

# **Verschleiß von Straßendeckschichten durch Spikereifen**

**-Zusammenfassung der Untersuchungen im Innentrommelprüfstand-**

**Verschleiß von Straßendeckschichten durch  
Spikereifen  
-Zusammenfassung der Untersuchungen im  
Innentrommelprüfstand -**

F.J. Schlemmer

Bundesanstalt für Straßenwesen

Bericht zum Forschungsprojekt 85606  
der Bundesanstalt für Straßenwesen  
Bergisch Gladbach, Februar 1992

Herausgeber:

© Bundesanstalt für Straßenwesen  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
5060 Bergisch Gladbach 1, Brüderstr. 53  
Tel. 02204/430, Telex 8878483 bas d

Es wird darauf hingewiesen, daß die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Falle die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, bedürfen der Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen.

Druck: Fotodruck J. Mainz, 5100 Aachen

Lfd. Nr. 249

ISSN 0173-7066

## Abstract

The extent of pavement wear caused by the use of studded tyres led to the "Official regulations regarding the use of studded tyres" of 08 November 1972. In accordance with these regulations, the use of studded tyres was legal only until 30 April 1975. After that date, studded tyres were to be approved only if "evidence could be produced to the effect that they were causing less damage than they had before".

In connection with these regulations, the Federal Ministry of Transport commissioned the establishment of an interior drum testing apparatus (IPS) at the Federal Highway Research Institute (BAST) in 1974, which started operation in the same year. After the development of a standardized testing procedure, various pavement surfacings were to be tested by means of this testing equipment in respect of the pavement wear caused by studded tyres of different damaging power. Commissioned by the Federal Ministry of Transport, the studies have been undertaken in agreement with the Working Group "Performance Specifications" of the Road and Transportation Research Association. They included the following tests:

- 1) 1974 - 1980: standard tests using studded tyres of the first generation and some modifications; tests on various types of pavements;
- 2) 1982: standard tests for updates; studded tyres of the second generation on one type of pavement;
- 3) 1985 - 1989: tests simulating annual temperature and traffic volume variations; different types of studded tyres and pavements.

The results of these tests can be grouped according to the wear resistance of pavements and the pavement wear caused by different types of studded tyres. The pavements below are listed in accordance with their wear resistance (descending order):

- cement concrete 0/22 mm
- gussasphalt 0/16 mm
- bitumen concrete 0/8 mm (basalt chippings)
- bitumen concrete 0/11 S (basalt chippings)
- bitumen concrete 0/8 mm (diabase chippings)  
(the last with the poorest wear resistance).

As regards studded tyres, one distinguishes between those with studs of the first generation (large, heavy, large number of studs per tyre), studs of the second generation (small dimensions, lighter, small number of studs per tyre; approx. from 1975) and studs of special design (plastic-coated hard metal core or sleeved metal core). If we set the pavement wear caused by tyres with first generation studs equal to 100 %, the damage caused by second generation studs amounts to approx. 40 % to 50 % depending on the pavement in question and that of tyres with specially designed studs to approx. 20 % to 30 % depending on the pavement in question.

The results demonstrate the manufacturers' success in reducing pavement wear caused by studs by measures, such as reducing the number of studs per tyre, dimensions and weight of the studs, controlling protrusion and reducing the retraction force of the studs. Nevertheless, however, pavement wear due to studded tyres is still 20 times as high as that caused by unstudded tyres.

In addition, the studies conducted by the Technical Inspection Agency (TÜV Rhineland) and staff studies of BAST show that the advantage of studded tyres, i.e. improved tyre grip in winter road conditions compared with that of snow chains and the modern siped tyres, is generally only felt on clear ice, a rare phenomenon.

Despite the pavement wear reduction attainable by modern studded tyres, the overall damage caused by the dramatic increase in vehicle travel is probably higher today than at the time when studded tyres were introduced. In addition, the lower wear resistance of the more recently laid pavement surfacings selected with a view to reducing tire noise levels has to be taken into account. Among other things, they will lead to an increase in the number of work sites with the resulting traffic flow and safety impact.

## Resume

Les dommages causés aux revêtements par l'utilisation des pneus à crampons ont amené le législateur à adopter le "Règlement sur l'utilisation des pneus à crampons" du 8 novembre 1972. Ce règlement a fixé le 30 avril 1975 comme date d'expiration de l'autorisation des pneus cramponnés. Après cette échéance, ces pneus n'étaient plus autorisés sauf s'ils prouvaient d'être nettement moins nuisibles qu'avant.

C'est sur ce fond que le Ministère Fédéral des Transports a donné l'ordre en 1974 de développer et mettre en service un banc d'essai à tambour giratoire. Après la mise au point d'une méthode d'essai standardisée, ce tambour giratoire avait pour tâche d'étudier dans quelle mesure des crampons d'une agressivité différente provoquaient des dommages à différents types de revêtements. Sur l'ordre du Ministère Fédéral des Transports, les études étaient effectuées en coordination avec le groupe de travail "Specifications de performance" de l'Association de Recherche sur la Route et le Transport. Elles comprenaient trois étapes:

1. 1974 - 1980 Essais standard avec des pneus à crampons de la première génération et certaines modifications; études effectuées sur différents types de revêtements;
2. 1982 Essais standard à titre d'actualisation; essais avec des pneus à crampons de la deuxième génération sur un type de revêtement déterminé;
3. 1985 - 1989 Essais simulant les variations annuelles de la température et du volume de la circulation; différents types de crampons et de revêtements.

Les résultats de ces essais peuvent être regroupés en fonction de la résistance à l'usure des revêtements et en fonction du degré de l'usure provoqué par tel ou tel type de crampon. Les revêtements cités ci-après sont présentés selon leur résistance à l'usure:

- béton de ciment 0/22 mm
  - gussasphalt 0/16 mm
  - béton bitumineux 0/8 mm (gravillons basalte)
  - béton bitumineux 0/11 S (gravillons basalte)
  - béton bitumineux 0/8 mm (gravillons diabas),
- le dernier présentant la plus grande susceptibilité à l'usure.

En ce qui concerne les crampons, on distingue trois groupes: les crampons de la première génération (grands, lourds, grand nombre par pneu), ceux de la deuxième génération (dimensions plus réduites, plus légers, nombre réduit; utilisés à peu près à partir de 1975) et des types particuliers (noyaux en métal dur enrobé de matières plastiques ou gaines à noyau dur). Si l'on fixe la valeur de référence à 100 % pour l'usure à imputer aux crampons de la première génération, le dommage provoqué par ceux de la deuxième génération s'élève à peu près à 40 % ou 50 %, en fonction du revêtement sur lequel ils ont été mis à l'épreuve. Les crampons particuliers n'arrivent qu'à 20 % ou 30 %, également en fonction du revêtement. Ces résultats mettent en évidence que les producteurs ont réussi à réduire l'effet de l'usure du revêtement grâce à un certain nombre de mesures, notamment la réduction du nombre des crampons par pneu, de leur grandeur et poids ainsi qu'un plus faible dépassement hors du pneu et une force de rétraction réduite. Toutefois, l'usure des revêtements par des pneus cramponnés reste 20 fois plus importante que celle provoquée par des pneus sans crampons.

En outre, des études effectuées par l'Agence de surveillance technique (TÜV Rheinland) et par le BAST même ont montré que les avantages des crampons par rapport aux chaînes ou aux pneus lamellisés, au niveau de la transmission de la force sur des chaussées hivernales, ne se manifestent que sur du verglas, un phénomène assez rare.

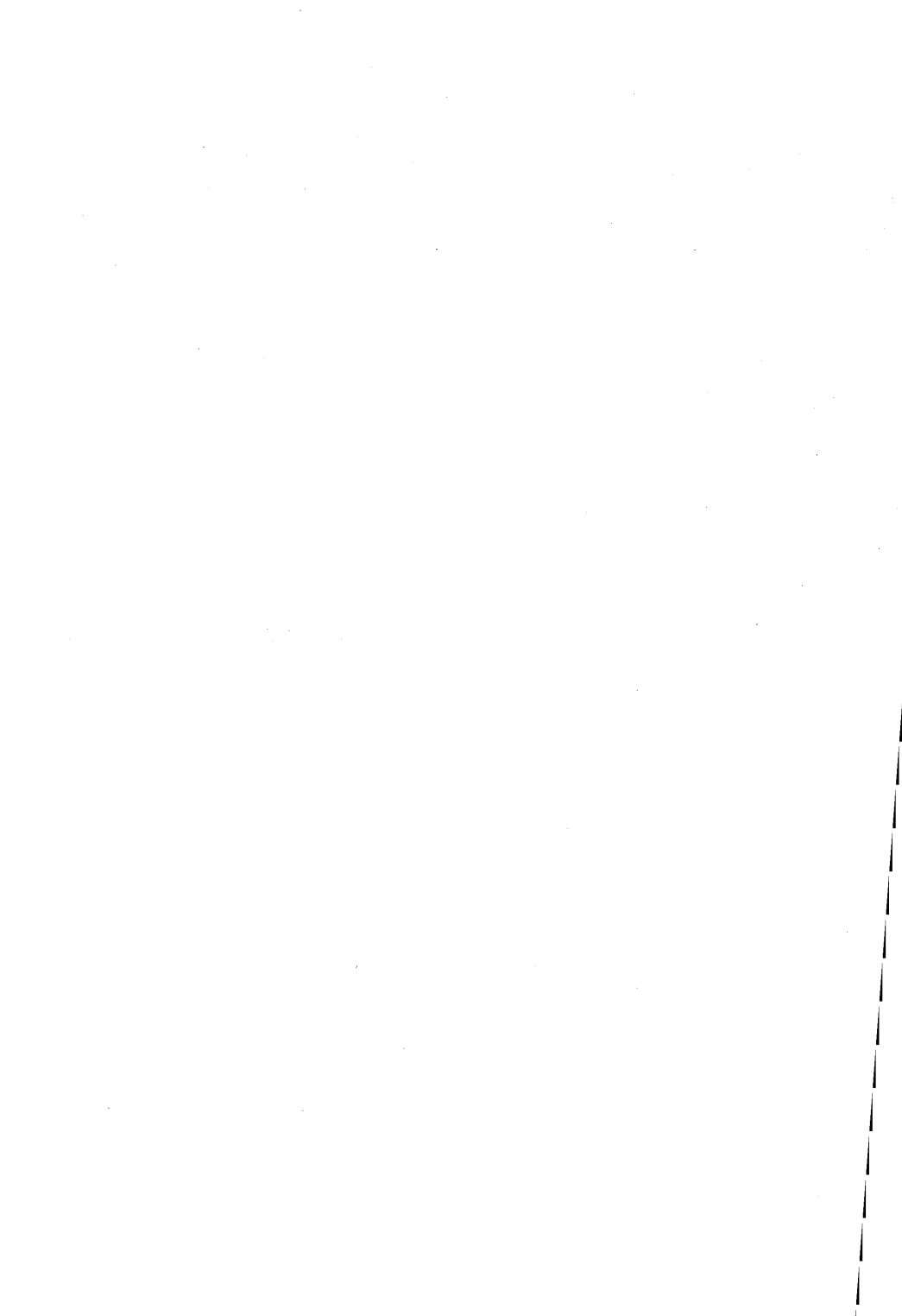
Bien que les nouveaux crampons conduisent à une plus faible usure des revêtements, les dégâts des chaussées sont probablement plus importants aujourd'hui qu'au temps de l'autorisation des crampons, ce qui s'explique par le fait que le parcours total effectué aujourd'hui est beaucoup plus élevé. Pour ce qui est des nouveaux types de revêtements conçus dans l'optique d'une réduction du bruit, il faut en plus prendre en compte une résistance plus faible contre l'usure. On risquerait ainsi de multiplier les chantiers de réparation ce qui se traduirait par la création d'entraves considérables à la circulation et par une réduction de la sécurité routière.

# Inhalt

# Seite

1.	Ausgangsposition und Aufgabenstellung	1
2.	Verschleiß von Fahrbahnoberfläche und dessen Erfassung	4
2.1	Begriffsbestimmung	4
2.2	Entstehen des Verschleißes	6
2.3	Praxisnahe Prüfanordnung	8
2.4	Straßenverschleiß und Kraftschluß auf winterlichen Fahrbahnen	12
3.	Anforderungen an das Prüfprogramm	13
4.	Untersuchungsprogramm	14
4.1	Prüfbeläge	14
4.2	Prüfreifen	18
4.3	Versuchsparameter	19
4.4	Prüf- und Meßintervalle	20
5.	Meßmethodik	22
6.	Auswertung der Meßergebnisse	24
7.	Ergebnisse der Verschleißuntersuchungen	28
7.1	Verschleißraten bei Reifen ohne Spikes	28
7.2	Verschleißraten bei Gußasphalt	29
7.3	Verschleißraten bei Asphaltbeton	30
7.4	Verschleißraten bei Zementbeton	33
7.5	Vergleich der untersuchten Straßenbeläge	35
7.6	Vergleich der Reifengenerationen	38
7.7	Kontrollen zu den Vergleichsbetrachtungen	39
8.	Zusammenfassung	42





## 1. Ausgangsposition und Aufgabenstellung

Nachdem infolge der Verwendung von Spikereifen eine starke Schädigung der Straßendeckschicht und der Verkehrsleitelinrichtungen registriert worden war [14], [18], wurde in der "Verordnung über die Verwendung der Spikes-Reifen" vom 8. November 1972 festgelegt, daß Spikereifen nur noch bis zum 30. April 1975 benutzt werden dürfen. Im Schlußsatz der Begründung zu dieser Verordnung wird für die zukünftige Entwicklung festgehalten: "Eine weitere Zulassung von Spikes-Reifen nach diesem Zeitpunkt wird insbesondere davon abhängen, ob die dann im Straßenverkehr zu verwendenden Spikes-Reifen nachweisbar weniger straßenschädigend sind als gegenwärtig."

Um eine fundierte Entscheidungshilfe auf der Grundlage von praxisnahen Verschleißuntersuchungen zu erhalten, wurde die Bundesanstalt für Straßenwesen vom Bundesminister für Verkehr beauftragt, hierfür ein geeignetes Prüfgerät zu entwickeln, mit dem Ziel, ein standardisiertes Verfahren zur Untersuchung des Verschleißes von unterschiedlichen Straßenbelägen durch verschieden aggressive Spikereifen zu erarbeiten. Hierzu wurde im ersten Schritt durch die TU Karlsruhe im Rahmen eines Forschungsauftrags ein Konzept für die Errichtung dieses Prüfstandes entwickelt. Im zweiten Schritt erfolgte der Bau des "Innentrommelprüfstandes IPS" bei der BAST und die Realisierung des oben genannten standardisierten Verfahrens, das im Gegensatz zu Verschleißmessungen an der Straßenoberfläche selbst eine genaue Vorgabe bestimmter Prüfparameter ermöglichte.

Parallel hierzu wurde der Arbeitskreis "Wirkvorschrift" der Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen auf Anregungen des Bundesministers für Verkehr ins Leben gerufen, dessen Aufgabe darin bestand, Kriterien zu ermitteln, nach denen eine Beurteilung der zulässigen Aggressivität im Rahmen einer Wirkvorschrift möglich sein sollte.

Darüber hinaus sollten die entsprechenden Spikereifen über eine angemessene Wirkung bei der Übertragung von Kräften vom Fahrzeug auf die Straße verfügen.

Bereits zu dieser Zeit erfolgte die Entwicklung von Spikereifen der zweiten Generation, die gegenüber ihren Vorgängern kleinere und leichtere Spikes in geringerer Anzahl aufwiesen, wodurch ein niedrigerer Straßenverschleiß erreicht werden sollte. Im benachbarten Ausland wurden solche, d.h. weniger aggressive Spikereifen auf den Markt gebracht. Dort gelten gesetzliche Beschränkungen für den Einsatz von Spikereifen, die Spikeanzahl, Spikedurchmesser, Spikeüberstand und statische Reaktionskraft der Spikes betreffen, neben den allgemeinen Beschränkungen der Zeiträume, in denen Spikereifen benutzt werden dürfen, und der zulässigen Fahrzeuggeschwindigkeiten.

Die Untersuchungen der BAST lassen sich grob in drei Abschnitte gliedern:

1. Abschn.: Nach Errichtung des Prüfstandes erfolgten die Standarduntersuchungen 1974 bis 1980 mit durchweg in der Bundesrepublik Deutschland erworbenen Spikereifen der ersten Generation und bereits einigen Reifen der zweiten Generation..
2. Abschn.: 1982 erfolgten aus Gründen der Aktualisierung Untersuchungen nach dem Standardverfahren, wobei neben Spikereifen der ersten Generation solche neuerer Produktion aus dem benachbarten Ausland geprüft wurden.

Beiden Abschnitten ist gemeinsam, daß die Verschleißuntersuchungen bei gleichbleibender Temperatur von 0 °C durchgeführt wurden.

3. Abschn.: Ab 1985 wurden Untersuchungen durchgeführt, die die Grundparameter der Standardversuche übernahmen, aber bei einer Simulation der jahreszeitlichen Belagstemperatur (Sommer- und Winterbetrieb) auch die Verkehrsbelastung eines Straßenquerschnittes durch den Pkw-Verkehr einschlossen. Dem lagen die Fahrleistungen der PKW auf dem Bundesfernstraßennetz (d.h. BAB und Bundesstraßen) zugrunde.

An Belägen wurden im Laufe der Untersuchungen die Grundtypen Gußasphalt, Zementbeton und Asphaltbeton geprüft, einschließlich Asphaltbeton 0/11 S nach ZTV bit - StB 84,\* der erst in den letzten Jahren Verwendung findet.

Nach Abschluß dieser Untersuchungen beauftragte der Bundesminister für Verkehr die Bundesanstalt für Straßenwesen damit, eine zusammenfassende Darstellung über die Ergebnisse aller dort durchgeführten Verschleißuntersuchungen zu geben. Hierfür werden die bisher vorliegenden Forschungsberichte herangezogen. [3, 8, 11]

---

\*) Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für den Bau bituminöser Fahrbahndecken

## 2. Verschleiß von Fahrbahnoberflächen und dessen Erfassung

### 2.1 Begriffsbestimmung

Verkehrs- und Klimaeinwirkungen rufen an der Straßenoberfläche Veränderungen hervor. In der Regel sind dies Höhenänderungen, deren Komponenten wie Materialverformung, Materialverschiebung, Materialabtrag und -auftrag in Abb. 1 aufgeführt sind. Hier sind auch die Ursachen für den Materialabtrag, nämlich der mechanische Abrieb, angegeben. Wenn, wie nach [9] der "Verschleiß die Summe aller Materialverluste an der untersuchten Oberfläche zwischen zwei Prüfabschnitten" ist, so liegt der Sinn jeder Verschleißprüfung darin, nur die verschleißbedingten Höhenverluste zu erfassen.

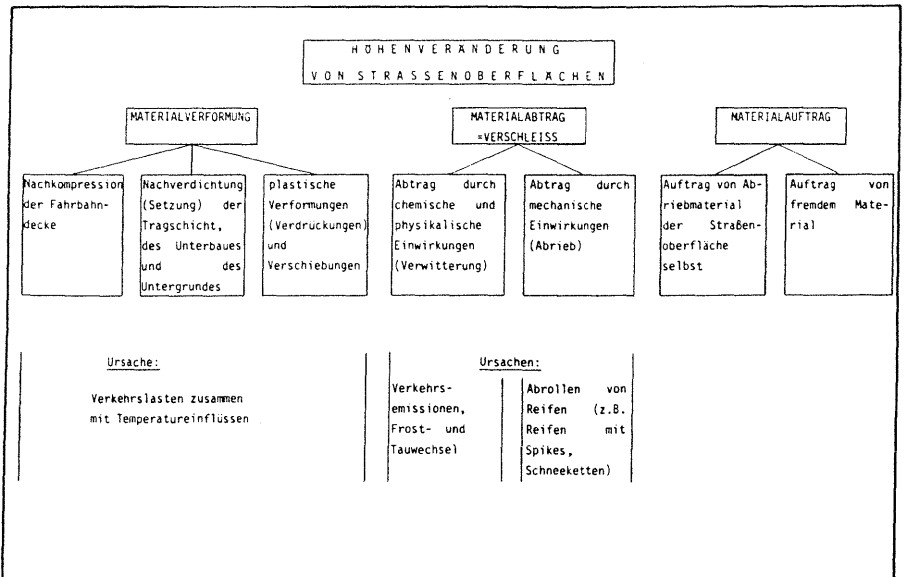


Abb. 1: Höhenveränderung von Straßenoberflächen

Bezogen auf die Untersuchung der Aggressivität von Spikereifen gegenüber Straßenbelägen bedeutet das, daß die Versuche so gestaltet sein müssen, daß entweder nur Materialabtrag durch mechanische Einwirkungen auftritt, oder aber eine getrennte Erfassung der Komponenten des Materialabtrages möglich ist.

Im folgenden wird näher erläutert, warum bei Asphalt- und Zementbetondecken davon ausgegangen werden kann, daß die Konzeption des Prüfstandes und die gewählten Prüfbedingungen eine alleinige Erfassung des Verschleißes gewährleisten. Beim Innentrommelprüfstand (IPS) kann bei den aufgebrauchten Kräften eine Verformung der Unterbettung (hier Kassetten und Trommel), die bei der Straße einer Nachverdichtung und damit einer Setzung der unterhalb der Deckschichten anstehenden Schichten entsprechen würde, ausgeschlossen werden.

Materialauftrag konnte im IPS nicht beobachtet werden. Eine Umlagerung von Abriebmaterial kann dagegen nicht generell ausgeschlossen werden. Die Voraussetzungen sind im Prüfstand wesentlich ungünstiger als auf Straßen, wo Abriebmaterial besonders bei höheren Deckentemperaturen an bindemittelreichen Stellen wieder eingedrückt wird. Die im Prüfstand während der Versuche herrschenden niedrigen Temperaturen und die fortdauernde Anfeuchtung der Fahrbahn verhindern die Eindrückbarkeit und Adhäsion des Bindemittels erheblich.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich, daß eine sich bei Versuchen im IPS ergebende Höhenveränderung nahezu ausschließlich aus der Komponente Materialabtrag (Verschleiß) besteht. Der Anteil der Verwitterung am Gesamtverschleiß ist zu vernachlässigen, da die Einwirkungszeit der eine Verwitterung verursachenden Vorgänge zu kurz ist. Darüber hinaus werden durch die intensive mechanische Beanspruchung

infolge häufiger Radüberrollungen je Zeiteinheit immer wieder neue, unverwitterte Oberflächen freigelegt.

## 2.2 Entstehen des Verschleißes

Verschleiß tritt immer infolge der Wechselwirkung zwischen zwei Verschleißpartnern auf. Im Falle des Verschleißes von Straßenoberflächen besteht die Wechselwirkung zwischen Reifen und Straßenoberfläche. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf Reifen mit Spikes.

Der Verschleiß von Straßenoberflächen wird zum einen durch die Wirkung der Stoßkraft der auf der Straße auftreffenden Spikes, die bis zu  $50 \text{ kp} = 500 \text{ N}$  pro Spike (nach [15]) beträgt und zum anderen durch die Wirkung der Relativbewegung zwischen Spikes und Straßenoberfläche hervorgerufen. In der Literatur wird häufig von einer schleifend-kratzenden Beanspruchung und einer Schlageinwirkung gesprochen [17].

Die Stoßkraft, die ein Spike beim Eintreten in die Lauffläche auf die Fahrbahnoberfläche ausübt, ist in starkem Maße von der Größe des Spikeüberstandes, der die Aufschlaggeschwindigkeit beeinflusst, abhängig. Weiterhin wird die Größe der Stoßkraft von der Reifenbauart - Radial- bzw. Diagonalreifen - und selbstverständlich von der Masse des Stahlstiftes und der Geschwindigkeit des Rades bestimmt. Eine Aussage über die Anteile dieser Faktoren am Gesamtverschleiß kann nicht gemacht werden. Für den einzelnen Spike ist die Größe des Anteils davon abhängig, ob er auf Gestein- oder Bindemitteloberfläche auftrifft.

Die Relativbewegungen zwischen Spike und Fahrbahnoberfläche werden durch eine reine Gleitbewegung der Reifenkontaktfläche gegenüber der Fahrbahnoberfläche (Gleitschlupf) und durch eine Schubverformung der Reifenstollen beim Durchgang durch die Latschfläche (Formänderungsschlupf) bewirkt.

Darüber hinaus trifft beim Auftreffen des Spikes eine Verschwenkung seiner Längsachse und damit eine Verspannung im umgebenden Gummi auf. Das Rückschwenken der Längsachse bzw. der Abbau der Verspannung während des Durchlaufens durch den Latsch ruft eine zusätzliche Relativbewegung zwischen Spike und Fahrbahnoberfläche hervor.

Die beiden oben beschriebenen verschleißverursachenden Vorgänge werden in ihrer Größe auch von der Art der Bettung des Spikes im Reifengummi, damit also auch von der Form der Spikes, und von weiteren konstruktiven Merkmalen des Reifens beeinflusst. Natürlich spielt auch neben der Anzahl der Spikes deren Anordnung auf dem Reifen eine Rolle.

Alle bisher aufgeführten, die Größe des Verschleißes bestimmenden Faktoren betreffen den "Verschleißpartner" Spike bzw. Spikereifen. Das Verschleißmaß ist jedoch nicht unwesentlich auch von dem Verschleißwiderstand der Fahrbahnoberfläche abhängig. In diesem Zusammenhang spielen u. a. der Hohlraumgehalt, die Qualität der Mineralstoffe und der Anteil der Mineralstoffe in Abhängigkeit von der Korngröße sowie die Fahrbahntemperatur eine entscheidende Rolle.

Bei einer Fahrbahnoberfläche, die der Angriffswirkung von Spikereifen ausgesetzt ist, wird zunächst im oberflächennahen Bereich das im Belagsmaterial enthaltene Bindemittel (Zementstein bzw. Bitumen-Füller-Gemisch) herausgeschlagen. Beim bituminösen Bindemittel wirkt sich verschleißfördernd aus, daß die Belagsoberfläche fast ausschließlich im Winter der Schlagwirkung durch Spikes ausgesetzt sind. Das bituminöse Bindemittel ist bei niedrigen Temperaturen relativ spröde und neigt dazu, bei einwirkenden Kräften auseinanderzubrechen. Um auch dieser Tatsache Rechnung zu tragen, wurden die Versuche im IPS bei niedrigen Belagstemperaturen durchgeführt. Bei höheren Temperaturen wäre das Bindemittel



infolge seiner dann vorhandenen Zähigkeit in der Lage, die einwirkende Energie durch plastische oder elastische Verformungen zu kompensieren.

Mit fortschreitendem Verschleiß des Bindemittels, der einen zunehmenden Überstand der Gesteinskörper zur Folge hat, erhöht sich die Beanspruchung des Gesteins durch die Spikes. In Abhängigkeit von der Widerstandsfähigkeit des Gesteins gegen Schlagzertrümmerung werden Teile der Gesteinskörper abgeschlagen. Es kann auch beobachtet werden, daß ganze Gesteinskörper aus der Belagsoberfläche herausgelöst werden, wenn der Verschleiß des sie umgebenden Bindemittels weit fortgeschritten ist.

### 2.3 Praxisnahe Prüfanordnung

Bei der Konzeption des Prüfstandes (Abb. 2) und der Gestaltung des Prüfprogrammes wurde großer Wert auf Praxisbezogenheit aller wesentlichen Prüfbedingungen gelegt. Dazu gehören vor allem:

- die Anordnung von Rad- und Straßenbelag
- die Kraftschlußbedingungen
- die Klimaverhältnisse
- die Überrollverhältnisse und -zahlen.

Damit sollten die technischen Voraussetzungen für eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen Prüfstand und Straßenpraxis geschaffen werden.

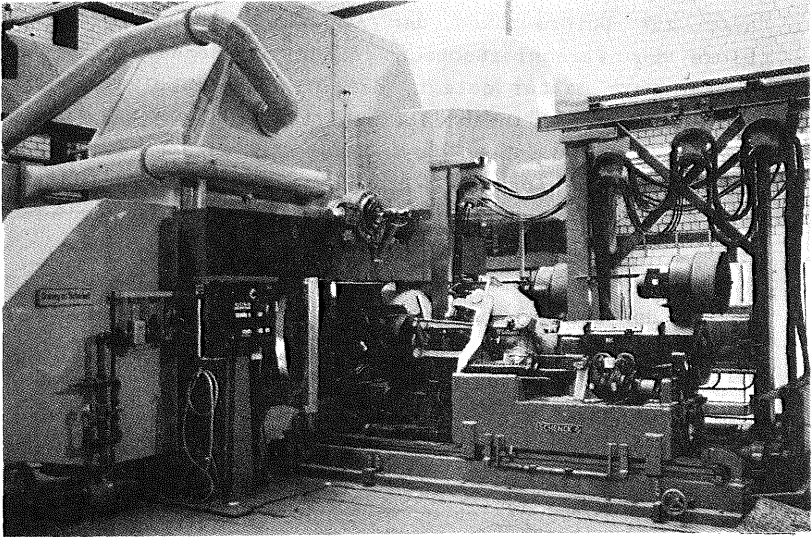


Abb. 2: Innentrommelprüfstand, rechts im Vordergrund Radstation

### Prüfanordnung und Straßenverhältnisse

Eine nähere Beschreibung des Prüfstandes und der Prüfanordnung gibt KELLER [4]. Die Prüfräder liegen nahe bei der Durchschnittsgröße aller in der Bundesrepublik Deutschland laufenden PKW-Reifen.

Im IPS läuft bei einem Versuchslauf auf jedem Fahrbahnabschnitt ein Monoverkehr eines Reifens. - Auf öffentlichen Straßen liegt immer ein Kollektiv verschiedenster Reifen- und Fahrbedingungen vor.

Die Versuchsfahrbahn im IPS ist flächenmäßig auf die für den Prüfablauf nötige Größe beschränkt. Tiefenmäßig genügt hier zur Untersuchung der Oberflächeneigenschaften die Dicke der Verschleißschicht einer Straßendecke. Es wird großer Wert darauf gelegt, daß die Straßenbelagsproben in ihrem Aufbau und ihren Eigenschaften üblichen Straßendeckschichten entsprechen. Beim Vergleich verschiedener Straßenbeläge sind vorrangig die Daten der Baustoff-Eignungsprüfungen gegenüberzustellen.

KREMPEL [7a] hat in seiner Dissertation den Nachweis geführt, daß der Krümmungseinfluß der Prüfbahn im Bereich des Reifenlatsches bei der hier ausgeführten Trommelgröße praktisch unbedeutend für die Verteilung der Vertikalspannungen im Reifenlatsch ist.

Im IPS ergibt sich unter dem Latsch eines PKW-Reifens eine Stichhöhe im Vergleich zu einer Ebene, die größenordnungsmäßig der mittleren Rauhtiefe von Straßenbelägen entspricht (0,6 mm).

#### **Klimaverhältnisse (Standardversuche)**

Die Temperatur der 1. und 2. Versuchsabschnitte wurden in den Bereich von winterlichen Durchschnittstemperaturen gelegt, weil die geplante "Wirkvorschrift" sich vor allem auf Eisreifen und winterliche Gleitschutzhilfen beziehen soll. Deshalb, und aus Gründen des Prüfzeitbedarfes, wurde darauf verzichtet, eine "Sommerliche Regenerationsphase" zu simulieren. Die Ergebnisse des Standardverschleißversuches im IPS beziehen sich also nur auf eine winterliche Klimabedingung.

## Die Klimaverhältnisse (temperaturabhängige Verschleißuntersuchung)

Ziel im dritten Versuchsabschnitt war es, den Einfluß des Sommer-/Winterzyklus zu verfolgen. Folgende Vorstellung wurde zugrunde gelegt:

Durch den Spikeeinsatz im Winter tritt eine Veränderung der Oberflächenstruktur der Deckschicht auf: Das weichere Bitumen wird abgetragen, so daß Gesteinsspitzen des größeren Zuschlags zurückbleiben. Im darauffolgenden "Sommer" werden die überstehenden mineralischen Zuschläge belastet und drücken das Bitumen mit den feinen Zuschlägen zur Oberfläche. Im darauf folgenden Winter wird zuerst das an der Oberfläche liegende Bitumen abgerieben, worauf ein Herausbrechen der gröbereren Zuschlagstoffe möglich wird, da es am nötigen Bindemittel fehlt. [6]

## Die Kraftschlußverhältnisse

Am Prüfreifen wird der Antrieb auf einer zügig befahrenen Steigung einer Straße in Geradeausfahrt simuliert. (Antriebskraft = 1 kN)

## Die Überrollverhältnisse und -zahlen

Die Überrollzahl ist für den Verschleiß eines Belagsquerprofils unter einem Prüfreifen die maßgebende Bezugsgröße. Sie gibt an, wieviele Reifenberührungen jedes Breiterelement eines Straßenquerprofils im Mittel erhält.

In der Praxis werden meistens die Zahlen der Überrollungen der Achsen (entsprechend Trommeldrehungen im IPS) angegeben.

Die Profilbreite, auf denen diese Überrollungen stattfinden, ist eine wesentliche Einflußgröße für die angegebenen Verschleißtiefen. (Näheres in Kap. 6)

#### **2.4 Straßenverschleiß und Kraftschluß auf glatter Fahrbahn**

Die Vorgänge Schleifen, Kratzen, Eindrücken, mit denen Spikereifen den Fahrbahnverschleiß hervorrufen, tragen auch zur Kraftüberttragung vom Rad auf die Fahrbahn bei. Ergänzend zu den Verschleißuntersuchungen im IPS wurden auch Feldversuche zur Feststellung der Wirksamkeit von Gleitschutzmitteln durchgeführt. Hierüber wird an dieser Stelle nicht berichtet. (Siehe [2,12])

### 3. Anforderungen an das Prüfprogramm

Mit dem Prüfprogramm sollen beliebige Kombinationen von PKW-Reifen und Fahrbahndeckschichten untersucht werden können. Insbesondere zukünftige Neuentwicklungen von Reifen und Straßendeckschichten sollen mit dem zu wählenden Prüfverfahren bezüglich ihres Verschleißverhaltens geprüft und verglichen werden können.

Die mechanischen und klimatischen Bedingungen sollen denen auf Straßen weitgehend nahekommen. Die Kraftschluß- und Klimaverhältnisse des Prüfprogramms sollen durchschnittlichen winterlichen Fahr- und Wetterverhältnisse auf deutschen Überlandstraßen entsprechen.

Die Prüfdauer muß einerseits lange genug sein, um sichere Meßwerte zu erhalten, und soll andererseits zur Erzielung wirtschaftlicher und zeitraffender Prüfungen so kurz wie möglich sein.

Die Meßmethode soll es gestatten, nach relativ geringen Überrollzahlen auf den langzeitlichen Verschleißfortschritt von Deckschichten zu schließen. Da ein möglichst objektives und allgemein anwendbares Maß für den Verschleißfortschritt noch nicht allgemeinverbindlich festgelegt ist, muß ein solches hier definiert werden.

#### 4. Untersuchungsprogramm

##### 4.1 Prüfbeläge

Aus Gründen der Versuchsvereinfachung wurden nur häufig in der Praxis verwendete Beläge Gußasphalt, Zementbeton und Asphaltbeton (Zahlenwerte in Tab. 2a) untersucht.

Jahr	BAB und B.-Straßen (in km)	überörtliche Straßen inkl. BAB u. B.Str. (in km)	$p_1$ (BAB) (B.Str) in %	alle Straßen (ohne B.Fernstraßen)	$p_2$ (BAB) (+B.Str) in %
1971	37.050	164.928	22,46	441.328	8,4
1976	38.725	169.143	22,89	465.879	8,31
1981	40.096	172.392	23,26	469.056	8,55
1985	39.737	173.255	22,94	469.992	8,45
1986	39.786	173.463	22,94	491.463	8,1
1987	39.814	173.590	22,94	491.463	8,1
1988	39.829	173.652	22,94	491.753	8,1

Tab.1 : Anteile der BAB und B.-Straßen am Gesamtstraßennetz

## a) Beläge BAB (Längen in km)

Belagsart	1971	1975/76	1981	1983/84	1989
ZB	44,1 % 1.976	29,4 % 1.893	27,0 % 2.038	27,2 % 2.195	29,0 % 2.476
GA	55,9 % 2.493	48,9 % 3.121	73,0 % 5.500	46,4 % 3.748	45,0 % 3.843
AB		22,1 % 1.421		26,4 % 2.137	26,0 % 2.200
=100 %	4.460	6.435	7.538	8.080	8.539

ZB = Zementbeton; GA = Gußasphalt; AB = Asphaltbeton

## b) Beläge Bundesstraßen (Längen in km)

Belagsart	1971	1976	1981	1988
ZB	1,2 % 374	0,7 % 228	0,6 % 181	0,5 % 151
AB(s)	45,1 % 14.640	56,7 % 18.438	64,1 % 20.869	64,0 % 19.325
AB(ms)	38,2 % 12.410	34,9 % 11.349	30,7 % 9.984	31,0 % 9.361
übrige	15,5 % 5.192	7,7 % 2.504	4,6 % 1.523	4,5 % 1.359
=100 %	32.616	32.518	32.557	31.196

(s) = schwer; (ms) = mittelschwer

Tab.2a+b : Anteile der auf BAB und B.-Straßen verwendeten Belagsarten



Hiermit wurden die Kassetten, die das Belagsmaterial aufnehmen, befüllt. Da Gußasphalt aufgrund seines hohen Bindemittelanteils keiner Verdichtung bedarf, wurden die ersten drei Füllmengen mit diesem Material im Handeinbau vorgenommen.

Nach Fertigstellung eines speziellen Kassettenfüll- und -verdichtungsgerätes und nach erfolgreicher Erprobung des Befüllungsverfahrens (1975) wurden alle nachfolgenden Kassettenfüllungen mit diesem Gerät vorgenommen. Zur Arbeitsweise sei hier nur bemerkt, daß sie analog einem Fertiger mit Verdichtungsbohle erfolgt, wobei die Beschickungs- und Verdichtungseinheit am Ende eines Pendels angebracht exakt über die gekrümmte Kasette geführt wird. Oberflächen und Verdichtung der Beläge entsprechen dabei denen einer Straßendecke.

Im folgenden werden die Beläge abgekürzt mit GA für Gußasphalt, AB für Asphaltbeton, AF für Asphaltfeinbeton und ZB für Zementbeton. Die Numerierung der einzelnen Chargen erfolgte in der Reihenfolge der Fertigung. Die Herstellung bzw. der Einsatz der Beläge ergab folgende Reihung:

- GA 1 GA 0/11 mm, niedriger Splittgehalt
- GA 2 GA 0/11 mm, splittreich
- GA 3 GA 0/11 mm, splittreich  
Fertigung gemäß TV bit 6/60
- ZB 1 TB 0/22 mm, Diabas
- ZB 2 ZB 0/22 mm, Basalt, Schneeketten
- ZB 3 ZB 0/22 mm; niedrige Kassetten für Schnellaufprüfung
- ZB 4 ZB 0/22 mm Diabas  
Fertigung gemäß TU Beton 72
- AF 1 0/8 mm, splittreich, Diabas
- AF 2 0/8 mm, splittreich, Diabas
- AB 3 0/8 mm, splittreich, Diabas
- AB 4 0/8 mm, splittreich, Diabas
- AB 5 0/8 mm, splittreich, Basalt

- AB 6 0/8 mm, splittreich, Basalt
- AB 7 0/8 mm, splittreich, Basalt
  
- AB 8 0/11 S, Basalteselsplitt
- AB 9 0/11 S, Basalteselsplitt

Die Beläge AF 1 bis AB 7 wurden gemäß TU bit 72 gefertigt.

AB 8 und AB 9 bestehen aus Füllungen mit Asphaltbeton 0/11 S, gemäß ZTV bit StB 84, der auf Bundesfernstraßen für die höchsten Verkehrsklassen I und II vorgeschrieben ist.

Die Kornzusammensetzung der Mineralgemische sowie verschiedene Materialprüfungen der Kassettenfüllungen erfolgten durch die Abteilung Oberbau der Bundesanstalt für Straßenwesen, bzw. durch den Hersteller der Beläge, das Zentrallabor der Firma Hochtief in Essen.

Die Zusammensetzung der Zementboden-Prüfkörper (Kassettenfüllungen) entspricht vorhandenen Versuchsstrecken, z.B. ZB 1 entspricht einer eingebauten Zementbetondecke auf der A 14 bei Reinbach und ZB 4 der auf der A 3 bei Neustadt/Wied.

Damit die Kassetten, wenn sie in der Trommel des Prüfstandes zu einer Fahrbahn zusammengesetzt werden, entsprechende Anforderungen an Ebenheit, Oberfläche und Erschütterungsfreiheit (Unwucht, Übergänge) erfüllen, sind entsprechende Anforderungen an die Maßgenauigkeit einzuhalten. Diese sind in [8] ausführlich dargelegt.

Weiter ist es notwendig, die Oberflächenstruktur der Fahrbahnbeläge zu kennen, um einen Vergleich mit Straßenoberfläche oder aber anderen Prüfeinrichtungen zu ermöglichen. Zu diesem Zweck ist vor den Verschleißversuchen, die Rauhtiefe, die ein Maß für die Oberflächenstruktur darstellt,

durch die Sandersatz- oder Sandflächenmethode ermittelt worden. Eine Wiederholung dieser Messungen nach Verschleiß ergab, daß aus der Herstellung kommende (abgesplittete) bituminöse Beläge eine wesentlich größere Rauhtiefe besaßen, als solche, die bereits dem Verschleiß unterworfen waren. Deshalb wurde bei den Verschleißversuchen jeweils vor dem ersten Versuchslauf die Fahrbahn "eingefahren", bis die oberste Splittlage abgefahren war. Um ähnliche Voraussetzungen bezüglich der Oberflächentextur zu schaffen, wurden auch die Zementbetondecken mit Spikereifen "eingefahren".

#### 4.2 Prüfreifen

Für den Prüfreifen wurde eine Reifendimension gewählt, die etwa dem Mittel der in der Bundesrepublik gefahrenen PKW-Reifen entsprach.

Zu diesem Zweck wurde auf die entsprechende Statistik des Kraftfahrt-Bundesamtes zurückgegriffen. Die den Mittelwerten am nächsten liegenden handelsüblichen Größen betragen für die Felge 14 Zoll Durchmesser und für die Reifenbreite 155 mm. Unter Annahme einer Radlast von 400 kp = 4 KN wird jedoch die Grenztragfähigkeit eines Reifens dieser Dimension erreicht, daher wurden zunächst in den Versuchen Reifen der Breite 165 mm eingesetzt. Ab 1979 wurde eine Reifenbreite von 175 mm gewählt. Dies geschah aus Gründen der Praktikabilität, da außer Verschleißuntersuchungen auch die Wirksamkeit von Gleitschutzmitteln auf winterlichen Straßen untersucht wurde und die Dimension 165 nicht hinreichend verbreitet war.

Gemäß der in Kap. 1 vorgenommenen Einteilung wurden folgende Reifendimensionen gewählt:

### 1. Abschnitt

165 R 14, Winterreifen Geschwindigkeitskategorie Q (bis 160 km/h),  
Sommerreifen Geschwindigkeitskategorie S (bis 180 km/h)

### 2. und 3. Abschnitt

175 R 14, Geschwindigkeitskategorien wie oben

Im 1. Abschnitt wurden handelsübliche Spikereifen des Inlandsmarktes gewählt, im 2. und 3. Abschnitt wurden die im benachbarten Ausland (Österreich, Schweiz) handelsüblichen gewählt. Zu diesem Zeitpunkt waren nur noch Radial- bzw. Gürtelreifen gebräuchlich, während im 1. Untersuchungsabschnitt neben Gürtelreifen auch Reifen in Diagonalbauweise eingesetzt wurden. Folgende Reifenbauarten kamen zum Einsatz:

1. Winterreifen (M+S-Reifen) mit konventionellen Spikes (1. Generation)
2. Winterreifen mit Spikes neuer Bauart (2. und 3. Generation)
3. Winterreifen unbespikt
4. Haftreifen
5. Sommerreifen

Eine Übersicht der eingesetzten Reifen ist in Tab. 3, 4 und 5 zu finden.

### 4.3 Versuchsparameter

Folgende Parameter wurden am Prüfstand eingestellt: die Fahrgeschwindigkeit ( $V = 100 \text{ km/h}$ ), die Radlast ( $F_N = 4 \text{ KN}$ ), die Radantriebskraft ( $F_t = 1 \text{ KN}$ ), der Schräglaufwinkel ( $\alpha = 0^\circ$ ) und der Sturzwinkel des Rades ( $\xi = 0^\circ$ ). Ihre Größen ergeben sich in Anlehnung an die Verhältnisse eines Mittelklasse-PKW's für dessen angetriebenes,

geradeaus rollendes Rad. Dabei wird bewußt vernachlässigt, daß PKW-Vorderräder auch bei Geradeausfahrt mit kleinen Schräglaufwinkeln abrollen (Vorspur) und daß bei verschiedenen Fahrzeugen durch die Achskonstruktion ein leichter Sturzwinkel vorgegeben wird. Angaben über die Einhaltung der Vorgaben finden sich in Tab. 6a und b, nähere Ausführungen hierzu in [3, 8].

Im 1. und 2. Untersuchungsabschnitt wurde die Temperatur weitgehend konstant auf  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  gehalten. Es erfolgte eine Fahrbahnässung mit Salzwasser ( $q = 400\text{ l/h}$ ). Die Einhaltung dieser Vorgaben ist ebenfalls in Tab. 6a und b im Anhang dargestellt.

Andere Bedingungen galten im 3. Versuchsabschnitt. Im Winterzyklus wurden wechselnde Temperaturen von  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  und im "Sommer" von  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $48\text{ }^{\circ}\text{C}$  eingestellt. Hier wurde die Vorgabe und Einhaltung der Temperatur über in den Belägen eingebrachten Sensoren überwacht. Eine Annässung der Fahrbahn geschah ohne Salzzugabe und wegen der Vereisungsgefahr nur bei Temperaturen über  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Der Verlauf der Temperatur während der Sommer-/Winterzyklen ist in Abb. 4 dargestellt.

#### 4.4 Prüf- und Meßintervalle

Da der gemessene Verschleiß jeweils auf die tatsächlich im vergangenen Prüfabschnitt stattgefundenen Überrollungen bezogen wird, ist die Länge eines Prüfabschnittes prinzipiell frei wählbar. Neben einer Mindestgröße des Verschleißes, dessen Erfassung von der Auflösung des Meßsystems abhängt, wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit und der direkten Vergleichbarkeit Versuchsintervalle mit folgenden Überrollzahlen festgelegt: Nach 50.000 Überrollungen (= 600 km Laufweg) bei Spikereifen und 400.000 Überrollungen (= 4.800 km Laufweg) bei spikelosen Reifen erfolgten Pro-

filmessungen. Ausnahmen hiervon wurden in den Standardversuchen im 2. Abschnitt nur dann gemacht, wenn die Spikereifen einen besonders niedrigen Verschleiß zeigten; hier wurden 100.000 Überrollungen gewählt. Zur Beurteilung einer Reifen-Belagskombination wurden 4 bis 6 Versuchsintervalle bei einem Versuch gefahren.

Nach früheren Untersuchungen über die Anteile spikebereifter PKW's entspricht ein Versuch mit 5 Versuchsintervallen (= 250.000 Überrollungen) der Belastung des stark befahrenen Autobahnquerschnittes bei Nürnberg, bezogen auf eine Winterperiode (Stand: 1972).

Eine ähnliche Aufteilung wurde im 3. Versuchsabschnitt vorgenommen. Hier ergab sich eine Laufleistungen von 248.166 Überrollungen pro Winterzyklus für den Spikereifen, gleiches für den parallel mitlaufenden spikelosen Winterreifen. Die Temperaturvorgabe mit den entsprechenden Abkühl- bzw. Aufheizphasen konnte so gewählt werden, daß nach jeweils 50.000 Überrollungen eine Profilerfassung möglich war.

Im Sommerzyklus wurden 994.046 Überrollungen mit Sommerreifen simuliert, wobei nach ca. 500.000 Überrollungen und zum Ende des Zyklus jeweils das Profil erfaßt wurde.

In den Meßintervallen wurden parallel zu den Verschleißmessungen der Fahrbahnbeläge folgende Routinemessungen durchgeführt: Ermittlung der Spikeüberstände, Reifenprofiltiefen, Reifenumfänge, Trommelumfang (Lauffläche).

## 5. Meßmethodik

Der Verschleiß wurde aus der Differenzfläche der Querprofile eines jeden Versuchsintervalls gebildet. Um den Verschleiß möglichst exakt zu erfassen und dabei den zeitlichen Aufwand zu minimieren, wurden verschiedene Verfahren entwickelt, die folgendes gemeinsam haben: Verteilung von 48 Meßprofilen regelmäßig über den Umfang der Trommel, dabei vier Meßprofile pro Kassette. Ausgang von einer festgelegten Basis, entweder Kassettenränder oder Aufsetzpunkte für das Meßgerät.

Es wurden zwei Meßgeräte eingesetzt:

1. Meßbrücke mit insgesamt 11 Meßuhren (Tiefenmesser, mechanisch), davon neun über die Profilbreite angeordnet und je eine Meßuhr für den Kassettenrand rechts und links. Siehe hierzu Abb. 6. Das Gerät wurde zur rationelleren Meßwertbehandlung bald durch folgendes ersetzt:
2. Meßgerät mit induktiven Wegaufnehmern, bestehend aus stabilem Rahmen, in dem ein Gleitbock geführt wird, der einen vertikal angeordneten induktiven Wegaufnehmer trägt (an der Spitze mit Tastrad,  $\varnothing = 15$  mm). Der Gleitbock ist parallel mit einem horizontalen Wegaufnehmer verbunden, sein Vortrieb über die Profilbreite geschieht über eine Gewindespindel. Siehe hierzu Abb. 7.

Für die Auswertung dieser Messung standen sowohl analoge Aufzeichnungen zur Verfügung als auch digitalisierte, die eine weitere Datenbearbeitung mit dem Großrechner der BAST erlaubte.

Später wurde auch ein PC vor Ort eingesetzt. Nach jedem gemessenen Profil standen damit die Ergebnisse sofort zur Verfügung.

Die Meßfehler der beiden Verfahren sind in Tab. 8 angegeben.

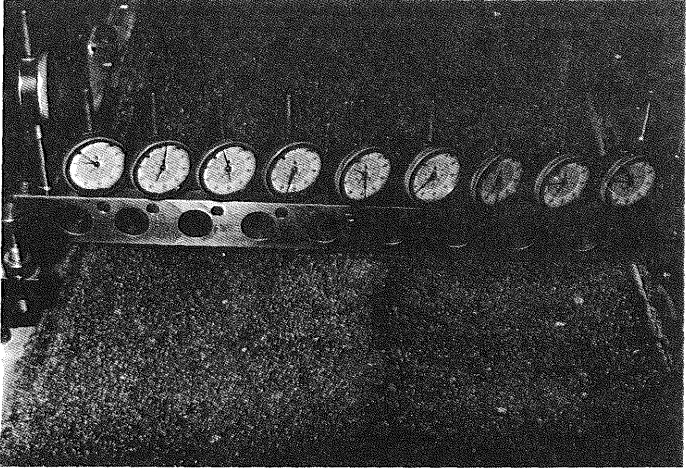


Abb.6 : Meßbrücke mit Tiefenmeßuhren, wie unter 1. beschrieben

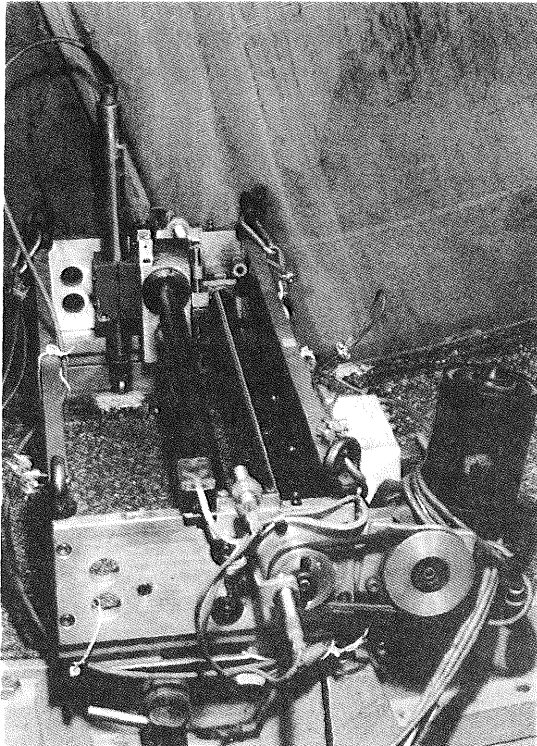


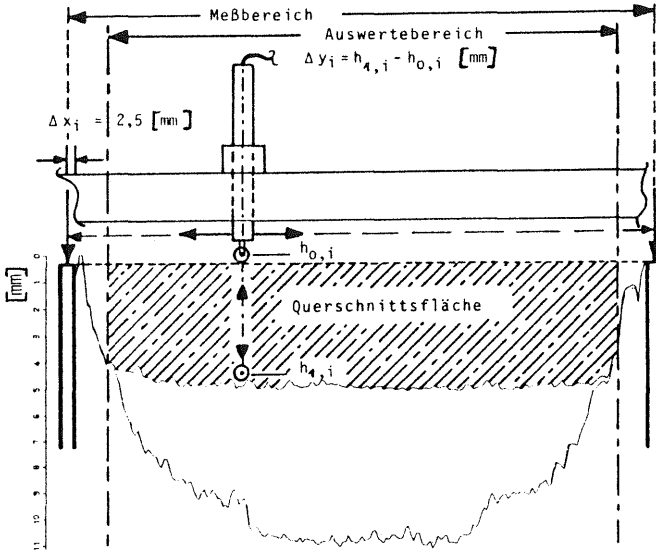
Abb. 7 : Querschnittmeßgerät wie unter 2. beschrieben



## 6. Auswertung der Meßergebnisse

Nachdem im vorhergehenden Kapitel die grundlegende Erfassung von Belagsprofilen beschrieben worden ist, soll hier die Vorgehensweise für die zahlenmäßige Bestimmung des Verschleißmaßes und somit der Aggressivität von Spikereifen gegenüber Straßenbelägen erfolgen.

An jeweils vier Querschnitten der 12 Kassettenfüllungen in der Trommel werden zu jedem Meßtermin Querprofilmessungen durchgeführt. Dabei wird die Hüllkurve des Profils von dem Querprofilmeßgerät über ein Tastrad ( $\varnothing = 15 \text{ mm}$ ) aufgenommen. Alle  $2,5 \text{ mm}$  Verschiebeweg wird relativ zu einer festen Bezugslinie der vertikale Abstand  $Y_i$  des jeweiligen, durch die Stellung des Tastrades gegebenen Punktes  $i$  zur Oberfläche gemessen. Die Bezugslinie ist durch je einen Meßpunkt auf jedem der beiden Kassettenränder gegeben, von denen angenommen werden kann, daß sie sich im Laufe der Untersuchungen nicht verändern. Die Punkte  $Y_i$  eines Meßquerschnittes werden entweder durch einen Polygonzug oder durch eine ausgleichende Funktion zu einem Querprofil verbunden.



Damit ergibt sich zwischen der Bezugslinie und dem Querprofil eine Fläche, die rechts und links durch zwei - hier gestrichelte - senkrechte Geraden begrenzt wird. Wird das Querprofil vor Beginn der Untersuchungen bestimmt, so sei die durch dieses Profil bestimmte "Nullfläche"  $F_0$  genannt. Die beiden senkrechten Geraden bestimmen die Auswertebreite  $B$ , sie schließen störende Randeinflüsse aus. Durch die Beanspruchung mit Spikereifen wird die Belagsoberflächen-geometrie verändert, es erfolgt ein Abtrag. Nach einer bestimmten Anzahl  $n$  von Spikereifen-Überrollungen wird ein erneutes Querprofil ermittelt, das sicher tiefer liegt. Hierdurch wird eine zweite Fläche  $F_n$  bestimmt, analog dem Vorgang bei der Bestimmung der Fläche  $F_0$ . Im

beschriebenen Verfahren erfolgt die Flächenbestimmung rechnerisch mittels Integration nach Simpson. Der Verschleiß ergibt sich durch die Differenz der beiden Flächen

$$VF_n = (F_n - F_0)$$

Dabei kennzeichnet der Index n die Anzahl der Überrollungen, nach denen das Querprofil gemessen wurde. Diese Differenzbildung wird für alle k ( $4 \times 12 = 48$ ) Querprofile einer Trommelfüllung vorgenommen, es wird ein mittlerer Wert berechnet

$$VF_n = \frac{1}{48} \times \sum_{k=1}^{k=48} (F_n - F_0) K$$

der den Abtrag oder Verschleiß der untersuchten Deckschicht kennzeichnet. Bezogen auf die Anzahl der Überrollungen ( $n_2 - n_1$ ) ergibt sich die Verschleißrate VR:

$$VR = (VF_{n_2} - VF_{n_1}) \times \frac{10^5}{n_2 - n_1}$$

Sie wird - als Fläche - in  $[cm^2]$  angegeben.

Bei der Anzahl der Überrollungen ist die Einstellung der Spurverteilung auf dem Straßenbelag für beide Räder zu berücksichtigen. Um die auf realen Straßen vorliegende Spurverteilung quer zur Fahrtrichtung zu simulieren, oszilliert der Reifen im IPS während der Verschleißuntersuchungen quer zur Rollrichtung. Die Quergeschwindigkeit ist mit 10 mm/s so gering, daß eine Beeinflussung des Verschleißverhaltens ausgeschlossen werden kann (siehe hierzu [8]). Es ergibt sich eine Oszillationsweite w zwischen den Extremlagen der Mittellinien der Reifenaufstandsflächen. Die Verschleißrate ist daher zu multiplizieren mit dem mittleren Überrollverhältnis H, wobei sich dieses ergibt aus  $H = br/B$ . B

entspricht der Auswertebreite, die quasi identisch ist mit der Oszillationsweite plus der Latschbreite des Reifens  $b_r$  ( $B = w + b_r$ ) (siehe Abb. 9).

Wenn sich die Oszillationsweiten von zwei verschiedenen Reifen nicht überschneiden, lassen sich jeweils zwei Verschleißversuche parallel im IPS durchführen. Näheres hierzu in Abb. 9.

Derart wurde im 1. und 2. Versuchsabschnitt verfahren, während im 3. Versuchsabschnitt (temperaturabhängige Verschleißversuche) ein Spikereifen allein über die gesamte Fahrbahnbreite oszillierte.

Generell wurde vor und nach jedem Meßintervall die Profiltiefe der Reifen und bei Spikereifen der Spikeüberstand ermittelt. Die Profiltiefe wurde an 10 Stellen des Reifenumfangs jeweils in Reifenmitte gemessen. Die Messung erfolgte mit einer Meßuhr, deren zylindrischer Anschlag auf benachbarte Stollen aufgesetzt wurde und deren Taststift ( $\varnothing 15$  mm) über eine Feder in die Profilrille gedrückt wurde. Aus den Profiltiefen und Spikeüberständen läßt sich das Fortschreiten der Abnutzung des Reifengummis und der Spikes erkennen. (Siehe Abb. 5)

Alle erfaßten Meßwerte wurden einer statistischen Untersuchung unterzogen, um eine Aussage über die Sicherheit der Messungen zu erhalten. Neben Mittelwert und Standardabweichung wurden bei der Auswertung der Meßprofile zusätzlich der Variationskoeffizient gebildet. Ausreißer nach dem Verfahren nach Nalimov eliminiert (aus [4a]). Statt den 48 Profilen standen dann weniger Profile zur Bildung des Mittelwertes der Verschleißflächen zur Verfügung. Dies war im 2. und 3. Versuchsabschnitt vor allem bei einzelnen Ablösungen des Straßenbelages in den Kassetten erforderlich (bis 4 Ausfälle bei 48 Profilen).

## 7. Ergebnisse der Verschleißuntersuchungen

### 7.1 Verschleißraten bei Reifen ohne Spikes

Der Verschleiß durch Reifen ohne Spikes war derart gering, daß keine bauartbedingten Unterschiede im Belagsverschleiß durch die verschiedenen Typen der spikelosen Reifen, wie Winterreifen (alte Bauart), Haftreifen und Sommerreifen nachgewiesen werden konnten. Jedoch ist der Einfluß der Temperatur auf dem Belagsverschleiß durch spikelose Reifen zu erkennen. Im 1. Versuchsabschnitt wurde bei 0 °C geprüft, im 3. Versuchsabschnitt bei wechselnden Temperaturen - und zwar in der Sommerperiode von 2 ° bis 48 °C ansteigend. (Siehe Abb. 4) Profilhebungen (z.T. Verdrückungen, Gummiauftrag aus Reifenabrieb) werden mit negativem Vorzeichen angegeben; sie blieben jedoch außerordentlich gering.

Ergebnisse 1. Versuchsabschnitt:

Gußasphalt:	VR = -0,03 bis 0,04 cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> ÜR
Asphaltbeton:	VR = -0,05 bis -0,01 cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> ÜR
Zementbeton:	VR = -0,12 bis 0,04 cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> ÜR

Die maximal möglichen Meßfehler betragen ± 0,04 cm<sup>2</sup>.

Ergebnisse 3. Versuchsabschnitt:

Asphaltbeton 0/8 mm:	VR = 0,42 cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> ÜR
Asphaltbeton 0/11 s:	VR = 0,17 cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> ÜR

Die Temperatureinflüsse zeigen sich

- einerseits aus dem Vergleich der Ergebnisse des 1. und 3. Versuchsabschnittes: bei 0 °C bleiben die Profiländerungen weitgehend im Bereich der Meßgenauigkeit, bei 2 ° bis 48 °C sind Profilabnahmen erkennbar

- andererseits im Verlaufe des 3. Versuchsabschnittes bei AB 0/8 mm: Bei Temperaturen zwischen 2 ° und 22 °C traten Verschleißraten bis  $0,08 \text{ cm}^2/10^5 \text{ UR}$  auf, bei 2 ° bis 48 °C die o.g.  $0,42 \text{ cm}^2/10^5 \text{ UR}$ . Ähnliche Tendenzen lagen bei AB 0/11S vor.

Der Verschleiß durch spikelose Reifen bleibt somit unter 5 % desjenigen durch Spikereifen.

## 7.2 Verschleißraten bei Gußasphalt

Beläge aus Gußasphalt wurden nur im 1. Versuchsabschnitt auf Verschleißrestistenz überprüft, jedoch kamen drei Chargen dieses Belages zum Einsatz, wobei nicht alle Spikereifentypen geprüft wurden. Reifen A (siehe Tab. 3) zeigt dabei eine mittlere Verschleißrate von  $VR = 9,39 \text{ cm}^2/10^5 \text{ UR}$ , was etwas unter dem Gesamtmittelwert für alle untersuchten Reifen des 1. Abschnittes von  $VR = 11,25 \text{ cm}^2/10^5 \text{ UR}$  liegt. Größere Abweichungen zeigen Reifen B, C und F. Während die niedrige Verschleißrate durch Reifen B mit der konstruktiven Ausbildung der Spikes und deren Anzahl nicht erklärt werden kann, ergibt sich die hohe Verschleißrate des zweiten Spikereifens durch die hohe Anzahl und das große Gewicht der Spikes. Ähnliches gilt für Reifen C. Nähere Angaben siehe Abb. 16. Abb. 12 zeigt die Prüfergebnisse der verwendeten Chargen.

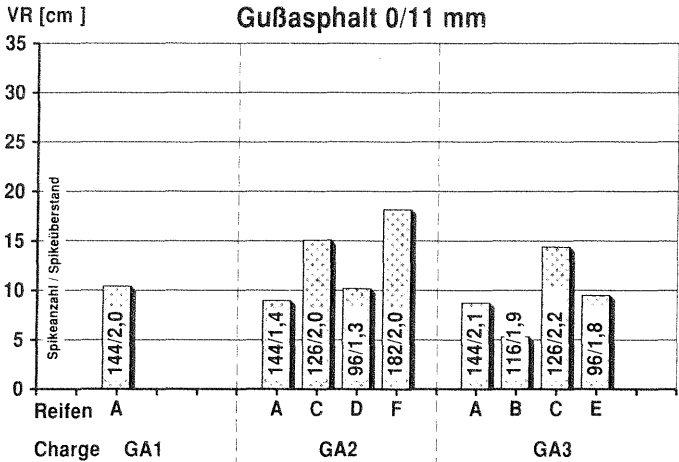


Abb. 12: Verschleißraten-Spikereifen auf Gußasphalt

### 7.3 Verschleißraten bei Asphaltbeton

Hier soll unterschieden werden zwischen dem 1. und 2. Versuchsabschnitt, beide durchgeführt nach der Standardmethode (Abb. 13) und dem 3. Versuchsabschnitt mit simulierter Jahrestemperaturganglinie und Jahresfahrleistungen, (Abb. 14).

Die beiden konventionellen Spikereifen C und D der 1. Generation zeigen im 1. Versuchsabschnitt wesentlich höhere Verschleißraten als die Spikereifen neuerer Konstruktion G und O. Die niedrige Verschleißrate von Reifen G ergibt sich durch die geringe Masse der Spikes von 0,5 g pro Stück, während Reifen O einen ungewöhnlich niedrigen Spikeüberstand von durchschnittlich 0,5 mm aufweist.

In Abb. 13 ist zusätzlich das Ergebnis für einen Belagsstreifen angegeben, auf dem die Reifen C und D gemeinsam fahren. Der dort erzielte Verschleiß entspricht gut dem Mittelwert der für Reifen C und D getrennt ermittelten Verschleißraten.

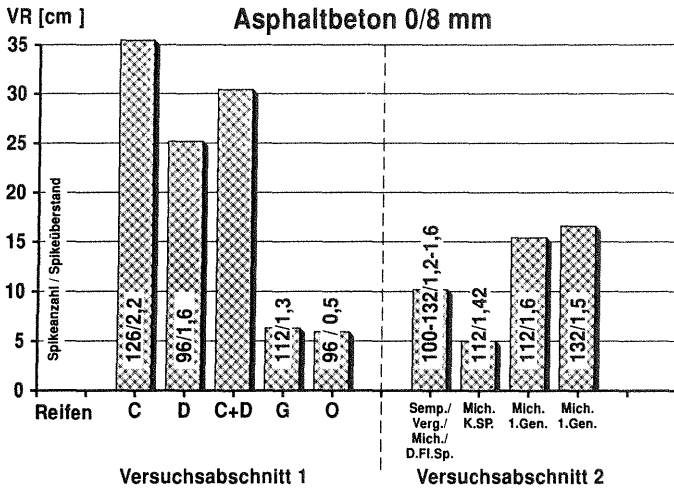


Abb. 13: Verschleißraten - Spikereifen auf Asphaltbeton 0/8 mm

Im 2. Versuchsabschnitt zeigen die beiden Michelin (XM+S8) Reifen mit Spikes der 1. Generation eine niedrigere Verschleißrate als die vergleichbaren Reifen C und D im 1. Versuchsabschnitt. Das erklärt sich aus der Verwendung von Basaltsplitt bei Abschnitt 2 statt Diabassplitt in Versuchsabschnitt 1. Der Michelin XM+S-Reifen mit Schalen-spikes (K.SP) zeigt mit  $VR = 5,0 \text{ cm}^3/10^5 \text{ UR}$  ebenso einen etwas niedrigeren Belagsverschleiß wie der ähnlich aufgebaute Reifen G im 1. Versuchsabschnitt mit  $VR = 6,3$ . Die parallel eingesetzten Reifen dreier Hersteller, (Semp./Verg./Mich) die denselben Spiketype in unterschiedlicher Anzahl/Anordnung und mit unterschiedlichen



Spikeüberständen verwenden, zeigen, bedingt durch den Spiketyp der 2. Generation (kleiner, leichter als 1. Generation), eine geringere Verschleißrate ( $VR = 10,2 \text{ cm}^2/10^5 \text{ UR}$ ) im Vergleich zu den oben bereits genannten Spikereifen der 1. Generation mit  $VR = 16 \text{ cm}^2/10^5 \text{ UR}$ .

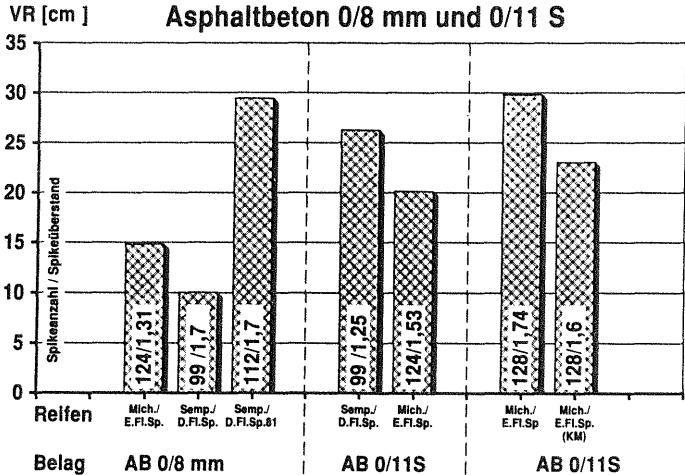


Abb. 14: Verschleißraten-Spikereifen auf Asphaltbeton 0/8 mm und 0/11 S

Im 3. Versuchsabschnitt muß unterschieden werden zwischen dem Verschleiß des Belages AB 0/8 mm und dem nach der neuen Richtlinie ZTV bitStB 84 gefertigten AB 0/11 S. Dieser Belagstyp besitzt einen höheren Splittanteil und ein härteres Bitumen, um den hohen Verkehrsbelastungen der Verkehrsklassen 1 und 2 gerecht zu werden. In dieser Untersuchung zeigt der AB 0/8 bei gleichen Spikereifentypen jedoch niedrigere Verschleißraten als AB 0/11S mm (10,7 zu 15,2 bzw. 6,7 zu 12,9, jeweils VR in  $\text{cm}^2/10^5 \text{ UR}$ ).

Das Verschleißverhältnis AB 0/8 zu AB 0/11 S beträgt also 1 : (1,4 bis 1,9). Ein Ausreißer in dieser Versuchsserie auf AB 0/8 ist der Semperitreifen mit MIBA-Spikes von 1981, der

zur Zeit der Verschleißprüfung bereits 7,5 Jahre alt war und vermutlich durch die Aushärtung des Untergummis die vergleichsweise hohe Verschleißrate zeigt.

Auch die beiden letztgeprüften Reifen (Hersteller der Reifen ist Michelin und Hersteller der Spikes die Firma Betek, vorher Simon), zeigen hohe Verschleißwerte, obwohl sie zur Zeit ihrer Verschleißprüfung (1989) die neuesten Spiketypen (Hartmetall mit Kunststoffmantel) hatten. Spikes mit Kunststoffmantel wurden bereits wie oben beschrieben im 1. und 2. Versuchsabschnitt geprüft und zeigten damals sehr niedrige Verschleißraten. Diese günstigen Werte konnten mit dem Reifen des 3. Versuchsabschnittes nicht mehr erreicht werden, weil deren weicher Gummikörper (inf. Gummimischung und Lamellenaufbau) die Spikes teilweise kippen und stärker über die Reifenoberfläche hervorragen läßt.

#### 7.4 Verschleißraten bei Zementbeton

Ein vergleichsweise kleines Reifenkollektiv wurde auf Zementbeton geprüft. Temperatureinflüsse waren hier weniger bedeutsam, ebenso war durch das härtere Bindemittel ein niedrigerer Fahrbahnverschleiß zu erwarten als bei bituminösen Belägen. Klar erkennbar ist aber auch hier die niedrigere Verschleißrate (3.3 bis 4.9 cm<sup>2</sup>/10<sup>5</sup>UR) der beiden Spikereifen neuerer Bauart im 3. Versuchsabschnitt gegenüber den beiden Spikereifen der 1. Generation im 1. Versuchsabschnitt (12,5 bis 7,7). Die Zuschlagsstoffe des Zementbetons waren bei den Versuchsabschnitten 1 und 3 identisch.

Wie bereits vorn erläutert, wird auf den mit Reifen C + D gemeinsam befahrenen Belagsstreifen ein Verschleißergebnis erzielt, das zwischen den Verschleißraten der separat von Reifen C und Reifen D befahrenen Streifen liegt.

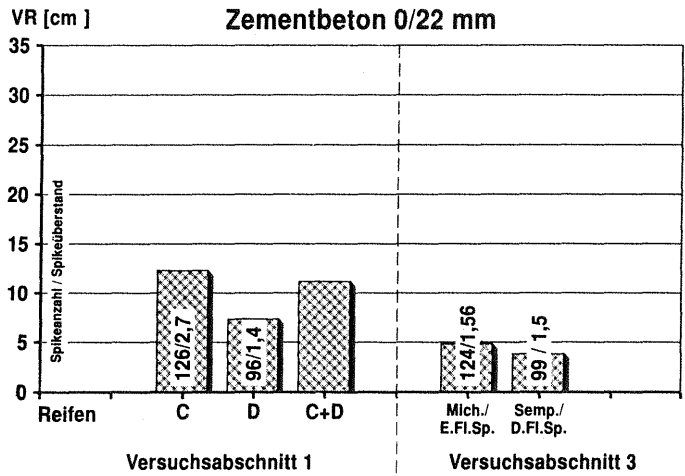


Abb. 15: : Verschleißraten-Spikereifen auf Zementbeton

## 7.5 Vergleich der Straßenbeläge untereinander

Zusammenfassend ergeben sich folgende Verhältniswerte für den Straßenverschleiß der verschiedenen Belagsarten:

	<u>Normiert:</u>
Verschleißrate auf GA 0/16 mm (Basalt)	
6 Werte VR = 11,2 [cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> UR]	1,6
Verschleißrate auf AB 0/8 mm (Diabas)	
4 Werte VR = 18,5 [cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> UR]	2,6
Verschleißrate auf AB 0/8 mm (Basalt)	
7 Werte VR = 13,30 [cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> UR]	1,9
Verschleißrate auf AB 0/11 S (Basalt)	
4 Werte VR = 15,7 [cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> UR]	2,2
Verschleißrate auf ZB 0/22 mm (Diabas)	
4 Werte VR = 7,1 [cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> UR]	1,0

Es wurden alle Spikereifen - ausgenommen die Typen mit auffälligen Veränderungen der Spikesanzahl und des Spikesitzes während der Versuchsläufe - zur Betrachtung herangezogen, so daß zur Mittelwertbildung der Verschleißrate zwischen 4 und 7 Werten je Belagsart anstanden. Da somit nicht die gleichen Reifentypen auf jeder Belagsart eingesetzt wurden, ergeben sich keine exakten Vergleichsmöglichkeiten für die Verschleißanfälligkeit der Belagsarten. Trotzdem ergeben sich folgende Tendenzen:

Der Zementbeton zeigt sich mit am Abstand als verschleißresistentester Straßenbelag, gefolgt von Gußasphalt. Während Asphaltbeton 0/8 mm mit Faktoren 1,9 (bei Basalt) und 2,6 (bei Diabas) weniger verschleißrestistent ist gegenüber Zementbeton, liegt der neuartige Belag AB 0/11 S bei Faktor 2,2.

Das Verhältnis der Verschleißraten AB 0/8 (Basalt) zu AB 0/11 S (Basalt) beträgt hier also 1 : 1,2.

Werden die genannten Einschränkungen der Vergleichsmöglichkeiten vermieden und nur die Paarungen gleicher Reifen betrachtet, so ergibt sich das bereits vorn angeführte Verhältnis 1 : (1,4 bis 1,9), das den AB 0/11 S ungünstiger darstellt.

Die ungünstigeren Werte sind aus einer unterschiedlichen Entwicklung der Spikesüberstände zu erklären. Während auf AB 0/8 die Spikes während der Versuchsläufe kürzere Überstände über den Gummireifen annahmen (zu Beginn 1,3 mm, am Ende rd. 1,0 mm) wuchsen sie auf AB 0/11 S aus dem Reifen heraus (zu Beginn 1,3/1,6 mm, am Ende 1,8/2,5 mm). (Siehe Abschn. 7.8)

Jahr des Versuchsabschnittes ( )	Reifentyp Reifengröße T.G. = Textiltürl S.G. = Stahlgürtel ( ) Reifencode	Spikedaten					Verschleißrate in [cm <sup>2</sup> / 10 <sup>5</sup> ÜR]				
		Art	Ø Flansch in mm	Anzahl	Gewicht in Gramm	Über- stand in mm	Belag: GA 0/11 mm (Basalt)	Belag: AB 0/8 mm (Diabas)	Belag: AB 0/8 mm (Basalt)	Belag: AB 0/11 S (Basalt)	Belag: ZB 0/22 mm (Diabas)
1974 / 80  (1)	Mich. XM+SE 165 QR14, S.G. (A)	1. Gen.	9	144	2,1	1,49 (2,01)	9,4	—	—	—	—
	Semp. M 381 M+SE 175 QR14, T.G. (B)	1. Gen.	9	116	2,3	1,66 (1,72)	5,4	—	—	—	—
	Cont. TT 726 M+SE 165 QR14, T.G. (C)	1. Gen.	10	126	2,7	1,62 (2,12)	14,7	35,5	—	—	12,5
	Phoenix PA10 M+SE 165 QR14, T.G. (D)	1. Gen.	9	96	2,2	1,6	10,3	25,2	—	—	7,7
	Semp. M 229 M+SE 165 QR14, S.G.7 (E)	1. Gen.	9	96	2,3	1,34 (1,45)	9,5	—	—	—	—
	Metzeler Blizzard-Eis 165 QR14, T.G. (F)	1. Gen.	10	182	2,7	2,0	18,2	—	—	—	—
	Cont. (5,6 - 15) M+SE / Swiss, S.G. (O)	K. M.	6	112	0,5	1,3	—	6,3	—	—	—
	Phoenix 165 QR14, T.G. (G)	Perma- T-Gripper	9	96	1,7	1,2 (0,5)	—	6,0	—	—	—
1982  (2)	Mich. M+S 8 E 175 QR14, S.G. (H)	K. M.	6	112	0,5	1,42	—	—	5,0	—	—
	Mich. XM+S 8 175 QR14, S.G. (I)	1. Gen.	9	112	2,1	1,6	—	—	15,5	—	—
	Mich. XM+S 8 175 QR14, S.G. (J)	1. Gen.	9	132	2,2	1,5	—	—	16,6	—	—
	Semp. Verg. Milch., 175 QR14, S.G. (K)	D. Fl. Sp.	6,4	100 (132)	1,6	1,17 (1,62)	—	—	10,2	—	—
1985  (3)*	Mich. XM+S 200 175 QR14, S.G. (L)	E. Fl. Sp.	6,5	124	1,4	1,31 (1,35)	—	—	10,7	15,2	4,9
	Semp. High Grip 175 QR14, S.G. (M)	D. Fl. Sp.	6,45	99	1,68	1,69	—	—	6,7	12,9	3,9
	Semp. High Grip 175 QR14, S.G. (N)	D. Fl. Sp. 81	6,4	112	1,6	1,62	—	—	19,7	—	—
	Mich. XM+S 200 175 QR14, S.G. (P)	E. Fl. Sp. 89	6,45	128	1,4	1,74	—	—	—	19,4	—
	Mich. XM+S 200 175 QR14, S.G. (Q)	K. M.	8,0	128	0,7	1,56	—	—	—	16,2	—


**Legende:**

Umfangskraft am Rad = 1 [kN]  
 Normalkraft am Rad = 4 [kN]  
 ÜR = Überrollungen  
 Geschwindigkeit = 100 [km/h]  
 \* Verschleißraten in Abschnitt (3) temperaturkompensiert


1. Gen. = 1. Generation  
 = bis Verbot der Spikereifen (4/75)

2. Gen. = 2. Generation  
 (nach Spike-  
 verbot)

Perma-T-Gripper:

 Spike, Sonder-  
 format als Hülse  
 mit Metallkern

K.M. = Kunststoffmantel  
 (über Metallstift,  
 fest verbunden)

 E.FI.Sp. = Einflanschspike


 D.FI.Sp. = Doppelflansch-  
 spike

Abb.12 : Verschleißraten der Straßenbeläge durch Pkw-Spikereifen

## 7.6 Vergleich der Reifengenerationen

Die erste Reifengeneration der Jahrgänge 1974 bis 1980 zeigte bereits sehr unterschiedlichen Straßenverschleiß. Das wird an der Versuchsreihe mit Gußasphalt deutlich.

### Gußasphalt (1. Versuchsabschnitt)

	<u>Normiert:</u>
Reifen A , 1. Gen. VR <sub>1.2.3</sub> = 9,4 [cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> ÜR]	1,76
Reifen B, 1. Gen. VR <sub>3</sub> = 5,4 [cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> ÜR]	1,0
Reifen C, 1. Gen. VR <sub>2.3</sub> = 14,7 [cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> ÜR]	2,76
Reifen D, 1. Gen. VR <sub>2</sub> = 10,3 [cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> ÜR]	1,93
Reifen E, 1. Gen. VR <sub>3</sub> = 9,5 [cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> ÜR]	1,78
Reifen F, 1. Gen. VR <sub>2</sub> = 18,2 [cm <sup>2</sup> /10 <sup>5</sup> ÜR]	3,4

Hieraus ergibt sich für die Reifen C und F mit der hohen Anzahl von Spikes (126 bzw. 182) und höherem Spikesgewicht (2,7 g) ein um den Faktor 2,76 bis 3,4 höherer Belagsverschleiß als bei dem straßenschonenden Reifen B (Anzahl der Spikes 116, Spikesgewicht 0,5 g).

Weitere Entwicklungen straßenschonenderer Reifen führten jedoch nicht zu dem erhofften durchschlagenden Erfolg. Für die untersuchten Belagsarten verhält sich der Straßenverschleiß durch Reifen der 1. Generation (VR<sub>1</sub>) zu dem durch die 2. Generation (VR<sub>2</sub>) bei den untersuchten Belagsarten wie

$$VR_1 : VR_2 = 1 : (0,4 \text{ bis } 0,5)$$

Der Verschleiß ist also durch die neuen Generationen von Spikesreifen um 50 bis 60 % gegenüber den früheren Reifentypen gemindert worden. In besonderen Fällen war bereits schon früher ein stärkerer Rückgang des Verschleißes beobachtet worden, nämlich bei der 1. Versuchsserie mit Asphaltbeton 0/8 mit Diabassplitt:

$$VR_1 : VR_2 = 1 : 0,2$$

Allerdings sind auch umgekehrte Tendenzen festzustellen, und zwar konnten bei neueren Spikereifentypen nur wenig straßenschonende Effekte erreicht werden - trotz neuester Spikesauslegung mit geringem Gewicht und geringem Flanschdurchmesser. In solchen Fällen wiesen die Spikes zumeist einen schlechten Sitz im Protetektor auf, stellten sich während des Betriebes schräg und wuchsen heraus.

#### 7.7 Kontrollen zu den Vergleichsbetrachtungen

Es war nicht Aufgabe dieser Versuchsserien, dem Einfluß einzelner Konstruktionsmerkmale der Reifen oder der Spikes (wie Flanschdurchmesser o. dgl.) nachzugehen. Um jedoch die verschiedenen Versuchsserien vergleichend auswerten zu können, war der Einfluß variierender Versuchsbedingungen zu kontrollieren. Hierzu gehörten:

- a) Die Art der Vorbehandlung der Straßenoberfläche
- b) die Temperatur des Straßenbelages und
- c) die Spikesüberstände am Reifen.

Aus gesonderten statistischen Tests<sup>\*)</sup> ergaben sich folgende Resultate:

---

\*) W. Becker, BAST, Referat V 8, interner Bericht, 1990



zu a):

Wie vorn dargestellt (Kap. 4), wechselten bei der 3. Versuchsserie Sommer- und Winterperioden. Nach einer Sommerperiode mit dem Lauf von Pkw-Reifen bildete sich eine relativ geschlossene Oberfläche, nach den Winterperioden mit Spikereifenüberrollungen eine stark aufgerauhte - wie auch bei allen Versuchen der Serien 1 und 2 und wie beim "Einfahren" neuer Oberflächen nach der Fertigung der Kassetten.

Der Vergleich der Anstiege des Verschleißes zu Beginn der Versuchsserien erwies jedoch, daß die Art der Vorbehandlung des Straßenbelages keinen signifikanten Einfluß auf die Verschleißraten ausübt. Die Hypothese, nach einer Sommerperiode treten stärkere Verschleißfortschritte auf (Kap. 2.3), konnte somit nicht bestätigt werden.

Zu b):

Die bei den Versuchen eingestellte Temperatur beeinflußt dagegen die Verschleißraten erheblich. Der Nachweis hierfür wurde als multipler Vergleich abhängiger Stichproben nach Wilcoxon und Wilcox für 13 Versuchsläufe mit jeweils steigenden Temperatureinstellungen geführt.

Es ergeben sich folgende Kompensationsfaktoren  $k$  für die Verschleißraten bei verschiedenen Temperaturen  $T$  (gemessen wurde die Temperatur des Straßenbelages in 4 cm Tiefe):

T:	- 2,5 °	0 °	+ 2,5 °	+ 5 °
k:	0,5	0,75	1,0	1,25

Um die bei wechselnden Temperaturen durchgeführten Versuche der Serie 3 mit denen der Serien 1 und 2, die bei 0 ° gefahren wurden, vergleichen zu können, sind somit die mittleren Verschleißraten der Serie 3 mit dem Faktor  $k = 0,75$

zu multiplizieren. Diese Temperaturkompensation ist in Abb. 12 enthalten.

Zu c):

Zum Einfluß der Spikesüberstände am Reifen ergab sich kein eindeutiges Bild. Die für 8 Versuchsläufe getrennt durchgeführten Spearmannschen Rangkorrelationen zeigten bei einigen Versuchsläufen das erwartete Verhalten einer hohen Korrelation zwischen Verschleißrate und Spikesüberstand bei anderen Versuchen geringe oder sogar negative Korrelationen. Dies weist auf schon vorn bei Einzelfällen erwähnte Effekte hin, daß der Spikesüberstand allein kein hinreichenden Indikator für hohe Aggressivität des Reifens ist, sondern andere Merkmale - wie fester Sitz des Spikes im Protektor, Angriffsrichtung des Spikes beim Kratzvorgang an der Oberfläche - von Bedeutung sind.

## 8. Zusammenfassung

Die verschiedenen Untersuchungen des Verschleißes von Straßendeckschichten durch Spikereifen unter praxisnahen Belastungen im Innentrommelprüfstand der Bundesanstalt für Straßenwesen werden in dem vorliegenden Bericht zusammenfassend dargestellt.

Nach der Nichtwiederzulassung der Spikereifen nach April 1975 in der Bundesrepublik Deutschland waren sie im europäischen Ausland weiterhin zugelassen, so daß die Beschaffung von Prüfreifen keine Probleme aufwarf.

Die Entwicklung der Spikereifen brachte nach der 1. Generation der 70er Jahre neuere Konstruktionen mit spürbar geringerem Straßenverschleiß, der 50 bis 60 % unter dem Wert der 1. Generation lag. Weitere Verbesserungen ergaben sich in Einzelfällen durch Sonderkonstruktionen, wie Spikes, die um ihren Hartmetallkern einen Kunststoffmantel trugen. Sie verursachten ca. 20-30 % des Verschleißes, den konventionelle Spikes der 1. Generation bewirkten. Eine solche Größenordnung der Abnahme des Verschleißes erreichten allerdings neuere Konstruktionen dann nicht, wenn die Spikes keinen festen Sitz im Reifen aufwiesen, sich schrägstellten und im Laufe der Betriebszeit aus der Reifenoberfläche herauswuchsen.

Spikereifen verursachen noch immer mehr als das 20fache des Deckenverschleißes, den spikefreie Reifen bewirken.

Auch andere Untersuchungen weisen auf den Zusammenhang zwischen Verschleiß und Gleitschutz auf glatter Straße hin. Je geringer der Verschleiß der Straßendecke, desto niedriger fällt zumeist der Kraftschluß zwischen Reifen und winterglatter Fahrbahn aus.

Die Entwicklung von Spikes pendelte sich bereits gegen Ende der 70er Jahre auf Flanschdurchmesser von etwa 6 mm, Gewichte von 1,5 bis 2 g und einer Anzahl von ca. 100 bis 130 Spikes pro Reifen ein. Gleichzeitig kamen sogenannte Haft- und Lamellenreifen auf, die gegenüber herkömmlichen Winterreifen bessere Traktionseigenschaften auf schnee- und eisbedeckten Straßenoberflächen zeigten, gleichzeitig aber so straßenschonend wie diese und wie Sommerreifen waren. Eine eingehende Untersuchung auf sechs verschiedenen Eis- und Schneeflächen (siehe [2]) wurde 1985 vorgenommen und ergab bei verschiedenen Antriebskonzepten der Versuchsfahrzeuge und dem Einsatz von Winterreifen, Spikereifen und Schneeketten Vorteile für den Spikereifen nur auf "glattem Eis".

Für den Spikereifen spricht das Argument, daß sein Einsatz die Straßenoberflächen zwar verschleißt, aber bei diesem Vorgang auch aufräut und damit, unter Verlust der Substanz der Decke, die Griffigkeit erhöht.

Die Nachteile des Einsatzes von Spikereifen betreffen neben dem erheblichen Verschleiß der Fahrbahndecken im Spurbereich auch weitere direkte Schäden, wie verschmutzte Verkehrsleiteneinrichtungen und Ablagerung des Abriebes im Umfeld der Straßen. Zudem wird die Verkehrssicherheit beeinträchtigt, da mit der Spikebenutzung teilweise höhere Geschwindigkeiten gefahren werden, größere Geschwindigkeitsunterschiede zwischen Pkw mit und ohne Spikereifen auftreten, geringere Fahrzeugabstände eingehalten werden und die Sichtverhältnisse sich verschlechtern, wenn bei Nässe stärkere Sprühhahnen aus den von Spikes verursachten Spurrinnen entstehen (Siehe [2]).

Darüber hinaus darf nicht übersehen werden, daß durch häufigere Wiederinstandsetzung der Straßendecken, die durch Spikereifen geschädigt wurden, eine vermehrte Zahl von Baustellen notwendig wird. Nach Krell [7] muß mindestens mit einer Halbierung der Deckenlebensdauer gerechnet werden,

wenn Spikereifen wieder zugelassen würden (siehe Abb. 17). Für neuere Deckenaufbauten, die im Interesse der Lärminderung gewählt werden, sind noch ungünstigere Verschleißverhältnisse durch Spikes zu erwarten. Die Folge wären häufigere Staus an stark befahrenen Streckenabschnitten und die damit verbundene Verminderung der Verkehrssicherheit.

Schließlich ist zu bemerken, daß die Zunahme der Fahrleistungen von 1972 bis heute stärker ist als die Abnahme des Verschleißes durch moderne Spikereifen gegenüber denen der 1. Generation, vorausgesetzt der Anteil spikebereifter Fahrzeuge wäre gleich (ca. 20 %).

# L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- [1]        E i c h b e r g ,   J . :  
Zur Auswirkung der Spikereifenverwendung auf den Verkehrsablauf:  
Untersuchung über den direkten Einfluß von Spikereifen auf das Unfallgeschehen; Fahrleistungen spikebereifter Fahrzeuge 1970/71.  
Teil III a  
In: Straßenbau und Straßenverkehrstechnik (1974) Heft 170.
- [2]        H e u s e r ,   G . / G r u n o w ,   D . /  
W a l l r i c h ,   M . :  
Untersuchung des Kraftschlusses auf winterlichen Straßen unter Berücksichtigung der Straßenschonung.  
TÜV, Institut für Verkehrssicherheit, Bericht 11/85.  
Forschungsauftrag Nr. 04.110 R82A.
- [3]        H o r z ,   H . - W . :  
Aufstellung von Standardversuchen zur Prüfung des Verschleißes von Straßenbelägen im Innentrommelprüfstand der BAST. Schlußbericht 1981.  
Forschungsauftrag Nr. 4019 B74F.
- [4]        K e l l e r ,   H . :  
Untersuchungen von Straßenbelägen und Reifen im Innentrommelprüfstand der BAST, Automobilindustrie 2/76, S. 47 - 52.
- [4 a]      K a i s e r ,   R . / G o t t s c h a l k ,   G . :  
Elementare Tests zur Beurteilung von Meßdaten.  
Bibliographisches Institut AG, Mannheim 1972.

- [5]        **K r e b s , H.G. / L a m m , R. /  
L e u t n e r , R.:**
- Das Geschwindigkeitsverhalten von Personenkraftwagen mit und ohne Spikesbereifung.  
In: Straßenbau und Straßenverkehrstechnik (1974) Heft 170.
- [6]        **K r e b s , H.G. / B ö l l i n g e r , G.:**
- Temperaturberechnungen am bituminösen Straßenkörper. Abschätzung der monatlichen Fahrleistungen mit aggressiven Reifen und normalen Reifen.  
In: Forschung, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik (1981) Heft 347.
- [7]        **K r e l l , K.:**
- Der Einfluß von Spikereifen auf die Häufigkeit von Reparaturbaustellen und die Belastung der Umwelt mit Abriebstoffen von Straßen und Autobahn.  
In: Straße und Autobahn, Heft 1/74, S. 18-21
- [7a]       **K r e m p e l , G.:**
- Experimenteller Beitrag zu Untersuchungen an Kraftfahrzeugreifen.  
Dissertation, TU Karlsruhe 1965
- [8]        **K r o p f , K.:**
- Aufstellung von Standardversuchen zur Prüfung des Verschleißes von Straßenbelägen im Innentrommelprüfstand der BAST.  
Forschungsauftrag Nr. 4.019 B74I.1976.
- [9]        **N a k k e l , E.:**
- Winterverschleiß der Fahrbahndecken - Internationaler Stand der Forschung und Praxis, Bericht über das internationale Straßenverschleiß-Symposium in Oslo 1972.  
In: Straße und Autobahn, Heft 9/1973, S. 387 - 399.
- [10]       **S a c h s , R.:**
- Statistische Methoden.  
Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York 1970.

- [11] **S c h l e m m e r , F.J.:**  
Untersuchungen des Verschleißes von Deckschichten durch Spikereifen im Innentrommelprüfstand der BAST bei Simulation der Verkehrsbelastung und der Jahrestemperaturganglinie.  
Schlußbericht 1990  
Projekt-Nr.: 85 606.
- [12] **S c h l e m m e r , F.J.:**  
Ermittlung der Kraftschlußeigenschaften von Spikereifen und Schneeketten auf schnee- und eisbedeckten Fahrbahnen. Schlußbericht 1983 (unveröffentlicht).
- [13] **S c h m i d t , G.:**  
Noch keine Wende im Straßenverkehr  
(Verkehrsentwicklungen 1985 - 1989).  
In: Straße und Autobahn (1990) Heft 6
- [14] **S c h u l z e , K.-H. / B e c k m a n n , L.:**  
Untersuchungen über den Verschleiß an Straßenoberflächen durch Winterreifen mit Spikes.  
In: Straße. Brücke, Tunnel (10/69) S. 267 - 273.  
(12/69) S. 309 - 318.
- [15] **S l i b a r , A. u n d S p r i n g e r , H.:**  
Mechanische Auswirkungen von Spikesreifen verschiedener Profile auf Beton- und bituminösen Fahrbahndecken.  
In: Straßenforschung (1974) Heft 24.
- [16] Straßenverkehrszählungen, herausgegeben von der Bundesanstalt für Straßenwesen im Auftrag des Bundesministers für Verkehr (1989) Heft 46 und Quartalsauswertung 3/89
- [17] **W e i g l e r , K.:**  
Tendenzversuche zum Problem des Betonstraßenverschleißes infolge Spikereifenangriff.  
Forschungsauftrag Nr. 8.103. TH Darmstadt. Bericht 6/1975.



[18]

Z i p k e s , E . / B u e l , S . :

Schäden durch den Gebrauch von Spikesreifen.  
Mitteilung Nr. 24, Forschungsauftrag 26/72.  
Institut für Straßen- und Untertagebau an der ETH  
Zürich, Zürich 1973.

## Anlagenverzeichnis

- Tab. 3: Übersicht über die verwendeten Prüfreifen, 1. Versuchsabschnitt
- Tab. 4: Reifen/Spikes-Kombinationen und Spikeparameter, 2. Versuchsabschnitt
- Tab. 5: Reifen/Spikes-Kombinationen und Spikeparameter, 3. Versuchsabschnitt
- Tab. 6: Versuchsparameter Prüfstand, Reifen und Belagsart
- Tab. 6a+b: Abweichungen der prüfstands- und einstellungsbedingten Versuchsparameter
- Tab. 7: Übersicht der Spikeüberstände, 3. Versuchsabschnitt
- Tab. 8: Abweichungen der verschiedenen Meßmethoden
- 
- Abb. 4a: Simulationszeit und zugehörige Temperaturen für den "Sommer", 3. Versuchsabschnitt
- Abb. 4b: Simulationszeit und zugehörige Temperaturen für den "Winter", 3. Versuchsabschnitt
- Abb. 5: Protokoll einer Messung der Spikeüberstände
- Abb. 9: Überrollverhältnisse bei Oszillation des Rades
- Abb. 10: Querprofile, digital mit Plotter erstellt
- Abb. 11: Querprofile, analog mit x-y-Schreiber erstellt
- Abb. 13a: Übersicht Spiketypen, 1. Generation und Sonderbauweisen
- Abb. 13b: Übersicht Spiketypen, neuere Bauart, 3. Versuchsabschnitt
- Abb. 17: Verkürzung der Lebensdauer von Deckschichten durch Spikereifen nach [7]



Gruppe	Fabrikat	Reifennummern	Gürtelmaterial 1)	Reifenbreite	Profiltiefe	Shorehärte	Spikes					Bemerkungen	
							Basis $\beta$	Länge	Kern 2)	Hülse 3)	Anzahl		Gewicht
1. Winterreifen mit konventionellen Spikes	A	83-85	S	124	9,2	61-65	9	12	HM	S	144	2,1	
	B	108	T	130	11,0	58-60	9	13	HM	S	116	2,3	
	C	113-116, 152, 153	T	129	11,5	62-63	10	14	HM	S	126	2,7	
	D	128, 130, 132, 135, 136	T	136	11,0	62-65	9	13	HM	S	96	2,2	
	E	137	S	138	11,0	67	9	13	HM	S	96	2,3	
	F	141	T	124	10,0	63-66	10	14	HM	S	182	2,7	
2. Winterreifen mit Spikes neuerer Bauart	N	91	S	124	9,2	61-65	6	12	HM	K	144	2,1	
	G	96	S	130	9,5	57	6	12	HM	K	112	0,5	175R14
	O	131	T	136	11,0	62-65	Sonderausführung			96	1,7		
3. Winterreifen	P	71-73	S	124	9,2	61-65							
	H	101	T	136	11,0	67-68							
	R	111, 112	T	129	11,5	62-63							
	S	127, 129, 134	T	136	11,0	62-65							
4. Haftreifen	I	61, 63	S	124	10,5	61							
	K	117, 118	S	126	11,0	66-68							
5. Sommerreifen	L	51, 52, 55	T	126	7,8	60							
	M	147-149, 151	S	120	8,0	66							

Alle Längenmaße in mm

Die Fabrikate A, N und P  
1) S = Stahlcord, T = Textilcord C und R  
2) HM = Hartmetall D, O und S  
3) S = Stahl, K = Kunststoff sind jeweils bezüglich der Reifen-Konstruktion völlig identisch.

Tab.3 : Übersicht über die verwendeten Prüfreifen, 1. Versuchsabschnitt

	Reifen 1982			Referenzreifen		
Reifen Spikes	Semperit (High Grip) Profil 529	Vergölst (runderneuert) Y-M+S 730	Michelin (M+S 89)	Michelin (M+S 8)	Michelin (M+S 8)	Michelin (M+S 89)
Hersteller Typ	MIBA (Doppelflansch)	MIBA (Doppelflansch)	MIBA (Doppelflansch)	Kunststoffmantel (Schalenspike)	konventionell (Einflanschspike)	konventionell (Einflanschspike)
Anzahl	100 Stück	121 Stück	132 Stück	112 Stück	112 Stück	132 St
Gewicht	1,6 g	1,6 g	1,6 g	0,5 g	2,1 g	2,2 g
Flansch- durchmesser	6,4 mm	6,4 mm	6,4 mm	6 mm	9 mm	9 mm
Überstand vor Versuch	1,62 mm	2,17 mm	1,17 mm	1,63 mm	1,6 mm	1,5 mm
Überstand nach Versuch	1,96 mm	2,71 mm	1,44 mm	1,42 mm		

Tab.4 : Reifen/Spikes-Kombinationen und Spikeparameter, 2. Versuchsabschnitt (1982)

Reifen Spikes	Semperit (High Grip) 1984/85	Semperit (High Grip) 1980/81	Michelin (XM+S 200) 1984/85	Michelin (XM+S 200) 1987	Michelin (XM+S 200) 1987
Hersteller- Typ	MIBA (Doppelflansch)	MIBA (Doppelflansch)	Simon (Einflansch)	Simon (Einflansch)	Simon (Einflansch, K.)
Anzahl	99 Stück	112 Stück	124 Stück	128 Stück	128 Stück
Gewicht	1,68 g	1,6 g	1,4 g	≈ 1,4 g	≈ 0,7 g
Flansch- durchmesser	6,45 mm	6,4 mm	6,5 mm	6,45 mm	8,0 mm
Überstand vor Versuch	1,69 mm	1,62 mm	1,31 mm (1,35 mm)	1,74 mm	1,56 mm
Überstand Ende Versuch	1,99 mm	1,96 mm	0,77 mm (1,11 mm)	3,05 mm	3,01 mm

Tabelle 5 : Reifen/Spikes - Kombinationen und Spikeparameter , 3. Versuchsabschnitt (1985)

## Versuchsparameter, Vorgaben

(temperaturabhängige Verschleißsimulation, Werte in Klammern für Standardversuche)

### 1. Prüfstand (IPS)

- Innentrommellaufdurchmesser	$D_{Tr}$	=	3,80 - 3,90 m
- Geschwindigkeit	V	=	100 km/h
- Radlast ( Normalkraft)	$F_v$	=	400 kp $\cong$ 4,0 KN
- Radumfangskraft ( Tangentialkraft)	$F_t$	=	100 kp $\cong$ 1,0 KN
- Quergeschwindigkeit (Oszillation des Rades)	$V_q$	=	10 mm/s
- Schlupf des Rades	S	=	1 %
- Sturzwinkel der Räder	$\xi$	=	0 °
- Schräglaufwinkel	$\alpha$	=	0 °
- Lufttemperatur	$T_L$	=	-15 - +55 °C , ( -1 °C )
- Wassertemperatur	$T_W$	=	+1 - 18 °C , ( wie vor)
- Wasserzufußmenge	Q	=	400 l/
- Salzgehalt des Wassers	$p_S$	=	0 % , ( 3 Gew.%)
- Anzahl der Fahrspuren	n	=	1 , ( 2 )
- Belagtemperatur nach Vorgabe	$T_{Bel}$	=	-8 - +48 °C , ( $\cong$ -1 °C )

### 2. Reifen

- Größe, Dimension	175 Q(R)14 , ( 165 R 14 )
- Innendruck	p = 2,0 bar,( 1,8 bar )

### 3. Belagsart

- Asphaltbeton	0/8 mm
- Asphaltbeton	0/11 S
- Zementbeton	0/22 mm
- (Gußasphalt)	0/11 mm

Tab.6 : Versuchsparameter Prüfstand, Reifen und Belagsart

a) Mechanische Versuchsgrößen und ihre Maßabweichungen

Größe	Symbol	Nenngröße/ Einheit	Abweichungen in %
Trommeldurchmesser (Lauffläche)	$D_{Tr.}$	3,80 m	+2 / -1 %
Belagsablaumlänge (Trommelumfang)	$U_{Tr.}$	12,0 m	+2 / -1 %
Prüfkörper (Kassetten):			
Länge	$L_K$	99,5 cm	$\pm 0,5$ %
Breite, innen	$B_{K,i}$	52,8 cm	$\pm 0,5$ %
Belagsdicke	$d_{K,B}$	8,0 cm	$\pm 3,75$ %

b) Vorgabe und Abweichung der prüfstandsbezogenen Prüfparameter

Prüfparameter	Nenngröße/ Einheit	Vorgabe / Anzeigeabw.	Istwerte (alle Einflüsse)	Bemerkungen
$F_v$	400 kp = 4 kN	$\pm 0,1$ kN $\pm 0,1\%$ in Anz.	$\pm 0,2/\pm 0,4$ kN	größer bei abgefahrenem Belag
$V_u$	100 km/h	$\pm 1$ km/h	$\pm 2$ km/h	
$F_t$	100 kp = 1 kN	$\pm 10$ N ( $\pm 1\%$ )	$\pm 33$ N ( $\pm 3,3\%$ )	
$V_q$	10 mm/s	$\pm 1$ mm/s	$\pm 10\%$	
S	1 %	-----	$\pm 0,2\%$	je nach Reifentyp ( $V_u + F_t = \text{const.}$ )
$\delta$	$0^\circ$	$\pm 1'$	$\pm 1'$	
$\alpha$	$0^\circ$	$\pm 1'$	$\pm 1'$	
q	400 l/h	$\pm 4$ l/h $\pm 1\%$	$\pm 8$ l/h $\pm 2\%$	

Tab.6a+b : Abweichungen der prüfstands- und einstellungsbedingten Versuchsparameter



Belag Nr. / Typ	lfd. Nr. Versuchsreihe	Spikeüberstände		Reifen/ Spiketyp
		vor Versuch/ nach 1. Messg.	nach Versuch	
AB 06 O/8 mm	1.	1,31/1,23	0,77	SIMON E.Fl.Sp. 84
	*2.	1,35/1,23	1,11	MIBA D.Fl.Sp.84/85
AB07 O/8 mm	3.	1,36/1,31	1,06	MIBA " " " 84/85
	4.	1,69/1,62	1,99	MIBA " " " 81
AB 08 O/11 S	5.	1,43/1,2	1,02	SIMON E.Fl.Sp. 84
	_____	_____	_____	_____
ZB 04 O/22 mm	*6.	1,56/1,23	0,9	SIMON " " " 84
	*7.	≈1,5/ 1,26	≈0,77	MIBA D.Fl.Sp.84/85
AB 09 O/11 S	8.	1,25/1,29	1,76	MIBA " " " 84/85
	9.	1,63/1,30	2,59	SIMON E.Fl.Sp.84
	*10.	1,74/1,42	3,05	SIMON " " " 89
	*11.	1,56/1,96	≈3,01	SIMON " " "(k.) 89

\* nur ein Winter  
 ≈ steht für geschätzt bzw. hochgerechnet,  
 wo Messung nicht möglich war

Tab.7 : Übersicht der Spikeüberstände, 3. Versuchsabschnitt

Fehler	x-Achse (horizontal)	x-Achse (vertikal)
1. Aufsetzfehler Meßgerät	$\pm 0,2 \text{ mm}$	$\pm 0,05 \text{ mm}$
2. Verformung der Kassetten	nicht abschätzbar	$\pm 0,01 \text{ mm}$
3. Linearität	$\pm 0,01 \text{ V}/0,25 \text{ V} \cdot 50 \text{ mm}$ $= \pm 2 \text{ mm}$	$\pm 0,005 \text{ V}/0,20 \text{ V} \cdot 1 \text{ mm}$ $= \pm 0,025 \text{ mm}$
4. Empfindlichkeit	$\pm 2 \text{ mm}/275 \text{ mm} = \pm 0,75\%$	nicht abschätzbar
5. Papierverzug	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$
6. Planimetrierfehler Planimeter 1 Planimeter 2		$\pm 0,4 \text{ cm}^2 (\pm 0,2 \text{ cm}^2)$ $\pm 0,2 \text{ cm}^2 (\pm 0,1 \text{ cm}^2)$

a) Abweichungen, Gerät mit Meßuhren

Fehler (vertikal)	maximale Fehler der Einzelmessung	maximale Fehler des Mittelwertes
1. Seitliche Verschiebung der Meßuhren (max. 0,2 mm)	$\pm 0,013 \text{ mm}$	$\pm 0,001 \text{ mm}$
2. Seitliche Verschiebung der Kontrolluhren	$\pm 0,01 \text{ mm}$	$\pm 0,001 \text{ mm}$
3. Verformung der Kassetten und des Uhrenmeßgerätes	$\pm 0,02 \text{ mm}$	$\pm 0,02 \text{ mm}$
4. Ablesefehler Kontrolluhren	$\pm 0,005 \text{ mm}$	$\pm 0,001 \text{ mm}$
5. Differenzbildung einschl. Ablesefehler der Meßuhren	$\pm 0,01 \text{ mm}$	$\pm 0,001 \text{ mm}$
6. Interpolation	$\pm 0,1 \text{ mm}$	$\pm 0,015 \text{ mm}$

b) Abweichungen, Gerät mit Wegaufnehmern, x-y Schreiber

Fehler	x-Achse (horizontal)	x-Achse (vertikal)
1. Verformung der Kassetten	nicht abschätzbar	$\pm 0,01 \text{ mm}$
2. Linearität (Wegaufnehmer)	$\pm 0,2 \text{ mm} (\pm 0,1 \text{ mm})$	$\pm 0,025 \text{ mm}$
3. Empfindlichkeit	$\pm 0,75\%$ ( $\rightarrow 0$ )	nicht meßbar

c) Abweichungen, Gerät mit Wegaufnehmern, teildigitale bzw. digitale  
(in Klammern) Meßwertverarbeitung

Tab.8 : Abweichungen der verschiedenen Meßmethoden (in Klammern Werte für  
2. und 3. Versuchsabschnitt)

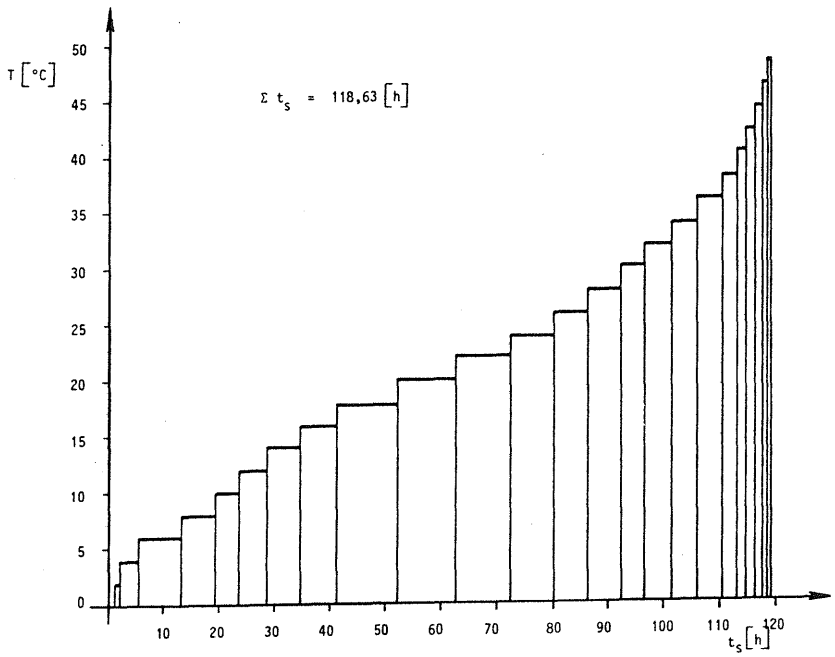


Abb.4a: Simulationszeit und zugehörige Temperaturen für den "Sommer", 3. Versuchsabschnitt

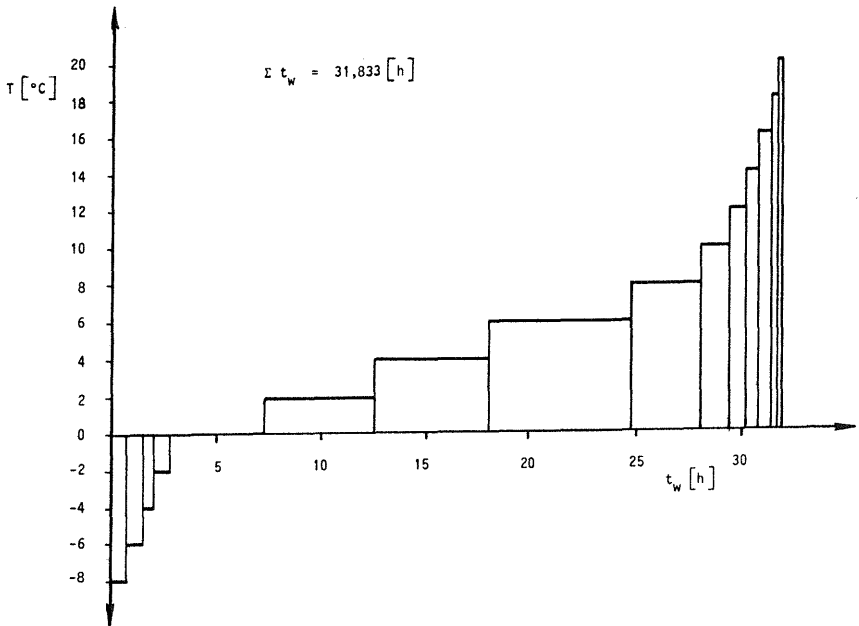


Abb.4b: Simulationszeit und zugehörige Temperaturen für den "Winter", 3. Versuchsabschnitt

# Spikesüberstand am Reifen: *Modelin X M+S 200*

Ev.Nr.: .....

Spikes-Größe: ..... Art: *Einflansche* .....

Datum: *27.02.85* ... nach Versuch *006*

Fabrikat: *Betec* ..... Anzahl: *124* .....

Reifenmodell: *18-166* ..... Lauf-km

Charge: *AB 06* auf Laufspur: .....

Reifenseite zur Trommel

Reifenseite zum Radschlitzen

Spikesspur Nr.:	1	2	3	4	5	Anmerkung:	6	7	8	9	10	Anmerkung:
1	0,86	0,95	0,99			Profiltiefe	1,06	1,13	1,11			Profiltiefe
2	0,81	0,99	1,03			9,07	0,95	1,03	1,05			MX - P
3	0,92	0,97	1,05			9,02	0,86	1,09	1,05			7,02
4	0,99	0,97	0,93			9,00	1,06	0,95	1,06			6,85
5	0,99	0,99	1,05			8,92	1,01	1,00	1,05			6,96
6	0,90	0,89	1,06			9,02	1,01	0,99	1,11			6,83
7	0,84	0,87	0,98			8,99	1,15	1,07	1,10			7,16
8	0,93	0,88	1,01			9,02	0,98	1,00	1,04			7,13
9	0,99	1,00	1,07			8,98	1,03	1,03	1,06			7,22
10	0,99	1,10	1,01			9,03	1,07	0,97	1,13			7,15
11	0,80	0,99	1,09			9,02	1,09	0,98	1,11			7,19
12	0,88	1,12	1,04			8,96	0,97	0,99	1,10			7,07
13	0,86	1,01	0,97			9,01	1,11	1,16	1,19			7,058
14	0,90	0,88	1,09			9,001	1,11	1,16	1,15			7,058 mm
15	1,00	0,97	0,94			9,001 mm	1,11	0,89	0,70			
16		1,00	0,95				1,14	1,17				
17		0,91						1,10				
18		1,09						1,14				
19		1,11						1,14				
20		0,99						1,07				
21		0,95						1,20				
22		0,91						1,16				
23		0,91						1,02				
24		1,03						0,91				
25		0,97						0,98				
26		0,93						1,00				
27		1,01						1,08				
28		1,05						1,10				
29		0,99						1,08				
30		1,06				Umfang:		1,08				Umfang:
31		0,95				1999 mm		1,10				1988 mm
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												

Profiltiefe = 9,07 mm

Summen: 43,25 30,09 16,20

17,16 32,91 16,11

Mittelwerte: 0,883 0,970 1,042

1,072 1,058 1,074

Seitenmittelwerte:  $\frac{2,865}{3} = 0,955$

$\frac{3,204}{3} = 1,068$

Gesamtmittelwert:  $\frac{2,023}{2} = 1,0115$

Diese Radseite lief auf der Kasette:  
zum Rand / zur Mitte

zum Rand / zur Mitte

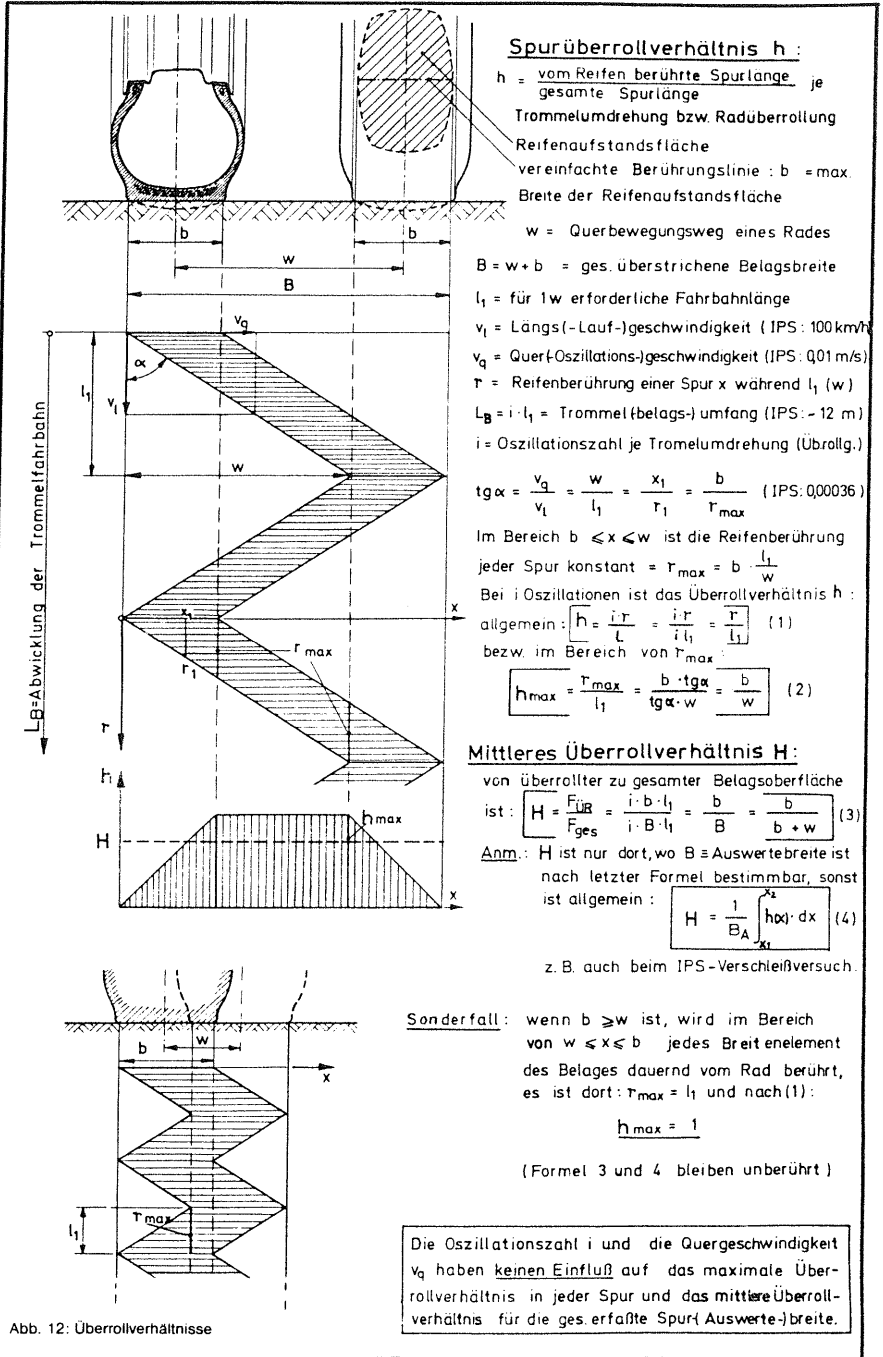
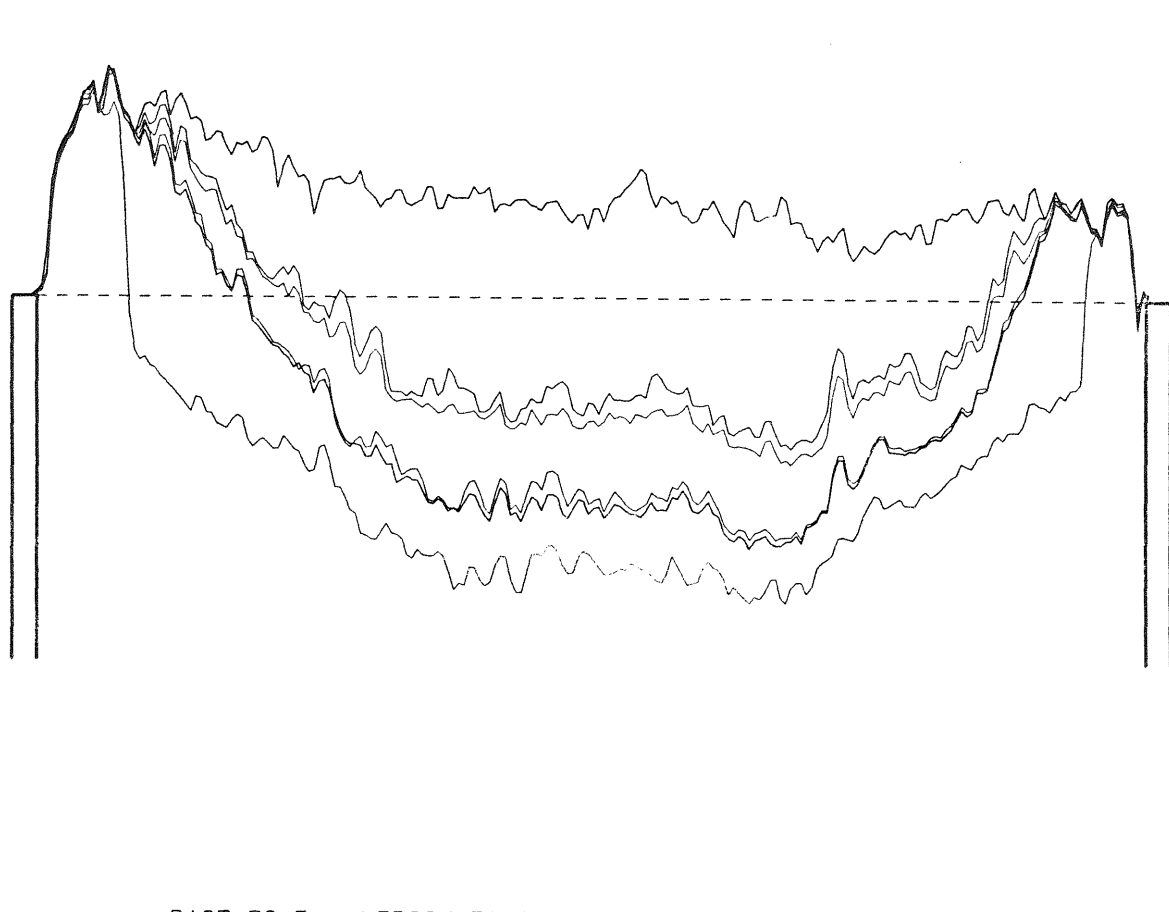


Abb. 12: Überrollverhältnisse

Abb.9 : Überrollverhältnisse bei Oszillation des Rades

Abb.10 : Querprofile, digital mit Plotter erstellt

0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
[MM]



MASSSTAB:

X= 1:2.5

Y=10: 1

KASSETTE 5

PROFIL 3

MESSUNG

LFD. NR.

TVS001

TVS006

TVS008

TVS013

TVS015

TVS021

BAST-Z2.5

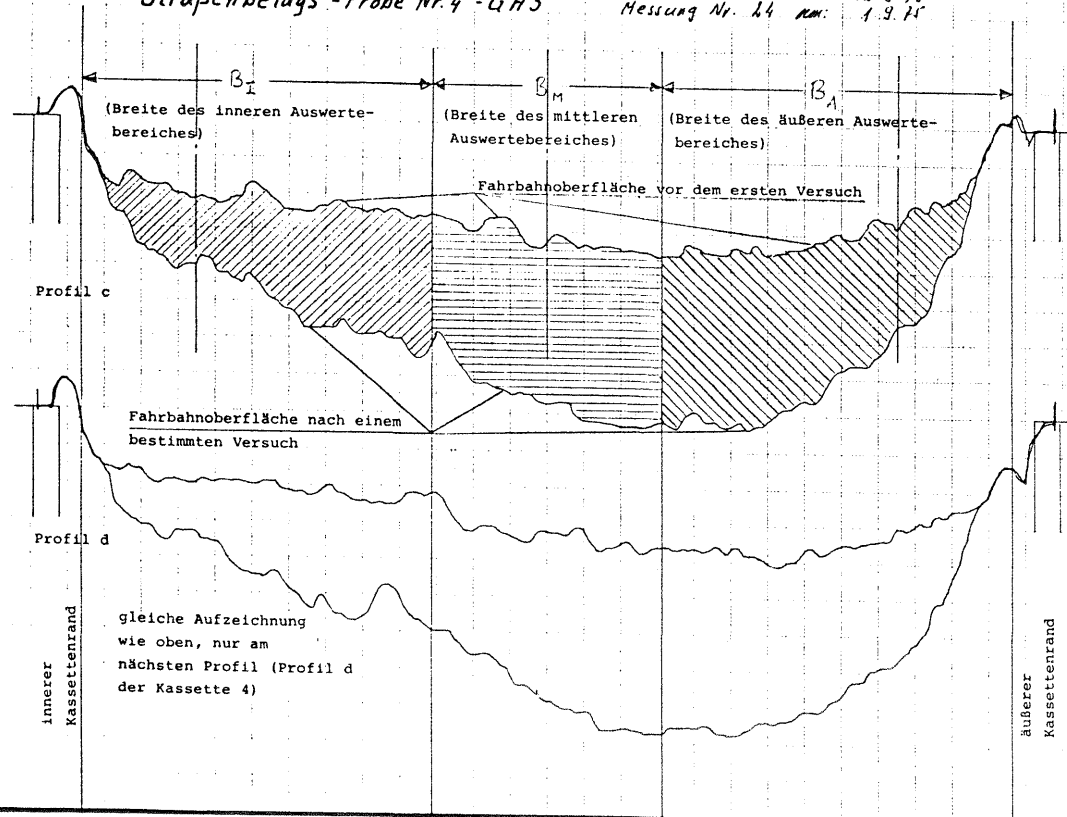
VERSCHLEISSVERSUCHE

-QUERPROFILMESSUNG-

# Straßenbelags - Probe Nr. 4 - GA3

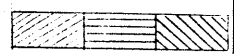
Nullmessung *am:* 12.8.75  
 Messung Nr. 14 *am:* 1.9.75

Kassette Nr. 4



Planimetri. Flächen

$F_1$	$F_2$	$F_3$
23,25	27,84	32,04



20,44	27,05	33,21
-------	-------	-------

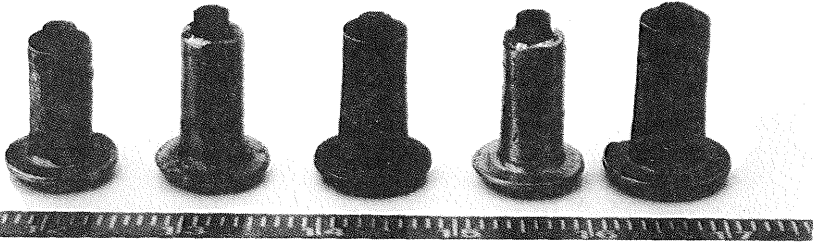
Maßstab:

x = 1 : 2

y = 5 : 1

Abb.11 : Querprofile, analog mit x-y-Schreiber

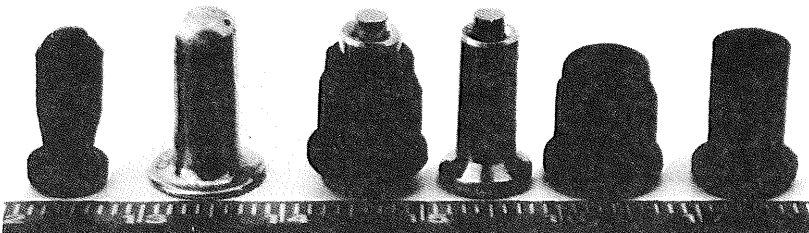
Konventionelle Spikes:



Reihe von links, zugehörig zu Reifen:

1. A (Code) = Michelin XM+SE
2. B ( " ) = Semperit M 381 M+SE (T.G.)
3. D ( " ) = Phoenix PA 10 M+SE (T.G.)
4. E ( " ) = Semperit M 229 M+SE
5. F ( " ) = Metzeler Blizzard-Eis (T.G.)

Sonderbauweisen:

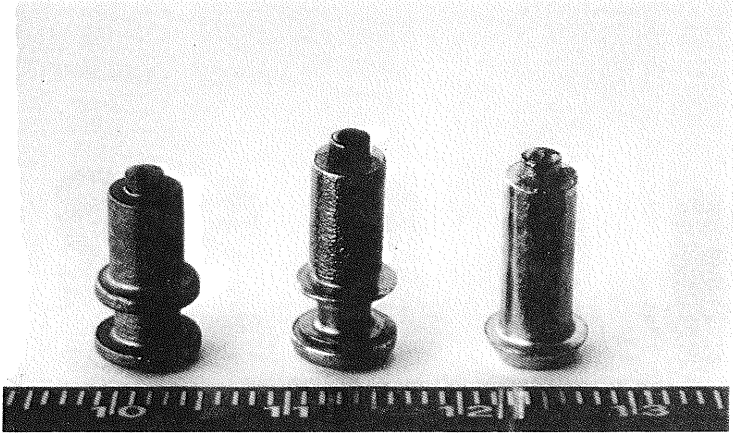


Reihe von links, zugehörig zu Reifen:

1. O (Code) = Michelin M+S 8E, Spike mit Kunststoffmantel
2. G ( " ) = Phoenix P 110 M+SE, Spike: Perma-T-Gripper
3. ----- Michelin M+S 8E, Schalenspike
4. ----- " " , Spike wie 3., aber Schale abgenommen
5. Q ( " ) = Michelin XM+S 200, Sitek (Simon) Einflanschspike, Kunststoffmantel

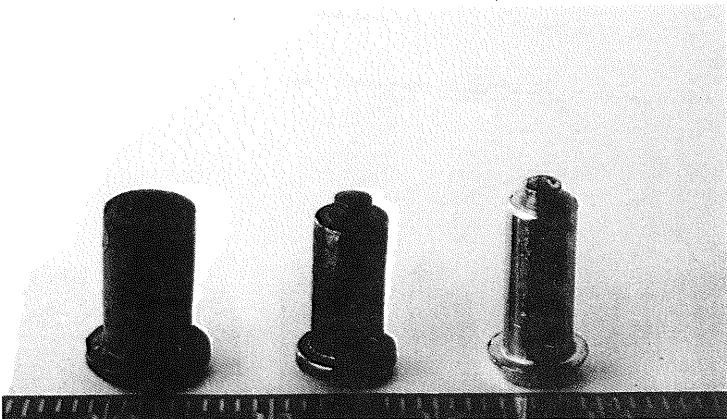


Spikes des 3. Versuchsabschnittes



von links, Reifen- bzw. Spiketyp:

- 1, Semperit High Grip, MIBA Doppelflanschspike 81
2. " " " , " " " " 84
3. Michelin XM+S 200, Betek (Simon) Einflanschspike 84



von links, Reifen- bzw. Spiketyp:

1. Michelin XM+S 200, Sitek (Simon) Einflanschspike, Kunststoffmantel 89
2. " " " , Betek ( " ) " " 84
3. " " " , Sitek ( " ) " " 89

Abb. 13b: Übersicht Spiketypen, neuere Bauart, 3. Versuchsabschnitt

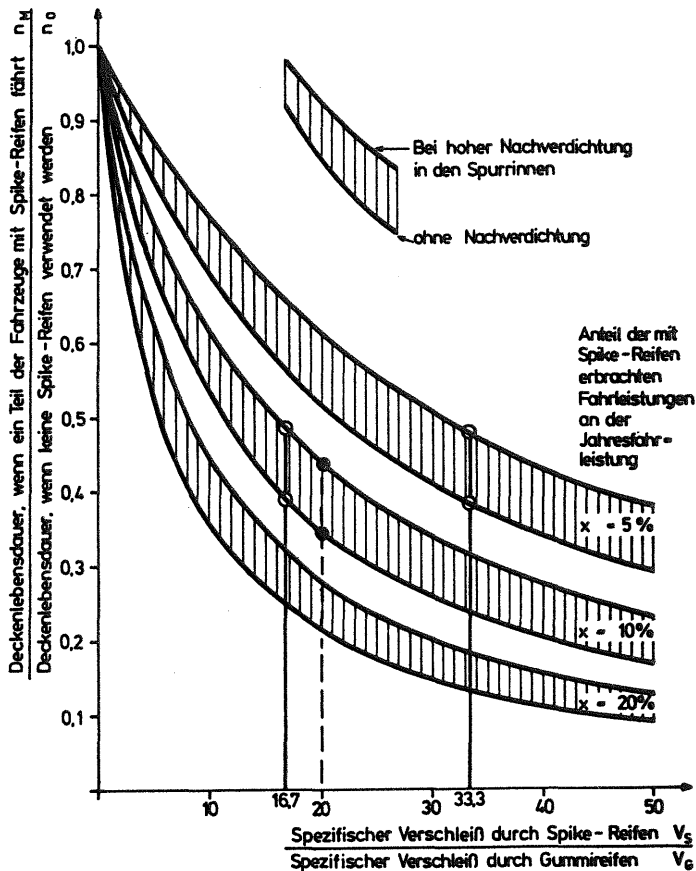


Abb.17 : Verkürzung der Lebensdauer von Deckschichten durch Spikereifen nach [17]



## ÜBERSICHT DER BISHER IN DIESER REIHE ERSCHIENENEN BERICHTE

### Nr. Thema

- |  |                   |
|--|-------------------|
| <p><b>1 Kurse für auffällige Kraftfahrer</b><br/>                     Statistische Grundlagen für die Zuweisung alkoholauffälliger Kraftfahrer<br/>                     Jacobshagen<br/>                     1977</p>                                | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>2 Örtliche Unfallerehebungen</b><br/>                     Behrens, Gotzen, Richter, Stürtz, Suren, Wanderer, Weber<br/>                     1978</p>   | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>3 Möglichkeiten zur Verbesserung der Fahrer-ausbildung</b><br/>                     Graf, Keller<br/>                     1976</p>   | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>4 Beseitigung von Unfallstellen</b><br/>                     Band 2<br/>                     Bewertung von Maßnahmen zur Beseitigung von Unfallstellen<br/>                     Klöckner<br/>                     1977</p>                     | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>5 Beeinflussung und Behandlung alkohol-auffälliger Kraftfahrer</b><br/>                     PG ALK<br/>                     1978</p>   | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>6 Innerstädtische Planung als Einflußgröße der Verkehrssicherheit</b><br/>                     Band 1<br/>                     Strack, Streich<br/>                     1978</p>   | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>7 Gesamtwirkung von unfallinduzierten Schäden auf den volkswirtschaftlichen Produktionsprozeß</b><br/>                     Jäger<br/>                     1977</p>   | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>8 Einführung in den motorisierten Straßenverkehr</b><br/>                     Band IV<br/>                     Teil 6<br/>                     Edelmann<br/>                     1978</p>  | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>9 Leistungsmöglichkeiten von Kindern im Straßenverkehr</b><br/>                     Fischer, Cohen<br/>                     1978</p>   | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>10 Kriterien für Gestaltung, Einsatz und Wirksamkeit von Verkehrssicherheitsplakaten</b><br/>                     Graf, Keller<br/>                     1977</p>   | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>11 Der Einfluß des Rauchens auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit</b><br/>                     Pupka V.<br/>                     1977</p>   | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>12 Innerstädtische Planung als Einflußgröße der Verkehrssicherheit</b><br/>                     Band 2<br/>                     Stengel, Fahnberg, Märshalk<br/>                     1978</p>  | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>12a Innerstädtische Planung als Einflußgröße der Verkehrssicherheit</b><br/>                     Band 2<br/>                     Anlage 1<br/>                     Stengel, Fahnberg, Märshalk<br/>                     1978</p>               | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>13 Einbau- und Anlegeverhalten Sicherheitsgurte</b><br/>                     Volks<br/>                     1978</p>   | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>14 Beseitigung von Unfallstellen</b><br/>                     Band 3<br/>                     Identifikation von Unfallstellen<br/>                     Benner, Bock, Brühning, Klöckner, Riediger, Siegener<br/>                     1978</p> | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>15 Untersuchungen zum Rettungswesen</b><br/>                     Bericht 4<br/>                     Kontrolle des Ausbildungserfolges in "Sofortmaßnahmen am Unfallort"<br/>                     Jungchen<br/>                     1978</p>    | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>16 Nachtunfälle</b><br/>                     Eine Analyse auf der Grundlage der Daten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik<br/>                     Brühning, Hippchen, Weißbrodt<br/>                     1978</p>                    | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>17 Belastung und Beanspruchung am Steuer eines Kraftfahrzeuges</b><br/>                     Untersuchungen mit Meßfahrzeugen<br/>                     IAAP-Kongreß<br/>                     1979</p>   | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>18 Schutzwirkung von Sicherheitsgurten</b><br/>                     Band 2<br/>                     Literaturanalyse<br/>                     Rüter<br/>                     1978</p>  | <p>vergriffen</p> |
| <p><b>19 Untersuchungen von Einzelelementen zur Erhöhung der Wirksamkeit von Sicherheitsgurten</b><br/>                     Rüter, Hontschik, Schicker<br/>                     1977</p>   | <p>vergriffen</p> |

- 20 **Analyse des Entwicklungsstandes des passiven Unfallschutzes für motorisierte Zweiradfahrer**  
 Jessl, Rüter  
 1978  
 vergriffen
- 21 **Fahrversuche mit Beta-Rezeptorenblockern**  
 Braun, Reker, Friedel, Kockelke  
 1978  
 vergriffen
- 22 **Beseitigung von Unfallstellen**  
 Band 4  
 Typologie von Verkehrssicherheitsmaßnahmen  
 Büschges  
 1978  
 vergriffen
- 23 **Beseitigung von Unfallstellen**  
 Band 5  
 Nutzwertanalytische Bewertung von Unfallstellen mit Linksabbiegerverkehr  
 Segner, Zangemeister  
 1978  
 vergriffen
- 24 **Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
 Band 1  
 Forschungsstand, Erklärungsansätze und Modellentwicklung  
 Karstedt-Henke  
 1979  
 vergriffen
- 25 **Schutzwirkung von Sicherheitsgurten**  
 Band 3  
 Auswertung von Gurtunfällen  
 Appel, Vu-Han  
 1979  
 vergriffen
- 26 **Einführung in den motorisierten Straßenverkehr**  
 Band V  
 Teil 7  
 Edelmann, Pflafferott  
 1979  
 vergriffen
- 27 **Mitführen von Feuerlöschern in Personenkraftwagen**  
 Nicklisch, Krupp  
 1979
- 28 **Einfluß auf die Verkehrssicherheit infolge nachts ausgeschalteter Signalanlagen**  
 Kockelke, Haas  
 1979  
 vergriffen
- 29 **Einfluß der psychophysischen Leistungsfähigkeit der Verkehrsteilnehmer auf das Unfallgeschehen**  
 Lewrenz  
 1979
- 30 **Untersuchungen zum Rettungswesen**  
 Bericht 5  
 Beobachtung des Verhaltens am Unfallort  
 Metreveli  
 1979  
 vergriffen
- 31 **Einführung in den motorisierten Straßenverkehr**  
 Band VI  
 Teil 8  
 Koch  
 1979  
 vergriffen
- 32 **Räumliches Orientierungsverhalten von Kraftfahrern**  
 Elinghaus  
 1979  
 vergriffen
- 33 **Untersuchungen zum Rettungswesen**  
 Bericht 6  
 Simulation von Rettungssystemen  
 Rüfer, Schmitt, Siegener  
 1979
- 34 **Schutzwirkung von Sicherheitsgurten**  
 Band 1  
 Gurtunfälle  
 Herzog, Spann  
 1980
- 35 **Experimentelle Evaluation des Tübinger Elterntrainingsprogramms für die Verkehrserziehung von Kindern im Vorschulalter**  
 Limbourg, Gerber  
 1979
- 36 **Sicht aus Kraftfahrzeugen**  
 Literaturstudie  
 Einfluß eingefärbter Scheiben auf die Sicht bei Dunkelheit  
 Albrecht, Burrow, Tupowa, Engel  
 1979
- 37 **Nutzungskonkurrenz in Verkehrsräumen**  
 Baier, Switaiski, Westenberger, Zündorf  
 1979  
 vergriffen
- 38 **Psychologische Erprobungsstudie mit dem Fahrerleistungsmeßfahrzeug**  
 Echterhoff  
 1980
- 39 **Sammlung und Bewertung ausländischer Maßnahmen zur Erhöhung der innerörtlichen Verkehrssicherheit**  
 Ruwenstroth, Fleischhauer, Kuller  
 1979
- 40 **Erprobung des Kinder-Verkehrs-Clubs**  
 Briels, Lennertz  
 1978  
 vergriffen
- 41 **Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
 Band 2  
 Einfluß der Trinkgewohnheiten bestimmter Fahrergruppen auf die Verkehrssicherheit  
 Gebauer, Büschges  
 1976  
 vergriffen

- 42 Innerstädtische Planung als Einflußgröße der Verkehrssicherheit**  
Band 3  
Einfluß der Siedlungsentwicklung auf die Verkehrssicherheit  
Henning, Uhlenbrock  
1980  
vergriffen
- 43 Wirksamkeit von Lichtsignalanlagen zur Sicherung von Bahnübergängen**  
Erke, Wimber  
1980  
vergriffen
- 44 Kriterien für Gestaltung, Einsatz und Wirksamkeit von Verkehrssicherheitsplakaten**  
Teil 1 - 3  
Graf, Keller  
1980
- 45 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
Band 3  
Analyse der Unfalldaten  
Theoretische Konzeption  
Bomsdorf, Schmidt, Schwabl  
1980  
vergriffen
- 46 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
Band 4  
Analyse der Unfalldaten  
Untersuchungsjahr 1977  
Bomsdorf, Schmidt, Schwabl  
1980  
vergriffen
- 47 Zahl und Struktur der Führerscheininhaber in der Bundesrepublik Deutschland**  
Hautzinger, Hunger, Frey  
1980  
vergriffen
- 48 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
Band 5  
Literaturauswertung über Ursachen der Alkoholdelinquenz im Straßenverkehr  
Gebauer  
1980  
vergriffen
- 49 Einfluß von Radwegen auf die Verkehrssicherheit**  
Band 1  
Untersuchungen von Außerortsunfällen im Landkreis Karlsruhe und im Rhein-Neckarkreis  
Köhler, Leutwein  
1981  
vergriffen
- 50 Innerstädtische Planung als Einflußgröße der Verkehrssicherheit**  
Band 4  
Sicherheit und Verhalten in verkehrsberuhigten Zonen  
Eichenuer, Streichert, von Winning  
1980
- 51 Repräsentativbefragung zur präklinischen Notfallversorgung**  
Sorgatz, Riegel  
1980
- 52 Lehrziele in der schulischen Verkehrserziehung**  
Bestandsaufnahme und Klassifikation  
Erläuterungen und Anhang A  
Heinrich, Hohenadel  
1981  
vergriffen
- 52a Lehrziele in der schulischen Verkehrserziehung**  
Bestandsaufnahme und Klassifikation  
Anhang B  
Heinrich, Hohenadel  
1981  
vergriffen
- 53 Informelle Zeichengebung im Straßenverkehr**  
Merten  
1981
- 54 Informationsverarbeitung und Einstellung im Straßenverkehr**  
Bliersbach, Dellen  
1981
- 55 Frage der Ausdehnung der Schutzhelmtragepflicht**  
Krupp, Löffelholz, Marburger  
1980  
vergriffen
- 56 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
Band 6  
Beobachtung am Beispiel von Trinkmusterstudien  
Schanz  
1981
- 57 Maßnahmen zur Sicherung des Innerörtlichen Fahrradverkehrs**  
Henning, Schmitz, Faludi  
1981  
vergriffen
- 57a Maßnahmen zur Sicherung des Innerörtlichen Fahrradverkehrs**  
- Anlagen  
Henning, Schmitz, Faludi  
1981  
vergriffen
- 58 Vier-Länder-Vergleich von Kenngrößen der Straßenverkehrssicherheit**  
Japan, Großbritannien, Niederlande, Bundesrepublik Deutschland  
1981  
vergriffen
- 59 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
Band 7  
Medienanalyse  
Schanz, Kutteroff, Groß  
1981
- 60 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
Band 8  
Analyse der Unfalldaten  
Untersuchungsjahr 1978  
Bomsdorf, Schmidt, Schwabl  
1980

- 61 **Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
Band 9  
Analyse der Unfalldaten  
Untersuchungsjahr 1979  
Bomsdorf, Schmidt, Schwabl  
1981
- 62 **Einfluß von Radwegen auf die Verkehrssicherheit**  
Band 2  
Radfahrerunfälle auf Stadtstraßen  
Knoche  
1980
- 63 **Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 7  
Organisation und Kosten des Rettungsdienstes  
Teil 1 und 2  
Kühner  
1981
- 64 **Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 8  
Zu Kostenbegriffen im Rettungswesen  
Kühner  
1981
- 65 **Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Tarife und Tarifsysteme im Rettungsdienst  
Kühner  
1981
- 66 **Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 10  
Zur Anwendung des Simulationsmodells Rettungswesen  
Anwendung in Karlsruhe  
Schmiedel, Puhan, Siegener  
1981
- 67 **Internationale Erfahrungen mit der Gurtanlegepflicht**  
Marburger, Krupp, Löffelholz  
1982
- 68 **Verkehrsbewährung in Abhängigkeit von Leistungsmotivation, Zielsetzungsverhalten und Urteilsfähigkeit**  
Sömen  
1982
- 69 **Methoden und Kriterien zur Überprüfung des Erfolges von Aufklärungskampagnen**  
Plaff  
1982
- 70 **Ältere Menschen und Verkehrsaufklärung**  
Huber  
1982
- 71 **Kriterien für Gestaltung und Einsatz der Anlagen des Fußgängerquerverkehrs**  
Rose, Schönharting, Uschkamp  
1982
- 72 **Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**  
Teil 1  
Einbahnstraßen  
Flüwenstroth, Habermeier  
1982
- 73 **Möglichkeiten zu einer Neugestaltung des Fahrerausbildungssystems**  
Heinrich, Hundhausen  
1982
- 74 **Fahrverhalten von Kraftfahrern bei der Begegnung mit Kindern nach der StVO-Änderung**  
Kockelke, Ahrens  
1982
- 75 **Wirkungszusammenhang Fahrer - Fahrzeug**  
Ellinghaus  
1982
- 76 **Interaktion von Kraftfahrzeuginsassen**  
Färber, Pulwitt, Cichos  
1982
- 77 **Umfang und Schwere dauerhafter Personenschäden im Straßenverkehr**  
Krupp, Joo  
1982
- 78 **Ermittlung der an Fahr-Prüfungsorte zu stellenden Anforderungen**  
Hampel, Küppers  
1982
- 79 **Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 11  
Organisationsformen im Rettungsdienst  
Kühner  
1983
- 80 **Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 12  
Dokumentationsstudie Rettungsdienst und Krankentransport  
Bonn  
1982
- 81 **Sicherheitsorientierte Ausbildung von Berufskraftfahrern**  
Rüter  
1983

- 82 Verhaltensorientierte Verkehrserziehung im Vorschulalter**  
Limbourg  
1983  
vergriffen
- 83 Einflüsse von Fahrer- und Straßenmerkmalen auf die Fahrgeschwindigkeit in Ortschaften**  
Haas, Herberg  
1983
- 84 Medienangebote und Mediennutzung durch Kinder Orientierungsrahmen für Verkehrsaufklärung**  
Hagen, Beike, Blothner, Kellner  
1983
- 85 Funktion und Wirkung von Aufklebern an Personenkraftwagen**  
Haas  
1983  
vergriffen
- 86 Streuung von Schutzkriterien in kontrollierten Aufprallversuchen gegen die starre 30-Grad-Barriere**  
Färber  
1983  
vergriffen
- 87 Wirksamkeitsuntersuchung zum ADAC-Motorradsicherheitstraining**  
Große-Bernd, Niesen  
1983  
vergriffen
- 88 Einfluß von Verkehrssicherheitsinformationen auf unfallbeteiligte Kraftfahrer**  
Echterhoff  
1983  
vergriffen
- 89 Klassifikation und Gefährlichkeit von Straßenverkehrssituationen**  
v. Benda, Graf Hoyos, Schaible-Rapp  
1983
- 90 Untersuchung der Vorfahrtregelung "Rechts vor Links" unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit**  
Kockelke, Steinbrecher  
1983  
vergriffen
- 91 Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**  
Band 1  
Jessel, Flögl, Hontschik, Rüter  
1983
- 92 Junge Kraftfahrer in Japan**  
Renge  
1983
- 93 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**  
Teil 2:  
Fußgängerzonen  
Harder  
1983
- 94 Beeinflussung von Lichtsignalanlagen durch Rettungsfahrzeuge im Einsatz**  
Bosséhoff, Hubschneider, Leutzbach, Mott, Swiderski, Zmeck  
1983
- 95 Förderung des sozialen Verständnisses von Grundschulern im Straßenverkehr**  
Baumgardt-Elms, Küling, Müller  
1984
- 96 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**  
Teil 3:  
Knotenpunkt  
Angenendt  
1984
- 97 Verkehrserziehung in der Sekundarstufe I**  
Jensch, Schippers, Spoerer  
1984
- 98 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**  
Teil 4:  
Sicherung in verkehrsberuhigten Straßen  
Adelt, Hoffmanns, Kaulen, Richter-Richard  
1984  
vergriffen
- 99 Verkehrssicherheit in Wohngebieten**  
Einflußgrößen, Bewertung und Planungshinweise  
Cerenka, Henning-Hager  
1984
- 100 Einflußgrößen auf das nutzbare Sehfeld**  
Cohen  
1984
- 101 Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 13  
Ablauforganisation in Rettungsleitstellen  
Witte  
1984
- 102 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
Band 10  
Analyse der Unfalldaten  
Untersuchungsjahr 1980  
Bomsdorf, Schwabl  
1984
- 103 Akzeptanz flächenhafter Verkehrsberuhigungsmaßnahmen**  
Bechmann, Hofmann  
1984
- 104 Fahrzeugwerbung und Verkehrssicherheit**  
Inhaltsanalyse und Folgerungen  
Pflaferot  
1984  
vergriffen



- 105 Untersuchungen zu Medikamenten und Verkehrssicherheit**  
Norpoth  
1984
- 106 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**  
Teil 5:  
Radwegtrassen  
Ruwenstroth  
1984
- 107 Schutzkleidung für motorisierte Zweiradfahrer**  
Danner, Langwieder, Polauke, Sporer  
1984
- 108 Zum Einfluß zusätzlicher hochgesetzter Bremsleuchten auf das Unfallgeschehen**  
Marburger  
1984
- 109 Typisierung von Straßen im Innerortsbereich nach dem Nutzerverhalten**  
Golte, Molt, Patscha  
1985
- vergriffen
- 110 Überprüfung des Unfallursachenverzeichnisses**  
Erke  
1985
- 111 Genauigkeit der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik**  
Barg, Hautzinger, Ottmann, Potderin, Stenger  
1985
- 112 Verkehrssicherheit von städtischen Altbaugebieten**  
Müller, Stete, Topp  
1985
- 113 Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**  
Band 2  
Otte, Suren  
1985
- 114 Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**  
Band 3  
Unfallanalyse  
Beier, Helbling, Mattern, Schmidt, Schüler, Schuller, Spann  
1985
- 115 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
Band 11  
Gesetzgebung, Polizeiliche Überwachung und Strafgerichtsbarkheit in der Bundesrepublik Deutschland  
Kerner  
1985
- 116 Die Häufigkeit von Verkehrssituationen**  
von Benda  
1985
- vergriffen
- 117 Stichproben- und Hochrechnungsverfahren für Verkehrssicherheitsuntersuchungen**  
Hautzinger  
1985
- 118 Sicherheitsrelevante Ausstattung von Fahrrädern**  
von der Osten-Sacken, Schuchard  
1985
- 119 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
Band 12  
Die Entwicklung des Alkoholkonsums in der Bundesrepublik Deutschland  
Porsy  
1985
- 120 Fußgängersicherheit an Haltestellen**  
Rainer R. Hamann  
1984
- 121 Sicherung liegengeliebener Kraftfahrzeuge**  
Willing  
1985
- 122 Verletzung durch einen Kraftfahrzeugunfall als Ausgangspunkt für die Sicherheitswerbung**  
Echterhoff  
1985
- 123 Sichere Gestaltung markierter Wege für Fahrradfahrer**  
Band 1  
Angenendt, Hausen, Jansen, Wutschka  
1985
- 124 Der Einfluß der Anpassungsfähigkeit des Auges auf die visuelle Wahrnehmung**  
Hesse, Krueger, Zülch  
1985
- 125 Flächenhafte Verkehrsberuhigung Unfallanalyse Berlin-Charlottenburg**  
Brilon, Kahrman, Senk, Thiel, Werner  
1985
- 126 Unfälle beim Transport gefährlicher Güter auf der Straße 1982-1984**  
Bressin  
1985
- 127 Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 14  
Effektivität der Erste-Hilfe-Ausbildung  
Sefrin, Schäfer, Zenk  
1986

- 28 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**  
Band 13  
Orientierungs- und Verhaltensmuster der Kraftfahrer:  
Kretschmer-Bäumel, Karstedt-Henke  
1986
- 29 Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 15  
Überprüfung von Erste-Hilfe-Kästen in Kraftfahrzeugen  
Wobben  
1986
- 30 Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 16  
Literaturanalyse "Wirksamkeit des Rettungswesens"  
Garms-Homolová, Schaeffer, Schepers  
1986
- 31 Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 17  
Unfallursachen bei Unfällen von Rettungsfahrzeugen im Einsatz  
Schmiedel, Unterkofler  
1986
- 32 Bestandsaufnahme von Art und Dauer  
der Fahrschulerausbildung.  
Für die Fahrerlaubnisklassen 3, 1 und 1b**  
Haas  
1986
- 33 Verbrauch psychotroper Medikamente  
durch Studenten  
Ergebnis einer Befragung**  
Joó  
1986
- 34 Analyse von Unfalldunkelziffern**  
Lenhart, Siegener  
1986
- 35 Flächenhafte Verkehrsberuhigung  
Methodenstudie zur Gefahrenbewertung  
für verkehrsberuhigte Bereiche**  
Fechtel, Ruske  
1986
- 36 Geschwindigkeitsverhalten auf Mischflächen**  
Ahrens, Kockelke  
1986
- 37 Prüfverfahren zur Seitenkollision  
Versuche mit der Krebsgangbarriere**  
Pullwitt, Sievert  
1986
- 38 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**  
Teil 6:  
Gemeinsame Verkehrsflächen für Fußgänger und  
Radfahrer  
Eger, Rätzko  
1986
- 139 Bewertung der Lichtsignalsteuerung  
mit Hilfe der Verkehrskonflikttechnik**  
Hoffmann, Slapa  
1986
- 140 Unfallsituationen und -folgen  
von Fahrradfahrern**  
Alrutz, Otte  
1986
- 141 Verbesserung der Sichtbedingungen  
aus Nutzfahrzeugen**  
Henseler, Heuser, Krüger  
1986
- 142 Regelabweichendes Verhalten  
von Fahrradfahrern**  
Küller, Gersemann, Ruwenstroth  
1986
- 143 Untersuchung zur Auswirkung der  
vorübergehenden Anordnung von Tempo 100  
auf Bundesautobahnstrecken im Rahmen des  
Abgas-Großversuchs auf das  
Unfallgeschehen**  
Marburger, Meyer, Ernst  
1986
- 144 Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 18  
Erste Hilfe in der Bundesrepublik Deutschland  
- Situationsanalyse -  
Kuschinsky, Schmiedel, Unterkofler  
1986
- 145 Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 19  
Effizienz der Rettungsorganisation  
Borjans  
1986
- 146 Verkehrserziehung in der Primarstufe:  
Sozial-kognitive Anforderungen und  
Konzeption**  
Küting  
1986
- 147 Statistische Verfahren zur Analyse  
qualitativer Variablen**  
Arminger, Küster  
1986
- 148 Einführung in das Arbeiten mit GLIM zur  
Analyse mehrdimensionaler Kontingenztafeln  
mittels loglinearer und Logit-Modelle**  
Ernst, Brühning  
1987

vergriffen

vergriffen

- 149 **Analyse und Beseitigung von Unfallstellen im außerörtlichen Straßennetz**  
Kraus, Trapp  
1986
- 150 **Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**  
Band 4  
Helmvisiere  
Buser, Christ, Jessl, Stangl  
1987
- 151 **Wirkung von Neuroleptika auf relevante Aspekte der Fahrtüchtigkeit bei schizophrenen Patienten**  
Grübel-Mathyl  
1987
- 152 **Datenbank internationaler Verkehrs- und Unfalldaten**  
Brühning, von Fintel, Nußbaum  
1987
- 153 **Fahrerverhaltensuntersuchungen zur Verkehrssicherheit im Bereich von Ortseinfahrten**  
Kockelke, Steinbrecher  
1987
- 154 **Bedeutung, Besonderheiten und Rekonstruktionen der Mehrfachkollisionen von Personenkraftwagen**  
Appel, Otte, Schlichting  
1987
- 155 **Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 20  
Ermittlung abgestufter Richtwerte für die Bereitstellung von Fahrzeugen im Rettungsdienst  
Lenhart, Puhan, Siegener  
1987
- 156 **Sicherheitswidrige und sicherheitsgemäße Reaktionen auf den eigenen Kraftfahrzeugunfall**  
Echtermhoff  
1987
- 157 **Fahrversuche und Labortests unter Einfluß von Diazepam**  
Reker  
1987
- 158 **Untersuchungen zu Determinanten der Geschwindigkeitswahl**  
Band 1  
Auswertung von Geschwindigkeitsprofilen auf Außerortsstraßen  
Bald  
1987
- 159 **Aktion "Minus 10 Prozent" in Österreich**  
Risser, Michalk  
1987
- 160 **Technikwissen und Fahrverhalten junger Fahrer**  
Küster, Reiter  
1987
- 161 **Straßenverkehrsbeteiligung von Kindern und Jugendlichen**  
Wittenberg, Wintergerst, Passenberger, Büschges  
1987
- 162 **Bedeutung der Fahrstundenzahl für die Gefährdung von Fahranfängern - Methodenentwicklung und Ergebnisse -**  
Haas  
1987
- 163 **Einsatzkriterien für Anlagen des Fußgängerquerverkehrs - Ergänzungsuntersuchung -**  
Neumann  
1987
- 164 **Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 21  
Analyse und Beurteilung der Notfallrettung in Berlin  
Gärms - Homolová  
1987
- 165 **Ein Beitrag zur Beschreibung des Sicherheitsempfindens von Fußgängern auf innerstädtischen Straßen**  
Ahrens  
1987
- 166 **Vorher/Nachher-Untersuchungen zu Umbaumaßnahmen an Ortseinfahrten im Kreisgebiet Neuss**  
Kockelke, Rossbänder, Steinbrecher  
1987
- 167 **Methodik und Analyse von (simultanen) Wirksamkeitsuntersuchungen**  
Brühning, Ernst, Arminger  
1987
- 168 **Blickverhalten und Informationsaufnahme von Kraftfahrern**  
Cohen  
1987
- 169 **Untersuchungen zu Determinanten der Geschwindigkeitswahl**  
Bericht 2  
Streckencharakteristik und Geschwindigkeitswahl  
Otten, Schroiff  
1988

vergriffen

vergriffen

vergriffen

vergriffen

- 170 **Wirksamkeit der Nachschulungskurse bei erstmals alkoholauffälligen Kraftfahrern**  
- Bestandsaufnahme nach drei Jahren -  
Stephan  
1988
- 171 **Verantwortliches Handeln im Straßenverkehr**  
- Literaturstudie -  
Schmidt  
1988
- 172 **Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 22  
Analyse und Beurteilung der Notfallrettung in Berlin  
Stellenwert des NAW-Dienstes im Einsatzspektrum des Notfallrettungsdienstes  
Hütter  
1988
- 173 **Biomechanische Belastungsgrenzen**  
Aktualisierte Literaturstudie zur Belastbarkeit des Menschen beim Aufprall  
Gülich  
1988
- 174 **Testverfahren zur Überprüfung des Einflusses von Arzneimitteln auf die Verkehrssicherheit**  
Psychologischer Schwerpunkt  
Brückner, Peters, Sömen  
1988
- 174a **Testverfahren zur Überprüfung des Einflusses von Arzneimitteln auf die Verkehrssicherheit**  
Medizinischer Schwerpunkt  
Staaq, Hobi, Berghaus  
1988
- 175 **Maßnahmen zur Verminderung von außerörtlichen Nachtunfällen**  
Rüth  
1988
- 176 **Wahrnehmungsbedingungen und sicheres Verhalten im Straßenverkehr: Situationsübergreifende Aspekte**  
Grimm  
1988
- 177 **Wahrnehmungsbedingungen und sicheres Verhalten im Straßenverkehr: Wahrnehmung in konkreten Verkehrssituationen**  
Leutzbach, Papavasiliou  
1988
- 178 **Die Berücksichtigung privater Nutzen und Kosten bei der Bewertung von Verkehrssicherheitsmaßnahmen**  
Willeke, Lewen  
1988
- 179 **Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Unfallgeschehens im Straßenverkehr**  
Czerwenka, Matthes, Rommerskirchen  
1988
- 180 **Zur Bedeutung von Verkehrsraumkategorien für Verkehrssicherheitsempfehlungen zum Radfahren von Kindern**  
Günther  
1988
- 181 **Sicherheitsbeurteilung kleiner Stadt-PKW**  
Geßmann, Klippert  
1988
- 182 **Quantifizierung der passiven Sicherheit**  
Teil 1:  
Pilotstudie  
Kramer, Glatz, Lutter  
1988
- 183 **Vergleich der Verkehrssicherheit in der Bundesrepublik Deutschland und Großbritannien**  
Leutzbach und andere  
1988
- 184 **Medikamente, Drogen und Alkohol bei verkehrsunfallverletzten Fahrern**  
Hausmann, Möller, Orte  
1988
- 185 **Curriculum zur Ausbildung motorisierter Zweiradfahrer**  
Flügel, Reiter  
1988
- 186 **Untersuchungen zum Verkehrsverhalten und zur Verkehrssicherheit an Autobahnbaustellen**  
Kockelke, Rossbander  
1988
- 187 **Das Unfallgeschehen bei Nacht - Unfallohäufigkeit, Unfallrisiko und Unfallstruktur -**  
Brühning, Ernst, Schmid  
1988
- 188 **Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**  
Band 5  
Theoretische Simulation zur Verbesserung der Schutzwirkung  
Ory, Köstner  
1988
- 189 **INVUD - Datenbank internationaler Verkehrs- und Unfalldaten**  
Entwicklungsstand Frühjahr 1989  
Brühning, Dreissus, von Fintel  
1989
- vergriffen

- 190 Radfahren - aber sicher!**  
Symposion der Deutschen Verkehrswacht  
in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Straßenwesen  
am 16./17. November 1987  
1989
- 191 Sehvermögen von Pkw-Fahrern**  
Eine empirische Untersuchung über die Tagessehschärfe und  
die Dämmerungsehschärfe von Pkw-Fahrern aus dem  
Kölner Stadtgebiet  
Joò Röhrig  
1989
- 192 Schutz von Kindern in Pkw**  
Krüger  
1989
- 193 Untersuchungen zu Determinanten  
der Geschwindigkeitwahl**  
Bericht 3  
Situationsangemessene Geschwindigkeitwahl auf  
Außerortsstraßen  
Ruwenstroth, Kuller, Radder  
1989
- 194 Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 23  
Analyse und Beurteilung der Notfallrettung in Berlin  
Strukturelle Aspekte der Notfallversorgung durch Notarztwagen  
1989
- 195 Verkehrsmobilität und Unfallrisiko  
in der Bundesrepublik Deutschland**  
Ergebnisbericht  
Hautzinger, Tassaax  
1989
- 195a Verkehrsmobilität und Unfallrisiko  
in der Bundesrepublik Deutschland**  
Tabellenanhang - Teil 1 -  
Hautzinger, Tassaax  
1989
- 195b Verkehrsmobilität und Unfallrisiko  
in der Bundesrepublik Deutschland**  
Tabellenanhang - Teil 2 -  
Hautzinger, Tassaax  
1989
- 196 Vergleich der Ergebnisse von  
Feld- und Simulatorexperimenten  
zum Überholverhalten von Kraftfahrern**  
Otten, Habermehl  
1989
- 197 Zur Sicherheitswirkung von Fahrradkellen**  
Angenendt, Hausen  
1989
- 198 Disco - Unfälle**  
Marthiens, Schulze, Fiedler, Berninghaus, Csernak, Hoppe  
1989
- 199 Fahrzeugtechnische Hilfen zur Einhaltung  
von Sicherheitsabständen**  
Nicklisch, Löffelholz  
1989
- 200 Einfluß von Informationen  
zur Verkehrssicherheit  
auf unfallbeteiligte Kraftfahrer**  
Spoerer  
1989
- 201 Psychologische Formen des Umgangs  
mit den neuen Fahrerlaubnisregelungen**  
Vierboom  
1989
- 202 Sichere Gestaltung markierter Wege  
für Fahrradfahrer**  
Band 2  
Angenendt  
1989
- 203 Verkehrsgerechte Lage von  
Haltestellen im Straßenraum  
unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit**  
Linnenberg  
1989
- 204 The Pedestrian and City Traffic**  
Hass-Klau  
1989
- 205 Erfahrungen mit Tempo 30 - Regelungen  
aus dem Betrieb von Bussen im ÖPNV**  
Bruder, Fahl, Krämer, Luda, Leicher, Schünemann, Voss,  
Wewers  
1989
- 206 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**  
Band 1  
Maßnahmenokumentation Teil Buxtehude  
Krause  
1989
- 207 Untersuchungen zum Rettungswesen**  
Bericht 24  
Die Versorgung von Notfallpatienten durch den Rettungsdienst  
der Region Franken  
Schmidtel, Unterkofler  
1989
- 208 Kriterien für Gestaltung, Einsatz und Sicher-  
heit von alternativen Fußgängerüberwegen**  
Wiebusch - Wothge  
1989

**209 Untersuchungen zum Rettungswesen**

Bericht 25  
Planung, Durchführung und Finanzierung einer öffentlichen Aufgabe  
Dargestellt am Beispiel des Rettungsdienstes  
Kühner  
1989

**210 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**

Band 2  
Maßnahmendokumentation Teil Borgentreich  
Krause  
1990

vergriffen

**211 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**

Band 3  
Maßnahmendokumentation Teil Ingolstadt  
Krause  
1990

**212 Untersuchungen zum Rettungswesen**

Bericht 26  
Organisationsformen von Notarztsystemen  
Breuer  
1990

**213 Auswirkungen geringer Alkoholmengen auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit**

H.-P. Krüger, u. a.  
1990

**214 Anforderungen an die Ausrüstung von Radfahrern unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit**

G. Boye  
1990

**215 Hemmschwellen zur Hilfeleistung  
Untersuchung der Ursachen und  
Empfehlung von Maßnahmen zum Abbau**

H.W. Bierhoff, R. Klein, P. Kramp  
1990

**216 Testfahrten im Daimler-Benz  
Fahr Simulator unter Einfluß von Diazepam**

B. Friedel, W. Käding, P. Kostermann u. a.  
1990

**217 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**

Band 4  
Bürgerbeteiligung  
Teschner, Topp, Heine, Krause  
1990

**218 Tätigkeitsbezogene Anforderungen und Belastungen bei Berufskraftfahrern und Ihre Beziehung zur Risikobereitschaft und Straßenverkehrssicherheit**

Frieling, Bogedale, Kiegeland  
1990

**219 Methodische Weiterentwicklung von Ansätzen zur Bewertung und Beurteilung von Unfallfolgen**

Busch, Kistler  
1991

**220 Statistische Methoden zur Auswertung der Erhebungen am Unfallort**

Hautzinger  
1990

**221 Verkehrs- und Unfallbeteiligung von Schülern der Sekundarstufe I**

Zippel, u. a.  
1990

**222 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**

Band 5  
Maßnahmendokumentation Berlin Moabit  
Krause  
1991

**223 Untersuchungen zum Rettungswesen**

Bericht 28  
Möglichkeiten zur Verbesserung der Laienhilfe bei Verkehrsunfällen  
Teil I und II  
Garms - Homolová, Schaeffer  
1991

**224 Wirksamkeit von Kursen für wiederholt alkoholauffällige Kraftfahrer**

Winkler, Jacobshagen, Nickel  
1991

**225 Wirksamkeitskontrolle kommunaler Verkehrssicherheitsmaßnahmen**

- Fahrradstraße Hansestadt Lübeck -  
Ruwenstroth, Radder  
1991

**226 Untersuchungen zum Rettungswesen**

Bericht 29  
Entwicklung und Perspektiven im Rettungsdienst  
Analyse des Rettungssystems im Saarland  
Puhan  
1991

**227 Quantifizierung der passiven Sicherheit für PKW - Insassen**

Appel, Kramer, Glatz, Lutter, Baumann, Weller  
1991

vergriffen

**228 Ältere Menschen als Fußgänger im Straßenverkehr**

Steffens, Willmes, Gawatz  
1991

- 229 Verkehrssicherheitsanalyse des öffentlichen Nahverkehrs**  
Roos, Dintler, Lau, Köhler  
1991
- 230 Sozialpsychologisch bedingte Risiken im Straßenverkehr**  
Hornke, Hausen, D. Dewald, H. Dewald  
1991
- 231 Behandlungskosten von Unfallverletzten**  
Baumann, Müller, Reuter, Riedel  
1991
- 232 Sehfähigkeit und Wahrnehmungsvermögen im Straßenverkehr**  
Hohmann  
1991
- 233 Einteilung von Verkehrsräumen nach Sicherheitsrisiken für Kinder**  
Henning-Hager, Matthes, Versteegen  
1991
- 234 Testfahrten im Daimler-Benz Fahrsimulator unter Einfluß von Diphenhydramin**  
Friedel, Kädig, Klostermann, u.a.  
1991
- 235 Sichere Fahrradnutzung in der Stadt**  
Pauen-Höppner  
1991
- 236 Untersuchungen zum Fahrverhalten bei Rechts- vor- Links- Regelung in Tempo 30-Zonen**  
Kockelke  
1991
- 237 Praxisnahes Verfahren zur Beurteilung von Verkehrsverlagerungen durch Verkehrsberuhigung**  
Skoupil, Böhn, Müller, Topp  
1991
- 238 Die Sicherheitsrelevanz neuer Fahrhilfen in Kraftfahrzeugen**  
Gies  
1991
- 239 Verkehrssicherheit in den Neuen und Alten Bundesländern**  
Teil 1  
Zur Verkehrssicherheit in den Neuen und Alten Bundesländern - Strukturvergleich des Unfallgeschehens -  
G. Ernst, E. Brühning  
Teil 2  
Straßenverkehrssicherheit Neue und Alte Bundesländer im Nationalen Vergleich  
E. Brühning, E. Alevisos  
1991
- 240 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**  
Band 6  
Maßnahmendokumentation Teil Esslingen  
Krause, Büttner, Wolter  
1991
- 241 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**  
Band 7  
Maßnahmendokumentation Teil Mainz - Bretzenheim  
Krause, Büttner, Wolter  
1991
- 242 Auswirkungen der Umgestaltung innerstädtischer Straßen auf den Linienbusbetrieb**  
Baier, Hartlich, Braun Westrich  
  
Hinweise zur Berechnung von betriebswirtschaftlichen Kosten für ÖPNV durch Verkehrsberuhigung  
Karnlah, Mott  
1991
- 243 Sozio - Marketing für Verkehrssicherheit Theorien - Methoden - Bedenken - Ansätze**  
Ch. Birkholz, A. Lehmann  
1991
- 244 Sicherheitsverbesserungen in Geschäftsstraßen mit Durchgangsverkehr**  
Angenendt  
1991
- 245 Die Bedeutung von Motorradfahrer-schutzkleidung für die aktive und passive Sicherheit von Motorradfahrern**  
Schmieder  
1991
- 246 Mehr Verkehrssicherheit durch bessere Technik? Felduntersuchungen zur Risikokompensation am Beispiel des Antiblockiersystems (ABS)**  
K.M. Aschenbrenner, B. Biehl, G.W. Wurm  
1992

**247 The Protection of Pedestrians from  
Road Vehicle Related Injury:  
Suggested Research Based on a Review  
of the Literature**

Katz  
1992

**248 Forschungsprogramm  
"Sicherheit in der Gefahrgutbeförderung"**

Baum, Engel, Gail, Heuser, Hundhausen,  
Schmitz, Schulz-Forberg, Törkel, Zimmermann  
1992

Ab der laufenden Nr. 93 werden die Forschungsberichte des Bereiches Unfallforschung der Bundesanstalt für Straßenwesen zum Preis von DM 10,- (sehr umfangreiche Berichte DM 15,-) DIN A 4 - Format DM 20,- verkauft. Vorherige Hefte werden, soweit nicht vergriffen, zum Stückpreis von DM 5,- abgegeben. Die vergriffenen Veröffentlichungen können in der BAST eingesehen werden.

Bei Interesse am Dauerbezug besteht die Möglichkeit des Abonnements. Gegen Vorauszahlung eines Betrages von DM 100,- jährlich werden alle im betreffenden Jahr erscheinenden Hefte beider Reihen kostenfrei zugesandt. Einzelhefte und Abonnements sind zu beziehen durch:

**Verlag G. Mainz, Neupforte 13, 5100 Aachen, Telefon 0241/27305.**



