der höchsten Stelle der Ladefläche (ca. 4 m) fallen, ca. 7 m hinter dem verursachenden Fahrzeug auf die Fahrbahn treffen. Damit die Windschutzscheibe eines nachfolgenden Fahrzeugs direkt getroffen wird, muss der Abstand zwischen den Fahrzeugen deutlich unter 7 m liegen. Direkte Treffer sind, ohne dass der Sicherheitsabstand drastisch unterschritten wurde, daher nur beim Überholvorgang oder im Gegenverkehr zu erwarten (seitliches Herunterfallen). Mit geringer Fallhöhe bzw. geringer Geschwindigkeit verringert sich auch der Abstand bis zum Auftreffen auf ein nachfolgendes Fahrzeug oder auf die Fahrbahn.

Der **Bewegungsablauf** bei **indirekten Treffern** ist sehr viel komplexer. Je nach Beschaffenheit des Schüttgutes zerbrechen einzelne Steine sogar beim Auftreffen auf die Fahrbahn in mehrere Teile. In Abhängigkeit der äußeren Geometrie, der Geschwindigkeit und der Reibpaarungen, werden einzelne Steine durch kurzes Verhaken der Oberflächenstrukturen (Fahrbahn/Gestein) in Rotation versetzt. Durch die Rotation kann es je nach Geometrie zum Aufspringen der Steine kommen. Anhand von Versuchen konnten Sprunghöhen teilweise über der Ausgangshöhe beobachtet werden. Diese Bewegungen lassen sich nicht vorhersagen und folgen dem Zufallsprinzip. Auch bei indirekten Treffern bewegen sich die Flugobjekte nicht auf den nachfolgenden Pkw zu, sondern

rollen (springen) bei jedem Auftreffen kontinuierlich verzögert von ihm weg. In der Praxis können solche Schadensschilderungen nur durch mehrfach variierte Fahrversuche nachgestellt werden, bei dem das Schadensausmaß im Versuch mit dem tatsächlichen Schadensausmaß verglichen wird.

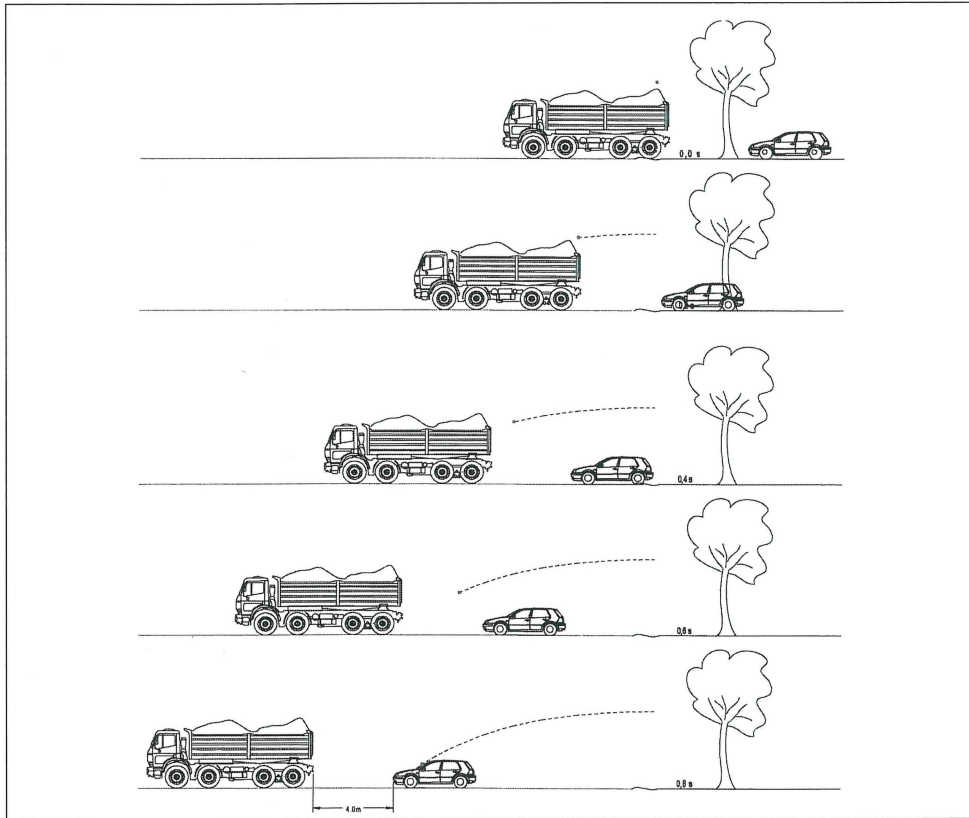


Abb. 8: Tatsächliche Flugbahn bei Ladungsverlust

III. Aufwirbeln von Steinen durch die Reifen

Prinzipiell unterscheidet sich die **zweite Kategorie der Bewegungsabläufe**, das Aufwirbeln von Steinen durch die Reifen, nur geringfügig von der Vorgehensweise beim Ladungsverlust von der Ladefläche. Aus diesem Grund werden diese Bewegungsabläufe hier weniger ausführlich erläutert. Für die Frage der Haftung ist es häufig von Interesse, ob ein Stein unmittelbar von der Straße aufgeschleudert wurde, oder ob ein Stein eingeklemmt zwischen den Reifen (oder im Profil) von einer Baustelle ausgetragen wurde und sich erst bei höheren Raddrehzahlen löste. Aufgrund des identischen Bewegungsablaufs beim Abwurf können diese Zusammenhänge aus technischer Sicht nicht unterschieden werden. In solchen Fällen wird oft auf die Entfernung des Abwurfortes zur Baustelle abgestellt.

Zweite Kategorie der Bewegungsabläufe

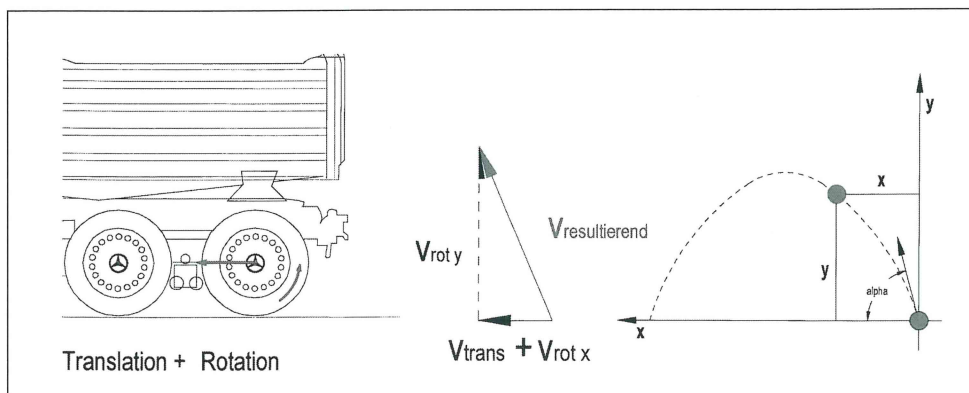


Abb. 9: Zusammengesetzte Bewegung/Prinzipiskizze schiefer Wurf

Der Bewegungsablauf wird nach den **Gesetzmäßigkeiten** des **schiefen Wurfs** berechnet (Abb. 9). Anhand der Schutzvorrichtungen am verursachenden Fahrzeug (Schutzbleche, Spritzlappen und sonstige Anbauteile) ist zunächst der relative Abwurfwinkel einzugrenzen. Zusammen mit der angegebenen Geschwindigkeit kann die maximale Wurfweite bestimmt werden. Auch bei diesem Abwurfmechanismus ist es so, dass es für den bewegten Beobachter im nachfolgenden Fahrzeug den Anschein hat, als würden ihm die Steine entgegen geschleudert. Die tatsächliche Flugbahn ist aber wiederum eine andere. Durch die Überlagerung der rotatorischen Bewegung (Drehung des Reifens) und der translatorischen Bewegung (Relativgeschwindigkeit des Lkw zur Umgebung) eilen Steine, die durch Reifen abgeworfen werden, dem verursachenden Fahrzeug in einer Parabelflugbahn hinterher. Das nachfolgende Fahrzeug unterfährt also die „hochgeworfenen“ Steine (Abb. 10). Eine Ausnahme gibt es bei durchdrehenden Reifen. In einer solchen Situation ist der rotatorische Anteil der Bewegung, der nach hinten gerichtet ist, größer als der translatorische Anteil, der nach vorne gerichtet ist. Bei durchdrehenden Reifen können Steine also auch nach hinten abgeworfen werden.

Werden Windeinflüsse zunächst vernachlässigt und ein Abwurfwinkel von 45° bei 80 km/h Geschwindigkeit vorausgesetzt, so sind Steine, die von einem Reifen aufgeworfen werden, ca. 3,2 s in der Luft und fliegen ca. 21 m weit (in Richtung des Verursachers). Direkte Treffer sind immer dann zu erwarten, wenn Fahrzeuge mit einer Geschwindigkeit folgen, bei der sie innerhalb der Flugzeit den Sicherheitsabstand und die Flugweite des Steins durchfahren. Geht man von einem mit konstanter Geschwindigkeit folgenden Fahrzeug aus (80 km/h), so errechnet sich der Abstand, bei dem es zu direkten Treffern kommt, mit 50 m.

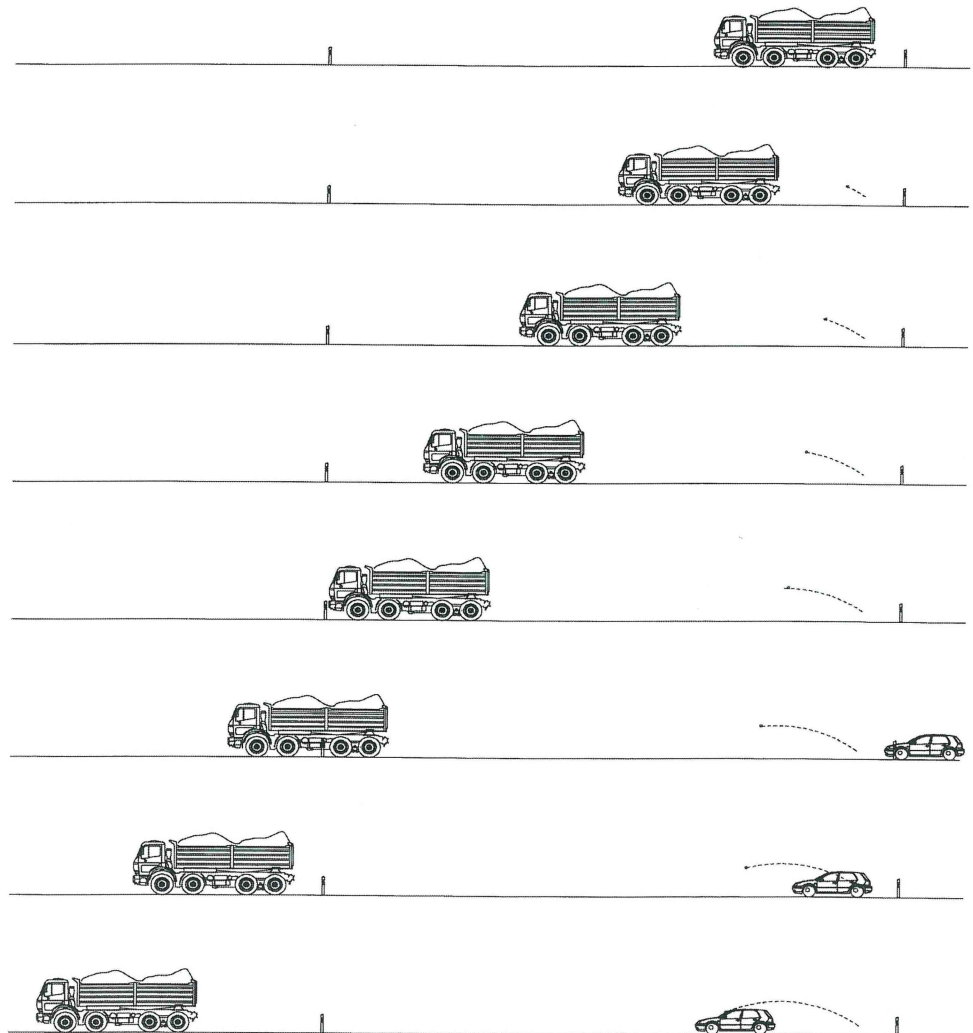


Abb. 10: Tatsächliche Flugbahn beim Aufwirbeln von Steinen durch Reifen