

Bild 6. Einschnitt- und Sortieranlage

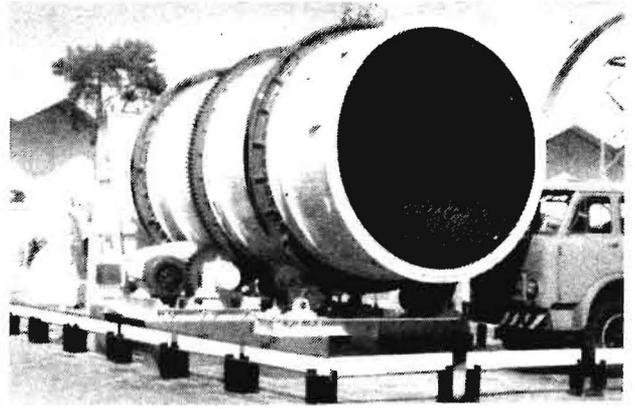


Bild 7. Trommelentrindungsanlage

Die restlose Ausnutzung des Holzes einschließlich der Holzabfälle aus der Forstwirtschaft (Ast- und Wipfelholz) und der Holzabfälle aus Sägewerken und der Holzverarbeitenden Industrie ist eine Schwerpunktaufgabe für die Forstwirtschaft und die Holzindustrie der UdSSR. Die Verwertung zu hochveredelten Produkten, wie Spanplatten und anderem, stand mit im Mittelpunkt der Lesdrewmasch 1973.

Von diesem Komplex besonders erwähnt sei die Hackschnitzellinie U'PSCHA 6 A (Bild 7) mit Trommelentrindungsanlage, Holzhaacker und Sortiereinrichtung. Die Produktivität liegt je nach Größe der Trommel zwischen 5000 und 10 000 m³ Hackschnitzel je Jahr.

Hierzu gehört weiterhin der LKW MAS 504 G, der ein Sattel-schlepper-Kipper mit Hackschnitzelaufbau ist. Dieser LKW mit einem Laderaum von 36 m³ und einer Tragfähigkeit von

12 t ist speziell für den Transport von Hackschnitzeln vom Aufbereitungsplatz zum Verarbeitungs-werk bestimmt.

Schlußbemerkungen

Die Lesdrewmasch 73 zeigte auch, daß sich zwischen den RGW-Ländern eine verstärkte und koordinierte Zusammenarbeit und Spezialisierung auf dem Gebiet der Forschung, Entwicklung und Fertigung von Maschinen und Anlagen für die Forst- und Holzwirtschaft entwickelt. Sie demonstrierte einen hohen Stand der Technik der Sowjetunion und der anderen sozialistischen Länder.

Die Lesdrewmasch 1973 gab auch einen guten Überblick zum internationalen Stand der Mechanisierung der Arbeiten in der Forstwirtschaft und in der Holzindustrie sowie zur weiteren Entwicklung.

A 9422

Wirkungsweise und möglicher Einsatz des Stirlingmotors

Ing. H. Schulz, KDT

Im Jahre 1816 wurde von dem Schotten Robert Stirling ein Motor mit äußerer Wärmezufuhr und geschlossenem Zyklus entwickelt, dessen Patentwürdigkeit 1828 anerkannt wurde. Über 100 Jahre erlangte die Brennkraftmaschine keine Bedeutung, und erst 1938 griff die Firma N. V. Philips Gloeilampenfabrieken, Holland, das Stirlingprinzip auf, um Antriebe für Elektrogeneratoren für funktechnische Anlagen zu schaffen.

Diese Verbrennungskraftmaschine befindet sich noch in der Entwicklung. Durch Lizenzvergaben werden neben den Forschungen bei Philips auch Entwicklungen bei M. A. N. — MWM (BRD), United Stirling (Schweden) und Ford (USA) mit unterschiedlichen Zielstellungen durchgeführt ^{1/1}. Versuchsmotoren wurden bisher im Leistungsbereich von 10 bis 400 PS (7,4 bis 294 kW) bekannt.

1. Funktionsweise und Leistungsregelung

Die Funktionsweise eines Stirlingmotors (auch als Heißluftmotor oder Philips-Stirling-Motor bezeichnet) läßt sich im Vergleich mit einem Otto- oder Dieselmotor erläutern. Diese sind Motoren mit innerer Verbrennung. Arbeit wird hier gewonnen, indem eine bestimmte Luftmenge bei niedriger Temperatur vor oder nach der Zufuhr von Kraftstoff verdichtet

wird, sich durch Verbrennung erhitzt und bei hoher Temperatur ausdehnt. Das gleiche Prinzip liegt dem Stirlingprozeß zugrunde. Der Unterschied besteht aber darin, daß hier keine innere Verbrennung erfolgt, sondern die Wärme von außen her, durch äußere Verbrennung an das Arbeitsgas im Motor geleitet wird.

Das Erwärmen und Abkühlen des Gases kann nicht durch ein und dieselbe Wand erfolgen, da eine einmal erwärmte Wand eine sehr hohe Wärmekapazität hat. Es wird noch zusätzlich ein Verdränger verwendet, mit dessen Hilfe das Gas zum Anwärmen und Abkühlen zwischen einem Raum mit konstant hoher Temperatur und einem Raum mit konstant niedriger Temperatur hin- und hergeschoben wird (Bild 1).

Bewegt sich beispielsweise der Verdränger e nach oben, dann strömt das Gas (verwendet wird überwiegend Helium) aus dem warmen Raum über Erhitzerrohre, den Wärmeübertrager (Bilder 2 und 3) und über Kühlrohre in den kalten Raum, der sich unterhalb des Verdrängerkolbens befindet. Bewegt sich der Verdränger wieder nach unten, strömt das Gas den beschriebenen Weg umgekehrt zurück in den warmen Raum. Durch das Erwärmen steigt der Druck. Bei der erstgenannten Gasbewegung muß das Gas eine große Wärmemenge an den Kühler abgeben, die ihm bei der Rückkehr

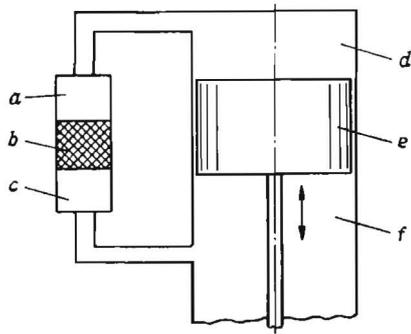


Bild 1. Verdrängerprinzip beim Stirlingmotor:
a Erhitzer, *b* Wärmeübertrager, *c* Kühler,
d warmer Raum, *e* Verdränger,
f kalter Raum

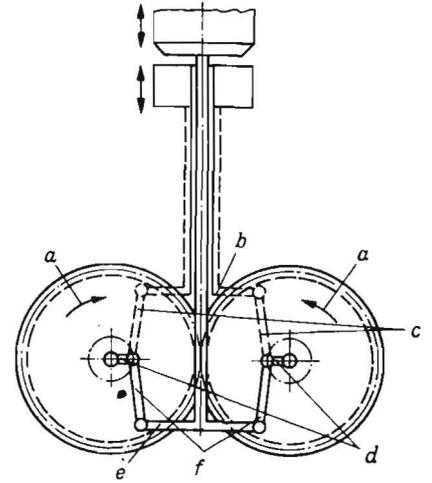


Bild 4. Rhombengetriebe:
a Zahnrad, *b* Pleuelstange, *c* Pleuelstange,
d Pleuelstange, *e* Pleuelstange,
f Pleuelstange

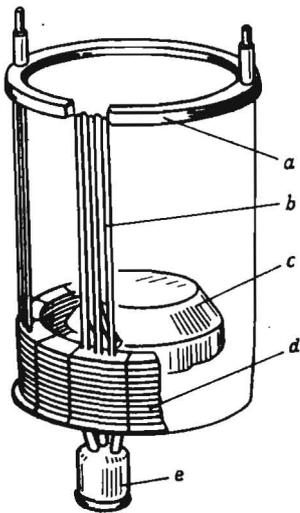


Bild 2
 Erhitzer und Wärmeübertrager 6:
a ringförmiges Sammelrohr, *b* Erhitzerrohr, *c* Zylinderkuppel, *d* Rohrippen, *e* Wärmeübertrager

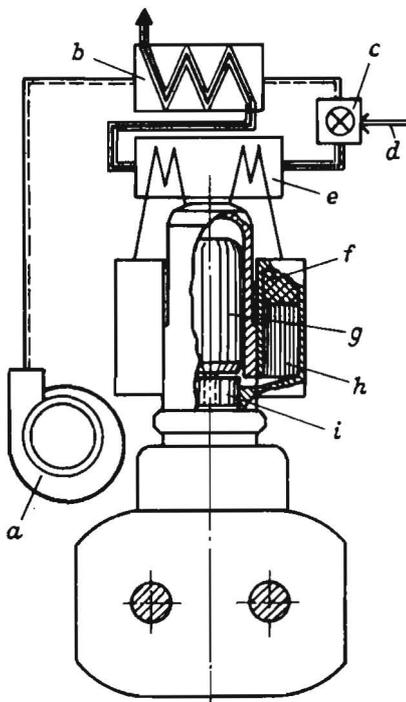


Bild 3
 Stirlingmotor mit Rhombengetriebe:
a Brennergebläse, *b* Luft-Vorwärmer, *c* Brennkammer, *d* Kraftstoffzufuhr, *e* Erhitzer, *f* Wärmeübertrager, *g* Verdränger, *h* Kühler, *i* Pleuelstange

in den warmen Raum im Erhitzer wieder zugeführt werden muß. Damit nicht zu viel Wärme über den Kühler abgeführt wird, ist zwischen dem Erhitzer und Kühler ein Wärmeübertrager (Regenerator) angeordnet. Es handelt sich hierbei um einen Raum, der mit einem Aluminiumgestrick gefüllt ist.

Im Stirlingmotor ist der Verdränger mit einem zweiten Pleuelstange so kombiniert, der Bewegungsablauf beider Pleuelstangen also so abgestimmt, daß das Gas immer dann verdichtet wird, wenn es sich unter niedrigem Druck im kalten Raum befindet, und expandiert, wenn es sich unter hohem Druck im heißen Raum befindet. Hierdurch entsteht am Pleuelstange ein Arbeitsüberschuß. Die erforderlichen Bewegungen des Verdrängers und des Pleuelstanges werden durch ein Rhombengetriebe (Bild 4) verwirklicht, das aus Pleuelstange, Pleuelstange, Pleuelstange, Pleuelstange, Pleuelstange, Pleuelstange, Pleuelstange und Pleuelstange besteht.

Die vier Phasen des diskontinuierlichen Bewegungsablaufs sind (Bild 5):

- I Pleuelstange in tiefster Lage, Verdränger in höchster Lage: alles Gas befindet sich im kalten Raum.
- II Der Verdränger ist in höchster Lage geblieben. Der Pleuelstange verdichtet das Gas bei niedriger Temperatur.
- III Der Pleuelstange ist in höchster Lage geblieben. Der Verdränger hat das Gas über Kühler, Wärmeübertrager und Erhitzer in den heißen Raum geschoben.
- IV Das heiße Gas expandiert. Verdränger und Pleuelstange sind zusammen in der tiefsten Lage angekommen. Anschließend schiebt der Verdränger bei ruhendem Pleuelstange das Gas über Erhitzer, Wärmeübertrager und Kühler in den kalten Raum. Stellung I ist wieder erreicht (2).

Es wird bei diesem Motor mit Arbeitsdrücken des Heliums bis zu 110 kp/cm² gearbeitet (3).

Während beim Otto- und Dieselmotor die Leistungsregelung durch „Gasgeben“, d. h. erhöhtes Kraftstoff-Luftgemisch (Füllungsregelung) oder erhöhte Kraftstoffmenge (Mischungsregelung) erfolgt, wird beim Stirlingmotor durch Druckerhöhung und Erhöhung der Kraftstoffzufuhr am Brenner die Leistung geregelt.

Das System der Leistungsregelung enthält: eine Heliumgasflasche mit einem Druck von etwa 300 kp/cm², einen von einem Motor angetriebenen Hochdruckverdichter, Kontrollventile und Verbindungsrohrleitungen, die mit dem Steuerhebel für die Kraftstoffzufuhr verbunden sind. Die Motorleistung wird durch Vergrößern der Kraftstoffzufuhr zur Düse mit gleichzeitiger Zufuhr von Helium aus der Gas-

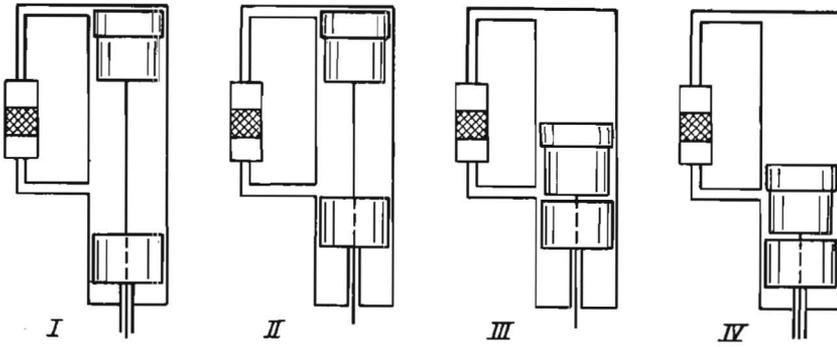


Bild 5. Funktionsprinzip des Stirlingmotors (Erläuterung im Text)

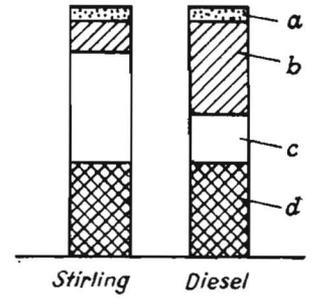


Bild 6. Energiebilanz eines Stirlingmotors und eines Dieselmotors:

a Reibung, b Abgaswärme und Wärmeabstrahlung, c Energieabgabe an das Kühlwasser, d nutzbare Leistung

flasche durch das Kontrollventil in den kalten Zylinderraum gesteigert. Die Leistung wird gesenkt durch Verringern der Kraftstoffzuführung bei gleichzeitigem Abpumpen des Heliums durch den Verdichter aus dem kalten Zylinderraum in die Gasflasche durch das innere Kontrollventil. Dieses System gewährleistet eine schnelle Reaktion auf das Umstellen des Steuerorgans. Bei Entlastung des Motors steigt die Motordrehzahl innerhalb von 0,1 Sekunden von der Mindestdrehzahl auf die Maximaldrehzahl (3000 U/min) /4/.

2. Vorteile des Stirlingmotors

International erregte der Stirlingmotor Interesse durch einige im Vergleich zu Verbrennungsmotoren doch bestehende Vorteile.

Eine Wärmezufuhr durch einfache Dauerbrenner bewirkt, daß keine Zeitprobleme für den Verbrennungsablauf wie bei Verbrennungsmotoren auftreten.

Die äußere und zeitunabhängige Verbrennung ist vollkommener. Das ist beachtenswert, denn bei Verbrennungsmotoren bestehen gegenwärtig Probleme bei der Verringerung der Abgasschadstoffe. Obwohl bisher noch keine speziellen Entwicklungsarbeiten in Richtung günstiger Abgaszusammensetzung unternommen wurden, unterschreiten die Emissionswerte mit $CO = 0,3$ bis $1,5$ g/PSh, $NO = 1,4$ bis 3 g/PSh und $HC = 0$ g/PSh bereits die 1975er Dieselmotorenwerte des Kalifornientests /1/.

Weitere Vorteile sind:

- Geräuscharm und Schwingungsfreiheit (die kontinuierliche Verbrennung des zerstäubten Kraftstoffs ist die wesentliche Ursache des geringen Schallpegels)
- sehr zuverlässiger Start (Entzündung des Brenners z. B. bei $0^\circ C$ in 20 s nach Strahlentzündung)
- unempfindlich gegen Staub
- große Kombinationsmöglichkeit mit anderen wärmeabgebenden Energiequellen anstelle des Brenners
- hohe Hubraumleistung und geringes Masse-Leistungsverhältnis.

Nachteilig kann sich die größere Wärmezufuhr über das Kühlwasser auswirken, obwohl bei dieser Tatsache der Nutzwirkungsgrad bereits dem von Dieselmotoren entspricht (Bild 6) /5/ /6/. Der Bauaufwand und die hohen Herstellungskosten, insbesondere durch das Rhombengetriebe, sind gegenwärtig die entscheidenden Nachteile, so daß hieran mit Nachdruck gearbeitet wird /1/.

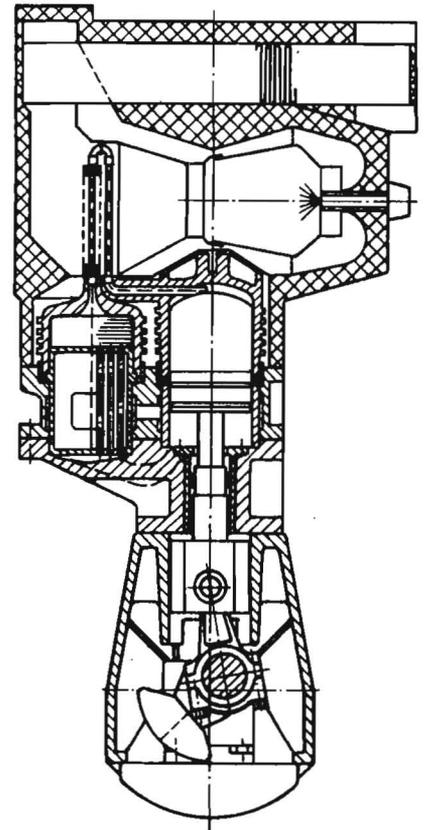


Bild 7. Doppeltwirkender Stirlingmotor, 6 Zylinder in Reihe /1/

3. Weitere Entwicklung und Einsatzmöglichkeiten

Hauptmangel des beschriebenen Stirlingmotors mit Rhombengetriebe ist sein gegenüber einem gleichwertigen Dieselmotor höherer Preis. Im Bestreben, den Stirlingmotor zu vereinfachen und zu verbilligen, werden von Philips und den genannten Lizenznehmern verschiedene Konstruktionsvarianten gebaut und erprobt. Die Entwicklung bei M. A. N. — MWM geht zu neuen Motorkonzeptionen, die besonders durch stark vereinfachte Erhitzerköpfe und Luftvorwärmer gekennzeichnet sind. Projektiert ist von diesen Firmen ein doppeltwirkender Vierzylinder-Reihenmotor mit normalem Kurbeltrieb und Kreuzköpfen (Bild 7). Vereinfachungen gegenüber dem Rhombengetriebe sind klar erkennbar. Nach gleichem Prinzip wurde von der United Stirling ein Vierzylindermotor

in V-Anordnung entwickelt, wohingegen Ford als Lizenznehmer einen billigeren und kompakteren Motor mit einer „Trommelkonstruktion“ (Bild 8) zu schaffen versucht (kreisförmig und liegend angeordnete Zylinder, ähnelt dem Magazin eines Trommelrevolvers).

Die verschiedenen Konstruktionsvarianten deuten auf einen vielseitig vorgesehenen Einsatz des Stirlingmotors hin, denn während man für den Stirlingmotor mit Rhombengetriebe anfangs Anwendungschancen als stationäre Energiequelle, Vielstoffenergiequelle, Schiffs-, Haupt- und Hilfsmaschinen und in der Raumfahrt und Tiefseeforschung sah, plant Ford die Verwendung von Stirlingmotoren, im PKW-, LKW-, Traktoren-, Omnibus- und Militärfahrzeug- und Schiffbau /5/. Ermutigend für das Verwenden im Fahrzeugbau dürfte die sehr große Elastizität dieser Motoren, die geringen Abgaschadstoffe, Anspruchlosigkeit bezüglich der Qualität und Konsistenz des verwendeten Kraftstoffs und die geringen Geräusche sein, die offensichtlich durch Erprobungen in Omnibussen /3/ und PKW /4/ bestätigt wurden.

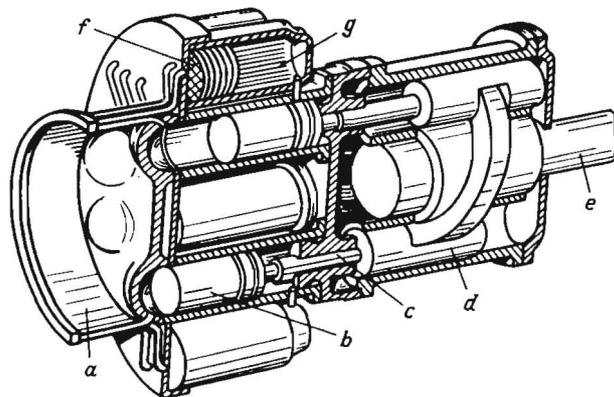


Bild 8. Stirlingmotor in Trommelkonstruktion und mit Taumelscheibenantrieb /6.
a Erhitzerrohre, b Kolben, c Kolbenstange, d Kreuzkopf, e Welle, f Wärmeübertrager, g Kühler

Literatur

- 1/ Kuhlmann, P. u. a.: Umwelteigenschaften von Stirlingmotoren. MTZ 34 (1973) H. 8, S. 264 und 265
2/ Schulz, H.: Der Heißluftmotor. KFT (1970) H. 5, S. 138—139
3/ —: Omnibus mit Philips-Stirlingmotor. KFT (1971) H. 7, S. 220 und 221

- 4/ Malaskin, O. M.: Stirling-Versuchsmotor. Traktoren und Landmaschinen (1973) H. 2, S. 46 und 47
5/ Huhle, P. R.: Heißluftmotor. militärtechnik (1973) H. 8, S. 368—370
6/ Kuhlmann, P. Das Kennfeld des Stirlingmotors. MTZ 34 (1973) H. 5, S. 135—139 A 9306



AGROMASEXPO '74

Internationale Ausstellung von Maschinen und Geräten für die Landwirtschaft und Lebensmittelindustrie — einzige jährlich veranstaltete Ausstellung dieser Art der Mitgliedsstaaten des RGW.

AUF DER AGROMASEXPO '74

können die modernsten Maschinensysteme, Maschinen, Einrichtungen und Geräte für die land- und forstwirtschaftliche Produktion, für die Verarbeitung in der Lebensmittel- und Holzindustrie, für Berieselung und Wasserwirtschaft, für Lagerung, Materialtransport und Verpackung ausgestellt werden.

Veranstalter:

HUNGEXPO

Budapest X, Albertirsai út 10 Postanschrift: 1441 224 188 hexpo

AGROMASEXPO '74

BUDAPEST

14. bis 22. September 1974

Anmeldungstermin: 31. Mai 1974

DIE AUF DER AGROMASEXPO '74

ausgestellten Produktionssysteme, Maschinen und Einrichtungen können in landwirtschaftlichen Betrieben in der Umgebung von Budapest im Betrieb vorgeführt werden.

ANLÄSSLICH DER AGROMASEXPO '74

können Sie Ihre Handelsbeziehungen erweitern.

DIE AGROMASEXPO

ist das sich jährlich wiederholende internationale Treffen der Fachleute.

Direktorat für Ausstellungen der Landwirtschaft und Lebensmittelindustrie

Budapest 70, Postfach 44, Telefon: 47 09 90; Telex: