

Landtechnische Forschung

HERAUSGEBER: KURATORIUM FÜR TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFT
UND FACHGEMEINSCHAFT LANDMASCHINEN IM VDMA

Hef 5/1959

MÜNCHEN

9. JAHRGANG

Werner Kiene:

Gedanken über ein zukünftiges Bauprogramm von Schleppermotoren

Schlepper-Prüffeld des KTL, Darmstadt-Kranichstein

In den letzten Veröffentlichungen des Kuratoriums für Technik in der Landwirtschaft (KTL) [1, 2] wurde über ein wünschenswertes, zukünftiges Schlepperbauprogramm berichtet. Es erscheint zweckmäßig, weitere Überlegungen darüber anzustellen, wie dieses Programm technisch von der Motorenseite her zu lösen ist. Die im Rahmen der folgenden Betrachtungen behandelten Vorschläge können nur als Beispiele gelten, da es noch andere Wege gibt, die zur Lösung der gestellten Aufgabe führen. Es muß selbstverständlich dem Konstrukteur überlassen bleiben, welche Lösungen er im einzelnen findet. Ausgeführte Maschinen und dem Verfasser inzwischen bekannt gewordene Entwicklungen lassen aber erkennen, daß auch von anderer Seite in ähnlicher Richtung vorgegangen wird.

In dem vorgetragenen Schlepperbauprogramm, das zu einer klaren Typenreihe führen kann, sind einige fest umrissene konstruktive Forderungen an Motoren formuliert, die der Einfachheit halber hier wiederholt werden sollen, weil sie für die nachstehenden Überlegungen wichtig sind.

1. Folgende Leistungen:
Für den Schlepper des kleinen Einschlepperbetriebes 15 PS
in Hanglagen 18 PS
Für den Schlepper des mittleren Einschlepperbetriebes 24 PS
Für den Schlepper des größeren Einschlepperbetriebes 35 PS
Für den stärkeren Schlepper des Zweischlepperbetriebes 35 PS
Für den schweren Zugschlepper des Mehrschlepperbetriebes 45–60 PS
2. Die Vollastbegrenzung muß unter der Rauchgrenze liegen.
3. Das Drehmoment soll mit fallender Drehzahl ausreichend stark ansteigen; dies ist wichtiger als die Anzahl der PS.
4. Der Kraftstoffverbrauch soll auch bei geringer Motorbelastung und in einem möglichst großen Drehzahlbereich niedrig liegen.
5. Der 24-PS-Motor soll ein Mehrzylindermotor sein, aus dessen Zylindereinheit sich möglichst ein Baukastenprogramm für schwächere und stärkere Schlepper ableiten lassen soll.
6. Außer diesen ganz konkreten Forderungen an die Motoren werden noch Gewichtsforderungen an die Schlepper selbst gestellt, die auf deren Motoren von Einfluß sind:
Für den Schlepper des kleinen Einschlepperbetriebes 50–60 kg/PS; 800–900 kg
Für den Schlepper des mittleren Einschlepperbetriebes 50 kg/PS; 1200–1400 kg
Für den stärkeren Schlepper des Zweischlepperbetriebes 50 kg/PS; 1800 kg

Das KTL stellt in seinen Überlegungen den Schlepper des mittleren und größeren Einschlepperbetriebes in den Vordergrund, weil an ihn die höchsten Anforderungen gestellt werden und er auch zahlenmäßig die größte Bedeutung haben wird. Dabei wird gesagt, daß es sinnvoll erscheint, den Schlepper für den größeren Ein-

schlepperbetrieb als leistungsstärkere Variante des erstgenannten zu bauen. Mit anderen Worten, beide Schlepper werden sich nur durch den Motor unterscheiden und sonst gleich sein. Deshalb soll auch hier dieser Schlepper als Ausgangspunkt für die Überlegungen dienen.

Die hier hauptsächlich zu stellende Frage ist die, ob bei der aufgestellten Leistungsabstufung eine Baukastenreihe unter Berücksichtigung der übrigen Forderungen möglich ist.

Entscheidend für alle Betrachtungen über die Auslegung der Motoren ist einerseits das zu wünschende Leistungsgewicht, weil es Hubvolumen und Drehzahl bestimmt, und andererseits der erforderliche effektive mittlere Arbeitsdruck, der ebenfalls die Drehzahl beeinflußt. In Bild 1 ist das beim heutigen Stande der Technik mit Sicherheit erreichbare Leistungsgewicht von Schleppermotoren, abhängig von der prospektmäßigen Nennleistung, gezeigt, Bild 2 stellt den ebenfalls nach dem heutigen Stande der Technik sicher erreichbaren mittleren effektiven Arbeitsdruck, abhängig von der Nenndrehzahl der Motoren, dar.

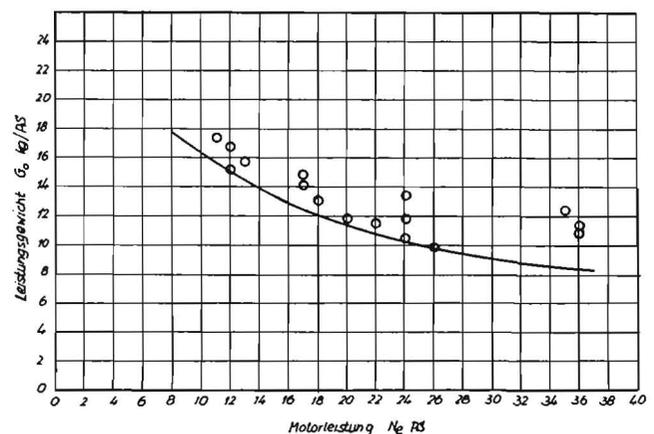


Bild 1: Leistungsgewicht von Viertakt-Schleppermotoren, abhängig von der prospektmäßigen Leistung

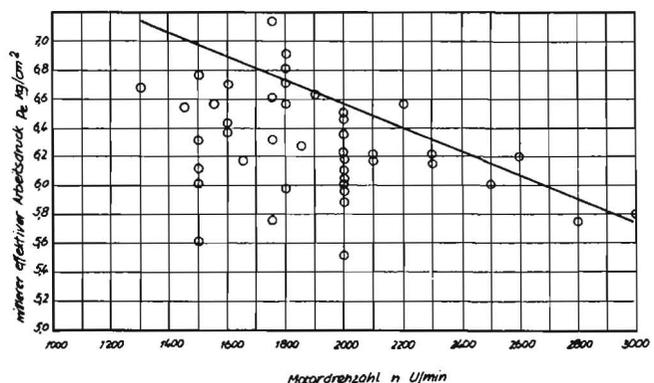


Bild 2: Effektiver mittlerer Arbeitsdruck von Viertakt-Schleppermotoren, abhängig von der Nenndrehzahl bei der prospektmäßigen Leistung

Die Rechnungen für die nachfolgenden Vorschläge beruhen demnach auf den Werten, die die Grenzkurven in den beiden Darstellungen angeben, die allerdings sehr vorsichtig angesetzt wurden. Von Fall zu Fall sind auch niedrigere Leistungsgewichte und höhere mittlere Arbeitsdrücke zu erzielen. Ein möglichst niedriges Leistungsgewicht für die Motoren muß angestrebt werden, weil sonst die niedrigen Schleppergewichte einschließlich des Krafthebers nicht zu verwirklichen sind. Das bedeutet, daß mit dem Hubvolumen und der Drehzahl an die Grenze des heute als möglich Erscheinenden gegangen werden muß. Der mittlere Arbeitsdruck sollte dagegen nicht zu hoch angesetzt werden, um die Forderung nach sicherer Rauchfreiheit bei voller Leistung und auch nach möglichst hohem Drehmomentanstieg mit fallender Drehzahl erfüllen zu können. Durch die Wahl kleiner Hubvolumen, hoher Drehzahl und Beschränkung auf einen ausreichenden, aber nicht zu hohen Arbeitsdruck kann das Eingangsdruckmoment des Getriebes klein sein, so daß auch dieses leicht genug gebaut werden kann.

Die genannten Leistungen können selbstverständlich nicht als absolute Forderungen gelten, Abweichungen davon sind durchaus möglich. Trotzdem wird die Rechnung zunächst mit diesen genannten Zahlen für die Leistungen durchgeführt; dabei wird dann gezeigt, daß sie nicht absolut gelten können.

Am Anfang der Überlegungen erscheinen zunächst zwei Wege gangbar:

- Der 24-PS-Motor ist ein Zweizylindermotor, dann sollten die Motoren mit 15 beziehungsweise 18 PS Einzylindermaschinen sein.
- Der 24-PS-Motor ist ein Dreizylindermotor, dann können die 15- und 18-PS-Motoren Zweizylindermaschinen sein.

Es soll zunächst der Weg a) eingeschlagen werden, um zu sehen, ob er eine brauchbare Lösung ermöglicht.

24 PS aus zwei Zylindern

24 PS in zwei Zylindern ergibt etwa folgende Konstruktionsdaten:

Hubvolumen	0,78 l/Zyl.
Drehzahl	2350 U/min
pe	5,9 kg/cm ²
Drehmoment	7,35 mkg

Das Bohrung-Hub-Verhältnis könnte sein:

$$B/H = 95/110 \text{ oder } 100/100$$

Daraus ergibt sich eine mittlere Kolbengeschwindigkeit bei

110 mm Hub	von	8,6 m/sec
100 mm Hub	von	7,85 m/sec

24-PS-Motoren dieser Abmessungen sind bereits vorhanden.

Für die beiden Schleppertypen mit 35 PS ergäbe sich hieraus ein Dreizylindermotor, für den alle oben genannten Werte des 24-PS-Motors gelten, lediglich das Drehmoment liegt bei ihm 50% höher und beträgt 11,25 mkg. Wird dieser Motor in den Schlepper des größeren Einschlepperbetriebes eingebaut, dann folgt daraus die Notwendigkeit einer stärkeren Kupplung. Es ergibt sich dann für diesen Schlepper ein Leistungsgewicht von 40—46 kg/PS gegenüber dem vorn für den Schlepper des mittleren Einschlepperbetriebes angegebenen Leistungsgewicht.

Es könnte sich nun ein Motor von 45 PS mit vier und einer von 60 PS mit sechs Zylindern mit der gleichen Zylindereinheit anschließen.

Sollen die 15- und 18-PS-Motoren nach dem Baukastenprinzip aus dem 24-PS-Zwei-Zylinder-Motor entwickelt werden, dann kann der mit 15 PS nur ein Einzylindermotor sein. Sofern es richtig erscheint, den 18-PS-Schlepper nur als leistungsstärkere Variante des 15-PS-Schleppers zu bauen, sollte auch der 18-PS-Motor nur ein Einzylindermotor sein, um das Baukastenprinzip konsequent durchzuführen.

Für den 15-PS-Motor ergibt sich daraus:

Hubvolumen	0,78 l
Drehzahl	3000 U/min
pe	5,8 kg/cm ²

Die mittlere Kolbengeschwindigkeit ist für

110 mm Hub	11 m/sec
100 mm Hub	10 m/sec

Während beim 24-PS-Motor mit den angegebenen Abmessungen noch eine Reserve im mittleren effektiven Arbeitsdruck vorhanden ist, um die Leistung ohne Drehzahlerhöhung gegebenenfalls noch auf 26 PS steigern zu können, ist bei dem 15-PS-Motor mit derselben Zylindereinheit keinerlei Reserve mehr vorhanden. Sowohl der mittlere Arbeitsdruck mit 5,8 kg/cm² bei 3000 U/min als auch die mittlere Kolbengeschwindigkeit von 10 m/sec oder mehr sind heute für einen Schleppermotor schon als hoch anzusehen. Daraus folgt, daß ein 18-PS-Motor mit nur einem Zylinder der gleichen Größe für die jetzt überschaubare Zukunft nicht mehr möglich ist.

Wenn der 18-PS-Schlepper nicht als leistungsschwächere Variante des 24-PS-Schleppers ausgebildet sein soll, dann muß leider an dieser Stelle das Baukastenprinzip durchbrochen werden. Es wäre dann richtiger, die Motoren mit 15 und 18 PS auch als Zweizylindermotoren mit einer kleineren Zylindereinheit zu bauen.

Es ergäben sich dann für den 18-PS-Motor folgende Daten:

Hubvolumen	0,55 l/Zyl.
Drehzahl	2350 U/min
pe	6,25 kg/cm ²
Drehmoment	5,5 mkg

Das Bohrung-Hub-Verhältnis könnte sein:

$$B/H = 80/110 \text{ oder } 84/100$$

Daraus ergeben sich folgende mittlere Kolbengeschwindigkeiten:

bei 110 mm Hub	8,6 m/sec
100 mm Hub	7,85 m/sec

Für den 15-PS-Motor wäre dann die

Drehzahl	2000 U/min
pe	6,15 kg/cm ²

Mit dieser Überlegung ist aber bereits der Weg b) beschritten. Es bietet sich nun logischerweise hieraus an, diese eben entwickelte Zylindereinheit als Ausgangspunkt zu wählen und darauf weiter aufzubauen.

24 PS aus drei Zylindern

Folgerichtig ergibt sich nun damit die Fortsetzung der Baureihe mit dem 24-PS-Motor mit drei Zylindern und folgenden Daten:

Hubvolumen	1,65 l
Drehzahl	2150 U/min
pe	6,1 kg/cm ²
Drehmoment	6,4 mkg

Mittlere Kolbengeschwindigkeit

bei 110 mm Hub	7,9 m/sec
100 mm Hub	7,15 m/sec

Der 35-PS-Motor hat dann vier Zylinder und entsprechend

Hubvolumen	2,2 l
Drehzahl	2400 U/min
pe	5,95 kg/cm ²
Drehmoment	10,5 mkg

mittlere Kolbengeschwindigkeit

bei 110 mm Hub	8,8 m/sec
100 mm Hub	8,0 m/sec

Der 35-PS-Motor hätte demnach eine um 250 U/min höhere Drehzahl als der 24-PS-Motor; soll er für den Schlepper des größeren Einschlepperbetriebes verwendet werden, dann muß bei diesem entsprechend der höheren Drehzahl das Getriebe geändert werden, oder aber man müßte sich mit einer Leistung von 32 PS begnügen. Eine Ausweitung dieser Baureihe nach höheren Leistungen hin erscheint nicht als sinnvoll, weil sich hierbei Motoren mit zu großer Zylinderzahl ergeben. Für die Motoren der starken Zugschlepper von 45—60 PS müßte eine größere Zylindereinheit gewählt werden, z. B.

45-PS-Motor in drei Zylindern	mit 3,6 l und
60-PS-Motor in vier Zylindern	mit 4,8 l

beide mit einer Drehzahl von 1800 U/min und einem mittleren Arbeitsdruck von 6,25 kg/cm².

Tafel 1: Vorschlag für ein Motorenbauprogramm für Ackerschlepper (24-PS-Motor als Zwei-Zylindermaschine)

Leistung PS	Zylinderzahl	Hubvolumen ltr	Drehzahl U/min	pe kg/cm ²	B/H mm/mm
15	2	1,10	2000	6,15	80/110
18	2	1,10	2350	5,5	od. 84/100
24	2	1,56	2350	5,9	95/110
35	3	2,34	2350	5,9	oder
45	4	3,12	2000	6,5	100/100
60	6	4,68	1800	6,5	

Schlußfolgerung

Es erscheint unmöglich, alle geforderten Leistungen mit nur einer einzigen Zylindereinheit zu erreichen. Es werden in jedem Fall zwei verschiedene Zylinder notwendig sein. Tafel 1 und Tafel 2 geben Vorschläge dazu. Am sinnvollsten scheint es zu sein, auf dem kleinsten, dem 15-PS-Motor, aufzubauen und diesen als Zwei-Zylindermaschine zu konstruieren, entsprechend dem Vorschlag nach Tafel 2, und für die schweren Zugschlepper von 45 und mehr PS eine andere, größere Zylindereinheit zu wählen. Dabei ergeben sich mit den vorgeschlagenen Hubvolumen und Bohrung-Hub-Verhältnissen Drehzahlen und Kolbengeschwindigkeiten, die heute schon üblich sind. Dementsprechend wird auch mit Kraftstoffverbräuchen zu rechnen sein, die ebenfalls nicht sehr von den jetzt erreichbaren abweichen werden.

Auch die Werte für den mittleren effektiven Arbeitsdruck sind durchaus normal und lassen noch Möglichkeiten offen. Der Schlepper des größeren Einschlepperbetriebes mit einem 35-PS-Motor auf dem Fahrgestell des 24-PS-Schleppers ist bei der in Tafel 2 vorgeschlagenen Baureihe aber nur dann möglich, wenn eine Änderung im Getriebe zugelassen wird.

Um diese Studie nicht zu umfangreich werden zu lassen, wurde sie bewußt auf Viertaktmotoren beschränkt. Die gleichen Rechnungen können natürlich auch für Zweitaktmotoren angestellt werden; man wird dann zu entsprechenden Ergebnissen kommen.

Die vorstehenden Überlegungen haben gezeigt, daß das vom KTL vorgeschlagene Schlepperprogramm nur solche Forderungen an die dazu erforderlichen Motoren stellt, die auch heute schon ohne weiteres erfüllt werden können. Kompromisse hinsichtlich des Baukastenprinzips müssen allerdings dabei in Kauf genommen werden.

Schrifttum

- [1] STEFFEN, G.: Betrachtungen zur landtechnischen Entwicklung. Landtechn. Forschung 9 (1959) H. 2, S. 29—34
 [2] FRANKE, R.: Ein Schlepperbauprogramm. Landtechnische Forschung 9 (1959) H. 3, S. 57—62

Résumé

Werner Kiene: "Some Reflections on a Future Building Programme for Tractor Engines."

The „Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft“ (KTL) — "German Agricultural Engineering Society" — has reported in several recent publications on a building programme for agricultural tractors. Amongst other details, the necessity for a unit construction programme for the engines of the tractors is stressed. The present article examines this project to determine whether such a programme is really necessary and, if so, to what extent it can be realised. The results of this examination show that all the varying power demands of agricultural tractors cannot be met by the utilisation of a standard cylinder unit and that a minimum of two basic engine types will be necessary. Suggestions on the basic design data for these engines, which include details of the number and swept volume of the cylinders and revolutions per minute, are included.

Werner Kiene: «Réflexions sur le programme de construction futur de moteurs de tracteurs.»

Le «Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft» (KTL) a publié plusieurs articles dont l'objet a été l'élaboration d'un programme de construction de tracteurs futur. On a en outre exigé que l'on dresse

Tafel 2: Vorschlag für ein Motorenbauprogramm für Ackerschlepper (24-PS-Motor als Drei-Zylindermaschine)

Leistung PS	Zylinderzahl	Hubvolumen ltr	Drehzahl U/min	pe kg/cm ²	B/H mm/mm
15	2	1,10	2000	6,15	80/110
18	2	1,10	2350	5,50	oder
24	3	1,65	2150	6,10	84/100
35	4	2,20	2400	5,95	
45	3	3,60	1800	6,25	z. B.
60	4	4,80	1800	6,25	105/140

un programme de construction d'éléments interchangeable pour les moteurs de tracteur. Dans l'article présent, l'auteur examine, si et dans quelle mesure un tel programme peut être réalisé. Il constate que toutes les puissances de moteur exigées ne peuvent être réalisées au moyen d'un seul modèle de cylindre, mais qu'il faut construire au moins deux types fondamentaux de moteurs pour lesquels il fait des propositions quant aux données techniques, comme par exemple, le nombre de cylindres, la cylindrée et le régime.

Werner Kiene: «Consideraciones sobre un futuro programa de fabricación de motores pra tractores.»

En varios artículos el «Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft» ha tratado de la conveniencia de establecer un futuro programa para la construcción de motores para tractores. Entre otras cuestiones ha considerado también la construcción de unidades de montaje para dichos motores. En este artículo se habla de las posibilidades de cumplir un programa de esta índole y hasta qué punto, llegándose a la conclusión de que, en vista de las varias potencias que se exigen, no es posible concretarse a una sola unidad de tipo de cilindro, sino que se necesitan por lo menos dos modelos fundamentales de motor, para los que se proponen datos constructivos, como cilindros, cilindrada y número de revoluciones.

Schleppermotoren

Das Institut für Schlepperforschung, Braunschweig-Völkenrode (Direktor: Prof. Dipl.-Ing. H. MEYER), berichtet im neuen Tätigkeitsbericht der Forschungsanstalt u. a. auch über seine Versuche auf dem Gebiet der Schleppermotoren.

Die Untersuchungen der Temperaturen an Zylindern von luft- und wassergekühlten Ackerschlepper-Dieselmotoren können als abgeschlossen angesehen werden (s. Heft 3/1959 dieser Zeitschrift). Ebenfalls abgeschlossen sind die langjährigen Untersuchungen über den Zylinder- und Kolbenverschleiß an luft- und wassergekühlten Dieselmotoren in der Landwirtschaft mit Zylinderleistungen von 9 bis 26 PS (s. S. 146 dieses Heftes). Bei diesen Verschleißuntersuchungen handelte es sich um mehrere Ein- bis Vierzylinder-Dieselmotoren mit einer Zylinderbohrung zwischen 90 und 110 mm. Auf Anregung der Industrie sollen ähnliche Verschleißuntersuchungen an kleinen Dieselmotoren von etwa 5 bis 10 PS Leistung mit einer Zylinderbohrung von 68 bis 85 mm noch durchgeführt werden, da auch bei diesen kleinen Motoren noch keine ausreichenden Erfahrungen über Zylinder- und Kolbenringverschleiß vorliegen.

Im Rahmen der DLG-Prüfungen an Motorgeräten und Mähdrechern hat das Institut die Leistung und den Kraftstoffverbrauch von 8 Diesel- und Ottomotoren ermittelt.

Ferner wurden im Berichtsjahr, wie in den vorhergehenden Jahren, die Erfahrungen über die Verwendung von Flüssiggas (Flaschengas) bei Antriebsmotoren für Mähdrecher in Verbindung mit Mineralölfirnen zusammengetragen. Es liegen nunmehr fünfjährige Erfahrungen vor, die das bereits früher gewonnene Ergebnis einer Kostenersparnis von 30 bis 35% gegenüber Benzinbetrieb bestätigen. Das gilt in gleichem Maße für Selbstfahrer und für gezogene Mähdrecher mit Aufbaumotoren. Bisher sind in einigen Betrieben bis zu 1200 Betriebsstunden ohne Reparatur erreicht worden, wobei eine laufende, gute Wartung der Motoren und sorgfältige Konservierung in der Liegezeit vorausgesetzt werden.