

Dipl.-Ing. W. Kiene: «Essais avec les huiles de graissage de viscosité SAE 80 et SAE 90.»

Il y a quelques années, on a utilisé partout les huiles de graissage de viscosité SAE 90 dans les véhicules automobiles. Depuis peu, l'emploi des huiles de viscosité inférieure, c'est-à-dire de SAE 80 s'impose de plus en plus. Toutefois, dans le domaine des tracteurs agricoles, ce type d'huile n'est utilisé qu'avec une certaine hésitation. L'auteur arrive par des calculs sommaires à la conclusion que le rendement d'une boîte de vitesses d'un tracteur sous pleine charge peut être amené de 92 à 94% par l'emploi d'huile de graissage de SAE 80 au lieu d'huile de SAE 90. De plus, on a entrepris avec les deux types d'huile des mesures de l'effort de traction comme elles sont effectuées couramment dans les essais de tracteurs sur les terrains d'essai. On a constaté que le rendement de la boîte de vitesses à pleine charge a pu être amélioré de 1,65% en utilisant l'huile de SAE 80 à la place de l'huile SAE 90. Etant donné que les travaux agricoles n'exigent que rarement que le tracteur tourne au couple maximum, on a exécuté une autre série d'essais consistant en des transports avec une remorque et en variant la charge. Des résultats on a déduit que l'emploi de l'huile de SAE 80 à la place de l'huile de SAE 90 permet une économie de combustible de 3,25%, ceci en admettant une charge annuelle moyenne de 30%. L'économie s'élève à 84 litres de combustible si le tracteur est utilisé 1200 heures par an.

Ing. dipl. W. Kiene: «Ensayos con aceites para engranajes, con viscosidad SAE 80 y SAE 90.»

Hasta hace pocos años el empleo de aceites con viscosidad SAE 90 en el engranaje de automóviles ha sido corriente. Últimamente los aceites con viscosidad más baja de SAE 80 tienen cada vez más aceptación, mientras que en los tractores agrícolas se duda todavía en emplearlos. El autor empieza estableciendo un cálculo aproximado que lo lleva al resultado de que en teoría el efecto útil total de un engranaje de tractor agrícola subiría del 92 al 94%, empleándose un aceite SAE 80 en vez de SAE 90, y esto con plena carga en el engranaje. Se hicieron entonces mediciones puramente del esfuerzo de tracción con ambos aceites, en la forma que suelen hacerse en las pruebas de tractores en el campo de ensayos, con el resultado de que con el paso del aceite SAE 90 al aceite SAE 80 el esfuerzo de tracción aumentó en un 1,65%, también con todo el momento de giro. Pero como en la práctica agrícola raras veces se aprovecha el momento de giro total, se hizo otra serie de ensayos con un vehículo de remolque con diferentes cargas. Fundándose en los resultados y tomando por base una carga media anual del tractor de 30%, se ha calculado un ahorro de carburante del 3,25% con aceite SAE 80, en comparación con SAE 90. Calculándose con 1200 horas de trabajo anual, el ahorro sería de 84 litros de carburante anuales.

Obering. F. Kliefoth:

Die Vergleichbarkeit der Meßergebnisse verschiedener Prüfinstitute

Schlepper-Prüffeld des KTL, Darmstadt

Die Prüfung von Ackerschleppern erfolgt in den jeweiligen Instituten der verschiedenen Länder nach festgelegten Prüfregeln [1], die in der großen Linie wohl ähnlich gehalten sind, in Einzelheiten aber doch voneinander abweichen, so daß ein unmittelbarer Vergleich der zahlenmäßigen Ergebnisse aus verschiedenen Ländern nicht möglich ist. Ihre Gleichwertigkeit kann nur durch Rechnungen, welche Erfahrungen voraussetzen, festgestellt werden [2].

Die Organisation für europäische wirtschaftliche Zusammenarbeit (OEEC) ist seit einigen Jahren bestrebt, einheitliche Prüfregeln zu schaffen, nach denen die Institute der Mitgliedstaaten messen sollen [3, 4, 5]. Um die Gleichwertigkeit der Versuchsbedingungen und der Versuchsdurchführungen in den verschiedenen Instituten zu überprüfen, ließ die OEEC im Jahre 1955 nach den vorgesehenen Prüfregeln einen großangelegten Vergleichsversuch durchführen, an dem die Prüfstellen von fünf Ländern teilnahmen. Die Messungen wurden an acht Schleppertypen mit jeweils zwei verschiedenen Exemplaren durchgeführt [6]. Trotz des umfangreichen Zahlenmaterials, welches diese 16 Prüfungen erbrachten, waren die Ergebnisse nicht befriedigend. Durch die Unterschiedlichkeit in der Einstellung der Maschinen gleichen Typs bei der Fertigung, die Verschiedenheit des Einlaufzustandes, durch unterschiedliche Auffassungen bei der Durchführung der Messungen, zum Beispiel hinsichtlich des Warmlaufens, war eine einwandfreie Bestätigung der Gleichwertigkeit der Ergebnisse nicht zu finden. Eine solche konnte auch auf rechnerischem Wege nicht gefunden werden, da hierfür die einzig sichere Grundlage, die Ermittlung der Motorencharakteristik, fehlte, weil die Messungen der Motorenleistung in den Regeln nicht vorgesehen ist. An diese Stelle tritt die Bestimmung der Riemenleistung, deren Wert für eine Vergleichsrechnung jedoch mit einem unbestimmten Wirkungsgrad behaftet ist und somit keinen einwandfreien Ausgangspunkt gibt.

Um eine Klärung herbeizuführen, wurden 1957 weitere Versuche, jedoch auf anderer Grundlage und in zwei Richtungen durchgeführt. Eine Gruppe von Instituten hatte die Aufgabe, den Einfluß der Einstellungstoleranzen des gleichen Schleppertyps zu untersuchen. An diesen Arbeiten nahm das Schlepper-Prüffeld Marburg nicht teil. Die andere Gruppe, welche aus den Instituten der Länder Österreich, Schweiz, Schweden und Deutschland gebildet wurde, führte an demselben Schlepper, welcher also von einem Institut zum nächsten wanderte, gleiche Messungen durch. Es wurden ermittelt die Motorleistung, die Riemenleistung und, sofern das jeweilige Institut hierfür eingerichtet war, die Leistung an der Riemenscheibenwelle und an der Zapfwelle, ferner die Zugleistung auf Betonfahrbahn mit zwei Triebachsbelastungen.

Für die Versuche wurde von der OEEC ein Hanomag-Schlepper R 12 ausgewählt, den die Hanomag-Hannover hier-

für in großzügiger Weise zur Verfügung stellte, und für welchen sie auch die Betreuung während der Transporte zwischen den Instituten weitgehend übernahm.

Über die Ergebnisse dieser Messungen und über die Folgerungen daraus, welche wohl über den Rahmen dieser Aufgabe hinaus interessant sein dürften, soll hier berichtet werden.

Die Arbeiten begannen bereits im Herstellerwerk mit dem sorgfältigen Einfahren der ganzen Maschine, der Aufnahme der Motor- und der Riemenleistung. Der Schlepper ging dann zum Schlepper-Prüffeld Marburg, von dort nach Österreich, in die Schweiz und nach Schweden und kehrte schließlich nach Marburg zu Abschlußmessungen zurück. Es ist wichtig, den zeitlichen Ablauf der Versuche, der sich in den Tabellen stets wiederfindet, hier festzuhalten.

Die Messungen auf festen Prüfständen

Die Auswertung der Ergebnisse zeigte, daß im Verlauf der Messungen eine gewisse Veränderung in der Einstellung des Reglers eingetreten oder eine Unstabilität in der Endstellung des Reglerhebels vorhanden sein muß. Die hierdurch auftretende Wanderung des Höchstleistungspunktes zunächst zu einer höheren, über der Nennzahl von 2200 U/min liegenden Drehzahl hin, und gegen Ende der Messung stark wechselnd, ist als solche praktisch bedeutungslos, führt aber leicht zu falschen Schlüssen, wenn sie bei dem Vergleich vernachlässigt wird. Die Ursache hierfür konnte nach Abschluß aller Versuche und nach Rückkehr des Schleppers zum Herstellerwerk einwandfrei geklärt werden: Die Halterung der Anschlagschraube für den Reglervorstellhebel kann bei starker Anspannung des Hebels federnd nachgeben, so daß keine absolute Begrenzung vorhanden war. Darüber hinaus war die Halterung um etwa 0,2 mm verbogen, wodurch die Begrenzung der Einstellung höher geworden ist. Diese Art der Halterung ist inzwischen bereits zugunsten einer starren verlassen worden. Um dennoch einen Vergleich zu ermöglichen, sind in den Tabellen neben der Maximalleistung auch noch die maximale Leistung bei der Nennzahl von 2200 U/min und die Dauerleistung über zwei Stunden aufgenommen worden, wobei die beiden ersteren den jeweiligen Kurvendarstellungen entnommen wurden.

Die Motorleistung (Abb. 1 und Tab. 1)

Die gemessenen Maximalleistungen zeigen so lange eine recht gute Übereinstimmung, als sich die Änderung der Drehzahlleistung in geringen Grenzen hält. Die Werte der Höchstleistung bei 2200 U/min lassen zunächst eine fallende Tendenz erkennen. Es muß aber beachtet werden, daß auch der stündliche Kraftstoffverbrauch etwas zurückgegangen ist. Da diese Werte infolge der Verschiebung des Abregelpunktes der Kraftstoffpumpe bereits in dem Vollastgebiet

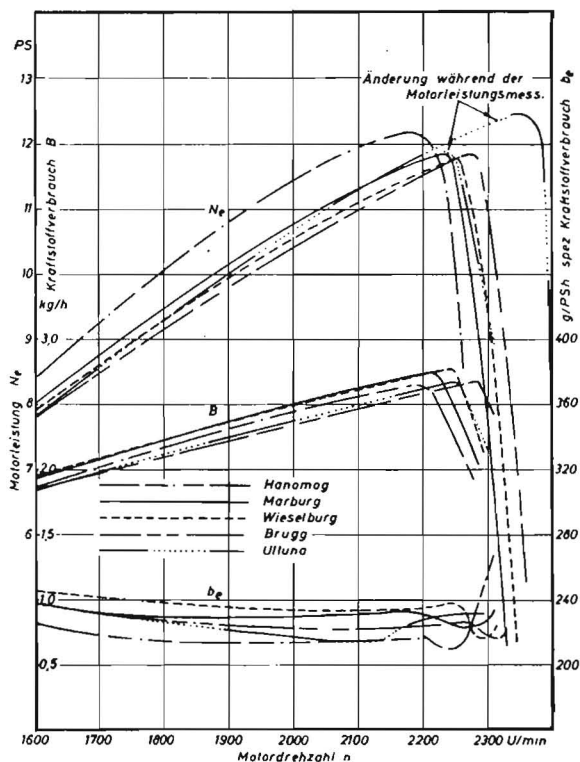


Abb. 1: Motorleistung und Kraftstoffverbrauch

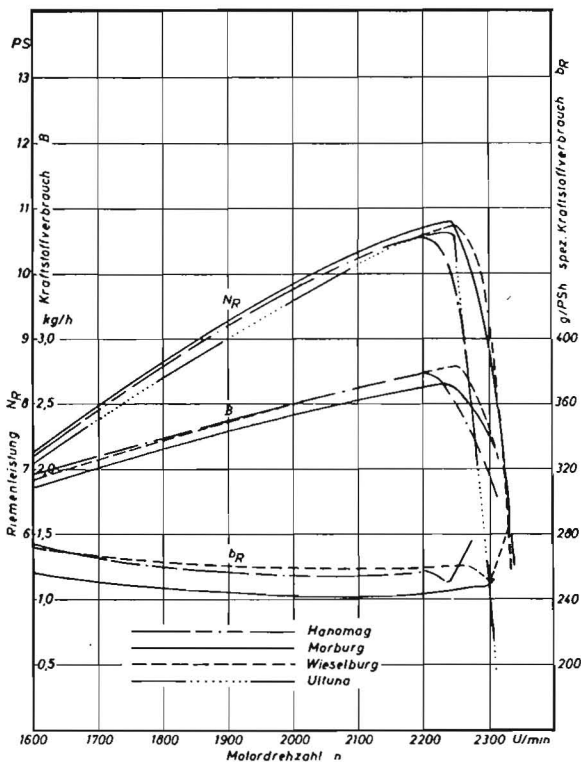


Abb. 2: Riemenleistung und Kraftstoffverbrauch

der Grenzkurve liegen, also hierbei jeweils die maximale Einspritzmenge je Pumpenhub erreicht ist, so bedeutet dies, daß letztere geringer geworden sein muß, selbst wenn man die geringen Unterschiede in der Wichte der verschiedenen Kraftstoffe berücksichtigt. Eine gleichlaufend steigende Tendenz zeigt sich wieder bei den Messungen in Ultuna. Auf den Einfluß der Verringerung der Einspritzmenge wird noch im Anschluß an die Gegenüberstellung aller Prüfstandsergebnisse einzugehen sein. Die leichte Zunahme der Dauerleistung läßt sich, jedoch nur zum Teil, auf die Verschiebung der Reglereinstellung zur höheren Drehzahl hin zurückführen.

Berücksichtigt man diese, durch den Motor selbst bedingten geringen Einflüsse, so müssen die Ergebnisse der Motoren-Prüfstandsmessungen als gleich bezeichnet werden. Nicht ganz klar bleibt die im Verhältnis zum niedrigen Kraftstoffverbrauch gemessene hohe Dauerleistung in Brugg. Ein klarer Einfluß der Höhenlage des Prüfungsortes ist aus den Ergebnissen nicht herauszulesen.

Die Riemenleistung (Abb. 2 und Tab. 2)

(Hierunter wird die Leistung verstanden, die an der Welle der Leistungsbremse gemessen wird)

Eine gute Übereinstimmung zeigen die Ergebnisse der Riemenleistungsprüfungen. Die Verschiebung der Maximalleistung zur höheren Drehzahl hin ist auch hier zu beobachten, dagegen tritt nicht so sehr die Veränderung der Einspritzmenge in Erscheinung. Es ist auffallend, daß die Riemenleistung, die im Werk ermittelt wurde, mit den in den Instituten gemessenen Leistungen übereinstimmt, obwohl im Werk die Motorleistung höher als in den Instituten gemessen wurde. Ermittelt man hieraus die Übertragungswirkungsgrade, so ergibt sich für Hannover ein solcher von 87,6 % und für Ultuna von 87,7 %, während er für Marburg und Wieselburg mit 91,8 % gleich ist. Offensichtlich macht sich in dem schlechteren Wirkungsgrad in Hannover und Ultuna der Einfluß des breiteren und wohl auch steiferen Lederriemens bemerkbar, wenngleich der Unterschied auch als etwas hoch erscheint. Ohne Kenntnis der Motorleistung hätte man nur zu leicht zu dem Schluß kommen können, daß die Art des Riemens keinen Einfluß habe, weil die Messungen auf vier verschiedenen Prüfständen nahezu gleiche Werte für die Riemenleistungen ergeben haben.

Bemerkenswert und durch die Enduntersuchung geklärt ist, daß in Ultuna der Kraftstoffverbrauch seine alte Höhe mit 2,70 kg/h erreichte und auch die Reglereinstellung wieder mit derjenigen im Herstellerwerk übereinstimmt.

Tab. 1: Die Werte der Motorleistungen

Prüfstand in	Höhe m	Maximum absolut			Max. b. 2200 U/min			Dauerleistung 2 Std.		
		PS	U/min	kg/h	PS	U/min	kg/h	PS	U/min	kg/h
Hannover	50	12,1	2180	2,63	12,1	2200	2,65	12,1	2200	2,64
Marburg	230	11,8	2230	2,75	11,8	2200	2,73	11,6	2216	2,74
Wieselburg	250	11,7	2250	2,75	11,5	2200	2,70	11,8	2243	2,77
Brugg	512	11,8	2250	2,65	11,5	2200	2,60	11,8	2257	2,57
Ultuna 1)	~50	12,4	2335	—	11,8	2200	2,63	—	—	—
Ultuna 2)		11,8	2225	2,70	11,8	2200	2,63	11,9	2200	2,63
Marburg	230	12,0	2300	2,78	11,7	2200	2,70	—	—	—

1) Vor Eintritt der rückläufigen Veränderung
2) Nach Eintritt der Veränderung

Tab. 2: Die Werte der Riemenleistungen

Prüfstand in	Maximum absolut			Max. b. 2200 U/min			Dauerleistung 2 Std.			Riemen
	PS	U/min	kg/h	PS	U/min	kg/h	PS	U/min	kg/h	
Hannover	10,6	2200	2,65	10,6	2200	2,65	10,6	2200	2,73	Led. 100/6
Marburg	10,8	2240	2,60	10,7	2200	2,65	10,8	2200	2,66	Sgl. 80/6
Wieselburg	10,7	2250	2,75	10,6	2200	2,70	10,8	2255	2,75	Sgl. 80/6
Brugg	nicht gemessen			nicht gemessen			nicht gemessen			—
Ultuna	10,6	2220	2,75	10,6	2200	2,70	10,2	2200	2,69	Led. 100/6

Riemen: Led. 100/6 = Lederriemen 100 mm breit, 6 mm dick. Sgl. = Siegling-Riemen, 80 mm breit, 6 mm dick

Die Riemenscheiben-Wellenleistung (Abb. 3 und Tab. 3)

(Hierbei ist die Welle der Schlepperriemenscheibe mit der Leistungsbremse starr gekuppelt)

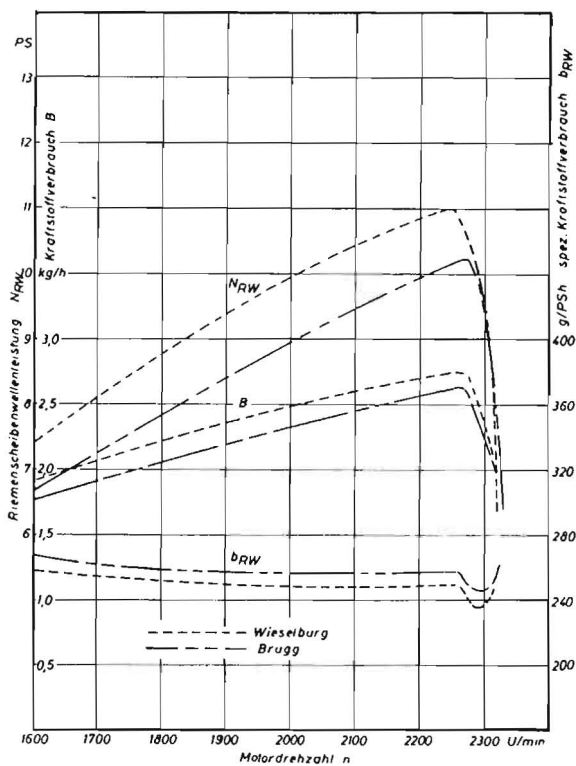


Abb. 3: Riemenscheibenwellenleistung und Kraftstoffverbrauch

Nur in zwei Instituten wurde die Wellenleistung unmittelbar bestimmt. Die hier gemessenen Werte weichen jedoch erheblich, bis zu 1,0 PS, voneinander ab. Berücksichtigt man jedoch den in Brugg bis zu 0,20 kg/h niedrigeren Kraftstoff-

verbrauch und den geringfügigen Unterschied in der Kraftstoffwichte, so ergeben sich rechnerisch etwa gleiche Leistungen in beiden Instituten.

Unter Motorleistung wurde bereits darauf hingewiesen, daß bei den Messungen in Brugg zwischen der gemessenen Leistung und dem Kraftstoffverbrauch im Hinblick auf die Ergebnisse der anderen Institute keine Klarheit bestünde. Es steht hier offensichtlich neben einem zu niederen Kraftstoffverbrauch eine zu hohe Leistung.

Errechnet man den Übertragungswirkungsgrad für den Riemenscheibenwellenantrieb, so ergibt sich in Wieselburg ein solcher von 94,0 %. Für die Messungen in Brugg errechnet sich jedoch ein solcher von nur 86,1 %. Dies ist aber für ein und dieselbe Maschine nicht möglich, so daß irgendwo in den Messungen ein Fehler vorliegen muß.

Setzt man voraus, daß der höhere Wirkungsgrad von 94,0 % richtig ist, der zwar nicht gut, aber durchaus möglich erscheint, und nimmt man jetzt an, daß die niedrigen Leistungen an der Riemenscheibenwelle der Messungen in Brugg in Einklang mit dem niedrigen Kraftstoffverbrauch stehen, so würden hierzu Motorleistungen von 10,7 PS, 10,5 PS und 10,9 PS gehören. Rechnet man diese Leistungen weiter um, wobei man einen um 0,20 kg/h höheren Kraftstoffverbrauch und die andere Kraftstoffwichte zugrunde legt, so ergeben sich Motorleistungen von 11,7 PS, 11,5 PS und 11,9 PS. Diese so errechneten Werte stimmen nun mit den gemessenen in der Tabelle Motorleistung überein. Man könnte also daraus schließen, daß der Fehler in der Kraftstoffmenge bei der Motorleistungsmessung liegt. Dies würde aber wiederum bedeuten, daß die Messung der Riemenscheiben-Wellenleistung ebenfalls falsch wäre, da sich hieraus offensichtlich ein zu niedriger Wirkungsgrad errechnet. Es ist darüber hinaus aber wenig wahrscheinlich, daß die Messung der Motorleistung wohl richtig, aber die Kraftstoffverbrauchsmessung falsch ist, denn dann müßten bei der Riemenscheibenwelle beide Messungen falsch sein: die Verbrauchsmessung ergibt die gleichen, niedrigen Werte wie bei der Motorleistungsmessung und die Leistungswerte sind zu niedrig, weil sie einen zu schlechten Wirkungsgrad ergeben. Richtiger ist es, anzunehmen, daß bei der Motorleistungsmessung ein Fehler unterlaufen ist.

Tab. 3: Die Werte der Riemenscheiben-Wellenleistungen

Prüfstand in	Maximum absolut			Maximum b. 2200 U/min			Dauerleistung 2 Std.		
	PS	U/min	kg/h	PS	U/min	kg/h	PS	U/min	kg/h
Hannover	nicht gemessen			nicht gemessen			nicht gemessen		
Marburg	nicht gemessen			nicht gemessen			nicht gemessen		
Wieselburg	11,0	2250	2,75	10,9	2200	2,70	11,0	2246	2,76
Brugg	10,1	2260	2,55	9,9	2200	2,50	10,2	2265	2,58
Ultuna	nicht gemessen			nicht gemessen			nicht gemessen		

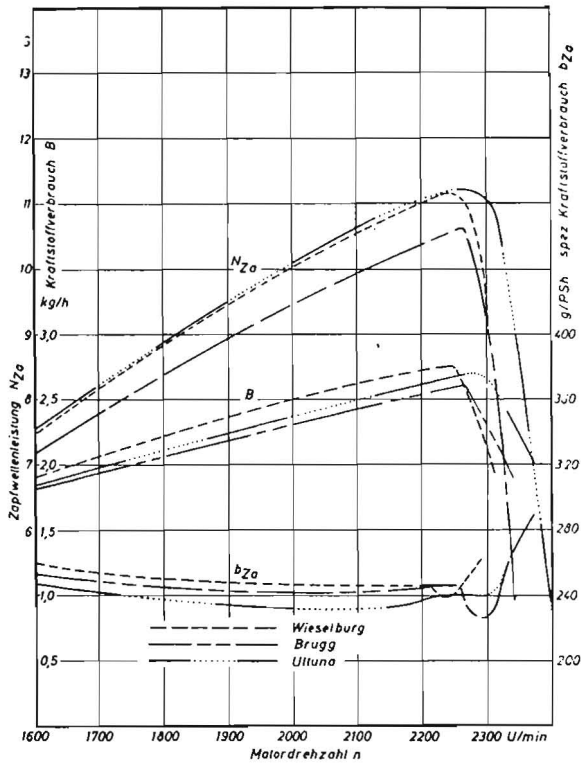


Abb. 4: Zapfwellenleistung und Kraftstoffverbrauch

Die Zapfwellenleistung (Abb. 4 und Tab. 4)

Auch hier weichen die Ergebnisse der gemessenen Leistungen erheblich voneinander ab, wobei die niedrigen Leistungszahlen in Brugg durchaus den ebenfalls niedrigen Kraftstoffverbrauchsdaten entsprechen.

Die Ermittlung des Übertragungswirkungsgrades ergibt für Wieselburg im Mittel 95,7 % und für Brugg 90,3 %. Auch diese Differenz ist für die gleiche Maschine nicht erklärlich. Führt man nun zur Fehlerauffindung die gleichen Rechnungen wie oben durch, so kommt man zu Motorleistungswerten von 11,1 PS, 10,9 PS und 11,2 PS, die jetzt im Einklang mit dem niedrigen Kraftstoffverbrauch stehen.

Da beide Kontrollen, für die Riemenscheiben-Wellenleistung und für die Zapfwellenleistung ähnliche Werte ergeben, so kann mit Sicherheit angenommen werden, daß die Messungen, von denen hierbei ausgegangen wurde, richtig sind. Es müssen also für Brugg sowohl die Leistungsmessungen der Riemenscheibenwelle und der Zapfwelle als richtig bezeichnet werden. Bei der Messung der Motorleistung hingegen muß ein geringer Fehler unterlaufen sein. Ohne die Annahme eines solchen Fehlers lassen sich die gesamten Ergebnisse nicht in Einklang bringen. Die Aufdeckung des Fehlers ist aber nur durch die Kenntnis der Motorleistung und damit des Übertragungswirkungsgrades möglich, da letzterer bei derselben Maschine ja gleich sein muß.

Institute	Versuche	Datum	Kraftstoffverbrauch bei 1800 U/min oder bei N _{max}			
			0	1	2	3 kg/h
Hannover	1	8.1.57			x	•
	2	8.1.57			x	•
Marburg	1	8.2.57			x	•
	2	19.2.57			x	•
	5	5.11.57			x	•
Wieselburg	1	12.3.57			x	•
	6	29.4.57			x	•
	4	6.5.57			x	•
	5	3.9.57			x	•
	6	10.5.57			x	•
	2	14.5.57			x	•
Brugg	3	15.5.57			x	•
	7	15.16.57			x	•
	8	16.5.57			x	•
	4	11.6.57			x	•
Ultuna	3	19.6.57			x	•
	5	20.6.57			x	•
	6	20.6.57			x	•
Marburg	1	29.7.57			x	•
	2	11.9.57			x	•
Marburg	5	3.10.57			x	•
	6	25.10.57			x	•
Marburg	4	7.8.11.57			x	•
	1	15.11.57			x	•
Marburg	1	29.1.58			x	•

Abb. 5: Die Änderung des Kraftstoffverbrauches im chronologischen Ablauf der Versuche

1 = Motorleistung, 2 = Riemenleistung, 3 = Riemenscheibenwellenleistung, 4 = Zapfwellenleistung, 5 = Zugmessungen ohne Ballast auf Beton, 6 = Zugmessungen mit Ballast auf Beton, 7 = Zugmessungen ohne Ballast auf Feldweg, 8 = Zugmessungen mit Ballast auf Feldweg

Der Kraftstoffverbrauch (Abb. 5 und Tab. 5)

Es ist bereits in den vorhergegangenen Vergleichen darauf hingewiesen worden, daß die maximal eingespritzte Kraftstoffmenge sich verändert haben muß, da bei den Messungen in Brugg niemals der frühere, höhere Wert bei den Höchstleistungsmessungen erreicht worden ist, der erst wieder in Ultuna auftritt. Der Unterschied beträgt, wie aus den Tabellen zu entnehmen ist, bis zu 0,2 kg. Dies würde einer Motorleistung von 0,8 bis 0,9 PS entsprechen. Verringert man die in Brugg gemessene Motorleistung um diesen Betrag, so erhält man Motorleistungswerte, die denen entsprechen, welche aus den gemessenen Riemenscheibenwellen- und Zapfwellenleistungen errechnet wurden. Hierdurch wird die Annahme bestätigt, daß bei der Bestimmung der Motorleistung in Brugg ein kleiner Fehler unterlaufen sein muß.

In Abbildung 5 sind die gemessenen Höchstverbrauchswerte aller Messungen chronologisch aufgezeichnet. Neben dem Verbrauch bei den Höchstleistungen ist noch eingezeichnet der Höchstverbrauch bei 1800 U/min, weil bei den Höchstleistungen die Motordrehzahl etwas verschieden ist.

Hieraus ist ersichtlich, daß bis zur vorletzten Messung in Wieselburg die Höchstverbrauchswerte nur sehr wenig verschieden und auch die Verbrauchswerte bei 1800 U/min sehr gleichmäßig sind. Von der letzten Messung in Wieselburg an liegen die Verbrauchswerte zunächst um etwa 0,15 kg/h und bei den drei letzten Messungen um etwa 0,2 kg/h unter den Werten aller vorhergehenden Messungen. Diese chronologische Aufstellung zeigt, daß während der Messungen in Wieselburg in der Maximaleinstellung der Kraftstoffpumpe eine Änderung eingetreten sein muß, durch welche sich die maximal eingespritzte Kraftstoffmenge je Pumpenhub zunächst um 5,5 % und später um etwa 7 % verringerte. Bei den Messungen in Ultuna wird die Unstabilität noch deutlicher, da sich hier sowohl die verringerte als auch die normale Menge einstellt.

Faßt man die Ergebnisse des Vergleiches der Prüfstandsmessungen zusammen, so ist festzustellen, daß, wie auch nicht anders zu erwarten war, die Messungen gut zusammenstimmen.

Tab. 4: Die Werte der Zapfwellenleistungen

Prüfstand in	Maximum absolut			Maximum b. 2200 U/min			Dauerleistung 2 Std.		
	PS	U/min	kg/h	PS	U/min	kg/h	PS	U/min	kg/h
Hannover	nicht gemessen			nicht gemessen			nicht gemessen		
Marburg	nicht gemessen			nicht gemessen			nicht gemessen		
Wieselburg	11,2	2240	2,75	11,1	2200	2,70	11,2	2231	2,76
Brugg	10,6	2260	2,60	10,4	2200	2,55	10,7	2259	2,64
Ultuna	11,3	2255	2,72	11,3	2200	2,70	11,0	2208	2,62

men. Unterschiede in den Werten lassen sich auf eine Änderung in der Einstellung der Maschine zurückführen, weil stets auf die in jedem Institut gemessene Motorleistung als Ausgangspunkt zurückgegangen werden kann.

Die Ergebnisse der Zugleistungsmessungen auf Betonbahnen

Bei einem Vergleich der Ergebnisse von Zugmessungen mit dem gleichen Schlepper an verschiedenen Orten, jedoch gleichartigen Fahrbahnen, muß eine Antwort auf folgende Fragen gegeben werden:

1. Mit welcher Genauigkeit werden in den verschiedenen Instituten die rechnerisch zu erwartenden Zugkräfte erreicht?
2. Wie sind die Beziehungen zwischen Zugkraft und Schlupf auf den verschiedenen Prüfbahnen? Dieser Vergleich gewinnt ein besonderes Interesse, weil hier erstmalig Ergebnisse von Zugmessungen herangezogen werden können, die auf einem Trommelprüfstand in Ultuna gewonnen wurden.

Die Zugkräfte

Die Errechnung der theoretisch zu erwartenden Zugkräfte stößt auf gewisse Schwierigkeiten, da die Ausgangsbasis hierfür, die Motorleistung mit den zugehörigen Werten von Drehzahl und Kraftstoffverbrauch, über die Dauer der Versuche nicht konstant geblieben ist, wie der Vergleich der Prüfstandsergebnisse gezeigt hat. Darüber hinaus sind in den Tabellen der Berichte mit den gemessenen Zugleistungen die zugehörigen Motordrehzahlen nicht angegeben, die in Verbindung mit dem Kraftstoffverbrauch einen Schluß auf die Motorleistung zulassen. Dies ist in der Mustertabelle der OEEC-Prüfvorschriften nicht vorgesehen. Es wäre erforderlich, hier die Motordrehzahl mit aufzunehmen. Die Drehzahl ließe sich zwar aus der Fahrgeschwindigkeit, dem Schlupf, der Getriebeübersetzung und dem Reifenrollradius errechnen. Da aber der jeweilige Rollradius nicht bekannt ist, weil er sich durch die Zugmessungen bei hohem Schlupf infolge Abnutzung der Stollen nicht unbeträchtlich ändert, ist diese Rechnung mit einem unbestimmbaren, geringen Fehler behaftet. Wie groß die Radiusänderung sein kann, geht aus den Versuchen in Marburg hervor: bei Beginn der Versuche betrug der Radius 521 mm, am Ende nur noch 517 mm.

Die nachstehende Tabelle gibt die zum Teil errechneten, dann jedoch mit einem gewissen Fehler behafteten Drehzahlen an, bei welchen die Zugmessungen durchgeführt wurden.

Institut in	Drehzahlen in U/min, bei welchen die Höchstzugleistungen gemessen wurden		
	2. Gang	3. Gang	4. Gang
Marburg			
ohne Ballast	2283 ¹	—	2220
mit Ballast	2245	—	2250
Wieselburg			
ohne Ballast	2322 ¹	2270	2275
mit Ballast	2260	2250	2255
Brugg			
ohne Ballast	2095 ²	2108	2120
mit Ballast	2218	2130	2108
Ultuna (Bahn)			
ohne Ballast	2290	2200	2200
mit Ballast	2265	2200	2205
Ultuna (Tromm.)			
ohne Ballast	2360	2200	2200
mit Ballast	2235	2230	2205

¹) hohe Drehzahl, da volle Motorleistung wegen Schlupf nicht übertragbar

²) wahrscheinlich nicht mit voller Reglerdrehzahl gefahren

Die für Marburg angegebenen Drehzahlen sind gemessen und aus den Versuchsprotokollen entnommen worden. Für Ultuna sind die Zahlen aus dem Bericht entnommen und sind offensichtlich auch gemessen worden.

Die Drehzahlen für Wieselburg sind errechnet. Sie stimmen recht gut mit denjenigen der Prüfstandsmessungen überein.

Für die Messungen in Brugg ist in dem Versuchsbericht summarisch für alle Messungen die Motorenndrehzahl von 2200 U/min angegeben worden. Daß diese aber nicht den Messungen zugehörig sein kann, zeigen die errechneten Drehzahlen der Tabelle, die sehr erheblich von der Nenn-drehzahl nach unten abweichen. Es ist zu vermuten, daß hier aus irgendeinem Grund nicht die volle Reglerdrehzahl mit dem Handhebel eingestellt werden konnte.

Eine Gegenüberstellung der gemessenen Werte für Fahrgeschwindigkeit und Schlupf zeigt dies noch deutlicher als die errechneten, mit einem Fehler behafteten Drehzahlen.

Leerfahrt- geschwindigkeit bei 2200 U/min	2. Gang		3. Gang		4. Gang	
	v km/h	σ %	v km/h	σ %	v km/h	σ %
	2,62	0	4,54	0	5,60	0
Institut in	gemessene Werte für Fahrgeschwindigkeit und Schlupf					
Marburg						
ohne Ballast	2,28	17,0	—	—	5,36	5,9
mit Ballast	2,32	12,8	—	—	5,46	4,8
Wieselburg						
ohne Ballast	2,40	13,5	4,33	7,3	5,50	5,1
mit Ballast	2,36	12,3	4,36	5,9	5,50	4,3
Brugg						
ohne Ballast	2,14	14,4	4,14	4,6	5,21	3,1
mit Ballast	2,25	14,9	4,26	3,1	5,27	1,6
Ultuna (Bahn)						
ohne Ballast	2,40	12,5	4,20	5,5	5,30	4,0
mit Ballast	2,30	16,0	4,30	5,0	5,30	4,0
Ultuna (Tromm.)						
ohne Ballast	2,40	12,5	4,20	6,5	5,20	4,5
mit Ballast	2,20	13,0	4,20	6,0	5,20	4,5

Eine Bestätigung der Vermutung gibt folgende Rechnung für die in Brugg gemessene Fahrgeschwindigkeit mit Ballast im 4. Gang: Aus der Geschwindigkeit von 5,27 km/h und dem Schlupf von 1,6 % läßt sich eine schlupflose Geschwindigkeit von 5,36 km/h errechnen. Diese liegt um 4,3 % niedriger als die schlupflose Geschwindigkeit bei der Nenn-drehzahl des Motors mit 5,60 km/h, das heißt, daß bei der Messung die Motordrehzahl ebenfalls um etwa 4,3 % unter der Nenn-drehzahl gelegen haben muß, was etwa übereinstimmt mit den errechneten Drehzahlen.

Die gemessenen Leistungswerte können somit keine Grundlage für einen direkten Vergleich sein, da die schlupflosen Leerfahrtgeschwindigkeiten infolge der sehr unterschiedlichen Motordrehzahlen nicht einheitlich sind. Ein solcher muß sich somit auf die Beurteilung beschränken, ob die gemessenen Kräfte innerhalb der Grenzen liegen, die durch die Änderung der Einstellung bedingt sind, wobei man sich bezüglich der Geschwindigkeit auf die Nenn-drehzahl und den am Ende der Messungen in Marburg vorhandenen Rollradius bezieht.

In den folgenden Tabellen sind die für Motorleistungen von 11,8 PS und 11,5 PS errechneten möglichen Zugkräfte den gemessenen Zugkräften gegenübergestellt.

Die gemessenen Zugkräfte in den beiden Tabellen, bei welchen keine Anmerkung hinsichtlich der Schlupfgrenze gemacht wurde, liegen zwischen oder nahe bei den errechneten

a) Zugkraftwerte ohne Triebradballast

Prüfbahn in	kg Zugkraft im 2. Gang		kg Zugkraft im 3. Gang		kg Zugkraft im 4. Gang	
	errechn. für 11,8/11,5 PS	ge- messen	errechn. für 11,8/11,5 PS	ge- messen	errechn. für 11,8/11,5 PS	ge- messen
Marburg	1095/1055	915 ¹⁾	615/595	—	500/485	496
Wiesel- burg		764 ¹⁾		590		470
Brugg		774 ¹⁾		585		485
Ultuna Bahn		850 ¹⁾		630		500
Tromm.		900 ¹⁾		630		500

¹⁾ Zugkraft ist durch Schlupf begrenzt, deshalb können die errechneten Zugkräfte nicht erreicht werden

b) Zugkraftwerte mit Triebradballast

Prüfbahn in	kg Zugkraft im 2. Gang		kg Zugkraft im 3. Gang		kg Zugkraft im 4. Gang	
	errechn. für 11,8/11,5 PS	ge- messen	errechn. für 11,8/11,5 PS	ge- messen	errechn. für 11,8/11,5 PS	ge- messen
Marburg	1090/1060	1075	610/590	—	495/480	504
Wiesel- burg		930 ¹⁾		592		476
Brugg		860 ¹⁾		598		482
Ultuna Bahn		1000 ¹⁾		650		500
Tromm.		1090		650		515

¹⁾ Zugkraft liegt sehr nahe an der durch den Schlupf bedingten Höchstzugkraft, deshalb können die errechneten Kräfte nicht erreicht werden

Grenzwerten für die möglichen Zugkräfte. Selbst die beiden Werte der Wieselburger Messungen, die mit 470 kg und 476 kg am weitesten abweichen, müssen als richtig angesehen werden, weil diese bei einer Motordrehzahl von etwa 2275 U/min und 2255 U/min gemessen wurden. Bei gleicher Motorleistung ist hierbei das Drehmoment niedriger als bei der Nenndrehzahl, so daß sich eine entsprechend niedrigere Zugkraft ergeben muß. Bei einer Umrechnung der beiden Werte auf die Nenndrehzahl ergeben sich Zugkräfte von 484 kg und 493 kg, die innerhalb der Grenzwerte liegen. Auch die Werte von Brugg fügen sich gut in die Rechnung ein, obwohl sie bei einer Motordrehzahl unter der Nenndrehzahl gemessen wurden. Bei fallender Motordrehzahl nimmt das Motordrehmoment nur gering zu, so daß das für die Nenndrehzahl geltende Drehmoment auch bei der niedrigeren Drehzahl der Messungen in Brugg vorhanden ist und somit auch die für die Nenndrehzahl errechnete Zugkraft. Die gegenüber der Rechnung höheren Zugkräfte in Ultuna lassen sich durch die Verkleinerung des Rollradius erklären. Faßt man die Ergebnisse des Vergleiches zusammen, so ist festzustellen, daß die gemessenen Zugkräfte innerhalb der Grenzen der möglichen Zugkräfte liegen, wenn die Änderungen in der Einstellung der Maschine berücksichtigt werden.

Die maximalen Zugkräfte

Sehr aufschlußreich für die Beurteilung der Gleichwertigkeit der Zugmessungen ist ein Vergleich der maximalen gemessenen Zugkräfte, die in der nebenstehenden Tabelle zusammengestellt sind.

Ein Vergleich der errechneten mit den gemessenen maximalen Zugkräften für den 3. und 4. Gang ergibt, daß beide für die Messungen in Marburg gut übereinstimmen. Dies ist auch verständlich, da die hier gemessene Motorleistung und der hier gemessene Rollradius der Rechnung zugrunde gelegt wurden. Unter der Berücksichtigung eines kleiner gewordenen Rollradius zeigt sich auch eine gute Übereinstimmung der Messungen in Ultuna. Für Wieselburg sind die gemessenen Zugkräfte niedriger als die errechneten. Wie jedoch aus der Messung der Motorleistung hervorgeht, ist in Wieselburg das maximale Drehmoment um rund 0,1 mkg niedriger gewesen als das der Rechnung zugrunde gelegte. Dies bedeutet eine Zugkraftverringerng von 29 kg für den 2. Gang, von 17 kg für den 3. Gang und von 14 kg für den 4. Gang. Addiert man diese Zahlen zu den gemessenen Werten (siehe eingeklammerte Werte in der Tabelle), so ist auch hier die Übereinstimmung gegeben.

Eine besondere Bedeutung gewinnen die Ergebnisse dort, wo der Schlupf eine Grenze für die Kraftübertragung bedingt, im 2. Gang, da sich dabei der höchste Kraftschlußbeiwert abzeichnet. Hier liegen die Werte für Wieselburg nicht unbedeutend unter den zum Vergleich stehenden Zahlen von Marburg und Ultuna. Auch die Zugkraftwerte für die normale Betonbahn in Ultuna liegen niedriger als diejenigen in Marburg, wenn auch höher als die in Wieselburg. Hingegen ergeben die Messungen auf dem Trommelprüfstand gleiche Ergebnisse wie in Marburg. Bereits hieraus ist ein nicht geringer Unterschied im Kraftschlußbeiwert der verschiedenen Betonbahnen ersichtlich.

Die Beziehungen zwischen Zugkraft und Schlupf

Ein Vergleich der gemessenen Zugkräfte allein genügt nicht, da er noch keinen Vergleich über die Gleichwertigkeit der Fahrbahnen gibt. Weil die Triebachslasten bei den Versuchen nicht ganz gleich waren — sie betragen ohne Ballast

	Höchstzugkräfte kg		
	2. Gang	3. Gang	4. Gang
	ohne Triebradballast		
errechnet:	1119	645	511
gemessen in	(Grenze)		
Marburg	965 (σ)	—	507
Wieselburg	970 (σ)	600 (617) ¹⁾	482 (496) ¹⁾
Brugg	—	—	—
Ultuna			
Bahn	955 (σ)	655	510
Trommel	880 (σ)	635	515
	mit Triebradballast		
errechnet:	1115	640	505
gemessen in	(Grenze)		
Marburg	1110 (Md)	—	507
Wieselburg	940 (σ)	604 (621) ¹⁾	490 (504) ¹⁾
Brugg	—	—	—
Ultuna			
Bahn	1000 (σ)	660	515
Trommel	1140 (Md)	665	530

¹⁾ Werte in Klammern sind auf das gleiche maximale Motordrehmoment wie in Marburg umgerechnet. (Md = Motordrehmoment, σ = Schlupf)

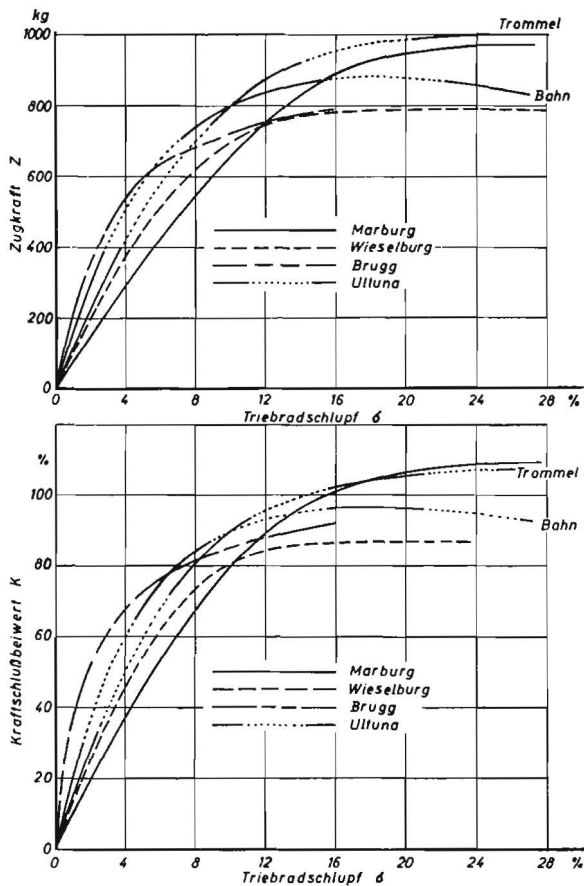


Abb. 6: Die Zugmessungen ohne Triebachballast auf Betonbahnen

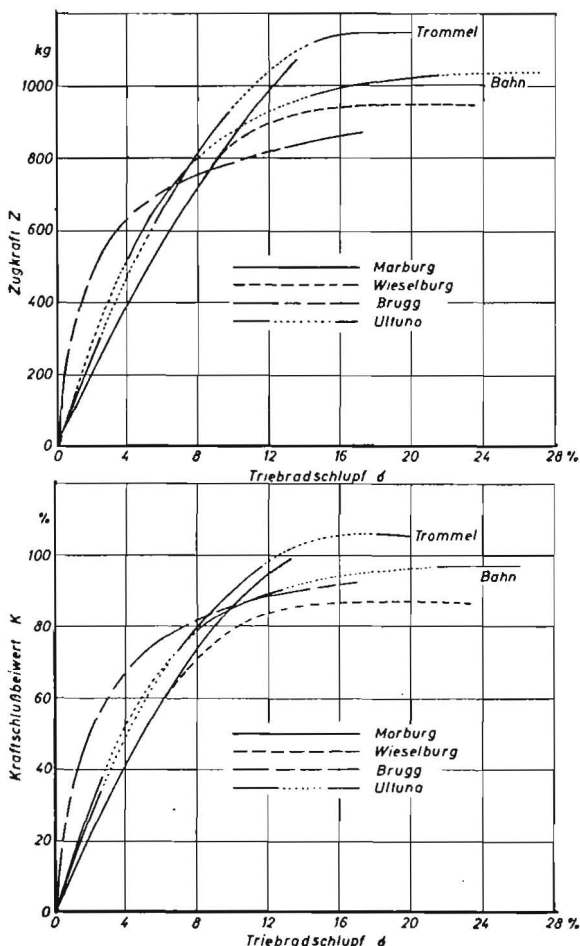


Abb. 7: Die Zugmessungen mit Triebachballast auf Betonbahnen

in Marburg 719 kg, in Wieselburg 738 kg, in Brugg 714 kg und in Ultuna 745 kg, mit Ballast (in der gleichen Reihenfolge) 891, 900, 867 und 865 kg —, so muß beim Vergleich der Kraftschlußbeiwert berücksichtigt werden.

Die Messungen ohne Triebachballast

In Abbildung 6 sind die Zugkraft-Schlupf-Kurven und die Kraftschlußbeiwert-Schlupf-Kurven dieser Messungen dargestellt. Es ist hierbei zu bemerken, daß für die Kurven der Messungen in Brugg nur 3 Punkte zur Verfügung standen. Bereits bei den Zuglast-Schlupf-Kurven fällt nicht nur der sehr verschiedene Verlauf der einzelnen Kurven auf, sondern auch der Unterschied der erreichten Höchstzugkräfte. Auch in den Kurven der Kraftschlußbeiwerte zeigt sich ein zum Teil nicht unerheblicher Unterschied. Der geringere K -Wert im unteren Kurvenverlauf für die Messungen in Marburg ist dadurch bedingt, daß die Reifen fast neu waren. Es ist bekannt, daß sich der K -Wert eines Reifens verbessert und einen fast gleichbleibenden Wert erst annimmt, nachdem die Profilkanten rund abgenutzt sind. Dieses war bei den Messungen in Wieselburg bereits der Fall. Für den ungewöhnlich steilen Anstieg des K -Wertes in Brugg kann keine Erklärung gefunden werden. Ein solcher Kurvenverlauf ist bei Messungen in Marburg noch nie festgestellt worden. Das Abbiegen der K -Kurve in Wieselburg bei etwa 10 % Schlupf kann darauf hindeuten, daß die Beschaffenheit der Bahnoberfläche wesentlich anders ist als in Marburg, so daß der K -Wert im Bereich des Gleitschlupfes [7] beträchtlich ungünstiger wird. Eine ähnliche Beschaffenheit der Oberfläche muß in Brugg vorliegen, wo der maximale K -Wert nahe bei demjenigen in Wieselburg liegt, obgleich er im Bereich des Dehnungsschlupfes erheblich günstiger ist.

Auf der Betonbahn in Ultuna ist der Kraftschlußbeiwert K im ganzen Kurvenverlauf günstiger als in Wieselburg, sein maximaler Wert liegt für die Bahn in Ultuna zwischen dem für Marburg und Wieselburg.

Für den Trommelprüfstand in Ultuna liegen die K -Werte bis etwa 7 % Schlupf nahe an denen für Wieselburg. Mit etwa 108 % wird derjenige maximale Wert erreicht, der in vielen Zugmessungen auch in Marburg ermittelt wurde.

Die Messungen mit Triebachballast

Wegen des Unterschiedes in den Triebachlasten soll hier der Vergleich auf die Betrachtung der Kraftschlußbeiwertkurven (Abb. 7) beschränkt werden. Für die Messungen in Wieselburg und Brugg errechnen sich die gleichen Kraftschlußbeiwerte wie für die Messungen ohne Ballast [8 und 9]. Die Kurve für die Messungen in Marburg hat sich, weil hierbei die Reifen bereits eingefahren waren, derjenigen in Wieselburg bis etwa 8 % Schlupf steiler verläuft, verläuft dann aber bei höherem Schlupf steiler aufwärts.

Die k -Werte für die Bahnmessungen in Ultuna sind nahe an diejenigen des Trommelprüfstandes herangerückt bis zu Schlupfwerten um 8 %. Darüber biegen die Bahnwerte stärker ab, sie erreichen jedoch etwa das gleiche Maximum wie ohne Ballast. Die Kurven der Trommelwerte mit und ohne Ballast decken sich nahezu, wie es auch für Wieselburg und Brugg der Fall ist, und wie es auch in den laufenden Kontrollen der Meßergebnisse bei den Schlepperprüfungen in Marburg stets festgestellt wurde.

Es wird sich wohl kaum jemals erreichen lassen, daß die Eigenschaften von gleichartigen Prüfbahnen verschiedener Institute völlig gleich sind. Für die Prüfeinrichtungen in Wieselburg, Ultuna und Marburg ist in einem Bereich bis etwa 10 % Schlupf ein hoher Grad von Gleichwertigkeit gegeben, während darüber hinaus ein solcher nur für Marburg und Ultuna besteht. Messungen in Wieselburg und Brugg ergaben geringere Höchstzugkräfte wegen der vermutlich anders gearteten Bahnoberfläche.

Vergleich der Zugleistungen

Ein Vergleich der gemessenen Zugleistungen ist für alle Messungen nicht möglich, weil sich ergeben hat, daß die Grundlage der Messungen, die Motorleistung, nicht gleich

geblieben ist. Die Riemenleistungsmessungen in Ultuna lassen aber den Schluß zu, daß hier die Einstellung des Motors hinsichtlich Kraftstoffeinspritzung und Drehzahl bei der Höchstleistung wieder angenähert den Ausgangszustand angenommen hatte, so daß wenigstens die Messungen in Ultuna und Marburg einen Vergleich zulassen.

gemessen in	Höchstzugleistungen in PS ohne Triebradballast		
	2. Gang	3. Gang	4. Gang
Marburg	7,8	—	9,8
Wieselburg	6,8	9,5	9,6
Brugg	6,2	9,0	9,4
Ultuna			
Bahn	7,4	9,8	9,9
Trommel	7,9	9,9	9,7

gemessen in	Höchstzugleistungen in PS mit Triebradballast		
	2. Gang	3. Gang	4. Gang
Marburg	9,3	—	10,2
Wieselburg	8,1	9,6	9,7
Brugg	7,2	9,4	9,4
Ultuna			
Bahn	8,5	10,3	9,9
Trommel	9,1	10,2	10,0

Die Zusammenstellung zeigt eine recht gute Übereinstimmung der Zugleistungen, welche in Marburg und in Ultuna auf dem Trommelprüfstand gemessen wurden. Die Leistungswerte in Wieselburg und die der Betonbahn in Ultuna liegen im 2. Gang nicht unbeträchtlich niedriger, weil hier nicht der erforderliche hohe Kraftschlußbeiwert vorhanden ist. Bei den Werten für den 3. und 4. Gang verringert sich der Unterschied, weil hier nur ein verhältnismäßig niedriger Kraftschlußbeiwert in Anspruch genommen wird. Die geringen Werte in Brugg sind durch die niedrige Drehzahl bei den Messungen bedingt, wie unter dem Abschnitt Zugkräfte ausgeführt wurde.

Gesamtergebnis und Folgerungen aus dem Vergleich

In dem vorstehenden Bericht sind die Ergebnisse der durchgeführten Messungen in ihren Werten einander gegenübergestellt und die Unterschiede in ihrer Bedeutung gegeneinander abgewogen worden. Der Vergleich wurde erschwert durch die Feststellung, daß die Einstellung des Reglers und der Kraftstoffpumpe ständigen geringfügigen und für die Praxis auch bedeutungslosen Änderungen unterworfen waren, die jedoch hier eine Rolle spielen, da nicht von einer konstanten Motorleistung ausgegangen werden konnte.

Es gilt nun, dem Zweck des ganzen Versuches entsprechend, eine Beurteilung der Gleichwertigkeit der Messungen zu geben.

Die Messungen auf festen Prüfständen

Messungen auf verschiedenen festen Prüfständen müssen ihrer Natur nach zu gleichen Ergebnissen führen, wenn bei ihrer Durchführung von den gleichen Voraussetzungen ausgegangen wird. Es müssen deshalb zu den Prüfregeln, welche angeben, was zu messen ist, noch genaue Durchführungsbe-

stimmungen geschaffen werden, nach welchen zu verfahren ist. Diese müssen enthalten: Angaben über die Einlaufzeit des Schleppers, über das Warmfahren vor den Messungen, über die Zeit zwischen dem Einstellen der neuen Belastung und dem Beginn der Messung und über die Dauer der Einzelmessung.

Die Zuverlässigkeit der Ergebnisse wird beträchtlich erhöht, wenn die Leistungscharakteristik des Motors bekannt ist, da nur sie die Möglichkeit gibt, alle Messungen kritisch zu überprüfen und die anderen Kraftabgabestellen hinsichtlich ihrer technischen Güte zu bewerten.

Die Messungen auf der Betonbahn

Die Zugmessungen auf den Betonbahnen haben nicht in allen Instituten zu gleichwertigen Ergebnissen geführt. Zwar sind die gemessenen Werte in Marburg, Ultuna und Wieselburg bis etwa 10 % Schlupf nahezu gleich, jedoch werden sie dann in Wieselburg erheblich schlechter. Der Grund hierfür kann nur in der Bahnoberfläche gesehen werden. Sehr gleichwertig sind die Messungen in Marburg und Ultuna auf dem Trommelprüfstand, auch die Bahnmessungen weisen bei diesen beiden Instituten keine großen Unterschiede auf.

Es wird sich wohl kaum eine bessere Gleichwertigkeit zwischen den Messungen erreichen lassen als zwischen denjenigen in Marburg und Ultuna. Deshalb muß eine Antwort auf die Frage gefunden werden, wie sich der Unterschied in der Lage der Kraftschlußbeiwertkurven auf die Gleichwertigkeit der Ergebnisse auswirkt.

Einen Einfluß auf die Höhe der erreichbaren Zugkraft hat der K -Wert dann, wenn die Übertragung der Radumfangskraft durch den Schlupf begrenzt ist, das heißt also immer dann, wenn das volle Motordrehmoment nicht mehr durch die Räder übertragen werden kann. Deshalb liegen auch die Höchstzugkräfte in Wieselburg und auf der Betonbahn in Ultuna niedriger als in Marburg und auf dem Trommelprüfstand in Ultuna, da auf den beiden letzteren Prüfanlagen etwa der gleiche maximale Kraftschlußbeiwert erzielt wurde. Begrenzt also der Schlupf die Kraftübertragung, so ist für die erreichbare Höchstzugkraft der Abstand der K -Kurven in der Richtung der Ordinate entscheidend.

Ist hingegen die Übertragung des vollen Motordrehmomentes möglich, wie es in den höheren Gängen oder bei Belastung der Triebräder oft auch im niederen Gang der Fall ist, so ist für die Messung eine bestimmte Radumfangskraft vorgegeben, das heißt, daß hierbei die dynamische Triebachslast beim Zug stets gleich ist. Damit ist aber auch der erforderliche K -Wert gleich, gleichgültig, ob die Betonfahrbahn eine günstige oder ungünstige Oberfläche hat. Geringe Unterschiede im Rollwiderstand sind hierbei ohne Bedeutung. Lediglich im Schlupf, welcher bei diesem K -Wert auftritt, drückt sich die Güte der Bahn aus. Das bedeutet, daß dann, wenn das volle Drehmoment übertragbar ist, der Abstand der K -Kurven voneinander in der Richtung der Abszisse, also der Schlupfunterschied maßgebend ist. Der Schlupf hat jedoch nur einen Einfluß auf die Fahrgeschwindigkeit nach der Beziehung $v = v_0 \cdot (1 - \sigma)$. Der Unterschied der beiden möglichen Geschwindigkeiten ist damit

$$v_1 - v_2 = v_0 \cdot (1 - \sigma_1) - v_0 \cdot (1 - \sigma_2)$$

$$v_1 - v_2 = v_0 \cdot (\sigma_2 - \sigma_1)$$

Die Fahrgeschwindigkeiten unterscheiden sich nur um die Differenz der gemessenen Schlupfwerte, multipliziert mit der Leerfahrtgeschwindigkeit.

Bei den vorliegenden Vergleichsversuchen ist zur Übertragung der Zugkraft des 3. Ganges von 600 kg ein K -Wert von rund 0,6 erforderlich. Hierbei tritt in Marburg ein Schlupf von 6,1 % und in Ultuna ein solcher von 5,0 % auf. Um den Differenzbetrag von 1,1 % können die Geschwindigkeiten in Ultuna günstiger sein. Für den 4. Gang ist der K -Wert 0,51. Die Schlupfdifferenz beträgt hier $5,0 - 3,9 = 1,0$ %. Die Geschwindigkeiten könnten ebenfalls höchstens um 1,1 % differieren. Die Differenz der Zugleistungen ist je nach ihrer Höhe noch entsprechend geringer.

Dieser prozentuale Unterschied ist jedoch so gering und liegt wohl auch innerhalb der Meßgenauigkeit derartiger Messungen, daß die Fahrbahnen in Marburg und der Trommelprüfstand in Ultuna im ganzen Bereich und die Fahrbahnen in Marburg, Wieselburg und Ultuna im Bereich bis 7 % Schlupf entsprechend einem K -Wert von etwa 0,7 als gleichwertig angesehen werden müssen. Die Messungen in Brugg werden jedoch bereits in diesem Gebiet um bis zu 3 % wegen der ungewöhnlich liegenden K -Kurve zur günstigen Seite abweichen. Über einen K -Wert von 0,7 hinaus ergeben sich nur in Ultuna und Marburg gleichwertige Ergebnisse.

Diese Feststellung befriedigt nicht im Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Messungen aus verschiedenen Instituten. Sie wirft aber gleichzeitig die Frage auf, wie eine solche erreichbar ist, denn ohne die Lösung dieser Frage haben einheitliche Prüfregeln nicht ihren vollen Wert.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß für eine Vergleichbarkeit die Gleichwertigkeit der Beziehung zwischen Kraftschlußbeiwert und Schlupf entscheidend ist. Bei allen anderen Faktoren läßt sich eine Gleichheit der Messungen bei Beachtung gewisser Voraussetzungen, die weiter oben schon genannt wurden, erzielen. Auch bei den Zugmessungen gibt es Einflüsse, welche auf der gleichen Betonbahn zu sehr unterschiedlichen, nicht abwägbareren Ergebnissen führen können. Eine feine Staubschicht erhöht den Schlupf ebenso wie Spuren von Feuchtigkeit in den Poren des Betons. Im Sommer können höhere Fahrbahntemperaturen infolge Sonnenbestrahlung in Verbindung mit der Reibungswärme beim Schlupf eine mäßige Erweichung des Gummis herbeiführen, wodurch der Schlupf ebenfalls ungünstig beeinflusst wird. Durch Fugen in der Betonbahn, welche mit Bitumen ausgegossen sind, kann die ganze Fahrbahn mit einer leichten, ungünstig wirkenden Schicht überzogen werden. Auf den

Einfluß der Profilkanten auf den Schlupf und damit auf die Gleichheit der Messungen ist bereits früher eingegangen worden.

Bei einer Weiterführung der Versuche über die Gleichwertigkeit der Zugmessungen in verschiedenen Instituten wäre es nicht erforderlich, wiederum mit dem gleichen Schlepper Messungen durchzuführen. Es wäre nur nötig, wenn jedes der beteiligten Institute unter sorgfältiger Ausschaltung der aufgeführten Störeinflüsse mit einem oder mehreren Schlepfern Zugkraft-Schlupf-Kurven aufnehmen würde, aus der sich dann die Kraftschlußbeiwert-Kurve für einen Vergleich ermitteln läßt. Der Aufwand hierfür ist gering, das Ziel würde schnell erreicht werden, und erst dann lassen sich die Zugmessungen auf verschiedenen Meßbahnen auf ihre Gleichwertigkeit richtig beurteilen.

Schrifttum:

- [1] Prüfregeln für Ackerschlepper. Landtechnik 5 (1950) H. 21 S. 759/762
- [2] Kliefoth, F.: Ein Vergleich der Zugleistungsmessungen in Marburg und Nebraska. Landtechnische Forschung 2 (1952) H. 4 S. 133/136
- [3] Stauffer, O.: Internationale Landmaschinen- und Schleppernormung. Landtechnik 8 (1953) H. 65/69
- [4] Stauffer, O.: Ein Schritt weiter in der internationalen Normung. Landtechnik 10 (1955) H. 4 S. 78/81
- [5] Stauffer, O.: Internationale Schleppernormung. Landtechnik 12 (1957) H. 13 S. 382/386
- [6] Die Prüfung landwirtschaftlicher Maschinen auf internationaler Basis. Bericht über eine internationale Vorführung. Europäische Produktivitäts-Zentrale der OEEC, Paris 1956
- [7] Lentz, A.: Arbeitsgeschwindigkeiten der Schlepper. Landtechnische Forschung 2 (1952) H. 1 S. 1/7
- [8] Kliefoth, F.: Der Einfluß der Reifengröße auf die Zugfähigkeit der Schlepper. Landtechnische Forschung 7 (1957) H. 4 S. 99/102
- [9] Lange, H.: Über die Zugfähigkeit von Reifen gleichen Durchmessers. Landtechnische Forschung 7 (1957) H. 4 S. 103/105

Résumé:

Obering, F. Kliefoth: „Die Vergleichbarkeit der Meßergebnisse verschiedener Prüfinstitute.“

Bei der engen Verflechtung des internationalen Marktes genügt es nicht mehr, daß die Prüfinstitute der verschiedenen Länder nach eigenen Regeln prüfen. Mit diesen werden unterschiedliche Werte erzielt, die nicht unmittelbar vergleichbar sind. Bei der OEEC wurden einheitliche Prüfregeln erarbeitet, welche nach Klärung aller technischen Fragen von den Mitgliederstaaten der OEEC übernommen werden sollen. Ein großer Vergleichsversuch ergab, daß Regeln allein nicht ausreichen werden zur Erzielung gleichwertiger Ergebnisse. Es müssen noch genaue Bestimmungen für die Versuchsdurchführung hinzukommen. Ein weiterer Versuch, über dessen Ergebnisse hier berichtet wird, hat gezeigt, daß die Zugkraftmessungen hinsichtlich der Gleichwertigkeit ganz besondere Schwierigkeiten in sich bergen. Eine völlige Gleichheit der Meßbahnen, für die Beton vorgesehen ist, wird sich nicht erreichen lassen. Es muß aber angestrebt werden, daß sich die Eigenschaften der Meßbahnen, die sich in der Beziehung zwischen dem Kraftschlußbeiwert und dem Schlupf äußern, in möglichst engen Grenzen halten, sonst wäre das Ziel der Regeln wiederum verfehlt. Es werden Störeinflüsse aufgeführt und es wird vorgeschlagen, erneut Versuche unter möglichster Vermeidung dieser Einflüsse durchzuführen.

Obering, F. Kliefoth:

“On the Comparability of Results Obtained by Testing Stations in Different Countries.”

Under present-day conditions in international markets it is no longer sufficient that testing stations in the various countries conduct tests under conditions and regulations laid down by themselves. Results obtained under such conditions are not always comparable with each other. The O.E.E.C. has now worked out a series of standard regulations and conditions under which tests shall be made. It is proposed that, when all outstanding problems in connection therewith have been cleared up, these regulations shall be adopted by all members of the O.E.E.C. A series of tests on a larger scale have proved that regulations alone would not be sufficient to ensure uniformity of results. Exact conditions and requirements must be laid down for the conduct of experiments. A further series of tests, the results of which are incorporated in this article, have shown that measurements in connection with the determination of tractive effort are particularly difficult to compare and correlate. It will never be possible to construct absolutely identical concrete tests strips for tractors. However, every effort must be made to ensure that the differences in the physical properties of tests strips are kept to an absolute minimum. This applies particularly in connection with experiments made on the relationship between slip and the closed linkage coefficient of the tractor. If this is neglected the whole purpose of the regulations is defeated. Disturbing factors were investigated and suggestions for further tests made, the purpose of which was to determine methods for neutralising these disturbing factors.

Obering, F. Kliefoth:

«L'équivalence des résultats d'essai des différents instituts d'essai.»

Etant donné l'étroite interdépendance du marché international, il n'est plus acceptable que les instituts d'essai des différents pays entreprennent les essais des machines d'après leurs méthodes individuelles, car il en résulte des valeurs qui ne permettent pas une comparaison. C'est pourquoi l'OEEC a élaboré des méthodes d'essais uniformes qui doivent être adoptées par tous les pays membres après que certains problèmes techniques aient été éclaircis. Un essai comparatif à grande échelle a montré que la fixation des méthodes seules ne suffit pas pour arriver à des résultats équivalents. Il est nécessaire de déterminer d'une façon précise les conditions d'essai. Un autre essai dont l'auteur discute les résultats a montré que les mesures de l'effort de traction soulèvent des difficultés toutes particulières en ce qui concerne l'équivalence des résultats. Il n'est pas possible de réaliser des pistes en béton dont les propriétés soient entièrement identiques. Cependant, il faut arriver à ce que les propriétés des pistes qui se traduisent par le rapport entre le coefficient d'adhérence et le patinage soient aussi rapprochées que possible afin de ne pas compromettre l'effet de la normalisation des méthodes d'essai. L'auteur cite les facteurs qui ont une influence défavorable et propose de procéder à de nouveaux essais en écartant autant que possible l'influence de ces facteurs.

Ing. jefe F. Kliefoth:

«La posibilidad de comparar los resultados de mediciones de distintos institutos de comprobación.»

En vista del vivo intercambio mercantil entre los mercados internacionales, no bastan ya los resultados que los institutos de comprobación en los distintos países consiguen en pruebas hechas según reglas individuales, con valores medidos que no permiten la comparación inmediata. El OEEC ha establecido reglas de comprobación unificadas que se trata de introducir en los países asociados al OEEC, una vez aclarados todos los detalles técnicos. Un ensayo amplio de comparación ha demostrado que las reglas por sí solas no bastan para llegar a valores comparables, pues deben completarse con disposiciones detalladas sobre los procedimientos a seguir. Otra prueba, de la que se habla en este artículo, ha demostrado que las mediciones de esfuerzos de tracción ofrecen dificultades especiales en cuanto a la comparación de los resultados. No será posible llegar a la equivalencia absoluta de las vías de ensayo, para las cuales se ha pensado en el hormigón. Es preciso procurar que las condiciones de las vías de ensayo que se refieren al coeficiente de arrastre de fuerza y resbalamiento queden dentro de límites muy estrechos, porque de otra forma las reglas no conducirían a nada. Se citan influencias perturbadoras, proponiéndose la repetición de los ensayos, evitándose estas influencias en cuanto sea posible.