

## Schwingenprobleme

*Wir hatten bei der Beschreibung der Lenkprobleme im Erprobungsbericht des Motorrollers Troll 1 (Heft 8, S. 308 bis 311) darauf verwiesen, daß zum Thema Lenkerpendeln von seiten des Herstellerwerkes eine Stellungnahme veröffentlicht werden soll. Inzwischen konnten wir in Heft 10 die Ausstattung des Motorrollers Troll 1 mit einem neuen Vorderträger ankündigen. Im folgenden beschreiben Ing. R. Schott und Ing. E. Kamp die Untersuchungen, die im VEB Industriewerk Ludwigsfelde angestellt wurden, um die Ursachen des Pendelns abzustellen, die zur Umstellung auf einen neuen Vorderträger führten. Die Redaktion*

Als sich in den 50er Jahren im Zweiradbau in immer stärkerem Maße die Vollschwingenfahrgerüste durchsetzten, wurden trotz ihrer unbestrittenen Vorteile recht bald Stimmen laut, die manche Eigenschaften der vorderen geschobenen Langschwinge negativ beurteilten. Der Meinungsstreit für oder gegen die Langschwinge dauert bis zum heutigen Tage an. Es ist daher müßig, an dieser Stelle das darüber Geschriebene zu wiederholen. Es sollen jedoch die Erfahrungen mitgeteilt werden, die diesbezüglich im VEB Industriewerk Ludwigsfelde mit dem Motorroller Troll 1 gesammelt wurden.

Bei der Entwicklung des Motorrollers Troll 1 standen naturgemäß als Vorderradaufhängung zur Diskussion: Telegabel, Kurz- oder Langschwinge. Eingehende Untersuchungen hierüber erbrachten den Entscheid zugunsten der Langschwinge aus folgenden Gründen:

1. Gute Erfahrungen mit dieser Radaufhängung bei MZ.
2. Die Langschwinge ist in bezug auf leichtes Ansprechen gegenüber Fahrbahnebenheiten allen anderen überlegen und verbindet damit entsprechenden Fahrkomfort.
3. Ökonomische Erwägungen — ein möglichst hoher Standardisierungsgrad zwischen den MZ-Modellen und dem Motorroller Troll 1 war zu erreichen.

Die Erprobung der Funktions- und Fertigungsmuster über insgesamt 385 000 km wurde mit einem Vorderträger aus einer Magnesiumlegierung (im Sandgußverfahren hergestellt) durchgeführt. Die Ergebnisse ergaben bei 110 mm Nachlauf, 62° Steuerwinkel und 12" Rad insgesamt ausgezeichnete Lenk- und Radfuhreigenschaften.

Nachdem im Industriewerk Ludwigsfelde im Februar 1963 die Serie angelaufen war, wurde an einem Teil der Fahrzeuge festgestellt, daß sie entgegen der vorausgegangenen langfristigen Fahrversuche am Lenker eine gewisse Pendelneigung aufwiesen. Als Sofortmaßnahme wurde durch das Werk ein Lenkungsdämpfer eingeführt. Da hier, wie normalerweise bei jeder modernen Großserienfertigung, nicht jedes

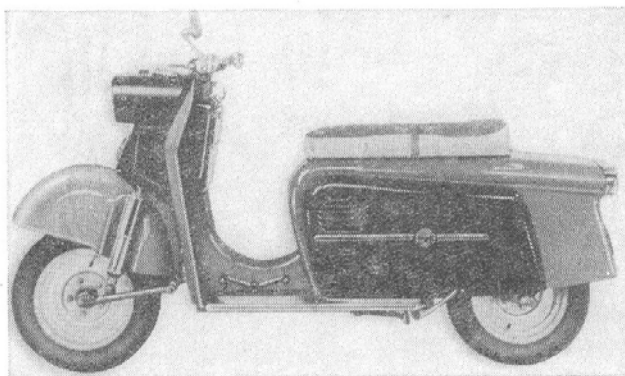
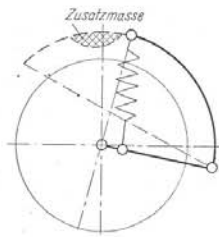


Bild 1 Motorroller Troll 1



**Bild 2** Versuchsmäßig geschaffener Massenausgleich

**Bild 4** Messung des Verdrehfaktors verschiedener Vorderträger

Fahrzeug auf der Straße gefahren wurde und die für jedes Fahrzeug auf dem Rollprüfstand durchgeführte Erprobung hinsichtlich des Lenkverhaltens ohne Beanstandungen verlief, kamen solche pendelnden Fahrzeuge auch in die Hände von Käufern. Der vom Werk eingeführte Lenkungsdämpfer erfüllt bei richtiger Handhabung seine Funktion (siehe dazu auch Erprobungsbericht in Heft 8).

Das schloß aber nicht aus, daß durch die Entwicklungsabteilung des IWL intensive Ursachenforschungen eingeleitet wurden. So wurden zunächst die Verhältnisse der Lenkgeometrie systematisch überprüft. Es ergaben sich durch Veränderung des Nachlaufs und des Steuereinkens zwar mehr oder weniger stabile Lenkungeigenschaften, wie sie naturgemäß mit Veränderung der Lenkgeometrie erfolgen müssen, vorhandene Pendelneigungen wurden mit Veränderung der Lenkgeometrie jedoch nicht beseitigt.

Im weiteren Verlauf der Untersuchungen wurden bei der Überprüfung der Bereifung auf Unwucht, Höhen-, Seiten- und Profilschlag festgestellt, daß Reifen mit einer Restunwucht bis zu 8 g und einem Profilschlag (Höhe/Seite) bis max. 1,5 mm zwar eine Verringerung der Pendelneigung erbrachten, sie aber im Prinzip nicht beseitigten. (Die ständig zunehmende Leistungssteigerung der Fahrzeugmotoren und die damit verbundenen höheren Geschwindigkeiten der Zweiräder erfordert, daß künftig insbesondere auch für die Rollerbereifung eine wesentlich höhere Fertigungsgenauigkeit eingehalten werden muß. Auffassungen des Reifenherstellers, wonach Fahrzeuge nur mit  $V \geq 100$  km/h ausgewuchtet werden müssen, sind nach Auffassung des Autors nicht in jedem Fall vertretbar.)

Der Motorroller Troll I erreicht z. B. mit seinen 12"-Rädern bei  $V_{\max} = 95$  km/h eine Winkelgeschwindigkeit

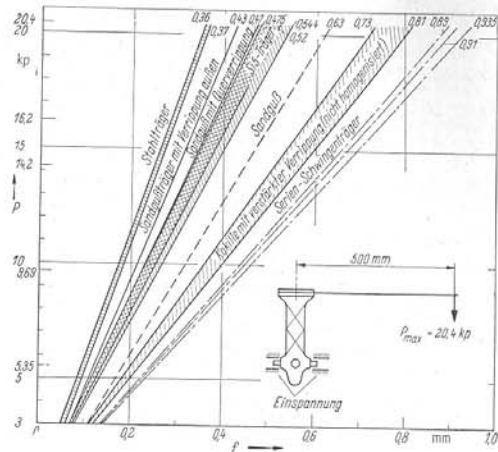
$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 110 \text{ s}^{-1}$$

Durchgeführte Versuchsreihen ergaben statische Unwuchten bis 120 g für das komplette Motorrollerrad, wobei der Anteil der Felge nur bei max. 5 g liegt, d. h. im Betrieb treten bei  $V_{\max} = 95$  km/h Fliehkräfte von

$$C = m \cdot r \cdot \omega^2 \approx 0,12 \cdot 0,18 \cdot 12 \cdot 100 \approx 26 \text{ kp}$$

auf. Daraus geht hervor, daß auch bei einem relativ kleinen Rad-durchmesser, wie es das 12"-Rollerrad darstellt, bei entsprechender Höchstgeschwindigkeit Kräfte auftreten, welche die Lenkeigenschaften negativ beeinflussen können.

Als Tatsache ergab sich ferner, daß der in der Serie verwendete Schwingenträger aus Elektron-Kokillenguß gegenüber den in den

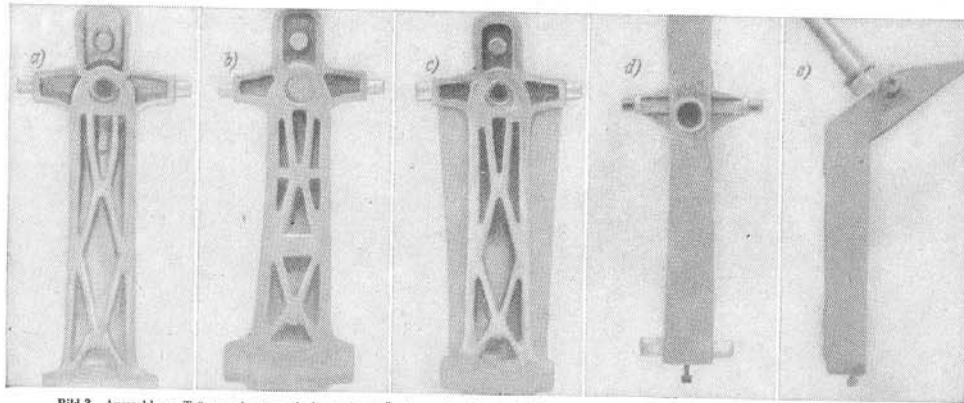


vorangegangenen Fahrversuchen verwendeten Sandgußträgern verschiedene Abweichungen aufweist. So ist die Gesamtmasse des Schwingenträgers um rd. 0,45 kg geringer als die der im Fahrversuch erprobten Sandguß-Schwingenträger. Der Grund ist in der Unterschiedlichkeit der beiden Gießverfahren zu suchen, da bei den Abgüssen im Sandgußverfahren größere Wanddicken auftreten. Diese geringere Gesamtmasse des Vorderträgers war wiederum Ausgangspunkt eingehender Untersuchungen, denen die Überlegung vorausging, daß die bei einer Langarmschwinge um die Lenkachse verteilten Massen nicht symmetrisch angeordnet sind und damit durch ihr Massenträgheitsmoment

$$J = \int r^2 \cdot dm$$

die Lenkeigenschaft entscheidend beeinflussen könnten. Durch Anbringung einer Zusatzmasse wurde ein nahezu vollkommener Massen-ausgleich hergestellt (Bild 2). Bei Fahrversuchen mit diesen Fahrzeugen wurde festgestellt, daß die vorhandene Pendelneigung nicht beseitigt war.

Als Schlußfolgerung ergab sich hieraus, daß auch symmetrisch um die Lenkachse verteilte Massen bei Langschwingen nicht die Garantie für gute Lenkeigenschaften geben. Diese Erkenntnis wurde erhärtet durch einen zum gleichen Zeitraum angefertigten Schwingenträger aus Stahlblech mit gleichen lenkgeometrischen Abmessungen. Dieser Träger zeigte unter allen Fahrbedingungen einwandfreie Lenkeigenschaften, wobei die hinter der Steuerachse angeordneten Massen um 980 g höher waren als die der bisherigen Träger aus Elektron-Kokillenguß. Auf Grund dieser Tatsache wurde in der Folge der serienmäßige Träger aus Elektron-Kokillenguß durch Ausgießen mit Blei massen- und schwerpunktmäßig auf die Werte des Stahlblech-schwingenträgers gebracht. Die Fahrversuche mit diesem Träger verliefen wiederum negativ.



**Bild 3** Auswahl von Trägervarianten, mit denen durch Änderung der Masse und Seitensteifigkeit eine Verformung des Systems erreicht wurde  
a) Serien-träger, b) Versuchsträger mit Querverrippung, c) Versuchsträger mit Seitenrippen, d) und e) Versuchsausführung eines Stahlträgers

In der Folge durchgeführte Versuche auf Verwindungssteifigkeit ergaben, daß der Stahlträger bei gleichbleibendem Drehmoment von  $M_d = 10$  kpm einen Verdrehwert von 0,36 mm ergab. Der Serienträger ergab unter gleichen Versuchsbedingungen einen Verdrehwert von 0,81 bis 0,94. Aus diesen Tatsachen wurde abgeleitet, daß die Verdrehsteifigkeit des Schwingenträgers ein Kriterium für das Lenkerpendeln ist.

Durch Anbringung zweier seitlicher Rippen über die Gesamtlänge des Serienträgers wurde die Seitensteifigkeit erhöht. Durchgeführte Fahrversuche ergaben nicht in allen Fällen befriedigende Ergebnisse.

Parallel hierzu durchgeführte oszillographische Schwingungsuntersuchungen am Fahrzeug ergaben, daß der für die Pendelneigung kritische Geschwindigkeitsbereich von 30 bis 50 km/h die bemerkenswerte Tatsache aufwies, daß die Radfrequenz sich mit der Eigenfrequenz des Vorderrägers überlagerte. Damit, daß das System Vorderrad, Schwinge, Schwingenträger, Kotflügel und alle Teile, die sonst noch beim Lenken mitbewegt werden, ein Gebilde darstellt, welches um die Lenkachse Schwingungen ausführen kann, sind alle Voraussetzungen für eine Drehschwingung vorhanden. Die Eigenfrequenz eines solchen Systems ist abhängig von der „Federkonstanten“ der Rückstellkraft, von der Dämpfung und vom Trägheitsmoment der schwingenden Masse. Bemerkbar macht sich diese Schwingungsfähigkeit als mehr oder weniger stark spürbares „Lenkerpendeln“, wenn das System in seiner Eigenfrequenz durch ein instabiles Bauteil angeregt wird. Das bedeutet, daß durch eine Verstimmung des Systems in seiner Eigenfrequenz demzufolge auch Einfluß haben muß auf vorhandene Pendelneigung am Lenker.

Die Richtigkeit dieser Tatsache wurde in der Folge bewiesen durch die in Bild 3 zusammengestellten Vorderräger. Es handelt sich hierbei um Träger, welche sowohl in ihrer Masse als auch in bezug auf ihre Seitensteifigkeit verändert wurden. Die einzelnen Trägervarianten sind aus Elektron- bzw. Alu-Legierung hergestellt.

Bei den einzelnen Trägervarianten wurde durch Vergrößerung der Massen und Erhöhung der Seitensteifigkeit eine zunehmende Verstimmung des Systems erreicht, wobei der Stahlträger mit einer 1,2 kg höheren Masse gegenüber dem Serienträger und einem Verdrehfaktor von 0,36 (siehe Bild 4) für alle Fahrzustände einwandfreie Lenkeigenschaften ergab. Aus diesem Grunde wurde der schon im letzten Heft kurz vorgestellte Stahlträger in die Serie überführt.

Zusammenfassend läßt sich hieraus erkennen, daß bei der Entwicklung einer Langschwinge nicht nur die rein lenkgeometrischen Maße (Nachlauf, Steuerwinkel usw.) sowie die Auslegung auf Wechselbiegefestigkeit für die Lenkstabilität verantwortlich zeichnen, sondern daß hieran die Eigenfrequenz des Systems der Vorderschwinge einen entscheidenden Anteil hat. Diese Eigenfrequenz muß so liegen, daß die unter allen Fahrzuständen auftretenden Radfrequenzen außerhalb der Eigenfrequenz des Systems der Vorderschwinge liegen, um mit Sicherheit Pendelneigung am Lenker zu verhindern.

KIA 6802

#### Literatur

„Das Motorrad“ (1959) Heft 17 und 24 und (1960) Heft 2.