

FORSTTECHNISCHE INFORMATIONEN

Mitteilungsblatt des

„KURATORIUM FÜR WALDARBEIT UND FORSTTECHNIK“

1 Y 2894 E

28. Jahrgang

Nr. 3

März 1976

Ergonomische und soziale Aspekte sowie Ausbildungsprobleme beim Einsatz multifunktionaler Holzerntemaschinen

Dr. B. Strehlke, Maschinenhof Hannover-Misburg

Im folgenden wird eine Übersicht gegeben über den Inhalt und die Diskussion von acht Beiträgen, die sich mit ergonomischen Aspekten befaßten (B. Pettersson — Schweden, B. Strehlke — Bundesrepublik), mit sozialen Fragen (R. Ferragne — Kanada) sowie mit Ausbildungsproblemen im Zusammenhang mit multifunktionalen Holzerntemaschinen (K. Johnsson — Schweden, T. Sundkvist — Schweden, T. Bjerkelund — Kanada, B. Djurberg — Schweden). Ferner wird über einen Besuch der Forstmaschinenführerschule der Firma Osa in Alfta berichtet.

Dieser Fragenkomplex spielte im Rahmen des Symposiums eine wichtige Rolle. Das Gastland Schweden war in hervorragender Weise dazu geeignet, beispielhafte Lösungen vorzuführen und Anregungen zu geben.

Ergonomische Erfahrungen mit multifunktionalen Holzerntemaschinen

In ergonomischer Hinsicht geht es vor allem darum, den Maschinenführer vor körperlicher und psychischer Überforderung sowie vor Unfällen zu schützen.

Als vor 10 Jahren die ersten multifunktionalen Holzerntemaschinen in Europa Einzug hielten, bestand zunächst die Erwartung, daß bei bloßer Befolgung der Devise „kein Fuß am Boden — keine Hand am Holz“ die Forstarbeit schlagartig befreit werden würde von körperlicher Schwerarbeit, daß die hohen Unfallzahlen zurückgehen und daß die Maschinenbedienung interessant und attraktiv werden würde.

Diese Erwartungen haben sich jedoch zunächst nicht bestätigt. Es zeigte sich vielmehr, daß die erste Generation dieser Holzerntemaschinen ganz erhebliche ergonomische Mängel aufwies besonders hinsichtlich der Gestaltung des Fahrersitzes, des Bewegungsraumes sowie des Raumklimas in der Kabine, der Sichtverhältnisse und des Auftretens von Lärm und Vibration.

Inzwischen konnten erhebliche ergonomische Verbesserungen in der Maschinenkonstruktion erzielt werden. Das gilt besonders für Skandinavien, wo sich in diesem Zusammenhang die Anwendung ergonomischer Checklisten bewährte. Eine ergonomische Checkliste befindet sich auch in der Bundesrepublik in Bearbeitung durch das KWF, deren 2. Entwurf bereits im Rahmen von Maschinenprüfungen durch den Forsttechnischen Prüfausschuß angewendet wird. Ferner beschäftigt sich der Arbeitsausschuß „Mensch und Arbeit“ des KWF mit der Erstellung der Kurzfassung einer ergonomischen Checkliste, die für Maschinenkäufer und Praktiker bestimmt ist.

In der Bundesrepublik wäre es wichtig, aus den skandinavischen Erfahrungen Nutzen zu ziehen z. B. durch Berücksichtigung der dort nunmehr behördlich festgelegten Mindestanforderungen an die Gestaltung von Fahrerkabinen. Keinesfalls sollten multifunktionale Holzerntemaschinen nach der Devise entwickelt

werden: Technik erst, Mensch später. In diesem Zusammenhang sei auch darauf hingewiesen, daß es sehr fragwürdig ist, durch Erfüllung von TUV-Auflagen für die Zulassung aus-



Abb. 1: Blick auf den nach ergonomischen Gesichtspunkten gestalteten Arbeitsplatz eines Forstmaschinenführers. Alle Bedienelemente und Kontrollinstrumente sind übersichtlich und leicht zugänglich angeordnet.

INHALT:

STREHLKE, B.:

Ergonomische und soziale Aspekte sowie Ausbildungsprobleme beim Einsatz multifunktionaler Holzerntemaschinen

KROHN, B.:

Internationale Fachmesse für Forsttechnik, Sägewerkstechnik und Gartenbau, ELMIA, Jönköping/Schweden im Juni 1975

KROHN, B.:

Bedeutung maschinentechnischer Daten

4. Flüssigkeitsgetriebe B. Hydrostatischer Antrieb

ländischer Maschinen zum Straßenverkehr den Arbeitsplatz des Maschinenführers ergonomisch übermäßig in Mitleiden-schaft zu ziehen.

Nur auf einem ergonomisch voll befriedigenden Arbeitsplatz sind voll befriedigende Arbeitsleistungen zu erreichen. Daß sich diese Erkenntnis in Skandinavien durchgesetzt hat, wird jeder feststellen, der auf dem Fahrersitz eines modernen Schichtholzrückezuges, eines Processors oder eines Fäller-Bündlers Platz nimmt, der sich in dem bequemen Polster zurücklehnt, den rechten und linken Unterarm in natürlicher Körperhaltung auf den Seitenlehnen abstützt und mit spiele-rischer Leichtigkeit mit einem Bedienungsknüppel in jeder Hand je bis zu sechs verschiedene Bedienungsvorgänge steuert.

Weniger Unfälle in der Holzernte ?

Ob multifunktionale Holzerntemaschinen dazu beitragen werden, Häufigkeit und Schwere von Forstunfällen zu vermindern, wird sich erst noch erweisen müssen. Dafür spricht, daß der Fahrer in einer sturz-sicheren Kabine gegen von außen ein-dringende Gegenstände geschützt werden kann (wozu man neuerdings überstarkes Sicherheitsglas an Stelle von sichtbe-hindernden Schutzgittern erprobt). Andererseits drohen neue Unfallgefahren beim Auf- und Abstieg auf die Maschine (bei Fäller-Bündlern verwendet man hierzu abnehmbare Leitern), bei der Ausführung von Wartungs- und Reparaturarbeiten, beim Bewegen der Maschine, beim Betätigen der Arbeitswerk-zeuge (in einem Fall wurde z. B. einem Arbeiter der Fuß von einer hydraulischen Fällschere abgeschnitten) und schließlich bei Schichtarbeit und bei Arbeit im Dunkeln. Wie alle diese Faktoren das Unfallgeschehen beeinflussen, werden kürzlich aufgenommene Untersuchungen über Beinahe-Unfälle („near-accidents“) zeigen, die inzwischen angelaufen sind und die gleichzeitig helfen sollen, den Maschinenführer sicherheits-bewußter zu machen.

Schichtarbeit – Für und Wider

Maschinen, die eine halbe bis dreiviertel Million DM kosten, erfordern selbstverständlich aus ökonomischer Sicht eine mög-lichst lange Nutzungsdauer (Ziel: 50.000 Maschinenarbeits-stunden!) und eine hohe jährliche Auslastung. Dies hat vor allem in Nordamerika, aber auch in der Sowjetunion und in Skandinavien, zu einer verstärkten Einführung von Schicht-arbeit geführt. Befragungen von Arbeitern zeigten allerdings, daß sie Schichtarbeit aus vielerlei Gründen für weniger vor-teilhaft halten als einen normalen Achtstundentag. Das über-rascht kaum. Am stärksten wird über Nachtarbeit geklagt we-gen der damit verbundenen Familien-, Freizeit- und Ermüd-probleme.

Eine gemilderte Form von Schichtarbeit, die die genannten Nachteile weitgehend vermeidet, aber dennoch zu einer ver-längerten täglichen Maschinenausnutzung führt, ist die über-schneidende Arbeitsschicht. Danach wird z. B. ein Schichtholz-rückezug oder ein Processor mit zwei Fahrern besetzt. Der erste arbeitet drei Stunden allein, wird dann vom zweiten Fahrer für drei Stunden abgelöst, arbeitet danach ein weiteres Mal für drei Stunden auf der Maschine und fährt dann nach Hause, während der später eingetroffene zweite Fahrer noch drei Stunden auf der Maschine bleibt.

Jeder Mann bedient mithin die Maschine während sechs Stun-den; es werden also täglich 12 an Stelle von 8 Maschinen-stunden geleistet. In den drei Zwischenstunden, die jeder der beiden Maschinenführer anwesend ist, werden Vorbereitungs-, Hilfs- und Pflegearbeiten geleistet und Pause gemacht.

Diese in Schweden weit verbreitete und günstig beurteilte Zeiteinteilung kam in Niedersachsen bei der Windwurfaufer-beitung durch schwedische Waldarbeiter zur Anwendung. Sie

bewährte sich voll und ganz und kann auch anderswo sehr zur Anwendung empfohlen werden.

Psychischer Stress

Bei wiederholter Befragung von Fahrern multifunktionaler Holzerntemaschinen wurde festgestellt, daß diese im Gegen-satz zu Motorsägenführern oder Schlepperfahrern über hek-tisches Arbeitstempo, Monotonie und verstärkte psychische Ermüdung infolge hoher Aufmerksamkeitsbelastung klagten.

Um diesen Erscheinungen zu begegnen, wurde der Versuch ge-macht, die Arbeit durch Einbeziehung von Planungs- und Kon-trollaufgaben interessanter zu gestalten oder einen regel-mäßigen Wechsel mit anderen Arbeiten sicherzustellen. Erste praktische Maßnahmen, die in dieser Richtung unternommen wurden, erwiesen sich jedoch als recht schwierig und stießen bei den beteiligten Arbeitern keineswegs auf volle Zustimmung. Hierbei zeigte sich besonders, daß zusätzliche Kenntnisse und Erfahrungen notwendig sind, die erst noch vermittelt werden müßten.

Am günstigsten ist unter den gegenwärtigen Verhältnissen wahrscheinlich auch in dieser Hinsicht die oben erörterte über-schneidende Arbeitsschicht zu beurteilen, die die Möglichkeit bietet, von acht Arbeitsstunden zwei Stunden auf andere Auf-gaben als die Maschinenbedienung zu verwenden.

Soziale Rückwirkungen hochmechanisierter Holzerntemaschinen

Wie seinerzeit die Motorsägeneinführung in vielen Gebieten Deutschlands nur zögernd vorangetrieben wurde, weil es noch genügend Arbeitskräfte gab, so muß auch bei der abrupten Freisetzung von Arbeitskräften (auf ein Fünftel bis ein Zehntel der Ausgangszahl) beim Übergang zu modernen Holzernte-maschinen darauf geachtet werden, daß ungünstige soziale Nebenwirkungen unterbleiben, die den erreichten Erfolg zu-nichte machen (z. B. durch hohe Kosten für Umschulung oder Umsiedlung).

Besonders problematisch ist in dieser Beziehung die sinnvolle Eingliederung älterer Arbeiter in die neue Beschäftigungs-struktur, der gezielte Anstrengungen zu widmen sind.

Grundausbildung von Maschinenführern

Als vor vier Jahren die zweijährige ganzzzeitliche Berufsschul-ausbildung für Waldarbeiter in Schweden eingeführt wurde, fragte man sich, ob damit nicht ein zu hoher Aufwand ver-bunden sein würde. Inzwischen deuten alle bisher gemachten Erfahrungen darauf hin, daß der eingeschlagene Weg der richtige ist gerade für den rationellen Einsatz moderner Holz-erntemaschinen.

Es bedurfte allerdings erheblicher Anstrengungen, um das alte Ausbildungssystem in das neue zu überführen. Die Zahl der Schulen, die bei den Provinzen eingegliedert sind, wurde von vorher fast 50 auf die Hälfte vermindert bei gleichzeitig we-sentlicher Verbesserung der Ausstattung (vorher ca. 40.000 DM je Ausbildungsplatz, jetzt ca. 600.000 DM!). Eine typische Schule hat je etwa 30 Auszubildende im ersten und zweiten Berufsschuljahr, 40 Teilnehmer an Sonderkursen und ein run-des Dutzend ständige Lehrkräfte.

Das Schwergewicht der Ausbildung liegt eindeutig auf der Grundausbildung. Für solche Waldarbeiter, die nicht mehr der Berufsschulpflicht unterliegen, wird die Grundausbildung auf ein Jahr verkürzt. Jährlich beenden zur Zeit ca. 150 Arbeiter diese einjährige und 500 Waldarbeiter die zweijährige Grund-ausbildung.

Besonderes Augenmerk galt der Bereitstellung technisch und pädagogisch versierter Ausbilder, für die entsprechende Aus- und Fortbildungsmöglichkeiten geschaffen wurden. Von den

Lehrkräften an den Berufsschulen für die Waldarbeit entfallen etwa 25 % auf akademisch ausgebildete Forstleute, 65 % auf Forsttechniker und 10 % auf Lehrer für allgemeine Fächer.

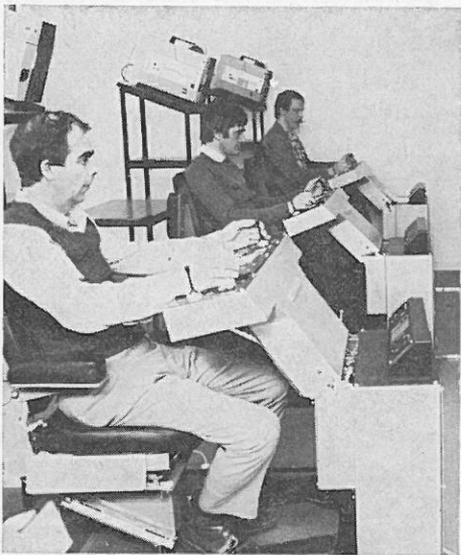


Abb. 2: Ausbildung von Processor-Fahrern am Simulator.

Spezialausbildung für multifunktionale Holzertemaschinen

Die Ausbildung von Fahrern von Schichtholzrückezeugen geschieht in Gestalt 10-wöchiger Spezialkurse an den Waldarbeitsschulen der Provinzen, die hierauf voll eingespielt sind. Bei einem gegenwärtigen Bestand von 3600 Schichtholzrückezeugen in Schweden nimmt dies nicht Wunder.

Für die Ausbildung komplizierter Holzertemaschinen sind die Provinzialschulen jedoch nicht eingerichtet. Hierzu sind solch erhebliche zusätzliche Aufwendungen für Übungsmaschinen und Lehrmittel notwendig, daß eine enge Zusammenarbeit mit den jeweiligen Herstellerfirmen unumgänglich ist. In Schweden trifft dies gegenwärtig auf die Firmen Osa, Kockum und Volvo zu, die alle drei eine jährliche Produktionskapazität von je rund 100 Processoren haben und zusätzlich vor allem mit Fäller-Bündlern in den nächsten Jahren erhebliche Umsätze tätigen werden.

Zunächst wurde versucht, die Ausbildung von Processorfahrern mit der Unterstützung der Schulbehörde nach Auslieferung der Maschine am Arbeitsort durchzuführen. Inzwischen hat sich aber das Schwergewicht solcher Ausbildung auf feste Ausbildungszentren verlagert.

Als Beispiel eines firmeneigenen Ausbildungszentrums wurde dasjenige der Firma Osa demonstriert, das 1972 eingerichtet wurde und gegenwärtig mit fünf ständigen Lehrkräften jährlich rund 500 Personen ausbildet. Die Ausbildungskosten sind im Kaufpreis der Maschine enthalten. Die erfolgreiche Teilnahme an der Ausbildung gilt als Kaufbedingung. Das Lehrgangsprogramm umfaßt Kurse für Maschinenführer, Mechaniker und Aufsichtspersonen und bezieht sich auf Schichtholzrückezeuge, die Fällmaschine Osa 670 und den Processor Osa 705.

Ein Processor-Fahrer wird beispielsweise insgesamt drei Wochen lang ausgebildet in drei Stufen: Vor Auslieferung der Maschine in der Schule, bei Auslieferung der Maschine am Arbeitsplatz sowie nach einiger Zeit zur Auffrischung und Kontrolle erneut am Arbeitsplatz. Voraussetzung ist, daß der künftige Processorfahrer bereits fit ist im Fahren eines Schichtholzrückezeuges.

Für die Ausbildung in der Schule stehen Arbeitsmodelle und Simulatoren zur Verfügung, die ein optimales Einüben der Maschinenbedienung in Form von programmierten Unterweisungen gestatten. Hierzu gehören Fahrerstände mit Originalarmaturen, auf denen der Auszubildende im Lehrraum die im Film gezeigte Arbeitsaufgabe simuliert, wobei jede Fehlschaltung auf Band graphisch registriert wird. Daran an schließt sich die Bedienung der Maschine auf dem Übungsplatz, wo Vorrichtungen aufgebaut sind, die eine endlose Fortsetzung der Übungsarbeiten gestatten. Modelle in reduziertem Maßstab stehen weiterhin zur Verfügung über Betriebselektrik, Hydrauliksystem usw., mit deren Hilfe Fehlersuche und Ausführung von kleineren Reparaturen geübt werden.

Es ist einleuchtend, daß eine solche Ausbildung enorme Vorteile für Maschinenhersteller und -käufer hat. Allerdings drängt sich dabei die Frage auf, ob man sich auf diese Weise nicht zu stark in die Abhängigkeit von den Firmen begibt.

Ausbildung von Diplomforstingenieuren

In Nordamerika, wo die Ausbildung von Maschinenführern in der Forstwirtschaft noch sehr im Argen liegt, werden neuerdings große Anstrengungen unternommen, diesem Mangel abzuwehren. Man ist nämlich zu dem Schluß gekommen, daß die nur zögernde Einführung multifunktionaler Holzertemaschinen, die dort praktisch bereits seit zwei Jahrzehnten zur Verfügung stehen, wahrscheinlich hauptsächlich auf das Fehlen qualifizierter Maschinenführer zurückzuführen ist.

Gleichzeitig mit ersten Maßnahmen zur Einleitung einer geordneten Maschinenführerausbildung richtet sich das Interesse auf eine entsprechende Verstärkung des forstlichen Studiums. Zu diesem Zweck haben die forstliche Fakultät und die ingenieurwissenschaftliche Fakultät der Universität New Brunswick in Kanada einen selbständigen Studiengang zur Ausbildung von Diplomforstingenieuren eingeführt mit starker Ausrichtung auf die Probleme der mechanisierten Holzerte. Die ersten Absolventen dieses Studienganges haben vorzugsweise in Holzeinschlagsbetrieben, in der Forstmaschinenindustrie und in der Forschung Anstellung gefunden. Von ihrer Tätigkeit verspricht man sich günstige Rückwirkungen auf Maschinenkonstruktion und -entwicklung, vor allem aber auf eine bessere Planung und Kontrolle des Einsatzes moderner Holzertesysteme.

Bedauerlicherweise schließt der Studiengang ergonomische Fächer nur wahlweise ein. Unter europäischen Verhältnissen wäre dies kaum noch vorstellbar.

Ausbildung durch den Forstbetrieb

Auch nach Übernahme der Grundausbildung und Spezialausbildung von Maschinenführern und Forstpersonal durch betriebsfremde Ausbildungsstätten besteht für den Betrieb eine wichtige Aufgabe darin, die Ausbildung der Belegschaft laufend zu ergänzen und den betrieblichen Bedürfnissen anzupassen.

Ein gutes Beispiel dafür liefert die schwedische Staatsforstverwaltung, die folgendes Vorgehen bei der Einführung neuer Maschinensysteme anwendet:

- > Informationskurs für das Forstpersonal — ein Jahr im voraus — zwecks Vorbereitung des Maschineneinsatzes, Auswahl geeigneter Maschinenführer usw.
- > Kurs über Arbeitsverfahren und Arbeitstechnik — zwei Monate vor Maschinenauslieferung für ausgewählte Maschinenführer und örtlich zuständiges Forstpersonal.
- > Ausbildungskurs des Maschinenführers — bei multifunktionalen Holzertemaschinen durch die Herstellerfirma (wie oben beschrieben), ergänzt und kontrolliert durch wiederholte Überprüfung des Ausbildungserfolgs und zusätzliche Belehrung durch betriebseigene Instruktoren.

Die Fortbildungsmaßnahmen in der schwedischen Staatsforstverwaltung (nicht nur auf dem Gebiet des Holzeinschlags) beliefen sich 1968 auf durchschnittlich vier Tage je Beamten und zwei Tage je Arbeiter. Die entsprechenden Zahlen für 1975 betragen fünf bzw. 10 Tage. Damit ist es heute möglich, den Betrieb wesentlich rascher an laufende technische Fortschritte anzupassen. Nicht zuletzt dieser Umstand hat den Schweden dazu verholten, die technischen, organisatorischen und sozialen Probleme komplexer Mechanisierung der Holzerte wesentlich besser zu bewältigen als dies in Nordamerika geschah.

Möge diese Einstellung auch in Mitteleuropa Nachahmung finden!

Internationale Fachmesse für Forsttechnik, Sägewerkstechnik und Gartenbau, ELMIA, Jönköping/Schweden im Juni 1975

Bericht von Dipl.-Ing. B. Krohn, KWF Buchschlag

1.0 Allgemeines

Die Tendenz zu einer weiteren Beschleunigung des Mechanisierungsprozesses in der Forstwirtschaft Schwedens läßt es sinnvoll und notwendig erscheinen, die Entwicklungen auf dem skandinavischen Markt zu verfolgen und zu analysieren, um ausgereifte Konstruktionen oder auch nur einzelne Aggregate oder Ideen, angepaßt an die Verhältnisse der Bundesrepublik Deutschland, zu übernehmen. Hierzu bot die Ausstellung ELMIA eine gute Übersicht, da hier die Forstmaschinenpalette Skandinaviens gezeigt wurde. Neben den Großmaschinen, die das Bild der Messe natürlich wesentlich prägten, ging ein stärkerer Trend zu kleineren, weniger kapitalintensiven Maschinen, wie Anbauprocessoren und Kurzholznachläufern.

2.0 Überblick

Klammert man Gartenbau- und Sägewerksmaschinen aus der Betrachtung aus, so wurde das Bild der Messe durch ein vielfältiges Angebot von Forwardern geprägt. Wesentlicher Blickpunkt war das OSA-System mit Feller-Buncher, Processor und Forwarder. Daneben wurde eine Vielzahl von Motorsägen, Kränen, Anbaugeräten für landwirtschaftliche Schlepper, Winden, Primitivkräne, zapfwellengetriebenen Nachläufern und Kleinraupen gezeigt. Das Angebot an Maschinen zur Beseitigung des Schlagabbaus und zur Pflanzung war klein, ebenso beschränkten sich die ausgestellten Mulchgeräte ausschließlich auf den landwirtschaftlichen Einsatz.

3.0 Interessant erscheinende Maschinen und Geräte

3.1 Anbaugeräte

Besonders interessant erschien ein Anbauprocessor der Firma STORSKOJA AB, der als Versuchsmaschine auf einem gebrauchten Kockum-Rückeschlepper 820 aufgebaut war (Abb. 1).



Abb. 1: Anbauprocessor auf Kockum Rückeschlepper

Die Maschine arbeitet bis zu einem max. BHD von 23 cm und soll in Durchforstungen und Endabtrieben einsetzbar sein. Der Auslegearm nimmt die Bäume auf, entastet und schneidet in 3 m Stücke ein.

Zum Schichtholzrücken läßt sich ein landwirtschaftlicher Schlepper sinnvoll mit der Anbauzange Typ UK II der Firma NORGAARD ANDERSEN einsetzen (Abb. 2). Das hydraulisch betätigte Gerät zum Einbau in die Dreipunktaufhängung besteht aus einer Doppelzange und einer Heckplatte, so daß Schichtholz verschiedener Länge bündig gerückt werden kann. Das Gerät wiegt 580 kg, die max. Greifweite beträgt 140 cm.

Ein vielfältiges Anbauprogramm für den landwirtschaftlichen Schlepper zeigte die Firma FMV (FORSHAGA MEKANISKA VERSTAD), z. B. Winden, Primitivkräne und Rückebalken.

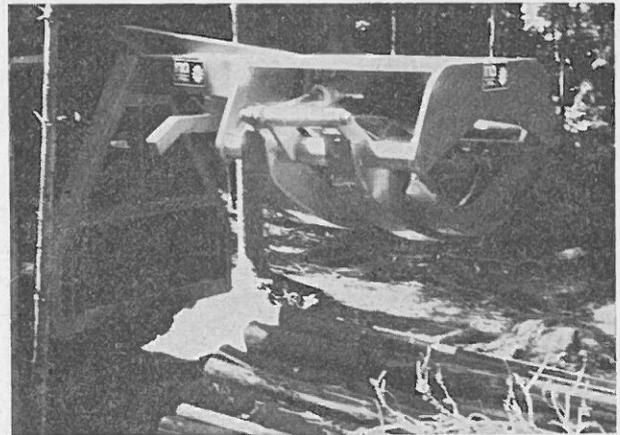


Abb. 2: Rückezange für landwirtschaftlichen Schlepper

Zum Schichtholzrücken wurden zapfwellengetriebene Anhänger von der Firma AB WEIMERS MEKANISKA mit Tragvermögen von 6-12 t angeboten. Die Fahrzeuge besitzen eine Boggie-Achse und wahlweise können FMV-Kräne aufgebaut werden.



Abb. 3: Forwarder mit 42 PS und 4 m Schichtholzladefläche

Eine Lösung zwischen „normalem“ Forwarder und den Anbaufordern stellte die Firma ROSENBERG & KRUISE AB vor, den Forwarder RK 66 SNORRE (Abb. 3). Die 7,8 m lange und 2,14 m breite Maschine ist mit einem 42 PS Perkins-Dieselmotor und einem Cranabkran 2515 mit 3400 kpm ausgerüstet. Die Schichtholzladefläche ist ca. 4 m lang.

3.2 Kleinraupen

Eine für den Rückebetrieb geeignete Raupe stellte die norwegische Firma TRYGVE OWREN A/S vor (Abb. 4). Die



Abb. 4: Kleinraupe für den Rückebetrieb

Maschine ist 2,8 m lang und 1,7 m breit, besitzt einen 28 PS-Zweizylinder-Deutz-Dieselmotor und frontangebaute Igländ-Doppeltrommelwinde. Der Bodendruck wird mit 0,13 kp/cm² angegeben, die Stahlketten können auch abgenommen werden, das Fahrzeug läuft dann auf 6 Luftreifen.

Die von der Firma VALMET gezeigte Raupe TERRI 30 mit 35 PS-Zweitakt-Zweizylinder-Sachsmotor, Kunststoffchassis, Gummiraupen und einem Bodendruck von 0,03 kp/cm² ist dagegen nur als fahrbare Kleinseilwinde anzusprechen.

Eine kostengünstige Alternative zu dem doch sehr aufwendigen Einsatz von Kleinraupen können zusätzlich anmontierbare Radsätze für Schlepper, wie sie z. B. die Firma P. ELLEGAARD A/S anbot, zum Rücken auf weniger tragfähigen Böden darstellen.

3.3 Hackmaschinen

Neben den beiden großen Hackern der Firma BRUKS und der Firma AB CONSTRUCTERS (Abb. 5) wurde eine Vielzahl von kleinen Hackmaschinen zum Anbau an landwirtschaftliche Schlepper angeboten. Das Beschickungsproblem ist bei all diesen kleineren Maschinen jedoch nicht gelöst und Handbeschickung ist ergonomisch nicht vertretbar.

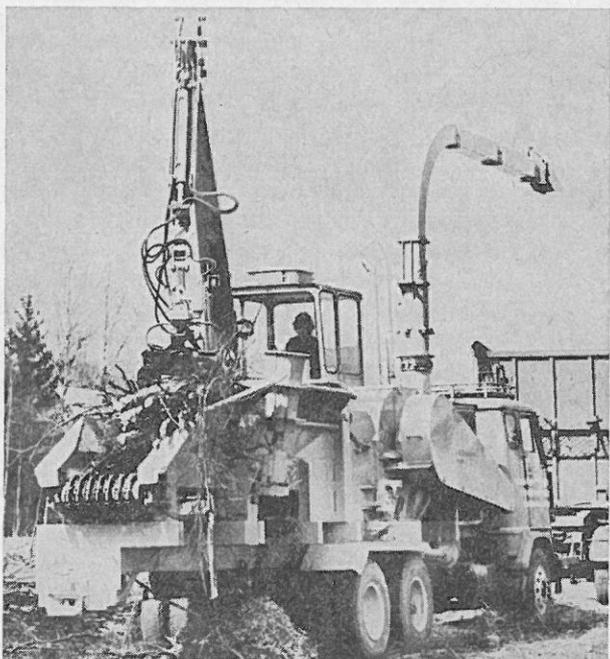


Abb. 5: Großhacker der Firma AB Constructers

3.4 Schutzwagen

Auf diesem Gebiet war das Angebot besonders breit. Neben herkömmlichen Schutzwagen wurden auch solche in Containerform zum Lastwagentransport sowie zum Umsetzen mit Hubschrauber gezeigt, genauso wie einfache Unterstände aus Glasfasermaterial, die in zwei Wannen zerlegt, von Hand umgesetzt werden können. Ebenso reichhaltig waren die angebotenen Ausstattungsmöglichkeiten.

3.5 Kleinseilwinden

Alternativ zu der Radiotir-Alpin der Firma KOLPE-PATENT AB wurde von der Firma NORDFOR eine funkgesteuerte Kleinseilwinde mit hydrostatischem Antrieb in einer untertassenähnlichen Stahlwanne vorgestellt. Diese Konstruktion soll das Führen der Winde beim Bergaufseilen erübrigen. Die technisch sehr aufwendig gebaute Winde besitzt eine max. Zugkraft von 1500 kp (Abb. 6).



Abb. 6: funkgesteuerte Kleinseilwinde

3.6 Pflanzmaschinen

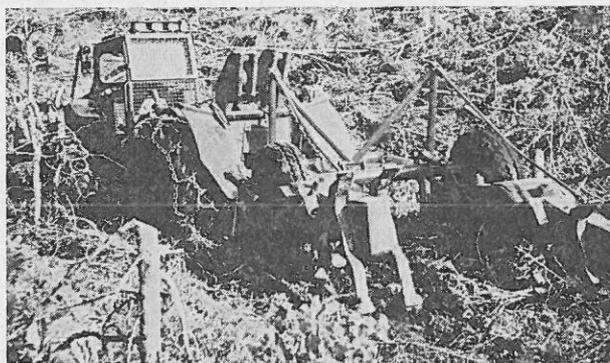


Abb. 7: Pflanzmaschine zur Pflanzung im Schlagabraum

Der BRÄCKE Kultivator der Firma ROBUR MASKIN AB soll Pflanzplätze in Schlagabraum für eine nachfolgende Pflanzung oder für die gleichzeitige Saat schaffen. Das Gerät (Abb. 7) ist als Anhänger für einen schweren Rückeschlepper konzipiert, 5 m lang, 2,53 m breit und wiegt 3000 kp. Die Pflanzplätze entstehen durch das Eingreifen von paarweise auf einer Welle angeordneten Reißerzähnen in den Boden.

3.7 Das USA-System



Abb. 8: USA-Processor

Auch wenn dieses System, bestehend aus drei Großmaschinen, wohl kaum in unsere Einsatzverhältnisse paßt, soll es hier nicht unerwähnt bleiben, da diese Maschinen eine technisch überzeugende Lösung für ein Holzernteverfahren darstellen (Processor, s. Abb. 8). Die Fahrgestelle der Maschinen sind weitgehend baugleich, aber nicht austauschbar.

Bedeutung maschinentechnischer Daten

4. Flüssigkeitsgetriebe

B. Hydrastatischer Antrieb *)

Dipl.-Ing. B. Krohn, KWF - Buchschlag

1.0 Betrachtung der wichtigsten hydrostatischen Maschinen

Im folgenden wird nur von hydrostatischen Maschinen gesprochen, da sich Pumpe und Motor meist nicht grundsätzlich, sondern nur durch die Anordnung der Steuerelemente unterscheiden. Die Maschinen werden in der Reihenfolge behandelt, wie sie in Abb. 3 des Teils A „Grundlagen“ dargestellt worden sind. *)

1.1 Zahnradmaschinen

Bei der Zahnradmaschine mit Außenverzahnung erfolgt der Transport der Druckflüssigkeit in den „Zahnlücken“ zwischen den Rädern und dem Gehäuse (Abb. 1a). Dort, wo sich die zwei Zahnräder berühren, entsteht eine Dichtfläche. Der Vorteil dieser Maschinen ist ihre einfache, billige und robuste Konstruktion. Sie sind jedoch nur wirtschaftlich für kleine und

mittlere Drücke. Nachteilig wirkt sich die hohe Lagerbelastung der Zahnräder — infolge des Druckunterschiedes zwischen Saug- und Druckraum —, der Abdichtaufwand — Linienberührung der Zähne am Gehäuse und Flächenberührung der Stirnseiten der Räder mit dem Gehäuse — und hohe Überdrücke durch Oleinschluß an der Stelle der inneren Abdichtung aus. Will man diese Maschinen bei höheren Drücken einsetzen, so setzt dies relativ hohen Aufwand für Druckkompensation — die Lagerbrille (das in der Abbildung 1a dargestellte Gehäuse wird zur Lagerbrille und die Maschine ist durch ein zusätzliches festes Gehäuse zu ergänzen) wird geschlitzt und von außen mit Drucköl beaufschlagt, so daß sich infolge der Elastizität der Lagerbrille das radiale Spiel verringert — und für Quetschölkanäle — Ableitung der zwischen den kämmenden Zähnen eingeschlossenen Ölmenge — voraus.

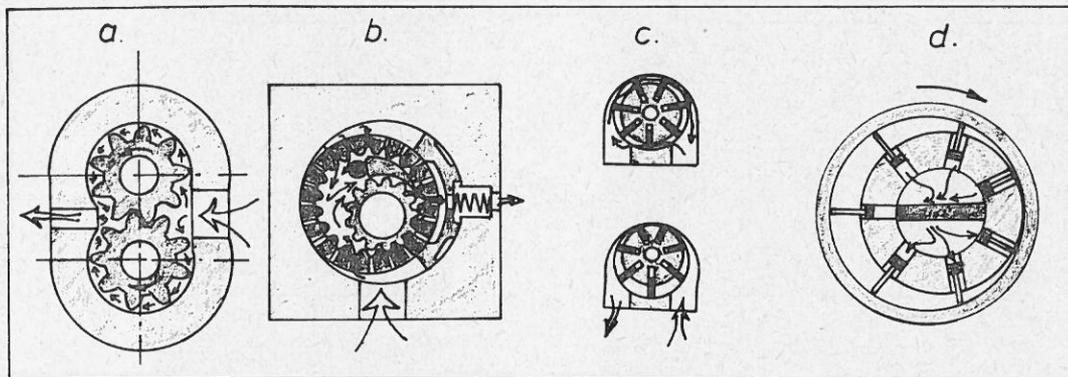


Abb. 1: Funktionsweise von Zahnradmaschine (a), Zahnringmaschine (b), Flügelzellenmaschine (c), Radialkolbenmaschine (d).

Die Zahnradmaschine mit Innenverzahnung (Zahnring) hat gegenüber der Außenverzahnung zwei prinzipielle Vorteile; der konzentrische Eintrieb läßt kleinere Außenabmessungen zu und der wesentlich längere Zahneingriff führt zu einem ruhigeren Lauf. Die Wirkungsgrade dieser Maschine sind auch bei hohen Drücken gut (Abb. 1b).

Das Öl gelangt durch Bohrungen in das innenverzahnte Hohlrad, wird von dem kleineren außenverzahnten Rad an dem sichelförmigen Füllstück vorbei gefördert und tritt durch das Hohlrad und die unten liegende Steuerschale aus. Die Abdichtung zwischen Steuerschale und Hohlrad bzw. Hohlrad und Gehäuse erreicht man durch Federvorspannung.

1.2 Schraubenspindelmaschine

Ähnlich wie bei den Zahnradmaschinen entsteht hier eine Stelle der inneren Abdichtung an der Berührungsstelle beider Spindeln. Die Förderung erfolgt zwischen Spindel und Gehäuse. Wegen der Abdichtprobleme findet diese Maschine kaum Anwendung.

1.3 Flügelzellenmaschine

In einem exzentrisch gelagerten Rotor sind in Schlitzen rechteckige Flügel eingelassen, die sich — bei Pumpen infolge der Fliehkraft bzw. bei Motoren infolge Federkraft oder Druckmittelbeaufschlagung — mit ihrer Außenkante am Gehäuse abstützen. Die Flügel fördern das Druckmittel vom Saugraum

zum Druckraum (Abb. 1c). Durch Verringerung der Exzentrizität läßt sich bei der Pumpe das Fördervolumen bzw. beim Motor das Druckvolumen stufenlos ändern. Bei zentrischer Lage des Rotors wird kein Öl mehr gefördert; in der Maschine fließt nur Blindleistung, d. h. die Flügel transportieren auf der einen Seite das gleiche Volumen vom Saugraum in den Druckraum wie sie auf der anderen Seite zurückfördern. Wird der Rotor nach der anderen Seite exzentrisch verschoben, so erreicht man damit eine Umkehrung der Förderrichtung.

Bei anderen Bauvarianten ist das verdrängte Volumen konstant; bei ihnen hat der Stator eine hubbestimmende Kurve (Beispiel s. Grundlagen, Abb. 3).

Der Vorteil dieser Flügelzellen-Maschinen liegt in ihrem dauerhaften volumetrischen Wirkungsgrad (geringe Leckölverluste), da sich die Flügel dauernd nachstellen. Nachteilig ist, daß Baugröße und Drehzahl der Maschine durch die Linienpressung der Dichtkanten der Flügel am Gehäuse begrenzt werden.

1.4 Sperrflügelmaschine

Diese Maschine beruht auf der Umkehrung des Prinzips der Flügelzellenmaschine. Die Flügel gleiten in Schlitzen im Stator und der Rotor hat eine hubbestimmende Kurve (in Abb. 3 „Grundlagen“ ist dies eine Ellipse).

1.5 Axialkolbenmaschine

Bei diesen Maschinen wird die Hubbewegung der Kolben durch die Relativbewegung zwischen dem Pumpen- bzw. Motorblock und einer schräg liegenden Scheibe erreicht. Man unterscheidet

*) Teil 4. A (Grundlagen) siehe FTI 9/75 S. 69-71.

det 3 Bauformen: die Schwenkkörper- (Schrägtrommel-), Schrägscheiben- und Taumelscheiben-Bauweise.

Bei der Schwenkkörperbauform läuft die Schrägscheibe und der Zylinderblock um und das Gehäuse steht still; bei der Schrägscheibenbauform steht die Schrägscheibe und das Gehäuse und der Zylinderblock rotiert, während bei der Taumelscheiben-Bauweise die Schrägscheibe rotiert und Zylinderblock und Gehäuse stillstehen. Die Druckmittelführung zu dem Zylinder erfolgt durch Schlitze, bei Schwenkkörper- und Schrägscheiben-Bauform jeweils durch den Steuerboden im Gehäuse, bei der Taumelscheiben-Bauform durch eine rotierende Steuer-scheibe (Nachteil: zwei Dichtflächen!). Die Vorteile dieser Maschinen liegen in der gut beherrschbaren Abdichtung der zylindrischen Kolbendichtflächen und in der stufenlosen Einstellbarkeit des Förderstroms durch Veränderung des Anstellwinkels zwischen Schrägscheibe und Zylinderblock. Nachteilig wirken sich die oszillierenden Massenkräfte und die bei Schwenkkörper- und insbesondere bei Taumelscheiben-Bauform komplizierte Ölführung aus.

1.6 Radialkolbenmaschine

Die Bewegung der Kolben bei der innenbeaufschlagten Maschine wird durch die Relativbewegung zwischen dem ringförmigen Zylinderblock und einem exzentrisch gelagerten Außenring erzeugt. Saug- und Druckraum werden durch einen Drehschieber getrennt, dessen Drehbewegung an die des Außenrings gekoppelt ist (Abb. 1d).

Bei der außenbeaufschlagten Maschine wird eine Zwangsbewegung der Kolben über einen innen liegenden Exzenter (Exzenterkolbenmaschine) erreicht. Die bevorzugte Antriebsart ist: Kolbentrommel drehbar, Exzenter ortsfest. Die Problematik dieser Maschine liegt in den weit auseinander liegenden Druck- bzw. Saugräumen begründet (große Steuerflächen).

Der Vorteil der Radialkolben-Maschinen liegt wie bei der Axialkolbenmaschine in der zylindrischen Dichtfläche, Nachteile sind die schlechte Raumausnutzung und das hohe Gewicht der Maschinen.

Auf die in Abb. 3 „Grundlagen“ noch aufgeführte Reihenkolbenmaschine wird hier nicht eingegangen, da das Prinzip vom Verbrennungsmotor her hinreichend bekannt ist.

2.0 Hydrostatische Getriebe

2.1 Begriffe und Symbole

Zum Verständnis nachfolgender Skizzen ist es notwendig, sich mit einigen allgemein üblichen Hydrauliksymbolen vertraut zu machen. Dies soll später dann auch das Lesen von Hydraulikschaltplänen ermöglichen. Die Begriffe und Symbole werden in der nächsten Folge gebracht.

2.2 Hydrostatische Getriebe in aufgelöster Bauform (hydrostatischer Antrieb)

Um zu zeigen, wie einfach sich verschiedene Funktionen in einem rein hydraulischen Antrieb darstellen lassen, wollen wir ein Beispiel konstruieren. Wir rüsten einen Forstspezialschlepper mit 4 Hydraulikmotoren aus, die wir jeweils direkt an den Rädern anbringen (Prinzipsskizze s. Abb. 2). Der Schleppermotor treibt über Zahnradpaare 2 Verstellpumpen an. Den Förderstrom jeder Pumpe teilen wir mit Hilfe eines Mengenteilers und führen ihn den Motoren zu. Durch die Mengenteilung werden die Motoren mit dem gleichen Druck beaufschlagt; wir erreichen dadurch (wegen des Zusammenhangs „Druck proportional Kraft“ und „Kraft proportional Moment“) die Bedingung gleicher Momente an den Rädern. Dies gilt auch für die Räder beider Fahrzeugseiten, da über das Handventil ein Druckausgleich zwischen den beiden Pumpenkreisläufen möglich ist. Dies bedeutet, daß wir für alle Räder eine Differentialwirkung haben. Eine Sperrwirkung („Differentialsperre“) erreicht man durch Betätigung des Hand-

ventils; beide Kreise werden unabhängig voneinander und es können sich bei gleichen Fördermengen (die Fördermenge ist proportional der Drehzahl des Motors bzw. des Rades) ungleiche Drücke, folglich ungleiche Momente und Radkräfte einstellen.

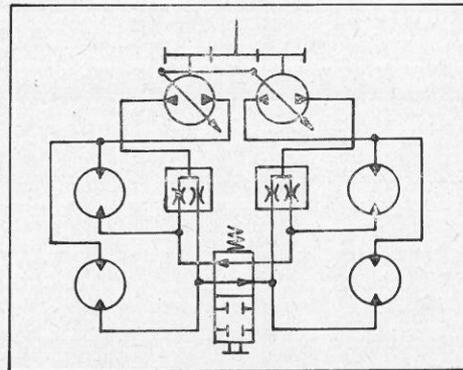


Abb. 2: Prinzipsskizze eines hydrostatischen Antriebs für einen knickgelenkten Schlepper.

Fahrgeschwindigkeitsänderungen bzw. Fahrtrichtungsumkehr erreicht man problemlos durch Mengenregulierung der Pumpen bzw. durch Umkehrung der Förderstromrichtung. Hebt man die in der Skizze eingezeichnete starre Koppelung der Pumpenregelung auf, so erhält man eine verschleißfreie Lenkbremse, die im extremsten Fall — bei Umkehrung des Förderstroms einer Pumpe — das Wenden auf der Stelle ermöglicht.

Getriebe dieser Art findet man auf dem Fahrzeugsektor jedoch nur bei Sondermaschinen, z. B. Mährescher, Raupenfahrzeuge usw. Üblicherweise werden hier mechanische Getriebe eingesetzt. Einen praxisnahen Bezug erhalten wir erst dann, wenn wir vom Getriebe zu dem übergeordneten Begriff „Antrieb“ gehen und im Wald eingesetzte Großmaschinen betrachten. Als Beispiel ist hier die Funktion eines Entrindungs-maschinenantriebes skizziert (Abb. 3). Der Förderstrom einer Verstellpumpe wird von einem Mengenteiler in 3 Teile geteilt und einem Konstantmotor ohne Drehrichtungs-umkehr für den Rotorantrieb und 2 Konstantmotoren mit Drehrichtungs-umkehr zum Antrieb der Förderwalzen zugeführt.

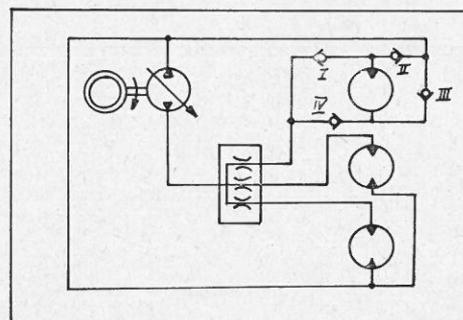


Abb. 3: Prinzipsskizze des Antriebs der mobilen Entrindungsanlage HSM, Typ Klosterreichenbach.

Die Bedingung, daß der Rotor immer die gleiche Drehrichtung behalten muß, auch wenn durch eine Umkehrung der Richtung der Fördermenge die Stachelwalzen den Stamm zurücktransportieren, macht die Anordnung der 4 Rückschlagventile notwendig. Im Normalfall fließt der Ölstrom vom Mengenteiler über das Ventil I zum Motor und über III zur Pumpe zurück; bei Umkehrung der Förderrichtung fließt das Öl über II zum Motor und über IV zurück.

2.3 Hydrostatisches Getriebe in Kompaktbauform

Jeder Praktiker, der von einem hydrostatischen Getriebe spricht, denkt dabei an eine Bauform, wie sie z. B. von der

Firma Eicher im Schleppertyp „Mammut“ realisiert wurde. Hier handelt es sich jedoch schon wieder um eine Sonderform eines Getriebes: ein leistungsverzweigtes Getriebe. Leistungsverzweigung bedeutet, daß Bewegungsenergie über 2 verschiedene Wege übertragen werden oder übertragen werden können. Im vorliegenden Fall handelt es sich um hydraulische und mechanische Energie. Für Nutzfahrzeuge ist ein solches Getriebe aus wirtschaftlichen Gründen besonders geeignet, um den ansonsten schlechten hydraulischen Wirkungsgrad dadurch zu verbessern, daß man im Bereich der Auslegungsgeschwindigkeit des Fahrzeuges große Leistungsanteile (oder die gesamte Leistung) mechanisch überträgt.

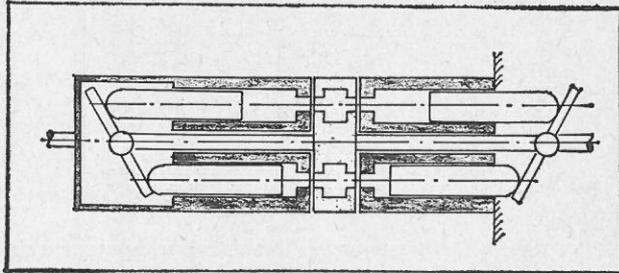


Abb. 4: Hydrokompaktgetriebe

Abb. 4 zeigt den Aufbau und die Funktionsweise eines solchen Getriebes, das aus zwei Axialkolbenmaschinen (Schräg- bzw. Taumelscheiben) in kompakter „back-to-back“ Konstruktion besteht. Die beiden Schrägscheiben sind über den gemeinsamen Steuerboden starr miteinander verbunden. Der Antrieb motorseitig erfolgt über das Gehäuse der ersten Axialkolbenmaschine. Beim Anfahrvorgang ist die Abtriebsdrehzahl des Hydrowandlers gleich Null, das bedeutet, daß auch die Schrägscheibe der ersten Maschine still steht. Durch die Relativbewegung zwischen dem sich drehenden Gehäuse und der Schrägscheibe werden die Kolben bewegt, die Leistung wird rein hydraulisch übertragen (durch einen sehr kleinen Hub in der ersten Maschine und einen sehr großen Hub in der zweiten sind hohe Ausgangsmomente möglich) und das Fahrzeug fährt an. Wegen der starren Koppelung zwischen Abtriebswelle und Schrägscheibe der ersten Maschine vermindert sich der hydraulisch übertragene Leistungsanteil sofort nach dem Anfahren mit wachsender Drehzahl, da ja nur die Differenzdrehzahl zwi-

schen Gehäuse (der ersten Maschine) und der sich bewegenden Schrägscheibe zu einer Kolbenbewegung führt. Man spricht deshalb auch von einer Differenzschaltung. Ist Antriebs- und Abtriebsdrehzahl des Getriebes gleich, so wird keine Leistung hydraulisch übertragen (Differenzdrehzahl zwischen Gehäuse und Schrägscheibe der ersten Maschine ist gleich Null), man erhält einen rein mechanischen Durchtrieb.

Es erscheint noch wichtig, den Fall beim Schleppen des Fahrzeuges zu betrachten. Für das Getriebe kehrt sich dabei die Durchtriebsrichtung um (Abtriebseite wird Antrieb). Man erhält für das gezeigte Getriebe eine sogen. Sumpfschaltung, d. h. durch die Schrägscheibe der zweiten Maschine wird hydraulische Energie erzeugt und man hat gleichzeitig einen mechanischen Durchtrieb über den Steuerboden zur Maschine 1. In diesem Fall tritt Selbsthemmung ein (man kann sich dies so vorstellen: beide Maschinen werden als Pumpen betrieben und arbeiten gegeneinander). Dies bedeutet für den praktischen Gebrauch, daß ein Fahrzeug mit hydrostatischem Kompaktgetriebe nicht angesleppt werden kann und daß ein Abschleppen des Fahrzeuges nur möglich ist, wenn man durch ein zusätzliches Ventil den Hydraulikkreis zwischen beiden Maschinen kurzschließt.

3.0 Folgerung

Für den hydrostatischen Antrieb sind folgende Maschinen von besonderer Wichtigkeit:

- > Axialkolbenmaschinen für die Übertragung hoher Leistungen,
- > Zahnradmaschinen wegen ihrer kleinen Abmessungen und der einfachen und robusten Bauweise.

Hydrostatische Getriebe in aufgelöster Bauform haben trotz vieler Vorzüge nur geringe Bedeutung im Bereich des Fahrtriebes für Schlepper, da die hydraulische Kraftübertragung mit einem schlechteren Wirkungsgrad behaftet ist als die mechanische (Zahnradgetriebe). Große Bedeutung hat dieser Antrieb jedoch für Großmaschinen (Processoren, Entrindungsmaschinen usw.).

Anwendung findet das hydrostatische Getriebe im Schlepperbau als Kompaktgetriebe mit innerer Leistungsverzweigung, da man hier gegenüber den rein hydraulischen Antrieben wesentliche Wirkungsgradverbesserungen erzielt.

In memoriam

Im Februar 1976 verstarben die langjährigen Mitglieder des KWF

Landforstmeister a. D. Gerhard Petri, Wiesbaden,

Landforstmeister a. D. Wolf Freiherr Speck von Sternberg, Wiesbaden.

Wir gedenken ihrer in Anerkennung.