

# SAE:2009-01-0092

□

## Inhaltsverzeichnis

- [1 Zitat](#)
- [2 Inhaltsangabe](#)
- [3 Anmerkungen](#)
- [4 Beiträge zum Thema im VuF](#)
- [5 SAE papers](#)
- [6 Siehe auch](#)

## Zitat

[Beauchamp, G.](#); Hessel, D.; [Rose, N.](#); Fenton, S. et al.: Determining Vehicle Steering and Braking from Yaw Mark Striations. SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst. 2(1):291-307 [SAE 2009-01-0092](#) (2009)

## Inhaltsangabe

Die Autoren beschäftigen sich mit dem Formelwerk zur Beschreibung der Orientierung und Ausdehnung von Reifenspuren, die bei Brems- und Lenkmanövern während starkem Gieren gezeichnet werden. Das Formelwerk wird ausführlich in einem 4-seitigen Theorieabsatz dargestellt. Zusammengefasst geht es dabei um die trigonometrischen Beziehungen zwischen Schräglaufwinkel und Winkellage der Reifenspuren (genauer den geriffelten Spuren der äußeren Profilblöcke des Reifens bei starker Gierbewegung). Daraus wird eine Gleichung (Gl. 20) für den %-ualen Bremschlupf abgeleitet, der sich berechnen lässt, wenn Schräglaufwinkel  $\alpha$  und "Riffelwinkel"  $\theta$  bekannt sind (der Riffelwinkel lässt sich ausmessen und der Schräglaufwinkel lässt sich mit Gl. 2 trigonometrisch aus dem Riffelwinkel und 2 Abständen (im Artikel *TD* und *SD* bezeichnet), die als Hypotenusen interpretiert werden können, berechnen):

$$S_{\text{text{\%}}} = \frac{\tan \alpha}{\tan (\theta + \alpha)} \cdot 100$$

Weiter werden Versuche zur Verifikation des Formelwerks mit 2 Ford Crown Victoria sowie mit einem 2008er Chevrolet Malibu mit Winter-Bereifung 225/60R16 vorgestellt:

- Studie I: Reifenspuren im Kollisionsauslauf

Hier wird auf Basis von 2 sog. PIT-Tests (Pursuit Intervention Technique) ein Schleudern des gestoßenen Fahrzeuges (1 x im und 1 x gegen den Uhrzeigersinn) provoziert. Die PIT-Technik wird in Amerika von der Polizei bei der Verfolgung verdächtiger Fahrzeuge angewandt. Vom Fahrer des gestoßenen Fahrzeuges erfolgten nach dem Stoß keine Brems- oder Lenkimpulse. Die Autoren fassen zusammen, dass die postkollisionäre Gierbewegung bereits mit Analyse einer Reifenspur rekonstruiert werden kann, solange klar ist, welcher der 4 Reifen die Spur gezeichnet hat.

- Studie II: Reifenspuren nach Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug

Der Chevrolet Malibu musste per Handbremse in eine Schleuderbewegung gezwungen werden, um erkennbare Spurzeichnungen erzeugen zu können. Mit Lenkimpulsen waren nur sehr schwache Spurzeichnungen zu erzeugen. Die Ausgangsgeschwindigkeit betrug ca. 77 km/h (48 mph). Obwohl der Fahrer während des Tests gebremst haben soll, soll es nicht zum Einsetzen von [ABS](#) gekommen sein. Per VBOX wurden Fahrzeuggeschwindigkeit und Raddrehzahlen gemessen. Für den hinteren linken Reifen wird der Schlupf aus den VBOX-Messungen berechnet (Gl. 31) und mit dem aus Schräglaufwinkel und Winkel der Spurzeichnung berechneten Schlupf (Gl. 32, entspricht Gl. 20) verglichen. Die in Abb. 17 gezeigte Übereinstimmung für den Bremsschlupf zwischen Messung und Berechnung aus Reifenspuren ist als "gut" zu bezeichnen.

Weiterhin wurden die 58 Riffelspuren einer kompletten Reifenumdrehung eines Frontreifens mit Hilfe der Monte-Carlo Methode analysiert und berechneten Werten für Lenk(rad)winkel und Schlupf aus der VBOX-Messung gegenübergestellt. Die Übereinstimmung ist nicht so gut, aber zumindest der Bremsschlupf wird tendenziell in der richtigen Größenordnung herauskommen.

Die Autoren fassen zusammen:

- Die postkollisionäre Auslaufbewegung kann anhand einer einzigen Reifenspur der Hinterachse rekonstruiert werden.
- Fehler beim Radlenkwinkel übertragen sich mit der [Lenkübersetzung](#) (beim Malibu 16,4:1) als Multiplikator auf den Lenkradwinkel.
- Für die Unfallrekonstruktion ist die Fahrzeugverzögerung von Interesse; der Zusammenhang mit dem Bremsschlupf ist nichtlinear. Während Test II wurden 10 - 20 % Schlupf am Hinterrad und ca. 28 % Schlupf am Vorderrad gemessen. Während einer Gierbewegung resultieren aus einer Bremsung also unterschiedliche Schlupfwerte an den Reifen.
- Das Formelwerk nimmt einen unverformbaren Reifen an. Gerade bei größeren Schräglaufwinkeln ist unklar, wie die Reifendeformation die Ergebnisse beeinflusst. Es ist noch unklar, ob es besser ist, die Verformung in den Formeln zu berücksichtigen oder nicht.
- Die Maserung ("Riffelwinkel") zeigt die Wirkrichtung der Reibkraft an.

## Anmerkungen

Die Autoren schreiben in der Zusammenfassung (ohne darauf näher in einem vorherigen Kapitel eingegangen zu sein), dass Reifenspuren, bei denen ein hell/dunkel Unterschied erkennbar ist, die aktuelle Länge des Reifenlatsches verraten (engl. "*Alignment of a tire on a tire mark with a light/dark distinction in this way inherently reveals the actual contact patch length of the tire.*"). Wie die Ausrichtung des Reifens auf der Reifenspur (die man entsprechend der vorgestellten Methodik nach Bestimmung des Schräglaufwinkels vornehmen soll) das genau verraten soll, wird leider nicht verraten, auch wenn im Artikel selbst eine Formel (Gl. 9) zur Berechnung des Reifenlatsches (CPL - contact patch length) präsentiert wird:

$$CPL = \beta r = \frac{LS \sin \theta}{\sin \alpha}$$

mit:

- $r$  = Reifenradius
- $\beta$  = Winkel, der die Aufstandsfläche in der Seitenansicht einschließt

- LS = length of striation = Länge einer Riffelspur

Die Formel ist jedoch aufgrund der nicht berücksichtigten Verformung des Reifens nur eine Annäherung. Es ist eine statische Betrachtung; die Schräglaufsteifigkeit des Reifens ist nicht mit berücksichtigt.

Trotzdem insgesamt eine sehr interessante Veröffentlichung zu einem Thema, das im deutschsprachigen Raum in der entsprechenden Fachliteratur bzw. Veröffentlichungen kaum berücksichtigt wird. --[Vdengineering \(Diskussion\)](#) 12:28, 6. Nov. 2015 (CET)

## Beiträge zum Thema im VuF

- 1971 #97 [Mercedes-Benz TELDIX-ANTI-BLOCK-SYSTEM \(ABS\) - Sein Einfluß auf die Bremseigenschaften und auf die Fahrstabilität](#)
- 1979 #5 [Bremsen mit ABS, Konsequenzen für den Verkaufsablauf](#)
- 1980 #3 [Spurenzeichnung und Bremsverzögerung bei Notbremsungen mit Personenkraftwagen mit und ohne automatischem Blockierverhinderer](#)
- 1980 #3 [Bremsverhalten, Spurenzeichnung und Spurenerkennung ABS-gebremster Personenkraftwagen](#)
- 1980 #11 [Das Notbremsvermögen von Pkw mit und ohne automatischen Blockierverhinderern \(ABV\) auf nasser Straße](#)
- 1984 #7/8 [Das Notbremsverhalten von Pkw mit automatischen Blockierverhinderern \(ABV\) unterschiedlicher Bauart - ein Leistungsvergleich zwischen ABS, ALB und ASBS](#)
- 1988 #11 [ABS, ASR und die Rechtspflege](#)
- 1989 #12 [Bremsversuche zur Untersuchung der Bremsverzögerung und der Erkennbarkeit von Bremsspuren bei einem Fahrzeug mit automatischem Blockierverhinderer](#)
- 1991 #6 [Notbremsungen aus hohen Ausgangsgeschwindigkeiten mit und ohne ABS](#)
- 1997 #5 [Verkehrsunfallaufnahme bei Fahrzeugen mit Anti-Blockier-System \(ABS\)](#)
- 2000 #7/8 [Geschwindigkeitsrückrechnung und Weg-Zeit-Verhältnisse bei bogenförmig verlaufenden ABS-Spuren](#)
- 2002 #10 [Verzögerungswerte - Erkennbarkeit von ABS-Bremsspuren auf stark laubbedeckter nasser Asphaltfahrbahn](#)
- 2009 #4 [Pkw-Reifenspuren unter Einfluss der Regelsysteme ABS und ESP und der Parameter Reifenart und Reifendruck](#)
- 2011 #2 [Untersuchung von ABS-Spuren](#)

## SAE papers

- [SAE:890635](#) A Comparison Study of Skid and Yaw Marks
- [SAE:920606](#) Calculating Speed from Heavy Truck Skid Marks
- [SAE:971147](#) Formulas for Estimating Vehicle Critical Speed From Yaw Marks - A Review
- [SAE:2007-01-0723](#) Relationship Between Anti-Lock Tire Mark Length and Speed Change
- [SAE:2009-01-0100](#) Tire Mark Analysis of a Modern Passenger Vehicle with Respect to Tire Variation, Tire Pressure and Chassis Control Systems
- [SAE:2013-01-0781](#) Approach to Determine Slip Values Based on the Intensity of Tire Marks with Respect to Tire and Road Properties
- [SAE:2014-01-0467](#) Sample-Based Estimation of Vehicle Speeds from Yaw Marks: Bayesian Implementation Using Markov Chain Monte Carlo Simulation

## Siehe auch

- [Critical Speed Formula](#)
- [Gnädler, R.](#); Frey, M.; Unrau, H.-J.: Kraftschluss- und Verformungsverhalten von Fahrzeugreifen bei extremen Fahrmanövern. [ATZ](#) 10/2006 Jahrgang 108