

# Näherungsgleichung für die Berechnung von Fahrwerksbelastung durch Schlaglöcher

VRR 5/2011, pp. 174 - 178

□

## Inhaltsverzeichnis

- [1 Zitat](#)
- [2 Inhaltsangabe](#)
- [3 Kommentare](#)
- [4 Weitere Beiträge zum Thema im VuF](#)
- [5 Weitere Infos zum Thema](#)
- [6 Weitere Infos zum Thema](#)

## Zitat

[Schimmelpfennig, K.-H.](#); [Uphoff, T.](#): Näherungsgleichung für die Berechnung von Fahrwerksbelastung durch Schlaglöcher. VerkehrsRechtsReport ([VRR](#)) 5/2011, pp. 174 - 178.

## Inhaltsangabe

Im Artikel werden Versuche dargestellt, bei denen mit einem Pkw Audi A6 mit der Bereifung 195/65 R15 eine 8 cm hohe Schwelle mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten (11 - 58 km/h) überfahren wurde und dabei die Vertikalbeschleunigung am betreffenden Querlenker gemessen wurde. Aus den Messwerten wurde eine Gleichung mit einem Reifen-Dämpfungsfaktor generiert, die die Vertikalbeschleunigung in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit beim Überfahren der Kante analytisch darstellen soll. Unterhalb der Gleichung ist ein Diagramm ersichtlich, das den Vergleich der Regression mit den Messwerten zeigt. Es wird darauf hingewiesen, dass der Dämpfungsfaktor (*k-Faktor*) nur unter bestimmten Umständen (bspw. kein Felgenkontakt, konkrete Reifengröße, Luftdruck etc.) gelte.

Der Versuch, die Werte anhand der auf Seite 178 abgedruckten Gleichung nachzuvollziehen, scheitert. Es ergibt sich ein völlig anderer Funktionsgraph, der die Messwerte nicht reproduziert. Es liegt die Vermutung nahe, dass ein Druckfehler unterliefe. Nebenbei sei noch darauf hingewiesen, dass in der Tabelle auf Seite 178 die Beschleunigungen in m/s (Druckfehler, das Quadrat fehlt) angegeben wurden. (Von den Autoren war hierzu innerhalb von 4 Monaten, trotz zwischenzeitlicher Erinnerungen, kein Kommentar zu erhalten.)

Die Quintessenz des Artikels lautet, dass erst dann eine problematische Belastung der Achsaufhängung auftritt, wenn die Reifenquerschnittshöhe geringer sei als die Höhe der Schlaglochkante. Sei die Höhe des Reifenquerschnitts größer als die des Hindernisses, könne eine Fahrwerksbeschädigung praktisch ausgeschlossen werden, da es nicht zu einem Kontakt der Felge

mit der Schlaglochkante komme. Eine Beschädigung des Reifens - obwohl äußerlich bei den Versuchen nicht ersichtlich - könne jedoch nicht ausgeschlossen werden.

## Kommentare

Sieht man sich das Video "Genuine is best - FAKE wheels fail safety test" [hier](#) an, so merkt man ohne große Rechenarbeit, auf welch hölzernen Füßen eine "Näherungsgleichung für die Berechnung von Fahrwerksbelastung" stehen muss.

Im Video werden 2 äußerlich identische Al-Felgen (1 x OEM-Felge, 1 x Kopie) bei einem einseitigen Schlagloch-Test mit 50 km/h verglichen. Bei der Originalfelge war kein Schaden äußerlich sichtbar, während bei der Kopie-Felge ein Stück am äußeren Felgenhorn bei der Ausfahrt aus dem Schlagloch ausgebrochen ist. Dabei wurden jeweils mehrere Versuche gefahren, um die Schlaglochkante zwischen den Felgenspeichen sowie direkt mit der Speiche zu treffen.

Das bedeutet, dass eine Schlaglochdurchfahrt unter identischen Bedingungen mit äußerlich identischen Felgen unterschiedliche Schadensbilder an der Felge selbst hinterlassen kann.

Sind solche Effekte schon kaum mit vertretbarem Aufwand analytisch/rechnerisch nachzuweisen, so ist es ein äußerst gewagtes Unterfangen, dann auch noch die Fahrwerksbelastung per Näherungsgleichung bestimmen zu wollen, so wie von den Autoren vorgeschlagen.

Ein weiter Aspekt, der in dem Artikel nicht zur Sprache kommt: es spielt nicht nur die Tiefe des Schlagloches eine Rolle, sondern auch die Länge. Das Rad "fällt" zunächst erst in das Schlagloch ("Einfahrt"), bevor es nach Durchfahren wieder die ursprüngliche Fahrbahnhöhe erreicht ("Ausfahrt"). Je nach Nick-/Wankeigenfrequenz des Fahrzeuges und momentanem Ein-/Ausfederzustand der Tragfeder bzw. des Dämpfers beim relevanten Lastfall "Ausfahrt aus dem Schlagloch" steht zu diesem Zeitpunkt (Ausfahrt) ein unterschiedlicher Federweg zur Verfügung. Dieser Federweg wird je nach Fahrgeschwindigkeit auch (zum Teil) in Anspruch genommen. Die Eigendynamik des Fahrzeuges muss also berücksichtigt werden. Genaugenommen müsste der Verschleißzustand des Dämpfers und des Druckanschlags auch bekannt sein.

Zudem wird als Kriterium mit der Formel nur die Vertikalbeschleunigung des Rades berechnet. Kräfte innerhalb der Radaufhängung, d.h. des Fahrwerks wurden nicht gemessen. Diese Kräfte auf bspw. den Querlenker dürfen für eine Schädigungsbetrachtung des Fahrwerks selbst (und nicht nur des Rades) nicht unberücksichtigt bleiben.

Äußerst unglücklich im Artikel ist, dass die Nicht-Korrelation zwischen Tab. 1 und Abb. 8 nicht explizit erwähnt wird. Der Leser muss schon selbst feststellen, dass in Tab. 1 die "berechnete Beschleunigung" ohne k-Faktor berechnet wird und in Abb. 8 der k-Faktor bei den "berechneten Werten" verwendet wird.

Ein Quellenverzeichnis fehlt in dem Artikel.

Ein Test der Formel auf Seite 178 mit Messwerten aus einem Entwicklungsprojekt im Jahre 2008 (Schwellenüberfahrt 80 mm mit kleinen Rampen, d.h. kein schlagartiger Kontakt wie bei der Versuchskonfiguration im Artikel) ergibt für die Vertikalbeschleunigung des Vorderrades folgendes:

- 40 km/h:  $a_{\text{Formel, errechnet}} = 506 \text{ m/s}^2$ ;  $a_{\text{gemessen, max}} = 50 \text{ g}$
- 60 km/h:  $a_{\text{Formel, errechnet}} = 715 \text{ m/s}^2$ ;  $a_{\text{gemessen, max}} = 100 \text{ g}$

(Reifengröße 205/50 R17,  $r_{\text{stat}} = 0,304 \text{ m}$ )

Während für den ersten Wert das Formelergebnis (zufällig?) ganz gut passen könnte, wird der 2. Wert stark unterschätzt. Völlig unberücksichtigt in der Formel bleiben relevante Parameter wie: Fahrzeugbeladungszustand, ungefederte Massen, Reifengröße ([Flankenhöhe!](#)) und die schon erwähnte Form des Schlaglochs (mit Unterscheidung zur Schwellenüberfahrt).

Im Artikel wird entgegen der Überschrift quasi eine Schwellenüberfahrt untersucht, nicht aber eine vollständige Schlaglochdurchfahrt. Es wird auch keine Näherungsgleichung für die Fahrwerksbelastung vorgestellt, sondern eine für die Vertikalbelastung des Rades.

## Weitere Beiträge zum Thema im VuF

- 1990 #1, #2 [Die Aufdeckung des Kfz-Versicherungsbetruges mittels technischer Beweisführung - Entwicklung einer Systematik zur Kompatibilitätsanalyse](#)
- 1990 #7/8 [Die Zuordnung von Beschädigungszonen bei Berücksichtigung von Beladung, Verzögerung und Querbeschleunigung](#)
- 1990 #7/8 [Lkw Verzögerungen, Beschleunigungen und Schwellzeiten](#)
- 1992 #10 [Meßgerät zur Bestimmung dynamisch bedingter Höhenänderungen des Fahrzeugaufbaus](#)
- 2004 #3 [Höhenänderungen von Pkw-Karosserieteilen beim Bremsen](#)

## Weitere Infos zum Thema

- 1995 [Die Aufklärung des Kfz-Versicherungsbetrugs](#). (S.98 - 103)
- 2007 [Fachbuchbuch "Unfallrekonstruktion](#). Leser, H., Kapitel 2.4.5 Bremsnicken, S. 340 - 341.
- 2011 Näherungsgleichung für die Berechnung von Fahrwerksbelastung durch Schlaglöcher. VRR 2011 #5 pp. 174 - 178

## Weitere Infos zum Thema

- Rai, N.; Solomon, A.; Angell, J.: Computer Simulation of Suspension Abuse Tests Using ADAMS. SAE Technical Paper [820079](#), 1982
- Wang, D.; Basch, R.: Effects of Braking on Suspension Loads in Potholes. SAE Technical Paper [SAE:2007-01-1647](#), 2007
- K Billal, M.; Carneiro, G.; Ozelo, R.; Kulkarni, M.: Simulation of Vehicle Pothole Test and Techniques Used. SAE Technical Paper [SAE:2015-01-0637](#), 2015
- Metz, L.; Sneddon, J.: Vehicle Dynamics Simulation Associated with Pothole Encounters Using the [HVE](#) SIMON Program and Radial Spring Tire Model. SAE Technical Paper [SAE:2015-01-1572](#), 2015