

Manfred Becke*, Uwe Golder**

Rutschversuche mit Zweirädern auf nasser Fahrbahn und auf Gras

1 Vorwort

Bei der Rekonstruktion eines Zweiradunfalls ist die Geschwindigkeit des Zweirades am Rutschbeginn eine wichtige Größe. Sie ist häufig Grundlage für die Geschwindigkeitsrückrechnung. Zwei Untersuchungen beschäftigten sich bisher mit den Rutschverzögerungen von Zweirädern. [1] RAU (1977) gab für den Geschwindigkeitsbereich von 20-60 km/h Rutschverzögerungen sämtlicher Zweiräder an. In [2] wurde der Geschwindigkeitsbereich von ca. 50 bis 120 km/h erforscht, wobei für die Zweiradarten Fahrrad, Mofa und Motorrad eine getrennte Auswertung erfolgte.

Die bisherigen Untersuchungen galten für die trockene Asphaltfahrbahn. Ereignete sich der Unfall auf nasser Fahrbahn, übernahm man in den meisten Fällen die bekannten Ergebnisse, ohne

Dipl.-Ing. Manfred Becke, Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Straßenverkehrsunfälle und Kfz.-Technik, Dipl.-Ing. Uwe Golder, Sachverständiger im Ing.-Büro Schimmelpfennig und Becke, Im Bilskamp 2 F, 4400 Münster-Wolbeck

2.3.3 Unfälle zwischen Zweirad- und Vierradfahrzeugen

daß gesicherte Aussagen über die Rutschverzögerungen von Zweirädern auf nasser Fahrbahn vorlagen. Um diese Wissenslücke zu schließen, unternahmen wir Rutschversuche mit Zweirädern auf nasser Fahrbahn. Zusätzlich führten wir mit Mofa und Fahrrad auch Rutschversuche auf Grasboden durch. Ergänzende Messungen mit Fahrrädern auf trockener Asphaltfahrbahn erlaubten es, die in [2] veröffentlichten Ergebnisse zu vervollständigen.

2 Versuchsaufbau

Als Versuchsfahrzeug diente ein Audi 100 Avant. An dessen Heck befand sich eine Kippvorrichtung, die ein langsames Kippen der Zweiräder ermöglichte (**Bild 1**). Die Zweiräder standen quer zur Fahrtrichtung auf einer Plattform, die sich ca. 5 - 10 cm oberhalb der Fahrbahn befand. Über einen Auslösemechanismus konnte vom Beifahrersitz aus die Kippbewegung der Zweiräder eingeleitet werden.

Um den Einfluß unterschiedlicher Versuchsanordnungen auf die Meßergebnisse zu untersuchen, ließen wir bei zwei Versuchen auf trockener Fahrbahn Fahrräder aus einer waagerechten Position, ca. 10 cm über der Fahrbahn, fallen. Bei drei anderen Versuchen zog der PKW das Fahrrad bereits rutschend hinter sich her.

3 Versuchsdurchführung

Auf nasser Fahrbahn begannen die Versuche bei einer Geschwindigkeit von 36 km/h. In Sprüngen von 10 km/h wurde die Versuchsgeschwindigkeit beim Motorrad auf 65 km/h, beim Mofa auf

ca. 95 km/h und beim Fahrrad auf ca. 85 km/h gesteigert. Bei jeder Geschwindigkeit machten wir 3 Versuche.

Während der Versuche war die Fahrbahn durch kontinuierlichen Regen stets naß. Bild 2 dient zur Beurteilung der vorhandenen Reibungsverhältnisse auf der Versuchsstrecke. Es zeigt Verzögerungsverläufe von Vollbremsungen mit einem PKW am Versuchstag.

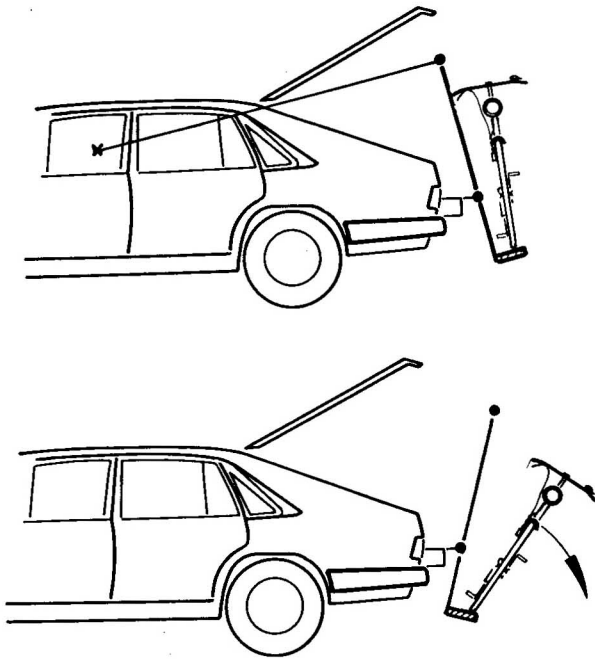


Bild 1 Versuchsaufbau



Bild 2 Verzögerungsmessungen

4 Versuchsauswertung

Um die mittlere Rutschverzögerung zu berechnen, wurde die Rutschstrecke – Entfernung zwischen erstem Bodenkontakt und Endlage – ausgemessen und die Abwurfgeschwindigkeit der Zweiräder notiert:

$$a = \frac{v^2}{2s}$$

a : Rutschverzögerung (m/s²)
v : Geschwindigkeit (m/s)
s : Rutschweg (m)

Das Ziel der Versuche bestand darin, den Verlauf der Rutschverzögerung in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit zu bestimmen. Durch lineare Verbindungen zwischen den Extrempunkten einzelner Verzögerungswerte entstanden einhüllende Bänder für die Verzögerungsverläufe.

In den meisten Fällen ist die Rutschweite eines Zweirades nach einem Unfall bekannt. Um direkt über die Rutschstrecke Aussagen zur Geschwindigkeit beim Rutschbeginn machen zu können, entwickelten wir durch Umrechnung Diagramme, in denen die Rutschweiten als Funktion der Geschwindigkeit beim Rutschbeginn dargestellt wurden.

5 Ergebnisse

5.1 Asphaltfahrbahn

Bei den in [2] durchgeführten Versuchen zeigten sich drei Tendenzen ab:

1. Mit abnehmendem Eigengewicht vergrößert sich die Bandbreite der Verzögerung.
2. Je leichter das Zweirad, desto höhere Verzögerungen treten auf.
3. Mit zunehmender Geschwindigkeit fällt im allgemeinen das Verzögerungsniveau.

Bild 3 zeigt die Verzögerungsbänder von »Fahrrad, Mofa und Krad« für eine trockene Straße. Durch zusätzliche Messungen mit Fahrrädern konnte das in [2] für »Fahrrad« angegebene Verzögerungsbänder ergänzt werden.

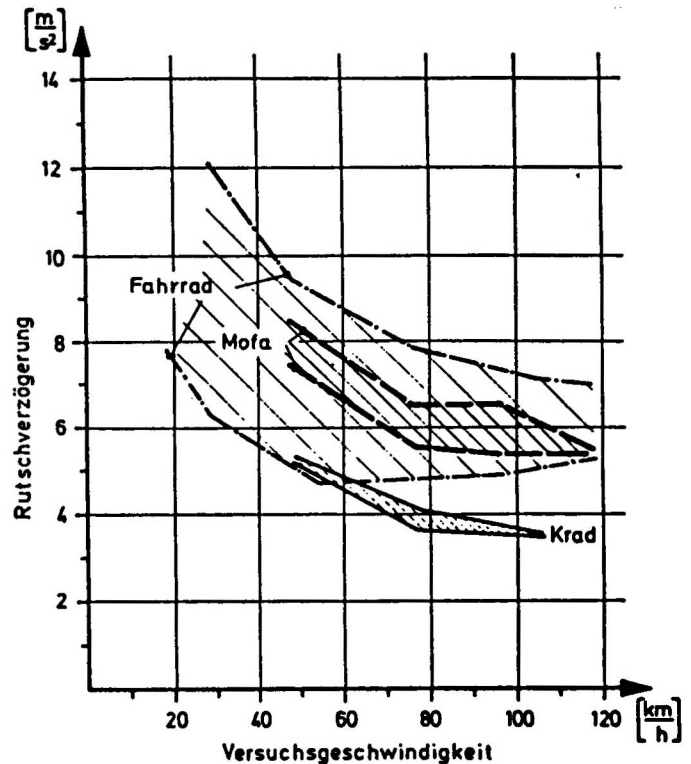


Bild 3 Rutschverzögerungen und Rutschweiten von Zweirädern auf trockener Fahrbahn

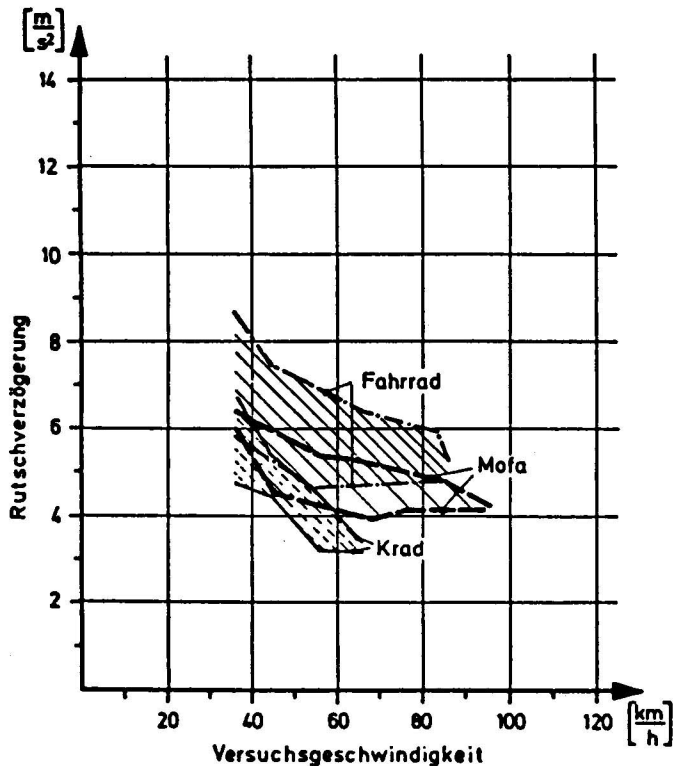
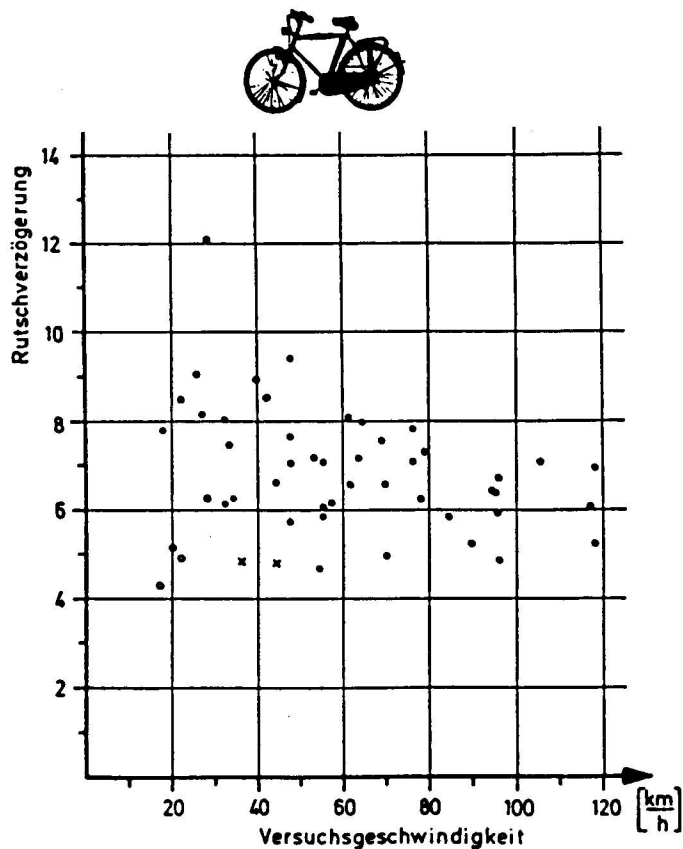


Bild 4 Rutschverzögerungen und Rutschweiten von Zweirädern auf nasser Fahrbahn

Bild 4 gibt die ausgewerteten Verzögerungsbänder für die 3 Zweiradarten auf nasser Fahrbahn wieder. Auch bei diesen Versuchsbedingungen traten die drei zuvor beschriebenen Tendenzen hervor. Die Tendenzen aus den auf trockener Fahrbahn durchgeführten Versuchen wurden bestätigt.

Die Bandbreite der Rutschverzögerung wird durch die Art der Auslaufbewegung bestimmt. Sowohl auf trockener als auch auf nasser Fahrbahn zeichnen sich Fahrräder durch das ausgedehnteste Verzögerungsband der drei Zweiradarten aus. Daraus folgt, daß die Werte für Fahrräder sehr schlecht reproduzierbar sind.

Der Grund liegt in stark voneinander differierenden Auslaufbewegungen. Kräder, die ein relativ schmales Verzögerungsband kennzeichnet, rutschten vom ersten Aufschlag bis in die Endlage stets stabil auf einer Seite liegend. Bei Fahrrädern hingegen wechselten unvorhersehbar Phasen des Überschlages und des Rutschens. Durch Verhakungen von Bauteilen des Fahrrades mit Asphaltteilchen kam es zu Überschlügen, bei denen das Fahrrad einige Dezimeter hochgeschleudert wurde. Jedem Überschlag schloß sich ein erneuter Aufschlag auf die Fahrbahn an, der einen Abbau von kinetischer Energie nach sich zog. Bei den Versuchen mit Fahrrädern war festzustellen, daß niedrige Verzögerungen bei gleichmäßigen Rutschbewegungen zustande kamen, während hohe Verzögerungen mit Überschlügen verbunden waren.



Versuchsanordnungen: ● nach Bild 1
x waagrecht liegend
○ rutschend gezogen

Bild 5 Rutschverzögerungen von Fahrrädern auf trockener Asphaltfahrbahn bei unterschiedlichen Versuchsanordnungen

Wie die Vergleichsversuche mit anderen Versuchsaufbauten zeigten, bestimmt gerade im unteren Geschwindigkeitsbereich das Aufschlagen auf die Fahrbahn die Höhe der mittleren Verzögerung (Bild 5). Die bei einem tatsächlichen Unfall vorliegende Aufschlagsphase des Fahrrades auf die Fahrbahn blieb bei den Vergleichsversuchen unberücksichtigt; daher stellten sich nur mittlere Rutschverzögerungen im Bereich zwischen ca. 4 und 5 m/s² ein. Anhand der Vergleichsversuche wird deutlich, daß die Meßergebnisse sehr stark vom Versuchsaufbau abhängen.

Die Bilder 6, 7 und 8 stellen für »Fahrrad, Mofa und Krad« die ausgewerteten Verzögerungsbänder für den Versuchsaufbau nach Bild 1 sowie die daraus berechneten Rutschweiten für die trockene und nasse Fahrbahn gegenüber. Es wird deutlich, daß auf nasser Fahrbahn ein geringeres Verzögerungsniveau vorliegt, als auf

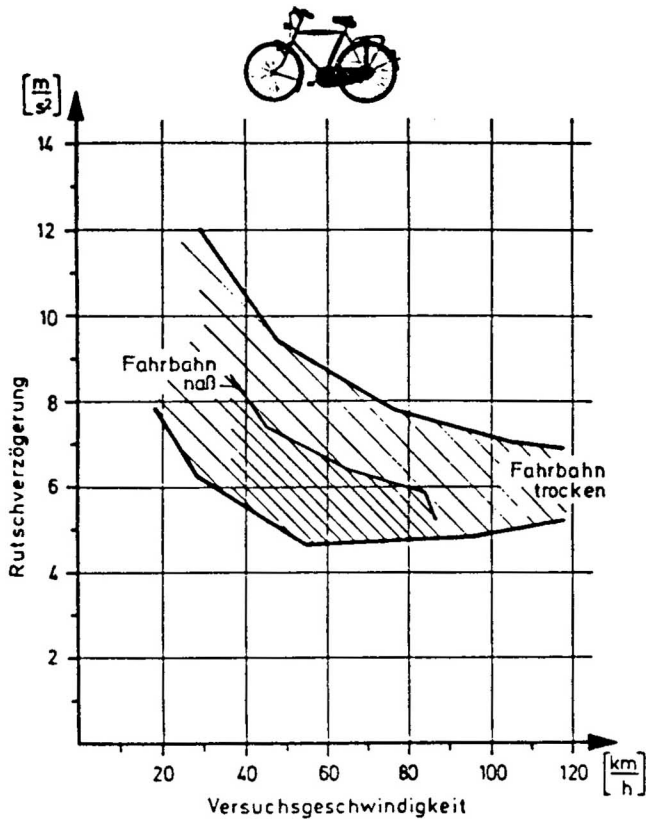


Bild 6 Rutschverzögerungen und Rutschweiten von Fahrrädern

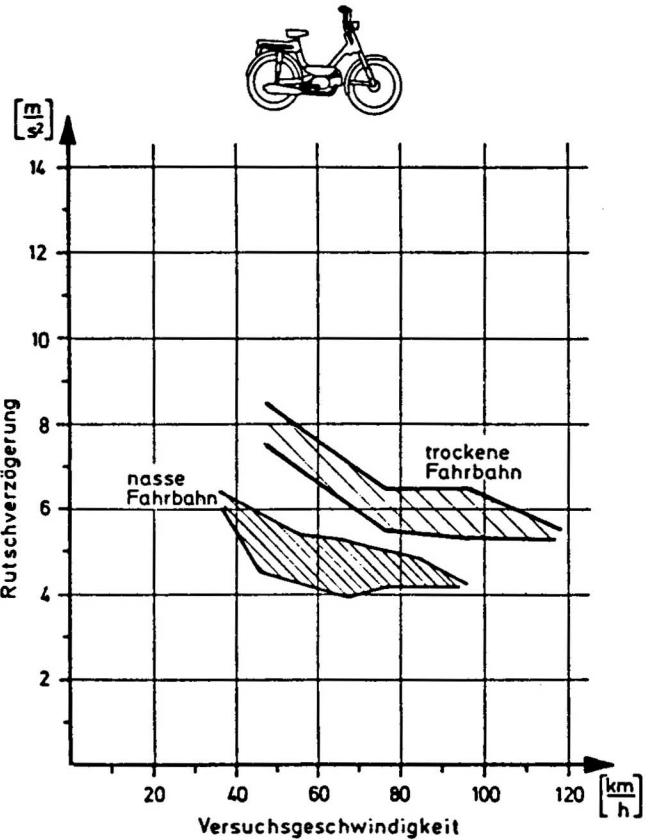
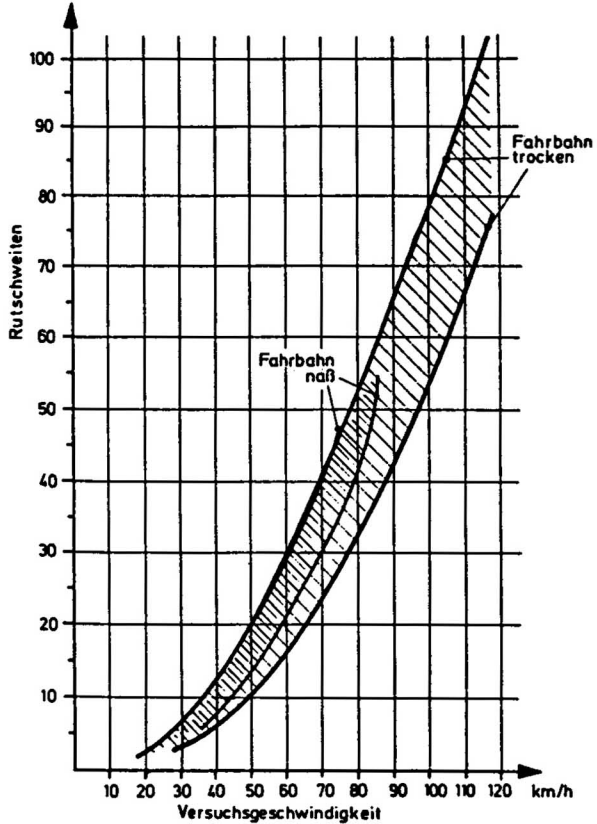
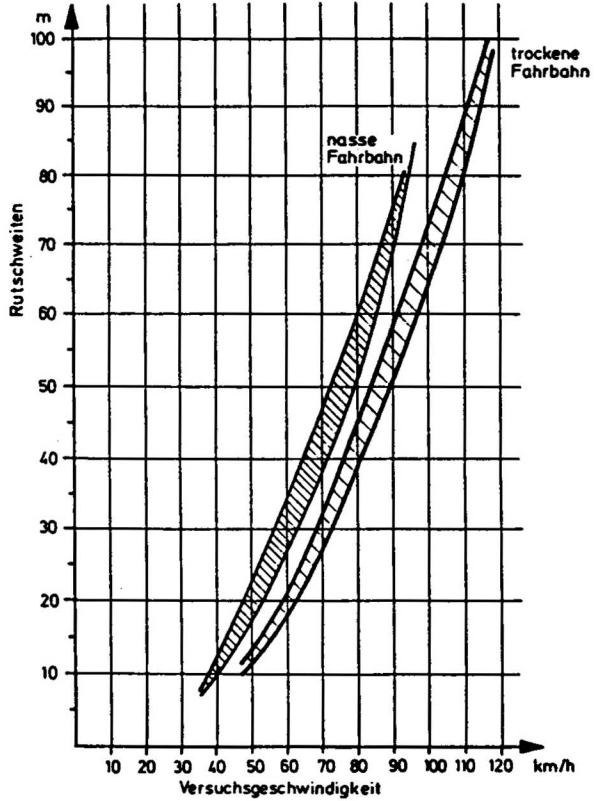


Bild 7 Rutschverzögerungen und Rutschweiten von Mofas



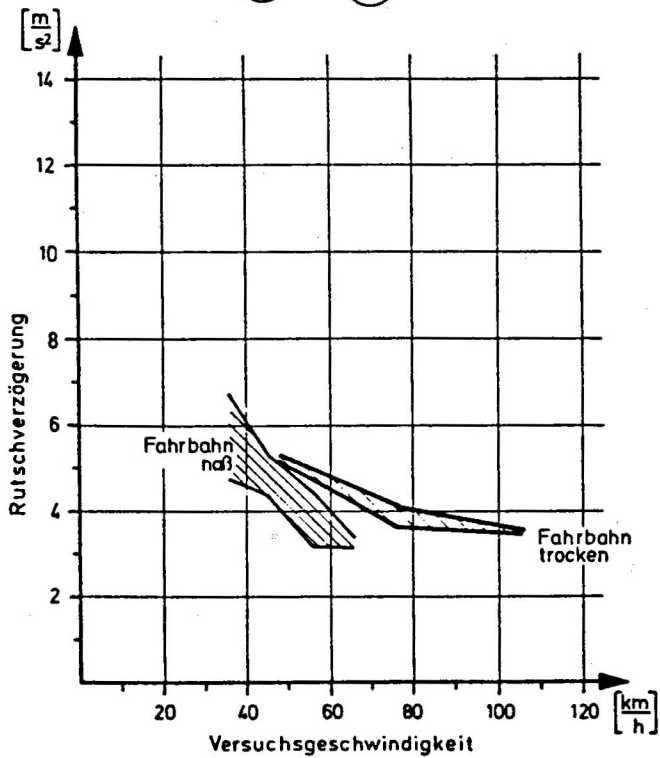
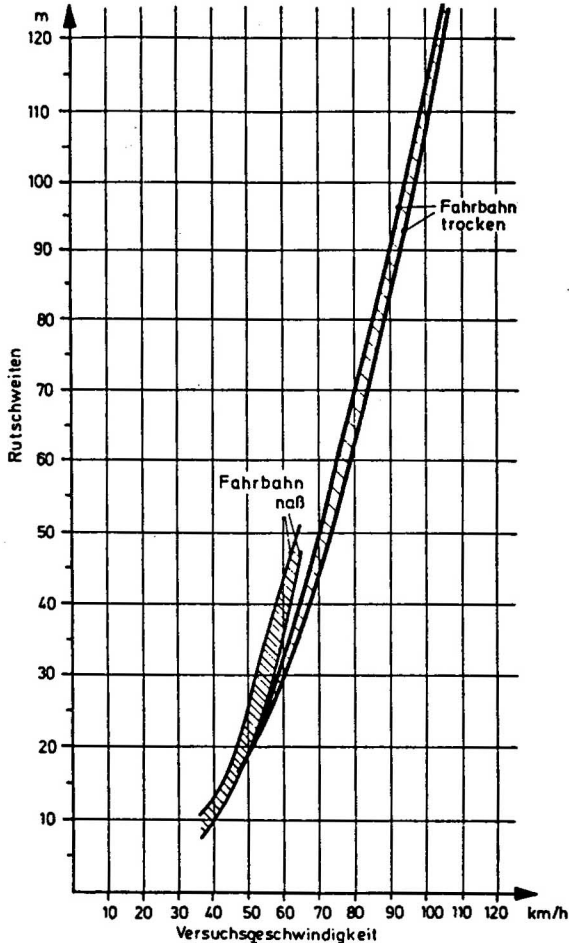


Bild 8 Rutschverzögerungen und Rutschweiten von Krädern



trockener. Dies hat zur Folge, daß auf nasser Fahrbahn bei gleicher Geschwindigkeit am Rutschbeginn größere Rutschweiten zu erwarten sind.

5.2 Grasboden

Auf einer Grasfläche wurden mit Fahrrädern 15, mit einem Mofa 4 Rutschversuche durchgeführt. Die in den Bildern 9 und 10 wiedergegebenen Rutschverzögerungen ließen keine Systematik erkennen.

Bei den Versuchen kam es zu unkontrollierten Bewegungen der Zweiräder, die durch die Intensität der Verhakungen mit dem Erdboden bestimmt wurden. Durch Verhakungen stellten sich die Fahrräder auf und überschlugen sich. Bild 11 hält eine Bewegung fest, bei der das Fahrrad nach dem Aufstellen eine Strecke rollte. Die Auswertung dieses Versuches ($v = 55 \text{ km/h}$, $s = 16,9 \text{ m}$) führten zu einer mittleren Verzögerung von $6,9 \text{ m/s}^2$. Die maximale Rutschverzögerung lag bei $24,4 \text{ m/s}^2$.

Beim Mofa lagen die mittleren Verzögerungen zwischen $6,9$ und $13,9 \text{ m/s}^2$.

6 Zusammenfassung

Rutschversuche mit Fahrrädern, Mofas und Krädern auf nasser Fahrbahn zeigten, daß größere Rutschweiten als auf trockener Fahrbahn zu erwarten sind. Dies ist eine Folge des gegenüber der trockenen Fahrbahn niedrigeren Verzögerungsniveaus. Vergleichsmessungen, bei denen ein anderer Versuchsaufbau gewählt wurde, führten zu den Erkenntnissen, daß die versuchstechnisch erfaßten Rutschweiten und die daraus abgeleiteten Rutschverzögerungen in entscheidendem Maße von der gewählten Versuchsanordnung abhängen.

Literaturnachweis

[1] Rau, H. (1977): Ergebnisse von Rutschversuchen mit Zweirädern, 13. AVO – GUFU Seminar in Köln
[2] Becke, M. (1985): Zweiradrutschverzögerungen bei hohen Geschwindigkeiten, »Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik« Heft 2/1985

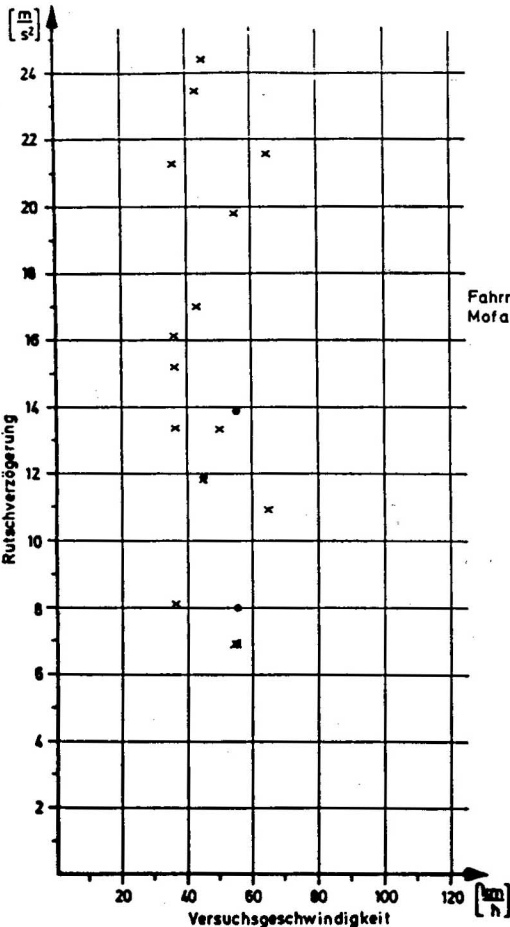


Bild 9 Rutschverzögerungen auf Gras



1



5



2



6



3



7



4



8