

Über Luftfilterentwicklungen für Fahrzeug- und Schleppermotoren

Teil III¹⁾

Von Obering. K. RICHTER, Dresden

DK 629.1-42:621.436

Durch die bei den Wirbelölfiltern (Bild 11) am Umfang umlaufende Luft wird das Öl nach oben mitgeschleppt. Bei Dauerbetrieb mit konstantem maximalen Luftbedarf fehlt die Möglichkeit des Rückflusses. Das vorwiegend oben über das Prall-

im Reingasraum aufzustauen und durch Mitschleppen in die Reingasleitung zu gelangen.

Bild 13 zeigt die bei der Erprobung ermittelten Wirkungsgrade des Washölfilters und der Kombination mit einem Zyklon. Der Anstieg des Wirkungsgrades des Washölfilters ist wahrscheinlich dadurch verursacht, daß mit zunehmender Staubaufnahme des Öles die Oberfläche des Ölfilmes „rauer“ wird und die Grenzschicht Luft - Öl stärker wirbelt. Nachdem etwa 1 g Staub je 1 g Öl aufgenommen wurde, sinkt infolge Fließbehinderung des Öles der Wirkungsgrad steil (Bild 14) ab. Durch die Fließbehinderung erfolgt kein Ölumlau und die Filteroberfläche bleibt trocken. Gleichzeitig steigt durch das Verstopfen des Filters der Druckbedarf steil an.

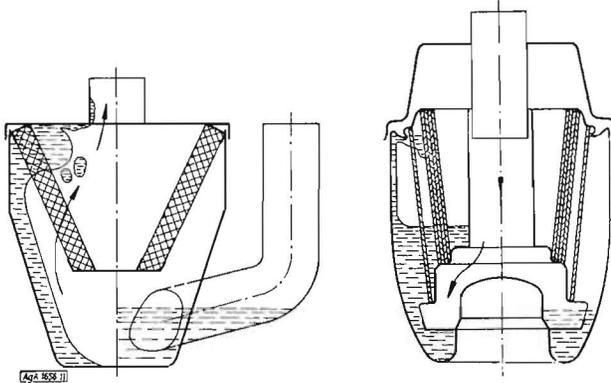


Bild 11. Ölverteilung in Wirbel- und Ölbadfiltern
Linke Hälfte: Betriebszustand, Rechte Hälfte: Ruhe

filter nach dem Reingasraum eintretende Öl wird eine Ölwalst bilden. Durch den im Reingasraum noch vorhandenen Drall wird das Öl am Deckel entlang nach dem Reingasrohr geschleppt, oder es werden die sich aus der Ölwalst lösenden Tropfen von dem Luftstrom mitgerissen. Infolge der im Reingas- und Ansaugrohr vorhandenen höheren Geschwindigkeiten wird das Öl in den Motor weitergeschleppt. Auch bei den Filtern mit zentralem Lufteintritt (Bild 11) wird bei Dauerbetrieb das im Sumpf befindliche Öl zum großen Teil in den Reingasraum hineingedrückt und durch Rückflußbehinderung hier aufgestaut. Damit ergeben sich aber in der verbleibenden Restfläche des Prallfilters höhere Durchtrittsgeschwindigkeiten der Luft, die dann zum Mitreißen von Öltröpfen oder zum Mitschleppen des Öles führen.

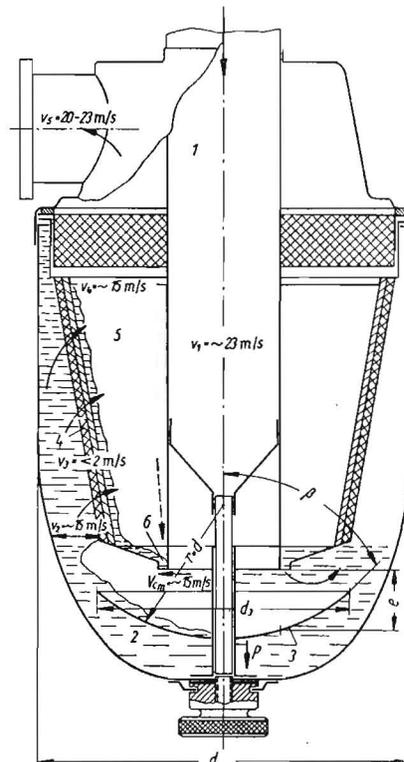
Der von der TEWA als Typ Öl 04/60 gebaute und vom Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen der TH Dresden entwickelte Filter hat diese Nachteile nicht.

In Bild 12 ist dieser Ölbadfilter im Schema dargestellt. Die staubhaltige Luft wird über das Luftzuführungsrohr 1 in das Ölbad geführt und trifft auf den Prallteller 3. Damit wird das oberhalb des Pralltellers befindliche Öl aufgewirbelt und gelangt über das Prallfilter 4 in den Reingasraum 5. Der größte Teil des Staubes wird bereits bei dem Aufwirbeln an das Öl abgegeben und der Rest bei dem Durchgang durch das Naßluftfilter von diesem gebunden. Im Reingasraum 5 trennen sich die Öltröpfen von der Luft und fallen nach unten. Das in den Reingasraum mitgeführte Öl wird auf Grund der Geschwindigkeits- und damit auch Druckunterschiede zwischen diesem Raum und dem Querschnitt Prallteller - Ende des Reingasrohres über den Ringspalt e in den Ölbadsumpf zurückgeführt. Das Öl läuft also dauernd um und hat keine Gelegenheit, sich

3. Filterabmessung.

Auch bei den Abmessungen für Ölbadfilter ist man ausschließlich auf die Erfahrung angewiesen. Zweckmäßig wird von den in den einzelnen Querschnitten zulässigen bzw. erforderlichen Luftgeschwindigkeiten ohne Beachtung von Strömungsbeiwerten ausgegangen. Die bei der Entwicklung der Ölbadfilter mit Rücksicht auf einen geringen Druckbedarf zweckmäßigen Geschwindigkeiten sind aus Bild 12 ersichtlich.

Die Widerstandsziffer K_{10} , bestimmt aus dem Vergleich der durch Rechnung ermittelten Druckhöhe und der durch Versuch bestimmten, liegt bei $\sim 2,5$. - Die vorstehend mitgeteilten Geschwindigkeitswerte haben allerdings nur Gültigkeit für Motoren ab 4 Zylinder ohne stärkere Pulsation.



$$\Delta h = \zeta \frac{(v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + v_4^2 + v_5^2 + v_6^2)}{2g} + \rho Q v_1 (1 + \cos \beta) / F_{d1}$$

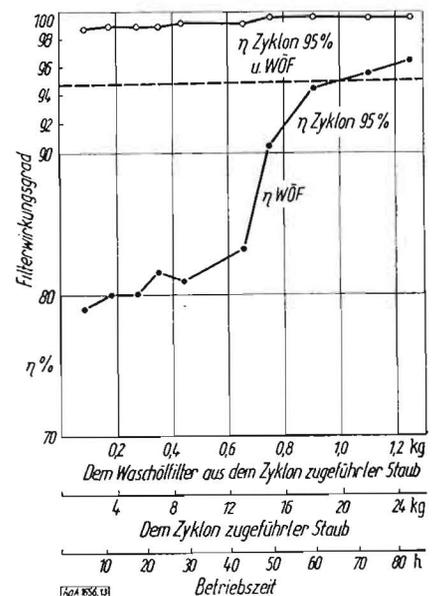


Bild 13. Wirkungsgrad und Betriebszeit einer Zyklon-Ölbadfilter-Kombination
Luftdurchsatz 300 m³/h, Staubbelastung der Luft 1 g/m³, Prüfstaub R (Bild 17)

Bild 12. Ölbadfilter mit Ölumlau zwischen Reingasraum und Ölsumpf.
1 Luftrohr, 2 Ölbadsumpf, 3 Prallteller, 4 Prallfilter, 5 Reingasraum, 6 Ringspalt
Links: Betriebszustand, Rechts: Ruhe

Bei Motoren, die infolge ihrer Zylinderzahl und ungünstigen Ventilzeiten stärkere Pulsationen, oder durch ungünstige Ausbildung des Ansaugrohres Resonanzen aufweisen, genügt für Ölbadfilter ein Abstimmen auf das Ansaugvolumen des Motors nicht. Die in diesen Fällen auftretenden großen Amplituden der Wechselströmung führen unweigerlich zu einem Mitreißen von

¹⁾ Teil I und II s. H. 8, S. 240 bzw. H. 9, S. 271.

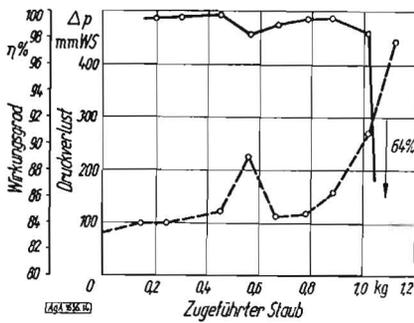


Bild 14. Wirkungsgrad des Ölbadfilters IVK 100
Luftdurchsatz 100 m³/h,
Staubbelastung der Luft 0,5 g/m³,
Prüfstaub KI (Bild 17)

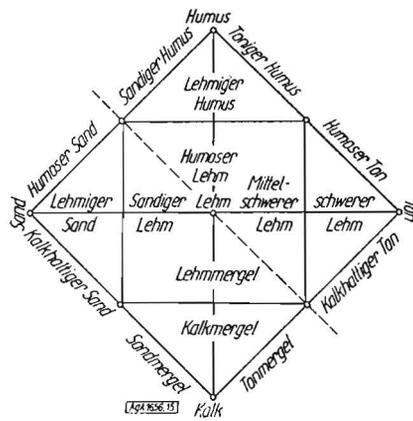


Bild 15. Schema des Aufbaus und der Zusammensetzung von Bodenarten (nach Werner)

Ol. Abhilfe ist bei Vorliegen einer Pulsation nur möglich durch sehr große Filter, Drosselung in den Ansaugleitungen der Filter oder Änderung der Ventilzeiten des Motors.

Bei Vorliegen von Resonanzen muß das gesamte Ansaugsystem untersucht werden und die Resonanzen durch geeignete Maßnahmen, wie Längen- und Querschnittsänderungen der Leitungen beseitigt werden. Entscheidend für die Wirksamkeit der getroffenen Änderung ist hier nur der Versuch am Motor.

4. Die Prüfung von Luftfiltern

Für die Prüfung der Luftfilter ist die Kenntnis der Zusammensetzung des Staubes wichtig, da von dessen Schwebefähigkeit, besonders bei Zyklonen die ermittelten Wirkungsgrade abhängig sind.

Bild 15 gibt nach Werner [4] eine schematische Übersicht über die vielfältige Zusammensetzung der Bodenarten, und Bild 16

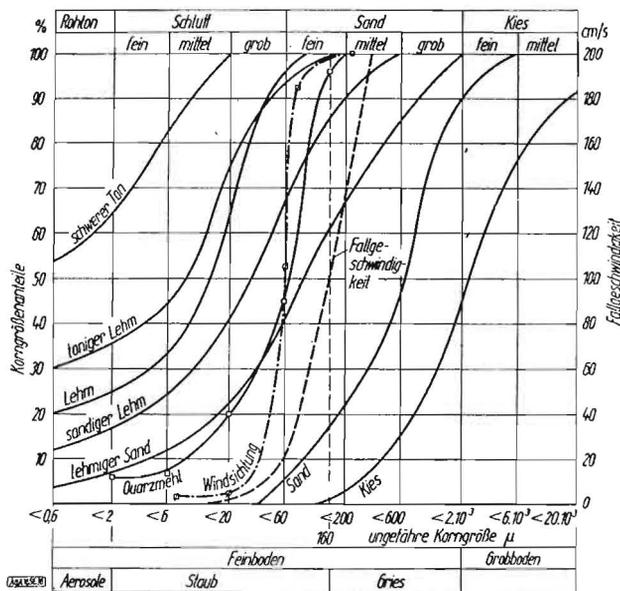


Bild 16. Korngrößenanteile verschiedener Bodenarten

zeigt die von der Bodenart abhängige Korngrößenverteilung. Obwohl es sich hier um die Untersuchungen von Aufschwemmungen [5] (Sedimentation Zunkersche Schwimmwaage) rein mineralischer Böden handelt, gibt diese Darstellung doch einen guten Überblick über die Feinheit und Korngrößenanteile der einzelnen Mineralgruppen. Die für die Staubeentwicklung gefährlichsten Bodenarten sind der magere Lehm, der sandige Lehm und der lehmige Sand, weil diese im Gegensatz zu dem bindigen Ton bzw. tonigen Lehm sehr leicht in ihr Einzelkorn zerfallen. Abhängig von der Korngröße wird der Boden eingeteilt in Grob- und Feinboden. Nach staubtechnischen Begriffen geordnet ergibt sich eine weitere Unterteilung des Fein-

bodens in Aerosole (< 2 μ) Staub (2 bis 160 μ) und in Grieb (160 μ bis 2 mm). Für die Luftfilterung ist infolge der hohen Schwebefähigkeit der „Staub“ von besonderer Bedeutung.

Für die Kennzeichnung als Staub ist die Definition maßgebend, nach der als Staub feste Körper bezeichnet werden, deren Größe je nach spezifischem Gewicht zwischen 2 und 200 μ liegt und die nach kurzer Beschleunigungsstrecke eine gleichförmige Fallgeschwindigkeit (Gesetz von Stokes oder Ossen) von 0,05 bis 100 cm/s haben. Die Beziehung der Korngröße zur Fallgeschwindigkeit hat aber streng nur Gültigkeit für Körper, die aus einheitlichem Stoff mit einheitlicher Dichte bestehen und kugelförmig sind. Nur in diesem Falle kann die

Korngröße aus der Fallgeschwindigkeit und umgekehrt die Fallgeschwindigkeit durch Siebung ermittelt werden. Für stäbchen- oder blättchenförmige, porenhaltige Staubeilchen gelten diese einfachen Beziehungen nicht, und es kann deren Klassifizierung nur nach der Fallgeschwindigkeit erfolgen.

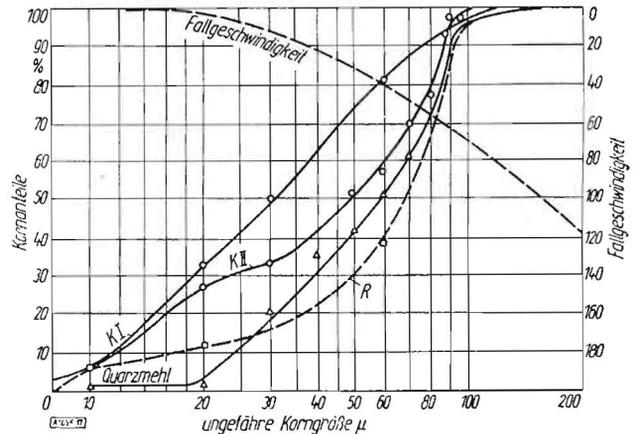


Bild 17. Korngrößenverteilung bei Prüfstaub (Windsichtung)

4.1 Auswahl des Prüfstaubes

Durch die in sehr weiten Grenzen schwankende Zusammensetzung der Bodenarten kann für die Prüfung der Luftfilter nur ein besonders aufbereiteter Prüfstaub verwendet werden, der jederzeit in ausreichender Menge und gleichmäßiger Qualität zur Verfügung steht. Bisher wurden für Prüfzwecke fast ausschließlich Flugaschen als Prüfstaub benutzt. Selbst die Herkunft aus gleichen Staubeabscheidern ergibt infolge wechselnder Kohlezusammensetzung unterschiedliche Flugaschen (Bild 17) und damit auch voneinander abweichende Prüfergebnisse. So wurde mit dem Prüfstaub KI ein Wirkungsgrad von 91,8% (Bild 18), mit KII ein solcher von 94,2%, mit R 98,5% (Bild 18) und mit Quarzmehl ein solcher von 96% im gleichen Zyklon unter gleichen Prüfbedingungen (Luft durchsatz 250 m³/h Staubebelastung 1 g/m³) erreicht.

Während bei der Prüfung von Zyklonen die ermittelten Wirkungsgrade von der Korngröße und deren Anteilen abhängig sind, wird bei der Prüfung von NaBluftfiltern die Form der Staubeilchen das Prüfergebnis beeinflussen.

Die Flugasche besteht im Gegensatz zum Naturstaub vorwiegend aus rundlichen, teilweise hohlen Schlackenkörnern und Flugkoks. Durch das sich ergebende geringe Schüttgewicht wird ein NaBluftfilter bei der Bestäubung mit gleichen Gewichtsteilen Flugasche schneller zugesetzt (Bild 19) als bei der Bestäubung mit Naturstaub [6]. Der Druckverlust steigt steiler an und der Ölverbrauch zur Staubebindung wird durch die vorhandenen größeren Hohlräume in der Kugelschüttung größer sein als bei den vorwiegend eckigen Naturstaubeilchen. Damit sinkt aber der Wirkungsgrad auch rascher ab.

Bei der Suche nach einem geeigneten Prüfstaub wurde auch Quarzmehl, wie es als Rohstoff für die Herstellung von Scheuermitteln benutzt wird, untersucht. In der Korngrößenverteilung (Bild 16 und 17) entspricht es dem leichtstaubenden lehmigen Sand bzw. sandigen Lehm. Unangenehm war zunächst das durch die feinsten Quarzteilchen ($< 5 \mu$) verursachte starke Kleben. Damit war zunächst eine störungsfreie Zuführung des Quarzmehles über das Staubsilo und die Förderschnecke nicht möglich. Aus diesem Grunde wurde das Quarzmehl zur Beseitigung der Feinstteilchen ($< 5 \mu$) geschlämmt. Es genügt hierzu ein einfaches Aufrühren im Wasser. Nach 24stündigem Absitzen wird das überstehende Wasser abgelassen und das Quarzmehl getrocknet. Ein Ausschlämmen von Teilchen über 5μ erfolgt nicht, so daß das Quarzmehl noch den Anforderungen für die Filterprüfung genügt.

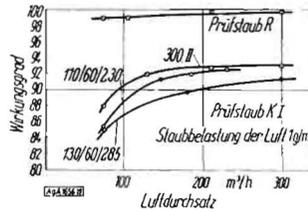


Bild 18. Einfluß des Prüfstaubes auf den Zyklonwirkungsgrad. 300/II Bauart IVK Dresden Reihe 11, 110/60/230 Bauart IfL Bornim mit Kegeldach, 130/60/285 Bauart IfL Bornim mit Kegeldach

5. Vorschlag für die einheitliche Prüfung von Luftfiltern

Um zu erreichen, daß die an verschiedenen Stellen ermittelten Prüfwerte von Luftfiltern miteinander vergleichbar sind, werden nachstehende Prüfvorschriften vorgeschlagen:

Regeln für die Prüfung von Luftfiltern für Fahrzeugmotoren

5.1 Allgemeines

Die Prüfung von Luftfiltern erfolgt grundsätzlich in nicht pulsierender Strömung. (Die Anpassung des Filters an den Motor erfolgt durch Auswahl der Größe und Beeinflussung der pulsierenden Strömung oder der Resonanzen mit geeigneten Mitteln unmittelbar im Betriebszustand.)

5.2 Öl zur Staubbinding

Als Staubbindingemittel werden für Naßluft- und Ölbadfilter Mineralöl oder Mineralölmischungen von ~ 10 Engler bei 50°C benutzt.

5.3 Prüftemperatur

Die Temperatur der Luft soll während der Prüfung $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ$ betragen.

5.4 Prüfstaub

Als Prüfstaub wird Quarzmehl, das von den Persilwerken in Genthin als Rohstoff für das Putzmittel „Ata“ benutzt wird, verwendet.

5.5 Zu überprüfende Eigenschaften

5.51 Ölhaltfähigkeit der Filter

Für alle Luftfilter, die Öl (oder Flüssigkeiten) zum Netzen von Filterpatronen oder zum Waschen der Luft benutzen, ist die Ölhaltfähigkeit zu bestimmen.

5.511 Naßluftfilter

Der vorher gewaschene, getrocknete und reichlich mit Öl getränkte Filter wird bis zur Gewichtskonstanz mit maximalem, der Filtergröße entsprechendem Luftdurchsatz solange belastet, bis kein Ölverlust mehr feststellbar ist. Je größer die auf dem Filter verbleibende Ölmenge ist, desto größer ist auch die Staubkapazität der Filter.

5.512 Ölbad- und Wirbelölfilter

Bei diesen Filtern darf bei maximaler Belastung und zu vereinbarenden Zeiten (für Schlepperfilter 4 Stunden) kein Öl in die Reingasleitung mitgerissen werden. Tritt Mitreißen von Öl ein, so ist der Zeitpunkt zu bestimmen.

5.52 Druckverlust der Filter

Zur Bestimmung des Druckverlustes (gegen Atmosphäre) wird das zu prüfende Filter an ein Rohr von $10 d$ Länge mit einem dem Anschlußmaß des Filters entsprechenden Durch-

messer angeschlossen. Die Druckentnahme erfolgt über eine Wandbohrung von 2 mm Dmr. mit einer Entfernung $6 d$ von der Einlaufkante. Bei Zyklonen muß zur Beseitigung des Dralls ein $2 d$ langes Beruhigungskreuz an der Einlaufkante des Rohres eingebaut werden. Die Angabe des Druckverbrauches erfolgt als Differenz zwischen Gesamtanordnung und Anschlußrohr für 25, 50, 75 und 100% Belastung. Auch während der Bestäubung ist der Druckverbrauch laufend zu bestimmen.

5.53 Filterwirkungsgrad

Der Filterwirkungsgrad $\left[\eta = \frac{\text{zurückgehaltener Staub}}{\text{zugeführter Staub}} \right]$ ist

für 25, 50, 75 und 100% Belastung und mit einer Staubbildung der Luft zu bestimmen, die dem Einsatz des Filters entspricht. Ein Abkürzen der Prüfzeit durch überhöhte Staubbildung ergibt

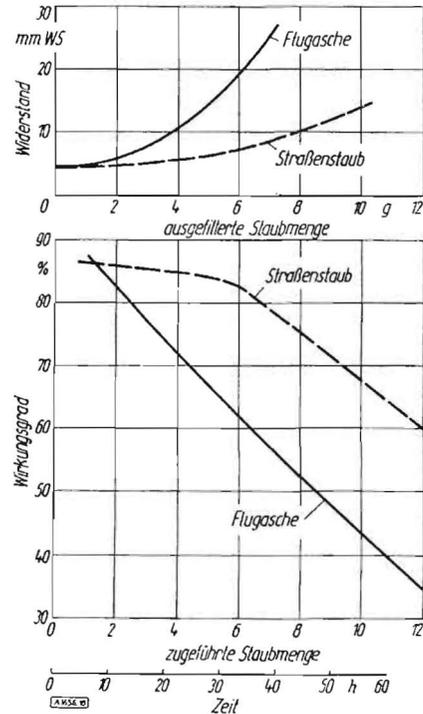


Bild 19. Einfluß des Prüfstaubes auf Druckverlust und Filterwirkungsgrad bei Naßluftfiltern

Fehlmessungen. Für Naßluftfilter ist eine Staubbildung der Luft von $0,05 \text{ g/m}^3$ und für Ölbadfilter usw. von 1 g/m^3 zu wählen.

5.54 Staubkapazität

Die Prüfung der Filter muß zur Erfassung der Staubkapazität bis zum eindeutigen Abfall des Filterwirkungsgrades durchgeführt werden. Ist der Filterwirkungsgrad von der in der Zeiteinheit zugeführten Staubmenge (Staubbildung der Luft) abhängig, so muß die Staubkapazität außerdem abhängig von der Staubbildung ermittelt werden.

Die Angabe der Staubkapazität erfolgt in kg aufgenommenen Staubes.

A 1650

Literatur

- [1] Richter: „Luftfilter im Kraftfahrzeug“. „Großraum und Großflächenfilter“. Deutsche u. ausländische Kraftfahrzeuge. 2. Auflage 1953 VEB Verlag Technik S. 151 bis 179.
- [2] Richter: „Entgegnung zum Verbesserungsvorschlag von Hilbert über Luftfilterprüfung“. Kraftfahrzeugtechnik 3 (1953) S. 354.
- [3] Meldau: „Drallströmung im Drehhohlraum“. Diss. Hannover 1935.
- [4] Roemer-Scheffer: „Lehrbuch des Ackerbaues“.
- [5] Zunker: „Boden- und Grundwasserkunde“. 1. Lehrbrief für das Fernstudium.
- [6] Schmidt: „Einfluß der Staubbildung auf die Versuchsergebnisse mit Luftfiltern, ZVDI 85 (1951) S. 800.
- [7] „Leistungsversuche an Entstaubern“. VDI-Richtlinie 2060.
- [8] Taganik: „Luftfilter der Fahrzeugmotoren“. Automobil- und Traktorenindustrie, Moskau (1949) Heft 10, S. 24.
- [9] Soloweitschik: „Verbesserung des Luftfiltersystems bei Schleppermotoren“, Mechanisierung und Elektrifizierung der Landwirtschaft Warschau (1953) Heft 4, S. 47.