

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Article, Published Version

**Achilles, Stephan**

## **Druck- und Schwingungsmessungen im Gleisbereich der DR**

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106170>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Achilles, Stephan (1979): Druck- und Schwingungsmessungen im Gleisbereich der DR. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau 41. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 18-29.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



## Druck- und Schwingungsmessungen im Gleisbereich der DR

Dipl. Geophysiker S. Achilles KdT  
Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau,  
Berlin

Im Rahmen eines F/E-Themas der DR wurde die FAS Berlin mit der Durchführung von Spannungs- und Schwingungsmessungen im Eisenbahnunterbau beauftragt. Die Arbeiten sollen einen Vergleich der Unterbaubeanspruchungen bei gleicher Verkehrslast und verschiedenen Oberbauformen ermöglichen. Insbesondere soll durch Druck- und Schwingungsmessungen unter Schwellen unterschiedlicher Abmessungen der Einfluß der Schwellenlänge auf die genannten Größen untersucht werden.

Für die Durchführung der Versuche wurde der FAS Berlin von der DR ein Gleisabschnitt an der Strecke Angermünde-Tantow-Staatsgrenze VR Polen vorgeschlagen. Der ursprüngliche Oberbau dieses Gleisabschnittes bestand aus Holzschwellen und Schienen S 49 mit K-Befestigung. Die Bettungshöhe beträgt 45 cm bis 50 cm. Den Unterbau bildet natürlich gelagerter Sand.

### 1. Meßwertgeber:

Zur Druckmessung wurden zwei Arten von Meßdosen verwendet, die auf dem Funktionsprinzip Verformungskörper-Dehnungsmeßstreifen basieren. Es handelt sich bei diesen um den Umbau handelsüblicher Kraftmeßdosen KWH 200 vom VEB Meßelektronik "Otto Schön" und um eine Neuentwicklung der FAS. Beide Druckmeßdosentypen bewährten sich in Hinsicht auf Meßeigenschaften und Beständigkeit über den geplanten einjährigen Zeitraum der Messungen.

Die Meßwertregistrierung erfolgte über Trägerfrequenzmeßbrücken UM 131 oder N 2302 mit Lichtstrahloszillographen 8<sup>LS</sup>-1 bzw. 12<sup>LS</sup>-1.

Zur Beurteilung der Schadenswirkung von Schwingungen im Unterbau wurde die Schwinggeschwindigkeit gemessen. Als Meßwertgeber wählte der Auftragnehmer dynamische Schwinggeschwindig-

keitsgeber vom Typ NS-3 aus der UdSSR, die sich durch eine robuste, feuchtigkeitsgeschützte Ausführung sowie einen linearen Frequenzgang im Bereich von 6 Hz bis 200 Hz auszeichnen. Die hohe Empfindlichkeit der Aufnehmer gestattet es, diese verstärkerlos an einen Lichtstrahloszillographen anzuschließen.

## 2. Einbau der Meßwertgeber

Es wurden insgesamt 31 Druckmeßdosen und 4 Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer in den Unterbau der Meßstrecke eingebaut. Die Anordnung der Meßwertgeber geht aus Abb. 1 hervor.

Nach dem Freilegen der Holzschwellen wurde ein Gleisjoch von ca. 15 m Länge herausgeschnitten und von einem Eisenbahndrehkran abgehoben. Der Schotter wurde mit einer Planierraupe seitlich abgeschoben, Schotterreste mußten von Hand weggesetzt werden. Nach dem Einmessen der Einbaustellen konnten mittels eines maschinell betriebenen Pfahlbohrgerätes senkrechte Bohrungen mit ca. 250 mm Durchmesser und 90 cm Tiefe niedergebracht werden. Hatte die Bohrlochsole die erforderliche Tiefe erreicht, so wurde sie verdichtet und die Meßwertgeber eingelegt. Mittels Theodolit erfolgte eine genaue Ablesung der Einbautiefe, bevor die Bohrung bis zur nächsten Einbauebene mit dem ursprünglichen Material unter ständigem Verdichten aufgefüllt wurde. Der Einbau der oberen Druckmeßdosen erfolgte unmittelbar unter dem Planum.

Das Verdichten beim Einbringen des Erdstoffes über den Druckmeßdosen konnte bei angeschlossenen Meßwertgebern vorgenommen werden. Es war somit möglich, die Zunahme der statischen Belastung der Dosen während des Verdichtungsvorganges zu beobachten. War keine Druckzunahme mehr zu verzeichnen, so wurde die Verdichtung abgebrochen. Durch diese Maßnahme sollte eine möglichst gleichmäßige, gute Verdichtung des wiedereingebauten Erdstoffes erzielt werden.

Die Verbindungskabel der Meßwertgeber zu den Meßgeräten wurden zum mechanischen Schutz in PVC-Schläuchen zusammengefaßt

und seitlich durch einen Kabelschacht ausgeführt.

Anschließend konnte das Flanum wieder geglättet, verdichtet und der Schotter eingebracht werden.

Nach dem Auflegen des vorbereiteten Gleisjoches mit dem zu untersuchenden Betonschwellentyp folgten die üblichen Stopf- und Richtarbeiten. Der fahrplanmäßige Zugverkehr in der Zeit vor den Messungen bewirkte eine weitere Verdichtung von Schotter und Unterbau. Während der Messungen selbst diente stets die gleiche 4-achsige Diesellokomotive vom Typ V118 als Versuchsfahrzeug.

### 3. Ergebnisse

Das Meßprogramm umfaßte statische und dynamische Messungen. Bei den statischen Messungen hielt die Lok mit der ersten Achse nacheinander auf jeder Schwelle des Meßgleises an. Gleichzeitig erfolgte eine Messung der statischen Auflast. Bei den dynamischen Messungen überfuhr die Versuchslok die Meßstrecke mehrmals mit 5 km/h, 60 km/h, 100 km/h und 120 km/h.

Abb. 2 zeigt den Druckverlauf in den drei Meßebenen bei Belastung einer Schwelle durch die erste Achse der Lok. Mit der beschriebenen Meßanordnung konnten in Tiefe des Planums Spannungen unter den fünf in Fahrtrichtung folgenden Schwellen gemessen werden. Dabei ist unter der fünften Schwelle eine teilweise Entlastung durch Minderung der statischen Auflast zu verzeichnen.

Abb. 3 stellt den Druckverlauf unter einer Schwelle in Abhängigkeit von der Stellung der Lok auf dem Versuchsgleis dar. Eine meßbare Belastung dieser Schwelle setzt bei einer Entfernung der Lok von fünf bis sechs Schwellenabständen ein.

Abb. 2 und 3 bestätigen die einwandfreie Funktion der Druckmeßdosen.

In Abb. 4 ist der Druck unter einer Schiene in den drei Meßebenen bei maximaler statischer Belastung aufgetragen. Die



aus zwei Meßreihen mit unterschiedlicher Belastungsrichtung gewonnenen Werte unterscheiden sich kaum. Die meßtechnischen Einrichtungen arbeiten einwandfrei und liefern reproduzierbare Ergebnisse. Aus den Darstellungen geht hervor, daß beide Belastungsrichtungen in Hinsicht auf die statische Belastung des Unterbaus etwa gleichwertig sind. Die großen Unterschiede der in einer Meßebeane gewonnenen Druckwerte beweisen die örtlich differenzierten Druckübertragungsbedingungen im Schotterbett und im Unterbau.

Abb. 5 zeigt den nichtlinear mit der Tiefe verlaufenden Spannungsabbau im Unterbau. Etwa 60 % des auf das Planum wirkenden Druckes wird in den folgenden 35 cm - 40 cm abgebaut. In den nächsten 35 cm - 40 cm wird der Wert auf etwa  $1/4$  des in den Unterbau eingetragenen Druckes reduziert.

Abb. 6a zeigt Registrierungen des zeitlichen Spannungsverlaufes an verschiedenen Punkten des Unterbaus bei Belastung durch eine 4-achsige Lok vom Typ V 118 mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h. Die Bilder dieser Kurven stellen die Grundform des zeitlichen Druckverlaufes dar, die bei höheren Geschwindigkeiten lediglich durch hochfrequente Druckschwankungen überlagert wird (Abb. 6b).

Einen Überblick der Ergebnisse der dynamischen Messungen gibt Abb. 7. Mit steigender Geschwindigkeit des Versuchsfahrzeuges wächst der Druck in allen drei Meßebenen. Wie erwartet, ist dabei die Druckzunahme in der oberen Meßebeane am größten und in der unteren am geringsten.

Die geringere Streuung der Meßwerte bei der Betonschwelle BS 72 gegenüber der Betonschwelle BS 65 ist durch die höhere Verdichtung des Schotters und des Unterbaumaterials während der Belastung der Strecke durch den Normalzugverkehr in der Zeit zwischen den Messungen zu erklären. Der mittlere Druck aller Überfahrten einer Geschwindigkeitsstufe ist für beide Schwellentypen etwa gleich.

Aus den Darstellungen geht hervor, daß bei höheren Zuggeschwindigkeiten stets mit einem Ansteigen der Spannungen besonders im oberen Bereich des Unterbaus gerechnet werden muß. In der unteren Meßebe, 75 cm bis 80 cm unter dem Planum, ist die dynamische Überhöhung gering. Die durch Fahrzeug und Schiene verursachten dynamischen Einflüsse wie Schwingungen in der Lok, Stöße durch Unzulänglichkeiten der Räder usw. sind von kurzzeitiger Periodendauer. Sie werden durch die Tiefpaßwirkung des Bodens stark gedämpft.

Gleichzeitig mit den dynamischen Druckmessungen fanden Schwinggeschwindigkeitsmessungen an vier verschiedenen Stellen im Unterbau und an zwei Punkten in verschiedener Entfernung von der Gleisanlage statt. Einige der aus den Meßdaten abgeleiteten Schlußfolgerungen sollen im folgenden dargelegt werden.

Die Schwinggeschwindigkeitsregistrierungen zeigen Frequenzgemische, die sich aus zwei Hauptbändern,

2 Hz bis 10 Hz und  
60 Hz bis 300 Hz

zusammensetzen.

Die Schwingungen des ersten Frequenzbandes sind durch die periodische Kraftwirkung der Lok, bedingt durch Achsabstände und Fahrgeschwindigkeit, verursacht.

Die Schwingungen des zweiten Frequenzbandes werden durch unregelmäßige Kraftwirkungen innerhalb des Versuchsfahrzeuges, durch den Radlauf u.ä. hervorgerufen. Die Ergebnisse der Frequenzanalyse lassen keinen Einfluß von Schwellentyp oder Einbautiefe der Meßwertgeber auf die Zusammensetzung beider Frequenzbänder erkennen.

Abb. 8 zeigt Mittelwerte von registrierten Maximalwerten der Schwinggeschwindigkeit, die durch Überfahrt jeweils einer Achse entstanden. Aufgetragen sind die mittleren Schwinggeschwindigkeiten für die einzelnen Schwellentypen, Fahrge-

schwindigkeiten und Meßpunkte bzw. Einbauebenen der Meßwertgeber.

Die Darstellung verdeutlicht, wie die Schwinggeschwindigkeit mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit der Lok und mit abnehmender Einbautiefe der Meßwertgeber anwächst.

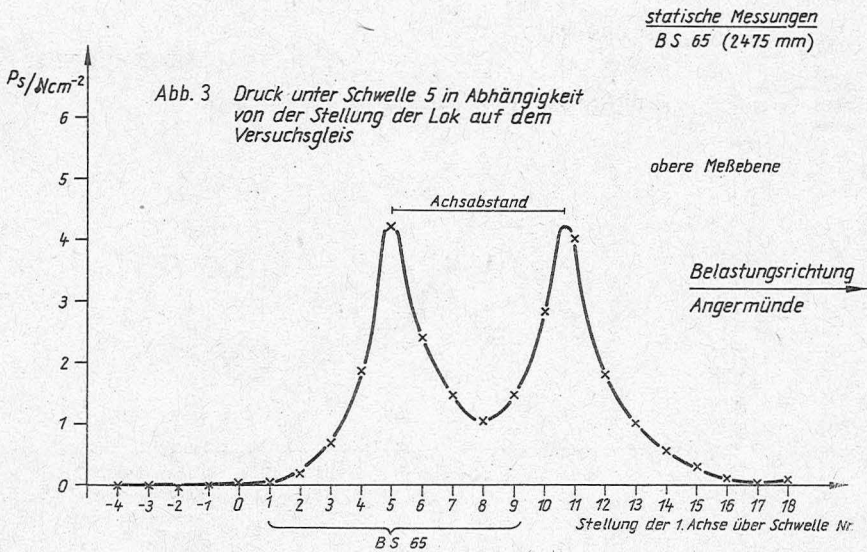
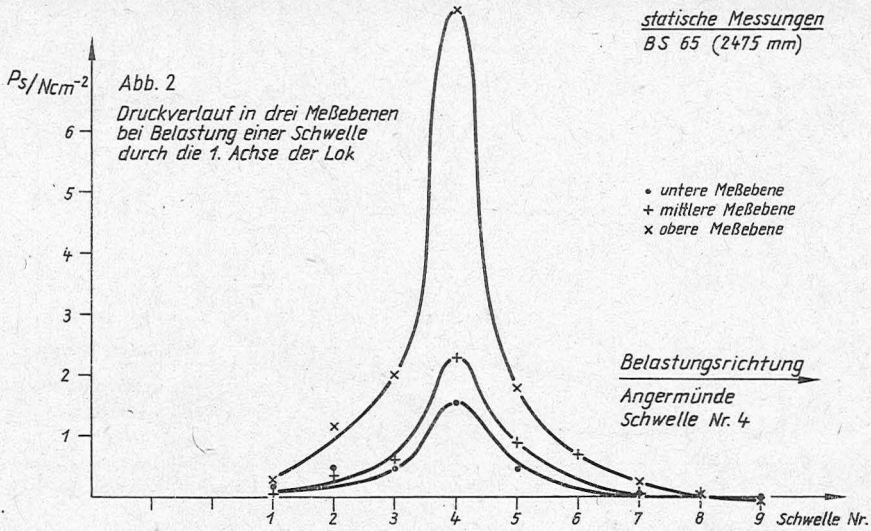
Die vorgestellten Messungen im Gleisunterbau der Deutschen Reichsbahn werden seit dem IV. Quartal 1976 an verschiedenen Schwellentypen durchgeführt. In Fortsetzung der Arbeiten sollen weitere Betonschwellentypen untersucht werden. Für die Zukunft sind Messungen unter moderneren Oberbauvarianten, wie Gleisstragwerken und Plattenschwellen vorgesehen.

#### Zusammenfassung

Seit 1976 werden von der FAS-Berlin Druck- und Schwingungsmessungen im Eisenbahnunterbau durchgeführt. Es werden die meßtechnische Anlage und die Versuchsstrecke vorgestellt. Es wird beschrieben, wie der Unterbau bei geringstmöglicher Störung der bestehenden Bodenverhältnisse mit den Meßwertgebern präpariert wurde. Die Meßergebnisse werden in Form von Diagrammen dargestellt und die sich daraus ableitenden Schlußfolgerungen gezogen. Es können Aussagen über horizontale Druckverteilung und vertikalen Druckabbau sowie über den Einfluß der Geschwindigkeit eines Versuchsfahrzeuges auf die Unterbaubelastung gewonnen werden.







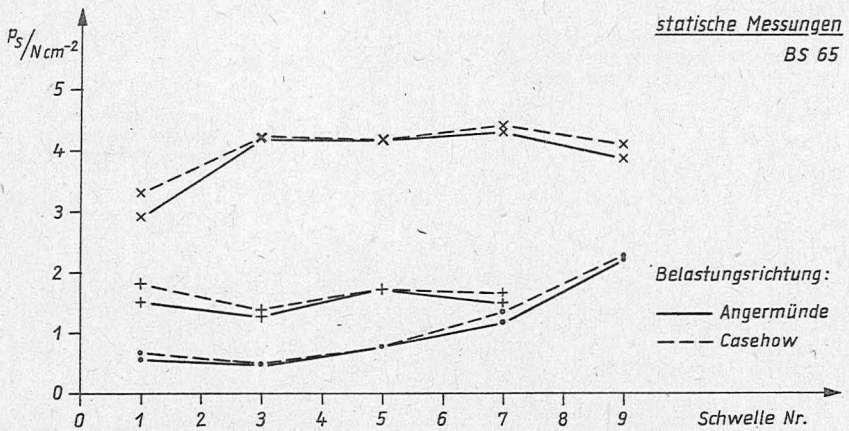
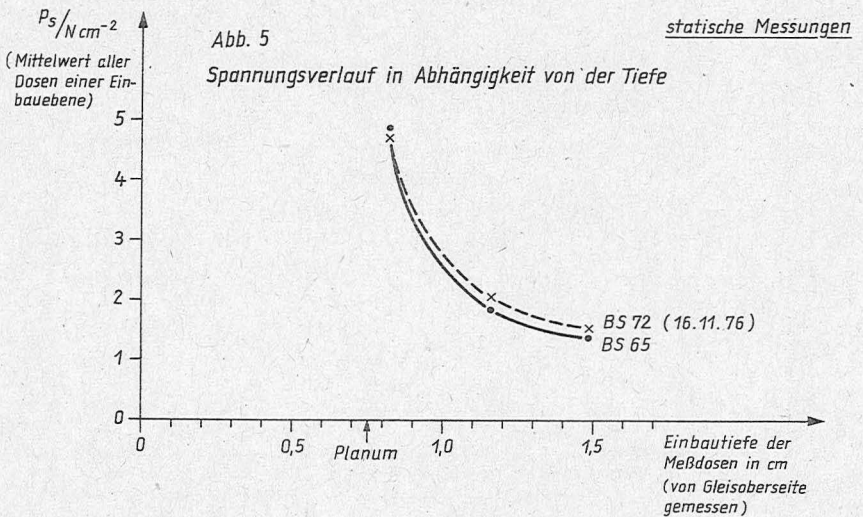


Abb. 4 Druck unter einer Schiene in drei Meßebenen bei maximaler Belastung der einzelnen Schwellen



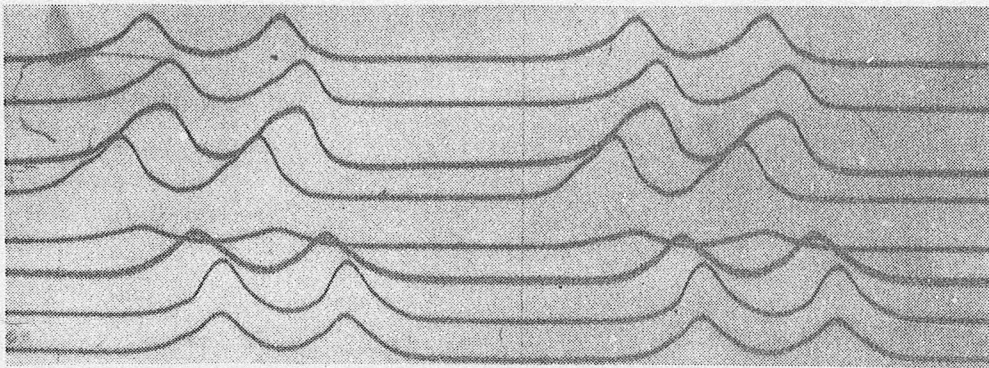


Abb. 6a    Registrierungen des zeitlichen Spannungsverlaufes an  
verschiedenen Punkten im Unterbau, Fahrgeschwindigkeit 5 km/h

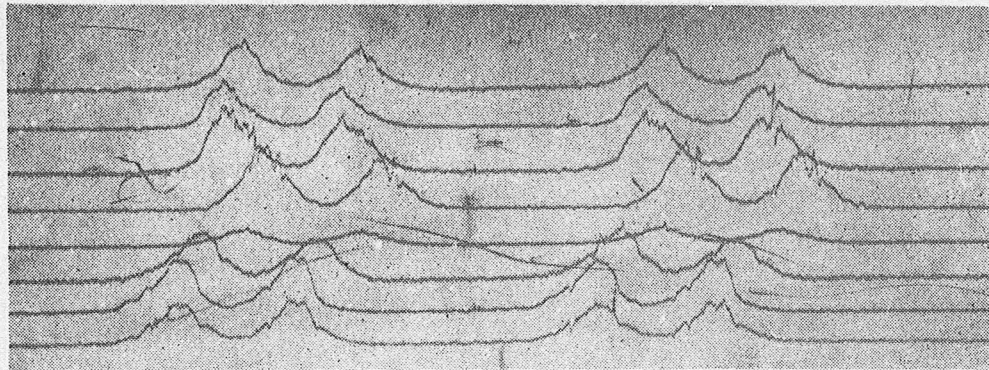
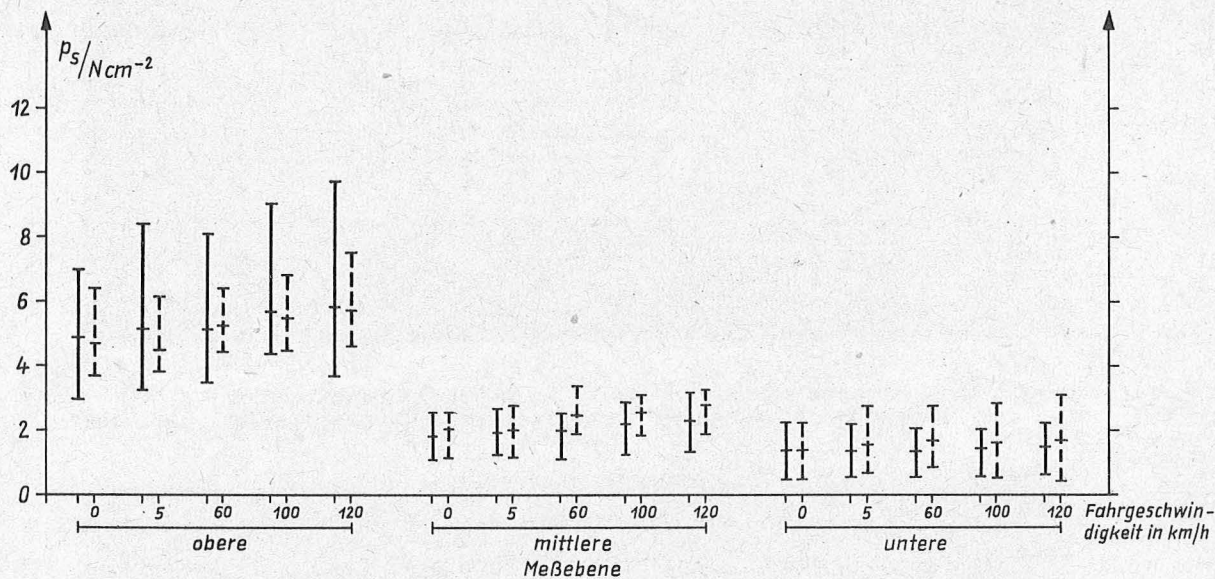


Abb. 6b    Registrierungen des zeitlichen Spannungsverlaufes an  
verschiedenen Punkten im Unterbau, Fahrgeschwindigkeit 120 km/h



I größter für eine Schwelle errechneter Mittelwert  
 — Mittel aus allen Meßwerten einer Ebene  
 I kleinster für eine Schwelle errechneter Mittelwert

— BS 65 ( $l = 2475$  mm)  
 - - - BS 72 (Messung am 16.11.76)

Abb. 7 Druck in den drei Meßebenen bei verschiedenen Überfahrten



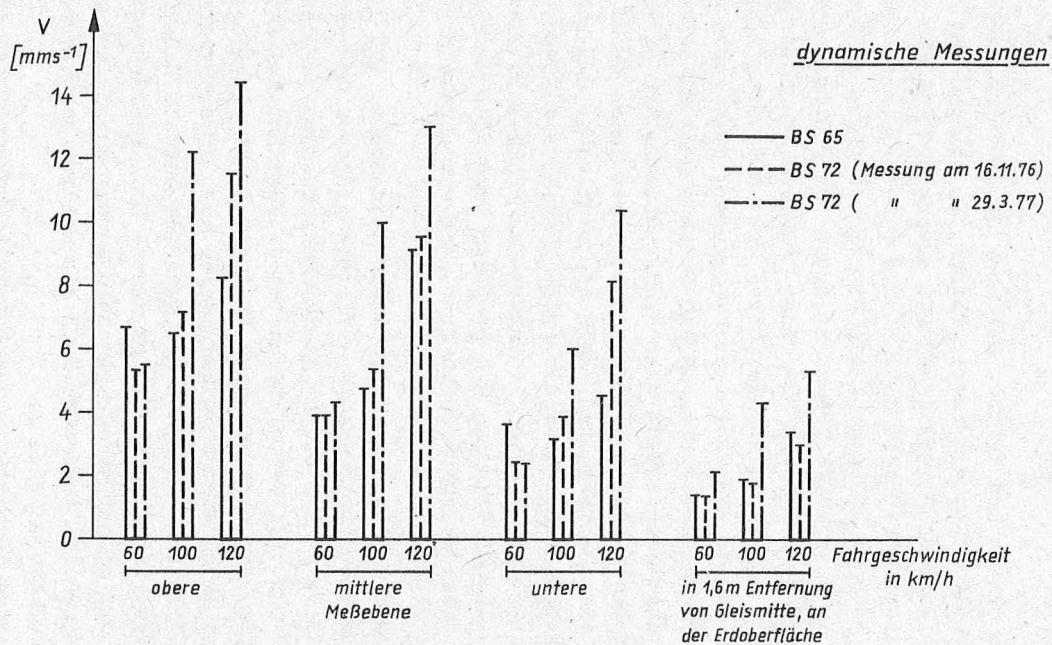


Abb. 8 Mittelwerte der Schwinggeschwindigkeiten für alle Messungen