

Technische Merkmale moderner Traktoren

Hinweise zum Schlepperkauf

2.1.2.1 Technische Merkmale moderner Traktoren Seite 289

Dr. Reinhold Wenzlaff

Technische Merkmale moderner Traktoren

Hinweise zum Schlepperkauf

März 2000

Dr. Reinhold Wenzlaff ist Lehrer für Landtechnik und Betriebswirtschaft an der Beruflichen Schule Itzehoe, Tel. 04821-64212, Fax-Nr. 04821-648-40, Email: R.Wenzlaff@t-online.de

Dr. Wenzlaff war erster Stipendiat der Prof.-Udo-Riemann-Stiftung.

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Leiter: Dr. Hardwin Traulsen

Am Kamp 13, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-847940, Fax: 04331-847950

Internet: www.rkl-info.de; E-mail: mail@rkl-info.de

Gliederung

	Seite
1. Vorwort	292
2. Informationsquellen	293
3. Bauarten und Einsatzprofile	293
4. Der Motor	301
4.1. Motorkonzepte	301
4.2. Motorcharakteristik	301
4.2.1 Kennwerte Leistungs- und Drehmomentverläufe	301
4.2.2 Kennwerte absoluter und spezifischer Kraftstoffverbrauch	303
4.3. Kennwerte Zapfwellenwirkungsgrad und Zugleistungswirkungsgrad	304
4.4. Einspritztechnik	305
4.5. Kühlung	305
4. Das Getriebe	306
5.1. Anforderungen an Getriebe	306
5.2. Stufengetriebe	307
5.3. Stufenlose Getriebe	310
6. Die Zapfwelle	314
7. Die Hydraulik	316
7.1. Hydrauliksysteme und Ausstattung	316
7.2. Heck- und Frontkraftheber und deren Regelung	319
8. Die Achsen	321
8.1. Vorderachse, Federung	321
8.2. Hinterachse, Differential, Bremsen	326
9. Die Kabine	327
9.1. Einstieg, Sicht- und Platzverhältnisse	327
9.2. Kabinenfederung, Sitz und Lärm	329
9.3. Klimatisierung	331
9.4. Bedienungskomfort	332
10. Die Wartungsfreundlichkeit	334
11. Literatur	336

1. Vorwort

Im Jahre 1972 erschien im Rahmen der RKL-Schriftenreihe, die letzte zusammenfassende Darstellung der damals modernen und in der Diskussion stehenden Schleppertechnik. Dr. Traulsen zeigte, die damals vorhandenen technischen Lösungen auf und wertete sie aus Sicht der Praxis.

Viele der damaligen Diskussionspunkte sind aus heutiger Sicht überholt. In vielen Bereichen hat es große technische Fortschritte gegeben, insbesondere bei der Elektronik, dem Fahrkomfort im weiteren Sinne aber natürlich auch bei der Motoren-, Getriebe- und Hydrauliktechnik.

Wesentlich verändert hat sich auch der Markt, dem sich die Hersteller anpassen müssen. Der Strukturwandel auf den Höfen und der Zwang zur Produktivitätssteigerung hat die Bedeutung der oberen Größenklassen ständig steigen lassen. Die Wiedervereinigung und die dadurch massiv wachsenden Forderungen nach Großschleppern im quasi agroindustriellen Einsatz aber auch der zunehmende Lohnunternehmereinsatz haben neue Anforderungen an die Hersteller gestellt.

Gleichzeitig handelt es sich aber auch um einen eher schrumpfenden Markt. Durch die Schaffung globaler Positionen und technischer Lösungen, die unter Berücksichtigung kleiner nationaler Modifikationen universell einsetzbar sind, versuchen die Hersteller diese Herausforderungen zu meistern.

Die Folge sind häufige Modellwechsel, wechselnde technische Lösungen und eine deutliche Schrumpfung der Anbieterzahlen. Heute bestimmen nur noch wenige, häufig multinationale Konzerne, oder in diese eingebundene Hersteller den Markt. Vielfach werden Komponenten derselben Zulieferer eingebaut.

Dies erschwert häufig den technisch objektiven Vergleich von ähnlichen Leistungsklassen verschiedener Hersteller. Auch die Vergleichbarkeit der Kaufpreis wird durch diese Differenzierung erheblich erschwert.

Je stärker die betrieblichen Gegebenheiten sich unterscheiden, desto schwieriger werden verallgemeinernde Aussagen zur Gesamtwirtschaftlichkeit. Diese ergibt sich aus dem Systempreis, den Betriebs-, Wartungs- und Reparaturkosten, dem Wiederverkaufswert, der Auslastung und Arbeitsleistung im Betrieb und nicht zuletzt der Nähe, Zuverlässigkeit und Servicefreundlichkeit des Reparaturbetriebes.

Viele dieser Faktoren sind im vornherein nicht exakt bestimmbar oder entziehen sich einer objektiven Betrachtung. Am Ende einer derartigen Abwägung wird jeder Unternehmer möglicherweise zu einer anderen Entscheidung kommen. Er hat seine Entscheidung letztendlich selbst zu treffen und zu verantworten.

Das vorliegende Heft möchte die heute angebotene Technik kurz darstellen und versuchen, sie aus dem Blickwinkel der Praxis hinsichtlich ihrer Eignung und Notwendigkeit einzuschätzen.

Bedanken möchte ich mich sehr herzlich bei den Traktorenherstellern, Herrn Holz von der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Herrn Lober von der DLG-Prüfstelle in Groß-Umstadt, Herrn Heitmann von der Landwirtschaftskammer Hannover und Herrn Fröba vom KTBL in Darmstadt für ihre große Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchsicht dieses Heftes.

2. Informationsquellen

Die Produktpalette auf dem Schleppermarkt ist groß, die Modellreihen wechseln ständig. Die Marktübersicht ist schwer, denn die Unterschiede zwischen den Produktlinien eines Herstellers sind z.T. größer als die Unterschiede zwischen den Herstellern. Den zunehmend differenzierteren Kundenwünschen begegnen die Hersteller mit einer starken Differenzierung der Ausrüstung, der Ausstattung, der Erstreifenbestückung und des Zubehörfanges innerhalb einer Serie. Dem Kunden werden, fast wie beim Automarkt, seine individuellen Wünsche erfüllt. Darunter leidet allerdings die Transparenz mehr oder weniger deutlich.

Wertvolle Hinweise geben die OECD-Tests und die DLG. Der freiwillige OECD-Test wird in allen Ländern nach gleichen Kriterien durchgeführt. Diese Werte sind reproduzierbar und gut miteinander zu vergleichen. Die Prüfungen durch die DLG sind ebenfalls freiwillig. Die DLG führt im Auftrag der OECD und für die Zeitschriften Profi und top agrar Prüfungen durch. Kurzfassungen dieser Ergebnisse sind in den DLG-Sammelbänden zu finden.

Die DLG-Prüfung umfaßt eine zusätzliche Feldprüfung, sie gibt auch Wertungen ab. Neben den dort gemessenen Daten interessieren den Praktiker aber auch viele Zusatzinformationen, die man mühsam aus der einschlägigen Fachpresse zusammensuchen muß.

Der Landwirtschaftsverlag (top agrar, Profi) bietet, wie die DLZ eine umfangreiche Darstellung von Prüf- und Fahrberichten versierter Schleppertester und Berichte über die Erfahrung von Landwirten. Jährlich im November erscheint eine große sehr ausführliche Typentabelle als DLZ-Sonderheft.

Neben den Erfahrungen von bekannten Betriebsleitern sind auch Lohnunternehmer, bei denen hohe Einsatzleistungen erreicht werden, Händlerkontakte und Messebesuche sinnvolle Informationsquellen.

Die Bilder in diesem Buch sind fast ausschließlich Werkbilder. Wir danken den Herstellern für das zur Verfügung gestellte Bildmaterial.

3. Bauarten und deren Einsatzprofile

Neben dem bekannten Standardtraktor unterscheidet man die Systemtraktoren und Schnelltraktoren, häufig auch als Schnellläufer bezeichnet für den Geschwindigkeitsbereich von 30-80 km/h. Daneben gibt es die Sonderbauformen der Knicklenker, der Geräteträger, der Traktoren für Sonderkulturen (z.B. Weinbau) und neuerdings die der Gummibandfahrzeuge, wie z.B. den Claas Challenger.

Der Standardtraktor hat nach Knechtges den Fahrerplatz hinten, die Achsschenkelenkung vorn, eine ungefederte Hinterachse, eine Pendelachse vorn und er wird in großen Stückzahlen gebaut.

Der Standardtraktor wird auch künftig für die meisten Einsatzbereiche die universelle Lösung bleiben. Der Anteil der oberen Leistungsklassen ab 60 kW wächst bedingt durch den landw. Strukturwandel deutlich.

Abb 1: Fendt Vari 900 mit elektronischer Motorregelung, stufenlosem Getriebe und neuem Design

Zwei Bauweisen sind zu unterscheiden.

Das alte System der Blockbauweise bringt statische Probleme bei der Übertragung großer Kräfte. Die Gehäuse für Motor und Getriebe müssen unnötig stabil gebaut werden, dies erhöht die Leergewichte und reduziert die Zuladung, außerdem gehen die Motorschwingungen direkt auf Getriebe und Kabine über. Auch die Modulbauweise (verschiedene Motor- und Getriebekombinationen) ist schwieriger zu realisieren.

Die bis vor wenigen Jahren bevorzugte Blockbauweise wird insbesondere bei größeren Traktoren durch diese Halb- oder Vollrahmenbauweise ergänzt. Hier werden Motor und Getriebe in einen Rahmen eingebaut. Auch der Anbau von Frontladern und Fronthydraulik ist leichter möglich. Zusätzlich erleichtert wird auch das Mitführen von schweren Anbaugeräten, wie z.B. großen Bestellkombinationen.

Abb. 2: Rahmenbauweise bei John Deere

Durch die zusätzliche Motorlagerung wird die Schwingungsdämpfung (Laufruhe) verbessert. Die Rahmenbauweise gestattet bei gleichem Leergewicht im Regelfall eine höhere zulässige Nutzlast. Gleichzeitig bietet sie eine Vereinfachung des Baukastenprinzips und eine Verbesserung beim Lärmschutz. Außerdem können auch

LKW-Motoren eingebaut werden. Das kann die Herstellungskosten senken, denn es kommen große also kostengünstige Serien zum Einsatz.

Neben der Rahmenbauweise findet man häufig auch die Halbrahmenbauweise, bei der nur der Motor in einem Rahmen sitzt. Dieser ist am Getriebe verschraubt.

Größere Schlepper (z.B. Case MX Magnum) haben den Rahmen im mittleren Bereich, einer Wespentaille gleich, leicht eingeschnürt. Der Wenderadius wird kleiner, denn die Vorderräder lassen sich weiter einschlagen. Dadurch verbessert sich gleichzeitig die Sicht an den Seiten und der Motor rutscht etwas nach vorn. Die Gewichtsverlagerung nach vorn führt zu einer besseren Achslastverteilung. 40% des Gewichtes ruhen bei diesen Schleppern auf der Vorderachse.

Systemtraktoren haben demgegenüber zusätzliche Auf- und Anbauräume und durch eine mittigere Sitzposition eine bessere Sicht auf den Frontanbau. Die Zuladung ist höher, serienmäßig sind sie mit Frontkraftheber und Frontzapfwelle ausgestattet. Die Vorderachse ist vergleichsweise stärker belastet. Beispiele sind der Fendt Xylon oder der heute nicht mehr gebaute MB-Trac und der Doppstadt-Trac. Gegenüber den Standardtraktoren hatten sie früher auch deutlich höhere Geschwindigkeiten, damit waren sie gerade bei Transportfahrten überlegen. Einige der genannten Merkmale sind in den letzten Jahren schrittweise auch bei den Standardtraktoren eingeführt worden. Dies gilt nicht nur für die Frontzapfwelle und -hydraulik, sondern auch für die Sichtverbesserung und Verbesserungen beim Bedienungskomfort. Auch gefederte Vorderachsen (ab 40 km/h) und hohe Endgeschwindigkeiten sind heute kein Privileg der Systemtraktoren mehr, nur der dritte Anbauraum ist als klares Unterscheidungsmerkmal geblieben. Die Systemtraktoren finden ihren Haupteinsatz in mittelgroßen Betrieben, in denen Arbeitsgänge kombiniert oder Spezialarbeiten (Zuckerrübenenernte, Spritzen) in Eigenregie erledigt werden. In sehr großen Einheiten stehen sie häufig in Konkurrenz zu Spezialgeräten und Trägerfahrzeugen. Der kommunale Sektor und der Einsatz in Lohnunternehmen sind weitere wichtige Absatzmärkte.



Abb. 3: Systemtraktor Fendt Xylon

Geräteträger mit einem möglichen vierten Anbauraum zwischen den Achsen haben ihre Vorzüge, ähnlich wie die Systemtraktoren, in der Kombination mehrerer Arbeitsgänge

bei Bestellung, Pflege und im Futterbau. Besondere Vorteile bieten sie wegen ihrer optimalen Sichtbedingungen und Geräteführung in Reihenkulturen.

Allerdings gibt es z.Z. nur Geräte mit max. 88 kW. Bei höherem Leistungsbedarf ist der Schritt zum Systemschlepper notwendig.



Abb. 4: Fendt Geräteträger

Schnelltraktoren haben mit einer möglichen Höchstgeschwindigkeit von über 60km/h ein zusätzliches Leistungsmerkmal. Wegen der höheren Geschwindigkeit sind beide Achsen gefedert. Beispiele sind der JCB Fastrac und der Unimog.

Ihr Einsatzspektrum ist vergleichbar mit den Systemschleppern. Ob die hohen Geschwindigkeiten für den Einzelbetrieb sinnvoll sind, hängt neben der Feldentfernung entscheidend vom Zustand der Wege und Straßen ab. Was nützen 80 km/h, wenn sich Traktor und schweres Aufsattelgerät trotz elektronischer Schwingungsdämpfung schon ab 40 km/h unbeherrschbar aufschaukeln.

Abb. 5: Schnelltraktor JCB Fastrac

Im überbetrieblichen Transporteinsatz, z.B. in der Grassilageernte sind hohe Geschwindigkeiten allerdings oftmals die einzige Möglichkeit, mit der ständig

wachsenden Leistung der Häcklser, insbes. bei wachsenden Feldentfernungen, Schritt zu halten.

In dem Maße, wie die Fahrgeschwindigkeiten der Schlepper steigen, verstärken sich auch die Anforderungen an den Fahrer. Kam man früher im Regelfall mit dem normalen Klasse III Führerschein aus, so wird heute immer häufiger die Klasse II benötigt. Die Einführung des EU-Führerscheines hat gerade für junge Fahrer noch größere Hürden aufgebaut. Die Abbildung 1. zeigt die neuen Führerscheinklassen und die für die einzelnen Fahrzeuge notwendigen Führerscheinklassen.

Abb 6: Die neuen Führerscheinklassen (AID, 1999)

Knicklenker sind allradgetriebene Schlepper mit 4 gleichgroßen Rädern. In den kleinen Leistungsklassen findet man sie bei Sonderkulturen wie im Wein- und Gartenbau. Im oberen Leistungssegment ab 150 kW sind sie insbesondere in den sehr großen Ackerbaubetrieben mit relativ ebenen Bodenverhältnissen im Einsatz. John Deere, Case und Kirowez stellen die meisten Typen. Die flache und die nicht wendende Bodenbearbeitung sind die Haupteinsatzbereiche. Beim Pflügen, insbesondere am Seitenhang, und beim Transport sind sie eher ungeeignet.

Abb. 7: Knicklenker Case ICH Steiger 9370 mit 265 kW Nennleistung

Abb. 8: Derselbe Traktor auf einem Raupenfahrwerk

Abb. 9: John Deere Knicklenker 9300 mit 268 kW

Gummiraupentraktoren überzeugen durch den hohen Wirkungsgrad ihres Antriebes, der bei deutlich niedrigerem Schlupf höhere Zugkräfte übertragen kann. Sind beim Standardtraktor Schlupfwerte von 15-20% die Regel, so kommt das Gummilaufwerk unter gleichen Bedingungen auf nur 5% (Profi 9,1998 S. 10-14).

Die nachweisbare Mehrleistung von 10-15% gegenüber einem vergleichbaren Standardschlepper soll die entsprechenden Mehrkosten von ca. 50.000 DM kompensieren. Der Einsatz ist besonders bei schweren und relativ langsameren Zugarbeiten (Pflügen, Bodenbearbeitung) vorteilhaft. Insofern handelt es sich eher um eine Spezialmaschine mit einem schmalen Einsatzprofil. Entsprechend klein aber dennoch nicht uninteressant ist ihre Einsatzmöglichkeit in Deutschland. Sie stellen eine sehr große Konkurrenz zu den großen Knicklenkern dar.

Die Gummibandlaufwerke sollen auch die Bodenbelastung reduzieren. Nach Untersuchungen von Schwanghardt trifft dies jedoch nur sehr bedingt zu. Neben den Hauptlieferanten Claas bieten auch John Deere und neuerdings MF Raupenfahrwerke an.

Abb. 10: Der Claas Challenger 75

Abb. 11: Raupenfahrwerk als Alternative am John Deere 8400 T

4. Der Motor

4.1. Motorkonzepte

Im Motorenbau wurden in den letzten Jahren deutliche Fortschritte erzielt. Dazu gehört in erster Linie die Entwicklung der sog. Constant-power-Motoren, auch die Integration der Nebenaggregate und die Einführung neuer Einspritzsysteme sowie Maßnahmen zur Verbrauchsreduzierung und Erfüllung neuer Abgasnormen waren wichtige Schwerpunkte.

Stand der Technik ist heute, dass bis 75 kW im Regelfall 4-Zylinder-Motoren mit Turbolader, darüber eher 6-Zylinder-Motoren zum Einsatz kommen. Die Mehrventiltechnik, die zu einem besseren Gasaustausch beiträgt, findet auch bei Schleppermotoren zunehmende Verwendung. Sie senkt den Verbrauch und verbessert die Abgaswerte.

Die Turboladernmotoren sind bei gleicher Leistung ca. 20% leichter als die Saugmotoren und billiger. Allerdings wirkt sich das auf den Schlepperpreis nur mit 2-4% aus.

Je höher der Arbeitsdruck (9-15 daN/cm² bei Turbo's) desto stärker ist ein Motorkonzept ausgelastet. Je geringer der Arbeitsdruck (ca. 7 daN/cm² bei Saugmotoren) desto länger kann die Haltbarkeit sein. Aber auch Motoren mit einem hohen Mitteldruck können bei guter konstruktiver Auslegung eine hohe Lebensdauer haben. Gedrosselte Motoren haben ebenfalls geringere Arbeitsdrücke. Da die Turbolader nicht nachgerüstet werden, sondern der Motor von vornherein darauf abgestimmt wird, bestehen heutzutage in der Haltbarkeit wohl keine Unterschiede mehr zwischen Saug- und Turbomotoren. Turbolader führen im Regelfall zu besseren Abgaswerten. Das sog. Turboloch konnte durch gezielte technische Maßnahmen deutlich reduziert bzw. fast ausgemerzt werden.

Die vom Turbolader mit bis zu 1,5 bar verdichtete Luft erwärmt sich auf weit über 100 Grad. Mit einem Ladeluftkühler zwischen Verdichter und Lufteinlass lässt sich die Lufttemperatur wieder um ca. 70% senken. Dies erhöht den Füllgrad des Zylinders mit Sauerstoff und entsprechend steigt auch die Leistung. Ladeluftkühler sind für höchste Motorleistungen deshalb unverzichtbar.

4.2. Motorcharakteristik

4.2.1. Kennwerte Leistungs- und Drehmomentverläufe

Die Motorcharakteristik wird durch das Motordiagramm, das indirekt an der Zapfwelle ermittelt werden kann, beschrieben. Im Motordiagramm werden unter Vollast die Kennwerte **Motorleistung bzw. Zapfwellenleistung (kW)**, **Drehmoment (Nm)** und **der spezifische Kraftstoffverbrauch (g/kWh) in Abhängigkeit von der Drehzahl (U/min)** dargestellt.

Als wichtige Eckgröße dient dabei die Nenndrehzahl, die Drehzahl, bei der der Motor abgeregelt wird.

Konventionelle Motoren haben ihre Höchstleistung bei Nenndrehzahl. Die sog. **Constant-power-Motoren** erreichen ihre höchste Leistung häufig vor der Nenndrehzahl. Sie haben teilweise eine sog. Überleistung, d.h. die Leistung unterhalb der Nenndrehzahl ist höher als diejenige bei Nenndrehzahl.

Von Constant-power-Motoren spricht man aber nur, wenn über einen Bereich von mindestens 10% der Nenndrehzahl die Leistung konstant gehalten werden kann. Nicht alle Motoren, die den Zusatz „Constant-power“ führen, tragen diesen Namen zu Recht. Optimaler ist ein Konstantleistungsbereich, wenn er einen Bereich von mindestens 20% der Nenndrehzahl erreicht. Spitzenreiter ist z.Zt. der Raupenschlepper Challenger. Der Challenger 45 erreicht einen Konstantleistungsbereich von 43%. Er hat aber bei 500 U/min unterhalb der Nenndrehzahl 27 kW Mehrleistung: Das ist eigentlich kein Constant-Power mehr.

Abb. 12: Zwei sehr unterschiedliche Motordiagramme

Das **Drehmoment**, ein Maß für die Durchzugskraft des Motors erreicht sein Maximum immer unterhalb der Nenndrehzahl. Das Drehmoment steigt also bei sinkender Drehzahl an. Das Verhältnis von Drehmomentanstieg und Drehzahlabfall bestimmt die Beurteilung. Der Drehmomentanstieg guter Motoren liegt über 25% (Drehmomentmaximum also 125% vom Drehmoment bei Nenndrehzahl). Auch Werte bis über 50% werden gemessen. Dieses Moment sollte bei einem Drehzahlabfall von 30-40% erreicht werden.

So ist der Motor in der Lage kurzfristige Lastspitzen abzupuffern, ohne daß man herrunterschalten muß.

Neben dem Drehmomentanstieg ist auch das **Anfahrdrehmoment** (gemessen bei 1000 U/min) eine wichtige Kenngröße. Damit beim Anfahren eine möglichst hohe Durchzugskraft zur Verfügung steht sollte ein Anfahrdrehmoment von mehr als 100% (Anfahrmoment also gleich Drehmoment bei Nenndrehzahl) vorhanden sein.

In der Drehmomentkurve dürfen keine „Dellen“ zu erkennen sein, sie deuten auf deutliche Durchzugsschwächen im betreffenden Drehzahlbereich hin.

Motoren mit guter Charakteristik benötigen im Grundsatz also weniger aufwendige, d.h. weniger fein abgestufte Getriebe, denn sie können über einen größeren Drehzahlbereich ihre Leistung halten und Drehmomentspitzen kompensieren.

4.2.2. Kennwerte absoluter und spezifischer Kraftstoffverbrauch

Im Motordiagramm sind die Kurven für den absoluten Kraftstoffverbrauch (l/Std) und den relativen Verbrauch (g/kWh) im Vollastbereich in Abhängigkeit von der Drehzahl registriert.

Der absolute Verbrauch steigt mit steigender Drehzahl und erreicht bei Nenndrehzahl in der Regel sein Maximum. Entscheidender ist aber der spezifische Verbrauch, er hat sein Minimum in einem mittleren Drehzahlbereich, bei Nenndrehzahl erreicht auch er sein Maximum. Der spezifische Verbrauch ist das Merkmal für den Gesamtwirkungsgrad (Umwandlung von Dieselenergie in nutzbare Leistung). Er berücksichtigt alle Verlustquellen (Zahnräder, Lager, Zusatzaggregate, Ölpantschen usw). Der spez. Verbrauch erlaubt deshalb den Vergleich unterschiedlich starker Schlepper/Motoren.

Dem Kraftstoffverbrauch wurde in der bisherigen Diskussion eine eher untergeordnete Bedeutung zugemessen. Dies wird sich angesichts der Dieselölbeihilfenkürzung und der ständig steigenden Ökosteuer deutlich ändern. Die Treibstoffkosten werden unter strategischen Gesichtspunkten eine erhebliche Bedeutung bekommen.

Dazu ein kleines Beispiel :

Sehr sparsame Motoren verbrauchen ca. 230 g/kWh (gemessen als Zapfwellenleistung) bei Nenndrehzahl. Motoren mit 10% also 23g/kWh Mehrverbrauch sind auch noch nicht als „Säufer“ zu bezeichnen. 260 g/kWh ist heute ein guter Mittelwert. 23 g/kWh Differenz ergibt bei einem 100 kW Motor, einem Dieselpreis von 1,5 DM/l und einer Jahresleistung von 1000 Stunden einen Mehrverbrauch von ca. 4000 DM/Jahr !

Kapitalisiert man diesen Betrag, so wird schnell deutlich, dass man ca. 30.000 DM mehr für den sparsameren Schlepper ausgeben könnte.

Der spezifische Verbrauch wird häufig nur für den Nenndrehzahlbereich angegeben. Kein Schlepper läuft permanent in diesem Bereich. Heute werden deshalb schon die spezifischen Verbräuche in den Betriebspunkten Nenndrehzahl, günstigster Verbrauch und Verbrauch bei Drehmomentmaximum dargestellt. Die DLG-Messungen für Profi und topagrar messen den Verbrauch bei max. Leistung bei Nenndrehzahl und an fünf zusätzlichen Punkten bei verschiedenen Drehzahlen und Auslastungen.

Dies ist eine gute Annäherung an die Praxis, denn dort hat jeder Schlepper ein anderes spezielles Einsatzspektrum. Der eine wird als Allroundschlepper genutzt, der andere ist stärker bei Transportarbeiten, bei Zapfwellenarbeiten oder bei schwerer Pflugarbeit eingesetzt. Ähnlich wie beim PKW muß es auch im Schlepperbereich zu einer deutlich differenzierteren Verbrauchsdarstellung kommen. Die Angabe des Verbrauches in l/h würde die Verbrauchsunterschiede gegenüber der Angabe in g/kWh verdeutlichen.

Dies ermöglicht das sog. Motorkennfeld, in dem der spezifische Verbrauch in Abhängigkeit von der Drehzahl, der Leistung und dem Drehmoment aufgezeichnet wird. Komplette Motor-Kennfelder werden heute allerdings nur noch sehr selten veröffentlicht. Für das jeweilige Einsatzprofil wird der prozentuale Anteil der einzelnen Lastzustände ermittelt und daraus der zu erwartende durchschnittliche Verbrauch errechnet (Profi 11.98, S.70-72).

Beim Vergleich erkennt man, daß der Unterschied zwischen verschiedenen Schleppern im Vollastbereich im Regelfalle eher gering ist. Im Teillastbereich hingegen steigen die Unterschiede bis auf das Doppelte an. Ein bei Nenndrehzahl sparsamer Motor kann sich beim Teillastbetrieb zu einem echten „Säufer“ entwickeln. Im untersten Drehzahlbereich sagt man Turboladern wegen der dort schlechteren Luftversorgung schlechtere Verbrauchswerte nach.

Eine umfangreiche Gegenüberstellung verschiedener Hersteller und Typen findet sich in der RKL Schrift 2.1.2.1. von Herrn W. Holz.

Das Arbeiten bei niedriger Drehzahl aber höherem Drehmoment reduziert den spez. Verbrauch. Moderne programmierbare Getriebe, die verbrauchs- oder leistungsoptimiert geregelt werden, sind deshalb ein weiterer Schritt zum treibstoffsparenden Einsatz.

Heutzutage ist es nicht nur aus agrar- sondern auch aus umweltpolitischer Sicht eine Selbstverständlichkeit nur noch Traktor mit RME-Zulassung zu kaufen.

Rostfreie Unterflurtanks, mit großen gut zugänglichen Öffnungen sollten bei 65% Durchschnittsauslastung (30-50% des Maximalverbrauches) für 8 – 10 Stunden reichen. Bei Großschleppern sind 14 Betriebsstunden für eine Tankfüllung ein sehr guter Wert.

Gute Motoren weisen Ölwechselintervalle von 500 Stunden auf.

4.3. Kennwerte Zapfwellenwirkungsgrad und Zugleistungswirkungsgrad

Die Motorleistung soll möglichst verlustarm als nutzbare Zapfwellenleistung und als nutzbare Zugleistung zur Verfügung stehen. Entscheidend sind deshalb die Wirkungsgrade der Energieumsetzung.

Zapfwellenwirkungsgrad :

Zwischen Motorleistung und der in den Tests gemessenen Zapfwellenleistung sind je nach Schlepper Leistungsverluste von 6-15% zu registrieren. Die Verluste resultieren aus den Nebenaggregaten wie Hydraulikpumpen, Druckluftanlage, Klimaanlage, Getriebeschmierung und Leistungsbedarf für die Servoeinrichtungen und den je nach Zahnradanzahl unterschiedlichen Reibungsverlusten im Zapfwellengetriebe. Mehr Komfort geht in der Regel also deutlich zu Lasten des Wirkungsgrades.

Zugleistungswirkungsgrad :

Die Zapfwellenmessungen bzw. die dort gemessenen Verluste sind im Regelfall nur für zapfwellengestützte Arbeiten wichtig. Bei reiner Pflug- und Zugarbeit ist aber entscheidend, wieviel Zugleistung ein Schlepper über das Getriebe und die Reifen effektiv in Zugleistung umsetzt.

Während die Verluste an der Zapfwelle bei guten Schleppern bei nur 10% liegen, liegt der Gesamtwirkungsgrad des Traktors an den Rädern mit 70-80% deutlich niedriger. Kleinere Schlepper haben in der Regel etwas ungünstigere Wirkungsgrade.

Passendes Leistungsgewicht, angepaßte Reifen, richtige Gewichtsverteilung und verlustarme Getriebe führen zur Optimierung des Zugleistungswirkungsgrades, insbesondere bei höheren Fahrgeschwindigkeiten.

Das Leistungsgewicht (Schleppergewicht/ Motorleistung in kg/kW) zeigt eine Schwankungsbreite von 45-80 kg/kW. Insbesondere bei schwerer Bodenbearbeitung braucht man ein ausreichend hohes Leistungsgewicht.

Höhere Werte verbessern tendenziell die mögliche Zugkraft und erhöhen die Fahrsicherheit. Andererseits muß bei vielen Anwendungen zu viel Gewicht transportiert werden. Wichtiger als das Leistungsgewicht des unbelasteten Schleppers ist deshalb das nach Ballastierung maximal mögliche Leistungsgewicht.

Die Verluste im Getriebe hängen von dem dort vorhandenen Kraftfluß ab. Muß die Kraft über viele Zahnräder geleitet werden, sind die Verluste größer. Insbesondere in dem Geschwindigkeitsbereich, in dem am meisten Leistung benötigt wird (Pflugarbeit), muß das Getriebe so konzipiert sein, dass dieser Gang die geringsten Verluste hat. Dazu gibt es aber ausgesprochen wenige Vergleichsmessungen (Profi 12/95 S. 10-16) Tendenziell scheinen Traktoren mit Lastschaltgetrieben 2-4% höhere Verluste zu haben.

4.4. Einspritztechnik

Der Übergang von großvolumigen Saugmotoren mit Drehmomentanstiegen von ca. 15% und Höchstleistung nur bei Nenndrehzahl zu modernen Motoren, die bei gleichem Bauvolumen fast die doppelte Leistung erbringen, wurde durch den Turbolader , ev. Ladeluftkühlung aber auch durch die Integration verbesserter Einspritztechniken erreicht.

Die bisherige Reihen- (größere 6 Zylindermotoren) und Verteilereinspritzpumpen werden durch neuere Techniken ergänzt.

Ziel dieser technischen Verbesserungen ist die leichtere Einhaltung von Abgasvorschriften, Verbesserung der Leistungsdaten, Reduzierung des Treibstoffverbrauches und des Verbrennungsgeräusches.

Dazu gehört die Einsteckpumpe, bei der jeder Zylinder seine eigene Pumpe hat. Hier kann durch die Reduzierung der bisher von einer zentralen Pumpe zu bewegenden Menge der Einspritzvorgang exakter gesteuert werden.

Auch die Common-rail- Technik, die die Erzeugung des hohen Einspritzdruckes vom Einspritzvorgang selber trennt, bietet deshalb deutliche Vorteile. Sie wird zur Zeit bei Schleppern allerdings noch nicht verwendet.

Der Einsatz von „heavy duty“- Verteilereinspritzpumpen, die im Vergleich zu bisherigen Reiheneinspritzpumpen (600 bar) mit bis zu 1600 bar einen deutlich höheren Einspritzdruck haben, wird verstärkt. Ihre Vorteile sollen im geringeren Kraftstoffverbrauch, verbesserten Kaltstartverhalten sowie der Einhaltung der zukünftigen Abgaswerte nach Euro 1 liegen. Leider können die neuen Abgaswerte - so paradox dies klingen mag - z.Zt leider nur unter Inkaufnahme eines gewissen Mehrverbrauches eingehalten werden.

Bei fast allen Pumpen wird die Einspritzmenge mechanisch begrenzt und die Drehzahl oft über Fliehkraftregler geregelt. Elektronische Drehzahlregler verdrängen zunehmend die mechanischen Drehzahlregler. Sie erlauben zusätzliche Funktionen, wie z.B. Automatikschaltungen und konstante Drehzahlen bei Arbeiten im Teillastgebiet.

4.5 Kühlung

Mit steigender Leistung und steigendem Komfort hat sich auch das notwendige Maß an Kühlungstechnik weiterentwickeln müssen. Wichtig ist eine leichte Zugänglichkeit, große Kühlerflächen und ein guter Luftdurchsatz.

Moderne Schlepper haben neben der bekannten Motorkühlung zusätzliche Kühler für :

- Klimakondensator – Aircondition
- Getriebeölkühler
- Hydraulikölkühler
- Kraftstoffkühler zur Erhöhung der Einspritzmenge

- Ladeluftkühler für die bessere Luftversorgung des Motors bei hohen Aufladedrücken

Diese Kühler müssen aufgrund ihrer spezifischen Konzeptionen separat zugänglich sein und leicht gewartet werden können. Wichtig ist, dass die Frischluft nicht nacheinander durch alle Kühler gezogen wird, die letzten Kühler erhalten dann schon deutlich vorgewärmte Luft. Fendt baut deshalb einen neuen Kühlerblock, bei dem die verschiedenen Kühler an verschiedenen Seiten liegen. Durch Ausschwenken der Einzelkühler ist die Wartung und Reinigung wesentlich erleichtert.

Eine technische Neuheit, die Deutz und auch andere Hersteller einbauen, ist der umsteuerbare Kühlungsventilator. Seine Blätter werden kurzzeitig verstellt, dadurch kommt es zu einer Umkehrung des Luftstromes. Der Ventilator bläst den Kühler selbständig frei. Dies ist sicherlich insbesondere bei stark staubproduzierenden Arbeiten, wie Boden- und Stoppelbearbeitung und bei aufgewirbelten und angesaugten Pflanzenteilen ein Vorteil. Da schräg eingebaute Kühler den Staub leichter aufnehmen, ist diese technische Weiterentwicklung für entsprechende Traktoren sicherlich sinnvoll.

5. Getriebe

5.1. Anforderungen an Getriebe

Das Schleppergetriebe ist nicht nur eine der teuersten Komponenten, sondern auch vergleichsweise reparaturanfällig. Die Getriebetechnik steht an der Jahrhundertwende am Anfang einer neuen Ära. Früher rein mechanisch aufgebaut und dann durch hydraulische Komponenten erweitert wird das Getriebe künftig zunehmend mit elektronischen Komponenten ausgerüstet. Die Steuerung und Regelung bekommt bei neuen Getriebekonzepten eine deutlich stärkere Bedeutung.

Nach Reiter (Landtechnik, Sonderheft 1998) liegen die Entwicklungsschwerpunkte in den Bereichen automatisierte Schaltvorgänge, geräuschreduzierende Maßnahmen, Überwachungs- und Diagnosesysteme, teil- und vollastschaltbare Getriebe, stufenlose Getriebe und höhere Fahrgeschwindigkeiten.

Für die Beurteilung eines Getriebes ist in erster Linie die Gangabstufung entscheidend. Im Hauptarbeitsbereich, also von 5-15 km/h sollten mindestens 8 Gänge mit einem maximalen Stufensprung von etwa 1,15 bis 1,20 km/h liegen. Beim Agropus von Deutz-Fahr oder beim MF 8160 liegen z.B. im Bereich von 4 bis 12 km/h 15 Gänge.

Die Überlappung der Gangstufen sollte bei ca. 50% liegen. Ist diese Forderung erfüllt, so relativiert sich die Bedeutung einer hohen Zahl von Gängen.

Je besser die Motoren sind, je stärker also ihre „Constant-power-Eigenschaften“ sind, desto einfacher können Getriebe zumindestens für reine Zugarbeiten konzipiert werden. 16 Vor- und 6 unter Last schaltbare Gänge, ev. mit einem lastschaltbaren Wendegetriebe kombiniert, sind für die neuen Motoren eine optimale Ausstattung.

Moderne Getriebe sollten einen Wirkungsgrad von über 90% zwischen Kurbelwellenausgang und Zapfwellenstummel aufweisen. Die Ölwechselintervalle sollten mindestens 1500 besser 2000 Stunden erreichen.

Abb. 16: Schnittbild des Getriebes vom Case Maxxum

5.2. Stufengetriebe

Die heute noch am häufigsten zu findenden Stufengetriebe lassen sich in folgende Grundkomponenten gliedern :

- Hauptgetriebe
Das Hauptgetriebe hat 4-6 Gänge davon häufig einen Rückwärtsgang. Die Schaltung ist heute im Regelfall vollständig synchronisiert.
- Gruppengetriebe
Gruppengetriebe sind dem Hauptgetriebe vorgelagert. Gelegentlich sind auch zwei Gruppengetriebe zu finden. Die Gruppengetriebe differenzieren die Gangzahl des Hauptgetriebes (z.B. 2 Gruppen/ 5 Gänge (4vor/1 rück = 8/2 also 10 verfügbare Gänge). Das Gruppenbauprinzip spart Baulänge und Zahnräder
- Kriechganggetriebe
Im Prinzip handelt es sich hier um ein zusätzliches Gruppengetriebe, das besonders niedrige Geschwindigkeiten realisieren kann. Sie sind häufig nicht synchronisiert. Kriechgänge, die mittels einer Untersetzungsgruppe im Bereich $< 1,5$ km/h geschaltet werden, sind nur für wenige Einsatzbereiche sinnvoll. Gleichzeitig verteuern sie die Herstellungskosten, ihr Einsatz muß also sorgfältig überlegt sein.
- Wendegetriebe
Wendegetriebe ermöglichen die Nutzung aller Gänge des Hauptgetriebes für die Vor- und Rückwärtsfahrt. In diesem Fall hat das Hauptgetriebe keinen speziellen Rückwärtsgang. Beim Richtungswechsel sollten sich die Vor- und Rückfahrgeschwindigkeit nur unwesentlich unterscheiden. Etwas höhere Rückfahrgeschwindigkeiten erscheinen sinnvoll. Lastschaltbare Wendeschaltungen erhöhen den Komfort. Die Anbringung des Schalthebels ist noch uneinheitlich. Sinnvoll scheint eine Position unmittelbar links vom Lenkrad zu sein. Wichtig ist es, dass beim Schalten zumindestens eine Hand am Lenkrad bleiben kann, dies erhöht die Sicherheit und verkürzt in eingegengten Bewegungsflächen die Reaktionszeiten für schnelle Lenkbewegungen.
- Lastschaltstufengetriebe
Die Schaltung unter Last ist nur durch lastschaltbare Lamellenkupplungen zu

realisieren. Deshalb werden zusätzliche Lastschaltstufen integriert. Die Zahl der lastschaltbaren Stufen beträgt meistens 2-4. Der Stufensprung sollte zwischen 1,20 und 1,30 km/h liegen. Eine Dreifachlastschaltung wäre das Minimum, um sowohl nach oben, wie auch nach unten eine Laststufe verfügbar zu haben. Lastschaltungen ermöglichen je nach Bodenverhältnissen 10-15% höhere Flächenleistungen. Ob dies Mehrkosten von ca. 5000 DM rechtfertigen, entscheidet das geforderte Einsatzprofil der Maschine.

Abb.14 : ZF Traktorentriebwerk T 7200, 44 Vorwärts- und Rückwärtsgänge, Leistung bis 110 kW und bis 50 km/h

Diese Grundkomponenten werden je nach Hersteller und Schleppertyp z.T. beträchtlich variiert. Man kann z.T. auch gleiche Schleppertypen mit unterschiedlichen Getrieben erhalten.

Die Marktübersicht ist ausgesprochen schwierig, zumal ständig neue Konzepte vorgestellt werden.

In der oberen Mittelklasse, also im Bereich 75-120 kW finden sich häufig 3- und 4-stufige Lastschaltungen. New Holland bietet sogar eine 6-fach Lastschaltung mit Gruppenschaltung ohne Fußkupplung. ZF bietet mit der Baureihe T7200 eine vierfache Lastschaltung und insgesamt 40 Vor- und 40 Rückwärtsgänge. Das Gima Getriebe, bei Renault und MF verwendet, hat bei einer Vierfachlastschaltung 48 Vor- und 48 Rückfahrgänge.

Abb. 15: Der MF 4270 der Firma Massey Ferguson mit dem 24/24 Powershuttle Wendegetriebe

John Deere bietet sowohl eine Vierfachlastschaltung als auch in konsequenter Fortsetzung dieser technischen Entwicklung ein volllastschaltbares Getriebe. Bei diesen Getrieben wird teilweise auf die Vorgruppen verzichtet und dafür eine größere Zahl von Gängen im Hauptgetriebe komplett lastgeschaltet.

Volllastschaltbare Getriebe werden bei den Großtraktoren (>115 kW) auch von Case und New Holland angeboten.

Diese modernen Getriebekonzepte ermöglichen weitergehende Komfortfunktionen. Dazu gehört z.B. die Autoshift-Funktion von JCB (Fastrac 2150) die beim Über- oder Unterschreiten einer vorbestimmten oder auch selbst zu programmierenden Drehzahl automatisch eine Stufe hoch- bzw. runterschalten.

Auch John Deere bietet beim AutoQuad-Getriebe die Möglichkeit, automatisch über vier Lastschaltstufen zu schalten.

Die Lastschaltung zeigt gegenüber dem konventionellen synchronisierten Getriebe etwa 2-4% höhere Verluste.

Damit dürfte das Ende der Entwicklung bei den Stufengetrieben erreicht sein. Die Weiterentwicklung sind dann die stufenlosen Getriebe.

Abb. 16: ZF Traktortriebwerk T 7300, 44 Vor- und Rückwärtsgänge, bis 170 kW und bis 50 km/h

5.3. Stufenlose Getriebe

Stufenlose Getriebe seien es mechanische oder hydraulische Systeme sind seit vielen Jahren im PKW- und Baumaschinenbereich und bei selbstfahrenden Arbeitsmaschinen bekannt und erprobt. Im Schlepperbereich sind stufenlose Getriebe eng mit dem Namen Fendt verbunden. 1995 begann Fendt mit der Markteinführung, mit dem 714 Vario wird erstmals im Bereich 100 kW ein Schlepper mit einem stufenlosen Getriebe angeboten.

Die wichtigsten generellen Vorteile stufenloser Getriebekonzepte sind:

- die stufenlose Geschwindigkeitsveränderung ohne Zugkraftunterbrechung (auch beim Lastschaltgetriebe möglich) ermöglicht höhere Motorauslastungen und höhere Flächenleistungen
- freie Wahl des Betriebspunktes innerhalb des Motorkennfeldes kann zu einem optimierten Motoreinsatz und damit Treibstoffverbrauchssenkung führen
- hohe Drehmomentanstiege sind weniger wichtig, dies verbilligt die Motoren
- erhöhter Bedienungskomfort und Entlastung der Bedienungsperson, „Joy-stick-Bedienung“
- die Einbindung des Getriebes in Regelkreise oder Traktor-Managementsysteme ermöglicht den Aufbau eines sog. Antriebsstrangmanagements mit weiteren sekundären Vorteilen

Dem stehen als Nachteile möglicherweise geringere Wirkungsgrade, höhere Herstellungskosten sowie Einbindungsprobleme in bisherige Baureihen gegenüber.

Beim Variogetriebe handelt es sich um ein stufenloses leistungsverzweigtes Getriebe. In einem Planetengetriebe wird die über die Sternräder eingeleitete Motorleistung

entweder über das Hohlräder an ein Hydrauliksystem oder über das Sonnenrad mechanisch weitergeleitet.

Das Hydrauliksystem besteht aus einer verstellbaren Axialkolbenpumpe und zwei ebenfalls verstellbaren Hydraulikmotoren, die eine sog. Summierungswelle antreiben. Diese Summierungswelle ist mechanisch auch mit dem Sonnenrad des Planetengetriebes verbunden.

Im niedrigen Drehzahlbereich wird die Kraft vorwiegend hydraulisch übertragen. Bei höherer Drehzahl erhöht sich stufenlos durch Verstellung des Hydrauliksystems der direkte mechanische Kraftfluß. Bei hoher Drehzahl wirkt nur noch die mechanische Komponente.

Ein Stufengetriebe mit den Fahrbereichen I (0 - 32 km/h) und II (0-50 km/h) leitet die Kraft ans Differential weiter. Die Abstufung dient der Optimierung der Wirkungsgrad über einen großen Einsatzbereich.

Das Getriebe wird mit einem Hebel bedient, das Kupplungspedal hat seine eigentliche Aufgabe verloren, denn es gibt keine mechanische oder - wie bei Fendt üblich - hydraulische Kupplung mehr.

Die Bedienung ist nach Aussagen von Schleppertestern einfach, wenn man nach Einweisung die Vielzahl von Bedienungsmöglichkeiten kennen und schätzen gelernt hat. Für unerfahrene Fahrer ist diese Technik - so die Aussage von Testern - vielleicht etwas zu anspruchsvoll.

Das Variogetriebe eröffnet nämlich mehrere Steuerungsstrategien.

1. Kraftstoffsparend

Hier wird die Motordrehzahl in einem Betriebspunkt mit niedrigem spezifischen Treibstoffverbrauch konstant gehalten. Bei wechselnden Belastungen ändert das Getriebe seine Übersetzung.

2. Konstante Fahrgeschwindigkeit

Bei dieser „Tempomatsteuerung“ wird eine vorgewählte Geschwindigkeit eingehalten. Bei Belastungsänderungen ändert sich die Motordrehzahl, die Zapfwelldrehzahl bleibt aber konstant.

3. Volle Motorauslastung

Hier wird der Motor voll genutzt, bei Belastungswechsel ändert sich die Getriebeübersetzung.

Zusätzlich ist die Vorwahl oder auch Programmierung verschiedener Beschleunigungsroutinen möglich.

Abb. 17: Das Fendt-Vario Getriebe in drei Fahrsituationen

Untersuchungen der DLG (Lober, Landtechnik 5/97 S. 236 ff) bestätigen, daß der Zugleistungswirkungsgrad im Vergleich zu einer konventionellen 4-fach Lastschaltung fast (Fendt Vario 926 und Favorit 822) gleich ist. Beim Zapfwellenleistungswirkungsgrad ist der Vario sogar leicht überlegen.

Die Variogetriebe haben im Vergleich außerdem den großen Vorteil, dass sie sich "intelligent" den unterschiedlichen Leistungsbedürfnissen anpassen können.

Die stufenlosen Getriebekonzepte können im Vergleich zu den Lastschaltgetrieben zu einer nochmaligen Verbesserung der Motorauslastung (Pflügen, Bodenbearbeitung, Transport) führen.

Das Fahren mit reduzierter Drehzahl senkt den spezifischen Treibstoffverbrauch und senkt damit die variablen Betriebskosten. Im Zeichen deutlich steigender Dieselpreise ist dies ein wichtiger Gesichtspunkt. Auch sog. leistungsangepaßte Motoren sind dazu in der Lage.

Nicht zu unterschätzen ist auch der Komfortgewinn, der Wunschtraum der Konstrukteure, die „Schlepperbedienung mit dem "Joy-stick", ist heute Realität.

Gleichzeitig bringen die neuen Getriebe eine deutliche Gewichtsreduzierung von ca. 1-1,5 t. Die daraus resultierenden Sekundäreffekte, wie bessere Bodenschonung, niedriger Reifenverschleiß, optimale Nutzlastanpassung und Kraftstoffeinsparung sind sicherlich auch nicht zu vernachlässigen.

Auf der Agritechnica 1999 zeigt auch Case das leistungsverzweigte stufenlose Getriebe CTV vom Hersteller Steyr-Antriebstechnik (SAT). Im Gegensatz zum Variogetriebe von Fendt hat es einen deutlich höheren mechanischen Anteil, denn wegen eines etwas schwächeren hydrostatischen Teiles werden vier mechanische Stufen benötigt. Dabei werden Planetengetriebe verwendet. Der etwas kompliziertere Aufbau soll über den gesamten Geschwindigkeitsbereich noch bessere Wirkungsgrade aufweisen. Entsprechende Messungen gibt es aber noch nicht.

Abb. 18: Aufbau des ZF-Eccom-Getriebes, stufenlos mit elektronischer Steuerung für Leistungen bis 220 kW und Geschwindigkeiten über 60 km/h

Rechnet sich die neue Technik ?

"Sage mir was Du willst und ich rechne es Dir aus" – eine alte ironische Bemerkung zur betriebswirtschaftlichen Kalkulation. Als Faustzahl gilt ein Preisunterschied zwischen einem vierstufigem Lastschaltgetriebe und dem stufenlosem Getriebe von ca. 10.000 DM. Entscheidend sind die Rahmenbedingungen, je inhomogener die Flächen (Hang, Bodenart) und je differenzierter das Einsatzprofil (Bestellkombination, Ernte) desto besser kann das Getriebe seine Vorteile ausspielen und durch häufiges Schalten den jeweils optimalen Betriebspunkt ansteuern. Dies entlastet den Fahrer, steigert die Flächenleistung und reduziert den Treibstoffverbrauch um 5-10% gegenüber der Teillastschaltung.

Da durch die gute Regelbarkeit die Motoren keine besonders gute Drehmomentanstiege mehr brauchen, können für eine gleichwertige Praxisleistung ev. sogar kleinere „Constant-power-Motoren“ zum Einsatz kommen und so einen Teil des Getriebemehrpreises kompensieren.

Die Elektronik übernimmt nicht nur im Getriebe, sondern auch im Motor immer mehr Steuer- und Regelfunktionen. Beide Systeme werden deshalb zunehmend als eine Einheit gesehen werden müssen. Entsprechende Bus-Systeme werden schon heute von den Herstellern eingesetzt.

6. Die Zapfwelle

Der Zapfwellenantrieb zeigt gegenüber dem Fahrtrieb den besseren Wirkungsgrad, deshalb ist sein Einsatz bei möglichst vielen Arbeiten zu bevorzugen. Ob die Arbeit damit günstiger zu erledigen ist, ist aber fraglich.

Zu unterscheiden sind die Wege-, auch Getriebezapfwelle genannt, und die Motorzapfwelle.

Wegezapfwelle ist in ihrer Drehzahl und Drehrichtung abhängig vom Getriebe, für die konventionellen Anwendungsprofile hat sie heute kaum noch eine Bedeutung. Ausnahmen sind der Betrieb von angetriebenen Anhängertriebachsen z.B. in Hanglagen.

Standard sind heute die Motorzapfwellen, deren Antrieb im Regelfalle direkt hinter der Kupplung abzweigt und über ein Zapfwellengetriebe zum Antriebsstummel fließt.

Drei Profile werden heute angeboten :

Keilprofil	6 Keile 1 3/8 Zoll bis 90 kW
Evolventenprofil	21 Keile 1 3/8 Zoll bis 110 kW
Evolventenprofil	20 Keile 1 3/4 Zoll > 110 kW

Abb. 19: Die verschiedenen Zapfwellennormen (Renius, Karl-Theodor)

Die Normdrehzahlen von 540 U/min bzw. 1000 U/min erreichen die Zapfwellen bei 80-100% der Motornendrehzahl. In diesem Bereich ist der spezifische Treibstoffverbrauch häufig nicht optimal, außerdem wird die an diesem Punkt verfügbare Leistung für leichtere Arbeiten oft auch nicht benötigt. Für diese Einsatzbereiche bieten die Hersteller sog. Sparzapfwellen an, die bei mittlerer Drehzahl (55-70% der Motornendrehzahl) ihre Drehzahl von 540 bzw. 1000 U/min erreichen, dafür aber je nach Motorendiagramm auch weniger Leistung anbieten.

Die 540 E-Zapfwelle wird manchmal auch als 750er Zapfwelle bezeichnet.

Vier verschiedene Zapfwellengeschwindigkeiten wie sie einige Schlepper zeigen stellen z.Zt. das technische Optimum dar. Ob sie im praktischen Einsatz tatsächlich gebraucht werden, bleibt fraglich. Jeder Schlepper hat sein besonderes Einsatzspektrum und kommt mit zwei Geschwindigkeiten zurecht. Bei Allround-Standardschleppern oder Systemschleppern mögen vier Zapfwellengeschwindigkeiten gerechtfertigt sein.

Die Frontzapfwelle ist im Regelfall rechtsdrehend und für 1000 U/min ausgelegt. Auf Wunsch ist bei einigen Fabrikaten eine andere Drehrichtung möglich.

Je dichter die Zapfwelle an der Vorderachse sitzt (günstig ist Rahmenbauweise), desto besser ist die Schwingungsdämpfung (kleiner Hebel) bei Frontgeräten.

Als Zapfwellenkupplungen werden im Regelfall nasse Lamellenkupplungen verwendet. Bei der Schaltung über Hand lässt sich – entsprechende Feinfühligkeit vorausgesetzt – die Übertragung hoher Drehmomente beim "Hochfahren" vermeiden.

Werden, wie bei größeren Schleppern üblich, elektrohydraulische Schaltungen verwendet, muß auch diese Technik ein "Hochfahren" mit niedrigen Drehmomenten ermöglichen, um Anfahrschäden an Zapfwellen und Getrieben der Geräte zu vermeiden. Entsprechende Messungen von Holz (internes Arbeitspapier, LK SH 5.1998) zeigen, daß die Forderung nach schonender Kupplung nicht immer realisiert wird. Die hart schaltenden Kupplungen führen bei schlechter Auslegung von Rutschkupplungen im Extremen zu Bruch oder sehr hohem Verschleiß.

Die elektrohydraulische Kupplung sollte also lastabhängig gesteuert werden.

Der Zapfwellenstummel sollte nicht, wie bei einigen Schleppern zu beobachten, relativ hoch angebracht sein. Je tiefer der Ansatz am Schlepper, desto weniger muß die Zapfwelle abgewinkelt werden. Dies bietet insbesondere beim Ladewagen und der Kreiselegge Vorteile.

Umsteckbare Zapfwellenstummel (John Deere) ermöglichen die leichte Verwendung von zwei verschiedenen Profilen zum Antrieb verschiedener Maschinen.

Abb. 20: Umsteckbarer Zapfwellenstummel bei John Deere

Bei größeren Schlepper oder auch als Sonderausstattung ist die Zapfwellenbedienung am Schlepperheck als mechanischer Hebel oder Druckschalter zu finden. Dies erhöht nicht nur die Sicherheit, sondern erleichtert auch den An- und Abbau von Zapfwellen.

Auch die automatische Zu- und Abschaltung der Zapfwelle beim Ausheben des Krafthebers über das sog. Zapfwellen-Management ist eine weitere technische Verbesserung zur Entlastung des Fahrers.

7. Die Hydraulik

7.1. Hydrauliksysteme und Ausstattung

Die Hydraulik wird immer mehr zu einem zentralen Steuerungssystem, mittlerweile können zwischen 18% und 24% (bei kleineren Schleppern) der Motorleistung als Hydraulikleistung genutzt werden. Drei Funktionsbereiche lassen sich differenzieren :

Die Arbeitshydraulik (Kraftheber vorn, hinten, Frontlader und hydraulische Anschlüsse), die Komforthydraulik (Lenkung, Getriebeschalthilfen) und die Fahrhydraulik (hydrostatische Getriebe).

Die Entwicklungsziele sind zum einen die Funktionserweiterung und zum anderen die Verlustreduzierung.

- (1) Heck-Kraftheber
- (2) Front-Kraftheber
- (3) Frontlader-Hubzylinder
- (4) Frontlader-Knickzylinder
- (5) Silagegabelzylinder
- (6) Mähwerksantrieb
- (7) Mähwerksaushub
- (8) Hydr. Steckdosen
- (9) Pumpen für Arbeitshydraulik
- (10) Wegevent. f. Arbeitshydraul.
- (11) Lenkung
- (12) Pumpe für Lenkung
- (13) Lenkventil

Abb. 21: Die Vielfältigkeit der Hydraulik an einem modernen Schlepper

Die Leistung des Hydrauliksystems wird durch die Parameter Betriebsdruck, Volumenstrom, entnehmbares Ölvolumen und die maximale Verlustleistung bestimmt. Der Betriebsdruck bestimmt die Hubkraft der Zylinder. Der Ölstrom bestimmt die Geschwindigkeit der angetriebenen Verbraucher.

Die Ölbevorratung erfolgt entweder im Getriebe oder in einem separaten Hydrauliköltank. Die Nutzung des Getriebeöles als Vorrat ist zwar einfach, doch kann es durch die Nutzung verschiedener Öle in verschiedenen Geräten zu einer Mischung verschiedener Öle kommen. Die Folge kann ein eingeschränktes Schmierverhalten sein. Diese Probleme können sind beim überbetrieblichen Einsatz und der Verwendung von Bioölen verstärken. Bei großem Ölbedarf kann ein Zusatzbehälter erforderlich sein. Sicherer und getriebeschonender (behält immer die notwendige Ölmenge) sowie verlustärmer (übermäßiges Panschen usw. wird vermieden) ist der Einbau eines separaten Hydraulikölbehälters. Dieser sollte bei einem 80 kW Schlepper dann aber mindestens 30 l fassen.

Für Schlepper ab 120 kW sollten Pumpenleistungen von ca. 90 l/min vorhanden sein. 200 bar Druck und hydraulische Leistungen von bis zu 30 kW sind Spitzenwerte. Einige Hersteller bieten auf Wunsch auch bis zu 170 l/Min an.

60l/min sollten für den mittleren Leistungsbedarf am Hydraulikventil mindestens zur Verfügung stehen, das reicht für 8 t Kipper oder hydraulisch getriebene Zettwender.

Bei Kauf ist zu erfragen, ob die angegebene Förderleistung mit oder ohne Menge für die Lenkhydraulik angegeben ist und welche Menge die Lenkhydraulik vorab verbraucht.

Die Leistung der Hydraulikpumpe sagt darüber hinaus nichts über die Hubleistung des Krafthebers aus. Hier spielen die unterschiedliche Hubwerksgeometrie und die Zylinderabmessungen eine wesentlich größere Rolle.

Bei hohen Dauerleistungen der Hydraulik und beim Antrieb von außenliegenden Ölmotoren muß unbedingt eine wirksame Hydraulikölkühlung vorhanden sein.

Zur Förderung des Hydrauliköles diente bisher im Regelfall das Konstantstromsystem. Hier fördern eine/mehrere Zahnradpumpen eine konstante Menge, die überschüssige Menge fließt zurück. Ein Druckbegrenzer verhindert einen möglichen Überdruck.

Dies System ist einfach konzipiert, hat dafür aber auch hohe Strömungsverluste, da auch bei Nichtnutzung Öl umgepumpt werden muß. Diese Neutralumlaufverluste werden bei einigen Herstellern über Kurzschlußventile reduziert, die einen direkten Rücklauf öffnen, sobald kein Verbrauchsventil geöffnet ist.

Hydraulikleistungen, die trotz Drehzahlschwankung des Motors konstant bleiben müssen (Düngerstreuerantrieb) erfordern Zusatzventile.

Werden zwei Verbraucher angesteuert, so bewegt sich zuerst derjenige, der die geringere Last bewegt. Außerdem addieren sich die Drücke der einzelnen Verbraucher, so daß u.U. nur sehr geringe Lasten gehoben werden können.

Abhilfe schaffen die Zwei- oder auch Dreifachkreisläufe, bei denen zwei bzw. drei Zahnradpumpen jeweils ihren getrennten Kreis separat versorgen.

Die Hydraulik des ersten Kreislaufes sichert zunächst eine bestimmte Menge für die Lenkung, der Rest kann dann für ein Steuerventil genutzt werden. Ein zweiter Hydraulikkreis versorgt weitere Steuerventile. Einige Hersteller speisen die im ersten Kreislauf nicht benötigte Leistung in den zweiten ein, um dort mehr Leistung verfügbar zu haben.

Ein weiteres System ist das Konstantdruck-System. Bei diesem System erzeugt eine regelbare Radialkolbenpumpe einen konstanten Druck. Bei höherem Mengenbedarf wird durch die Neigungsverstellung der Hub und somit die Menge erhöht. Dieses System fand man z.B. bei J. Deere, es konnte sich aber bisher nicht allgemein durchsetzen.

Case führte das lastfühlende Load-Sensing-System auf dem deutschen Markt ein, es wird im mittleren und oberen Leistungssegment langsam zum Standard. Wie beim Konstantdrucksystem paßt sich die Fördermenge dem tatsächlichen Ölbedarf an. Die Regelung erfolgt dabei über eine zusätzlich Steuerleitung durch den Vergleich des Druckes vor und nach dem Steuerventil. Die Axialkolbenpumpe wird entsprechend nachgeregelt.

Druckwaagen ermöglichen bei diesem System die gleichzeitige und feinfühligere Steuerung mehrerer Verbraucher, ohne dass diese sich gegenseitig beeinflussen. Außerdem steht die Leistung unabhängig von der Motordrehzahl zur Verfügung.

Das Load-Sensing-System ermöglicht durch entsprechende Einstellungen eine schonendere Gerätebedienung. Beim Einschalten eines Hydraulikantriebes wird nicht die volle Leistung unmittelbar freigesetzt, sondern nur so viel, wie das Gerät benötigt. Dadurch werden mechanische Belastungen und mögliche Schäden deutlich reduziert.

Dieses System produziert nur Leistung bei Bedarf, es ist also sehr energiesparend und braucht weniger Kühlleistung. Problematisch ist die derzeit noch fehlende Normung der Steuerleitungen für die Geräte.

Die heutigen Traktoren sind serienmäßig mit bis zu drei doppelt wirkenden Steuerventilen ausgerüstet, auf Wunsch sind sie bis auf fünf Ventile erweiterbar. Eine farbige Kennzeichnung ist ebenso zu fordern, wie ein übersichtlicher Wartungs- und Abschmierplan, der Bilder über die genaue Position der Schmiernippel enthält.

Wichtig ist die Ausstattung mit Abreißschnellkupplern, die unter Druck zu kuppeln sind. Die leichte Zugänglichkeit, gute Staubabdeckung und eine funktionierende Leckölsicherung und Auffangeinrichtung für Lecköl sind zusätzliche Forderungen.

Fortschrittliche Steuerungssysteme gestatten die Programmierung unterschiedlicher Volumenströme für Hebe- oder Senkfunktion, ein Luxus, der bei bestimmten Arbeiten (Ladeklappenheben, -senken) dienlich sein mag. Zeitabhängig steuerbare Hebe- und Senkvorgänge erleichtern das Handling. Auch das Zu- und Abschalten der Zapfwelle bei Erreichen einer bestimmten Aushubhöhe des Krafthebers gehört zu dieser „de luxe“ Ausstattung. Die Bedienung der Regelventile außerhalb der Kabine wird wahrscheinlich der nächste Entwicklungsschritt sein.

Abb. 22: Saubere Anordnung der Hydraulikventile bei John Deere

7.2. Heck- und Frontkraftheber und deren Regelung

Die Entwicklung der Heck- und Frontkrafthebertechnik ist weitgehend abgeschlossen. Jede Firma setzt hier auf ihre im Regelfall länger erprobte Technik. Im Bereich der Regelung jedoch geht die Entwicklung weiter, die EHR gehört bei allen größeren Schleppern mittlerweile zur Standardausrüstung.

Die Kraftheber-Kategorien (ISO 730-1) legen vor allem den Abstand der Unterlenkerenden, die Koppelhöhe und den Hubbereich fest. Man unterscheidet folgende Kategorien :

Kategorie	I Lenkerkugeldurchmesser 22 mm
	II 28 mm
	III 36,6 mm

Vom Tiefstpunkt (20 cm über dem Boden) bei Kategorie II und 23 cm bei Kategorie I sollen mindestens 560 (I), 650 (II) und 735 mm Hubhöhe (III) ohne Verstellung der Hubstange erreicht werden. Im oberen Leistungssegment sind in der Kategorie II auch Hubhöhen von über einem Meter zu finden.

Zwingend erforderlich ist ein Anstieg der an den Unterlenker-Koppelpunkten möglichen Hubkraft mit steigender Aushubhöhe. Nur so ist ein sicheres Ausheben gerade schwerer Geräte möglich. Die zu nutzende Hubkraft darf nur 90% der Hubkraft bei Nenndruck der Hydraulik betragen, hier sind die Firmenangaben sorgfältig zu vergleichen. Einige Schlepper rüsten die Heckheber mit Zusatzhydraulikzylindern aus.

Als Faustzahl kann gelten, daß bei kurzen Anbaugeräten die Hubkraft 1,5 mal größer sein muß als das Gewicht des schwersten Anbaugerätes. Bei langen Anbaugeräten, wie z.B. Pflügen, muß dieser Wert wegen der Hubwerksgeometrie das 2-3-fache betragen. 3300 daN reichen z.B. nur für eine leichte 3m-Drillkombinationen. 4500 daN sind eine gute Zielgröße. Für die Fronthydraulik beginnt die Bewertung „sehr gut“ bei Werten von über 2500 daN. Aber : Eine hohe Kraftheberbelastung überlastet evtl. Achsen und Räder.

Bei der Schlepperauswahl muß der Hubkraftbedarf neuer ev. schwererer Gerät schon mit eingeplant werden. Wichtig ist, daß die Hubkraft auf der Basis der Werkseinstellung erfolgt. Wird die Hydraulik „aufgebohrt“, so steigt zwar die verfügbare Hubkraft, aber das Gesamtsystem wird auf Dauer zu stark belastet. Außerdem erlöschen Garantie und Produkthaftung.

Die Unterlenker sollten so lang sein, dass ein ungefährliches Arbeiten zwischen Schlepper und Gerät auch im ausgehobenen Zustand möglich bleibt. Längere Unterlenker mit ihrem entsprechend größeren Hebelarm fordern größere Zylinder, deshalb tun sich die Firmen mit dieser Forderung oftmals schwer. Die Arretierung der Unterlenker erfolgt über stufenlos oder feinstufig arbeitende Stoßdämpfer, Ketten sollten der Vergangenheit angehören.

Heckkraftheber, die auch drücken können, sind bei Arbeiten, wie z.B. Reifenwechsel hilfreich.

Das Zugmaul sollte mittels einfacher Rasten höhenverstellbar sein, ohne dass lange mit Bolzen hantiert werden muß. Aus heutiger technischer Sicht ist es auch nicht mehr zeitgemäß, dass bei Verwendung des Oberlenkers das Zugmaul abgebaut oder weggeklappt werden muss.

Wichtig ist, daß der untere Anlenkpunkt des Zugmaules sehr tief sitzen kann. Dies verbessert bei schweren Zugarbeiten die Bodenhaftung und die Belastung der Vorderachse. Das Zugmaul sollte für eine Stützlast von mehr als 1000 kg ausgelegt sein, um z.B. auch größere Einachsanhänger sicher abstützen zu können. 2000 kg sind allerdings auch die Obergrenze.

Zugpendel gehören zur Standardausrüstung. Die Hitch-Kupplung ist eine besondere in anderen Ländern wesentlich häufiger zu findende zusätzliche Kopplungsmöglichkeit. Sie bietet insbesondere bei Anhängern mit großen Stützlasten (Futtermischwagen) Vorteile durch den tiefen Zugpunkt aber auch durch die erleichterte Kupplungsmöglichkeit.

Die Kraftheberregelung erfuhr zu Beginn der 90er Jahre durch die Einführung der Elektronischen Hubwerksregulierung (EHR) einen bedeutenden technischen Impuls.

Die früher gebräuchliche Lage- oder Zugkraft, später auch Mischregelung auf der Basis mechanisch arbeitender Sensoren wurde durch die EHR, zumindest im mittleren und oberen Leistungssegment fast vollständig ersetzt.

Die neue – 6. EHR Generation – regelt nicht mehr analog, sondern digital (feiner). Elektronische Meßbolzen (vorwiegend Unterlenkerregelung) geben Steuerimpulse an die Elektronik. Die Unterlenkerregelung setzt sich wegen ihrer Regelungsvorteile insbes. bei schweren langen Anbaugeräten mehr und mehr durch.

Die EHR ermöglicht die Realisierung vielfältiger zusätzlicher technischer Möglichkeiten. Sie kann in Verbindung mit einem Radar-Geschwindigkeitssensoren die frühere Mischregelung durch eine Schlupf- und Zugkraftregelung ersetzen. Nicht die Lage- oder der Zugwiderstand, sondern der Schlupf werden als Regelgröße z.B. für die Pflugtiefe genutzt.

Schnellaushebung und Bedienung von außen sind mit EHR besonders einfach machbar. Die Außenbetätigung des Heckkrafthebers sollte an beiden Seiten möglich sein, auch die Außenbedienung des Frontkrafthebers ist heutzutage bei einigen Herstellern zu finden und sicherlich sehr sinnvoll.

Einen weiteren wichtigen Vorteil bietet die EHR durch die Schwingungsdämpfung. Hier werden Druckschwankungen in den Hubzylindern als Steuergrößen für eine Lageänderung der Unterlenker genutzt. Gegensteuerimpulse werden auf die Hydraulik gegeben, die Schwingungen bei Transport schwerer Geräte ausgleichen. Sog. Automatiksysteme schalten bei höchster Aushubhöhe automatisch auf "Schwingungsdämpfung".

Da die Frontachsenbelastung relativ gleichmäßig bleibt, wird die Fahrsicherheit erhöht und höhere Fahrgeschwindigkeiten sind erzielbar. Außerdem steigt der Fahrkomfort und materialbelastende Schwingungen reduzieren sich.

Viele Hersteller bieten für ihre teureren Modelle Frontheber mit EHR. Über die Notwendigkeit kann man sicherlich geteilter Meinung sein.

Mit der SDS Vorgewende-Automatik beschreiten Same und John Deere mit der IMS (integrierte Maschinensteuerung) als Vorreiter aber auch einige weitere Hersteller ganz neue Wege in der Hydrauliknutzung. Sie können einzelne Bedienungsschritte programmieren und auf Tastendruck abrufen. So können sich mittels eines einzigen Knopfes und mehrerer Tastendrucke z.B. der gesamte Arbeitsablauf am Vorgewende automatisieren lassen. Z. B. werden nacheinander die Differentialsperre gelöst, der Pflug ausgehoben, der Rückwärtsgang eingelegt, der Pflug gedreht, der Vorwärtsgang eingelegt und der Pflug abgesenkt. Alles mit einem Knopf !

Bei der SHR (Servohydraulischen Regelung) werden über kleine hydr. Steuerzylinder die Regelimpulse direkt auf die Hydraulikleitung gegeben. Diese Regelung soll eine noch bessere Regelqualität und besseren Bedienungskomfort bieten.

8. Die Achsen

8.1 Vorderachse, Federung

Als Antriebstechnik hat sich heute der Mittelantrieb weitgehend durchgesetzt. Er ermöglicht hohe Bodenfreiheit, bietet optimalen Wickelschutz und verursacht keine Einschränkungen im Lenkeinschlag. Außerdem kommt er ohne bzw. mit weniger verlustträchtigen und wartungsintensiven Kreuzgelenken aus.

Die Allradkupplung ist bei größeren Schleppern eine Lamellen-, sonst eine Klauenkupplung. Die Lamellenkupplungen sind in der Regel in das Getriebe integriert also in nasser Bauweise konzipiert.

Die Differentialsperre der Vorderachse ist häufig als Klauensperre oder Lamellen-Sperre konzipiert. Automatische Sperren werden mit einem Lamellenselbstsperr-Differential oder dem NoSpin-Antrieb ermöglicht.

Beim Selbstsperrdifferential ist die Sperrung nicht vollständig, dafür wird aber insb. das kurveninnere Rad nicht so stark belastet. Beim NoSpin-Antrieb, der kein Differential ist, der aus zwei automatisch ansprechenden Klauenkupplungen mit Freilauf besteht, überträgt u.U. das kurveninnere Rad die gesamte Leistung, die Antriebe müssen entsprechend dimensioniert sein.

Einige Hersteller bieten ein ASM (Antriebs-Strang-Management) an. Dabei werden der Allradantrieb und die Differentialsperre entweder von Hand ein- oder ausgeschaltet oder über eine Automatik aktiviert. Die Automatik schaltet die Differentialsperre und den Allradantrieb bei Unterschreiten bestimmter Grenzgeschwindigkeiten (z.B. 15 km/h) zu. Darüber hinaus werden beide Systeme auch über den Lenkeinschlag (<15%/25%) zugeschaltet. Der Lenkeinschlagwinkel wird dabei z.T. noch geschwindigkeitsabhängig verändert. So trägt auch hier die Elektronik zur Entlastung des Fahrers und gleichzeitig zur Materialschonung bei. Ebenfalls ein Bestandteil des ASM ist das automatische Zuschalten des Allradantriebes bei Geschwindigkeiten über 30 km/h, da dann aufgrund der StVZO mit vier Rädern gebremst werden muß.

Wichtiges Konstruktionsmerkmal ist der Wendekreis. Die Angaben der Hersteller sind hier nur schwer vergleichbar. Die Definition fällt immer etwas anders aus, die Werte schwanken je nach Radstand und verwendeter Bereifung beträchtlich. Maßgeblich sollte bei der Beurteilung die eindeutige DLG-Norm sein.

Der Wenderadius wird positiv beeinflusst durch die Einführung der sog. Wespentaille, also der Vorverlagerung des Motors bei gleichzeitiger Einschnürung des Rahmens. Ein Lenkeinschlag von über 50 Grad verbessert die Wendigkeit ebenso, wie ein stärkerer insbes. von John Deere verwendeter Nachlaufwinkel bis zu 12 Grad. Allerdings ist bei großen Nachlaufwinkeln mit stärkerem Flankenverschleiß an den Reifen und auf Grünland mit etwas höheren Narbenschäden bei Kurvenfahrt zu rechnen.

Die engen Wenderadien müssen auch bei stärkstem Pendelausschlag gewährleistet sein, hier sind kaum Herstellerangaben zu erhalten. Die Ausschöpfung optimaler Werte scheitert gelegentlich auch an den Kotflügeln. Ford geht mit seiner Steer-Achse einen neuen Weg. Beim Lenken wird die Achse etwas schräg gestellt und verbessert dadurch den Wenderadius deutlich.

Abb. 23: New Holland SuperSteer Achse

Der Wendekreis sollten bei den Schleppern im größeren Leistungsbereich bei max. ca. 13 m (ohne Allradantrieb) liegen, Spitzenwerte um 12,2 m erreicht z.B. der 170 kW John Deere 8000. Bis 75 kW sollten 11 m genügen, Werte darüber gelten nur als knapp ausreichend.

Frontgewichte sind heute für viele Arbeiten unverzichtbar. Bei Schleppern mit Fronthydraulik sind im Regelfalle Eigenbauten aus Beton und Stahl mit eingegossenen Haltekugeln eine preiswerte Lösung. Ist keine Fronthydraulik vorhanden, so gibt es viele Lösungen. Wichtig ist neben einer leichten aber gleichzeitig stabilen Montage der Erhalt der vorderen Anhängerkupplung. Das zulässige Frontachsengewicht darf ebenso wie ein Abstand von 3,5m vom Lenkrad nicht überschritten werden.

Abb. 24: Deutz-Fahr Agrottron 160-200 mit Motor-Getriebesteuerung und interessanter Frontballastierung

Ein neues Konstruktionsmerkmal ist die Vorderachsfederung. Insbesondere die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit förderte die Entwicklung. Ab 40 km/h ist gemäß StVZO die Vorderachsfederung vorgeschrieben. Deshalb gehören Federsysteme bei Schnellläufern wie dem Unimog und dem JCB Fastrac zur Grundausstattung. Bei Standardschleppern mit entsprechenden Geschwindigkeiten wird sie jetzt eingeführt.

Abb. 25: Die Federung und das Niveauregulierung der Firma JCB

Die Vorderachsenfederung bietet mehr Sicherheit und Fahrkomfort auf der Straße aber auch auf dem Feld. In Verbindung mit einer zusätzlichen Kabinenfederung wird auch der Schwingungs- und Lärmeintrag gesenkt. Darüber sind sich Fachleute einig. Weniger Einigung ist bei den technischen Konzepten zu sehen. Jeder Hersteller setzt auf sein System, eine endgültige Entscheidung für "das System" steht noch aus, außerdem führen häufig mehrere Lösungen zum selben Ergebnis.

Fendt begann 1993 die Entwicklung mit der Einführung einer Querschwinge. Die Federung erfolgt dabei über zwei Hydraulikzylinder mit Stickstoff-Federelementen.

Später baute Fendt eine rel. lange Längsschwinge, die Hydraulik sitzt dabei zwischen Vorderachse und dem unter dem Motor liegenden mechanischen Drehpunkt.

Ähnlich baut Deutz, allerdings ist die Schwinge deutlich kürzer, sie kann nur in der eingefahrenen Stellung fixiert werden.

Abb. 26: Die Deutz-Fahr Federung erfolgt über 2 Hubzylinder und eine hinten angelenkte Schwinge

John Deere hat sich auch für die Längsschwinge entschieden, die Hydraulik sitzt jedoch vor der Frontachse, so ist der Hubweg der Hydraulik größer als der der Achse. Diese Dreilenkerachse ist im Gegensatz zu anderen Bauarten nicht abschaltbar. Aufgrund ihrer Bauart ist das aber auch nicht notwendig. Lediglich der Betrieb von Frontgrubbern ohne Stützräder ist nicht möglich.

Abb. 27: Frontachsenkonzeption bei John Deere
 1. Zylinder der vertikalen Anlenkung, 2 zentraler Längslenker,
 3. Querlenker

JCB hat an der Vorderachse Spiralfedern als Federelement, diese reagieren schneller als Hydraulikzylinder, für die Hinterachse bleibt JCB aber auch bei der hydro-pneumatischen Federung.

Case/Steyr/Lamborghini gehen einen weiteren Weg. Bei diesem System sind beide Achshälften parallelogrammgeführt, dies führt zu einem je nach Federweg unterschiedlichen Sturz der Vorderräder. Die Dämpfung erfolgt über eine Kombination von Torsionsstab (nach unten) und Zylinder mit Stickstoffspeicher (nach oben). Die Federung kann in drei Punkten fixiert werden. Überschreitet man eine Geschwindigkeit von 13 km/h wird die Federung automatisch aktiviert.

Valmet nutzt die aus dem LKW-Bau bekannte Luftfederung. Da Luft komprimierbar ist, muß die Achse zum Sperren mit Bolzen verriegelt werden. Valmet setzt die Frontachse in die Mitte eines kurzen Längsträgers, dies schränkt den Federweg deutlich ein.

Vom Grunde her bieten lange Schwingen Vorteile, da sie einen größeren Federweg erlauben und die Regelung feiner/weicher arbeiten kann. Allerdings muß die Aufhängung entsprechend stabil also schwer konzipiert werden. Zu berücksichtigen sind zusätzlich die auftretenden Längs- und Querbewegungen. Der Hubweg liegt bei allen Herstellern im Bereich von 45 bis 50 mm. John Deere bietet 100 mm. Der Pendelwinkel bei den gefederten Achsen liegt bei allen Herstellern bei 11 Grad. Bei den ungefederten Achsen ist er z.T. deutlich größer, so z.B. beim John Deere mit bis zu 20 Grad.

Abb. 28: ZF-Agrosteer, gefederte Vorderachse für Leistungen bis 240 kW und statische Achslasten bis 6 t.

Wie aufwendige Meßreihen (Profi 2.99 S 11-18) zeigen, muss eine gefederte Frontachse aber nicht gleichbedeutend sein mit einer geringen Kabinenschwingung. Der Effekt einer gefederten Vorderachse wird für den Kabinenbereich eher überschätzt. Schlepper ohne Frontfederung bringen z.T. geringere Schwingungsbelastungen in der Kabine. Der Fahrkomfort, also die Schwingung der Kabine ist durch andere, billigere Techniken offensichtlich leichter zu verbessern. Die Schwingungsdämpfung der Kabine ist zu einem Großteil durch ihre Anlenkung am Trecker bestimmt. Die Vorderachsfederung dient also in erster Linie einer ruhigen Achsenführung, besserer Haftung und damit der Fahrsicherheit. Wenn über die Sinnhaftigkeit der Frontfederung nachgedacht wird, sollte sich deshalb die Diskussion auf die Fahreigenschaften beschränken.

8.2. Hinterachse, Differential, Bremsen, Kupplung

Im Bereich dieser Baugruppen sind die wesentlichen Entwicklungen abgeschlossen. Wichtig ist den Herstellern die Verbesserung der Stabilität, insbesondere bei den großen Schleppern, bei denen die hohen Kräfte des Heckkrafthebers aber auch die großen Hebelkräfte durch den Einsatz von sehr breiten Reifen beherrscht werden müssen.

Der Einsatz von Breitreifen oder Doppelreifen sollte beim Neukauf im Schein eingetragen werden, dies erspart unliebsame Überraschungen und Diskussionen mit dem Hersteller über die theoretische und tatsächliche Tragfähigkeit der Achsen.

Die Spurverstellung ist mittels einer Zahnstangenachse bei John Deere vergleichsweise einfach und wirkungsvoll gelöst.

Die Untersetzung der hohen Getriebedrehzahl über die Planetenendgetriebe erfolgt direkt am Differenzialblock, entsprechend stabiler muss dann aber auch die Antriebswelle ausgelegt sein.

Neue Entwicklungen zeigen sich bei den Bremsen. Die bisherigen Trommelbremsen werden heute durch Scheibenbremsen (meistens naß) abgelöst.

Bei großen Schleppern finden sich selbstnachstellende, praktisch wartungsfreie, im Öl laufende, also nasse Scheiben- bzw. Lamellenbremsen. Sie sitzen zwischen Differential und dem Planetenendgetriebe. Die Vorderachsbremsung erfolgt häufig auch über eine in den Antriebsstrang integrierte nasse Scheibenbremse. Auch trockene Sattelscheibenbremsen sind zu finden.

Nach Angaben mancher Hersteller sind die nassen Bremssysteme, dank der Verwendung besonderer Materialien über die Lebensdauer eines Schleppers wartungsfrei. Gegenüber der herkömmlichen Technik ist das ein großer technischer Schritt zur Reduzierung der Wartungshäufigkeit und der Wartungskosten.

Bei Schleppern als 40 km/h Version müssen alle vier Räder gebremst werden. Hier wird bei Betätigung der Bremse meistens der Allradantrieb automatisch zugeschaltet.

Die Bremswirkung, auch eine Messung beim DLG Test, wird in m/s^2 gemessen. Werte im Bereich 4,0- 5,0 m/s^2 sind Durchschnitt. Höhere Werte können die Fahrstabilität beim Bremsen vor allem im Anhängerbetrieb beeinträchtigen.

Die Feststellbremse ist im Regelfall links von Fahrersitz plaziert. Aus Platz- und Sicherheitsgründen ist ein zieh- und drehbarer Knauf einem langen Hebel vorzuziehen. Bei pneumatischer Betätigung ist ein Hebel am Armaturenbrett, wie beim LKW zu finden.

9. Die Kabine

Je nach Betriebstyp und Arbeitsprofil verbringt der Fahrer zwischen 4 und 8 Stunden/Tag auf dem Schlepper. Deshalb ist es nicht so sehr eine Frage des Komforts, sondern der Gesundheit, wie gut die Kabinengestaltung den Anforderungen entspricht. Der Fahrer soll möglichst lange effizient und ohne Ermüdungs- und Konzentrationsmängel Steuerungs- und Kontrollaufgaben erledigen. Die ergonomische Optimierung der Kabine ist deshalb ein Schwerpunkt der technischen Entwicklung.

9.1 Einstieg , Sicht- und Platzverhältnisse

Der Einstieg sollte über breite rutschfeste und vor Schmutzwurf geschützte Trittstufen verfügen. Die unterste Stufe bei 40 cm Höhe ist genauso wichtig, wie ein genügend tief platzierter Handgriff oder Handlauf. Die Türhöhe sollte über 1,5 m sein. Ein Öffnen der Tür nach vorne kommt den Routineabläufen (Arbeiten am Heck) am meisten entgegen und ermöglicht auch eine große Türöffnung. Der aus statischen Gründen stärkere Holm kann aber die Sicht verschlechtern. Bei größeren Schleppern mit breiteren Kotflügeln findet man im Regelfall hinten angelenkte Türen. Möglicherweise kann es dabei sinnvoll sein, den Einstiegsgriff separat vom Türschließgriff tiefer zu setzen, damit er besser zu erreichen ist.

Ein teilweise drehbarer Sitz verbessert die Aufstiegsmöglichkeit und die Erreichbarkeit des hinteren Kabinenteiles und die Sicht auf die Heckhydraulik. Auch das höhen- und längenverstellbare Lenkrad, bei den größeren Schleppern heute Standardausrüstung, erleichtert neben dem Ein- und Ausstieg auch die Anpassung an unterschiedlich große Fahrer und an unterschiedliche Einsatzverhältnisse. Ist das Lenkrad samt Armaturenbrett komplett hochklappbar (J. Deere), so wird der Ausstieg für kleine Leute, die den Sitz weit nach vorne haben, ausgesprochen leicht.

Links neben dem Fahrersitz muß genügend Platz für einen stabilen ausklappbaren Beifahrersitz sein, ein guter Platz ist direkt vor dem linken Kotflügel. Ein genügend großes Ablagefach für Papiere z.B. unter dem Sitz, im Beifahrersitz. Im Armaturenbrett oder sogar im transportablem „Feldbüro“ wird für Bedienungsanleitungen, und sonstige schriftliche Unterlagen (Bonituren, Datenerfassung für den PC) immer wichtiger. Wenn die Bedienungsperson einen ganzen Arbeitstag auf dem Schlepper verbringt, ist eine vernünftige Stauraumgestaltung für Verpflegung eigentlich eine Selbstverständlichkeit, aber kaum zu finden. Dazu gehören auch Anbringungsmöglichkeiten für Fernbedienungen und externe Bedienterminals. Eine zusätzliche Steckdose zum Anschluß von Zusatzgeräten in der Kabine sollte zum Standard gehören.

Abb. 29: Die neue Freisichtkabine des MF 4200 der Firma Massey Ferguson

Abb. 30: Mobiler Dokumentenkoffer bei John Deere

Eine gute Sicht erleichtert die Kontrolle und ist deshalb mit eines der wichtigsten Merkmale einer guten Kabine. Gute Sichtverhältnisse nach vorne und hinten schaffen heruntergezogene Motorhauben, Wespentailenrahmen, weit heruntergezogene Front- und Heckscheiben und verglaste Türen. Der Einzug der Elektronik kann zu schmaleren Armaturenbrettern führen, dies begünstigt gute Sichtverhältnisse entscheidend. Notwendige Anzeigen lassen sich über Multitasking-Bildschirme oder z.B. in Seitenholmen integrieren. Zu weit nach vorne verlagerte Sitze erschweren die Sicht auf die Heckhydraulik.

Abb. 31: Kabine mit Bedienungsteil der New Holland G-Serie

Schmale Holme oder durch Wölbung der Frontscheibe stark nach hinten verlagerte Holme verbessern die Seitensicht. Hochgezogene Luftansaugkanäle reduzieren zwar die Staubbelastung des Luftfilters, begrenzen aber die Sicht genauso wie oben platzierte Scheibenwischermotoren oder hochgezogene Auspuffrohre. Eine höhere Sitzposition verbessert die Sicht generell sehr wirksam. Große schwingungsarme und mit einem wirksamen Anfahrschutz ausgerüstete Rückspiegel kosten wenig, doch sind offensichtlich noch immer nicht alle Hersteller in der Lage, diese simplen Forderungen zu realisieren.

Eine gute Nachtsicht durch leicht verstellbare Arbeitsscheinwerfer, die möglichst hoch angebracht und damit im engeren Arbeitsbereich der Maschine möglichst blendfrei sind, ist u.a. bei Bestellarbeiten wichtig.

9.2. Kabinenfederung, Sitz und Lärm

Die Federung der Kabine erfolgt bei einfachen Versionen durch Silentblöcke. Aufwendigere Techniken bieten eine Teilfederung über Federbeine, die gegenüberliegende Seite ist auf Silentblöcken oder in Hydrolagern gelagert.

Nur wenige Schlepper bieten eine Vollfederung (integrierte Kabine) an allen Anlenkpunkten. Im Regelfall werden dabei Feder-Hydrauliksysteme verwendet, aber auch Luftfederungen kommen zum Einsatz. Schwingungs- und Schallübertragungen bleiben bei den Pedalen und der Schaltung solange nicht hydraulisch/elektrische, also indirekte Steuerungssysteme zum Einsatz kommen.

Frontachsfederungen bringen für die Schwingungsdämpfung der Kabine wenig. Ein guter Sitz kann Schwingungen spürbar dämpfen. Der optimale Sitzkomfort ist ein wichtiges Ausstattungsmerkmal. Es kann nicht die Aufgabe verantwortungsbewusster Unternehmer sein, ihre Bandscheiben in hunderten von Stunden auf schlechten Sitzen zu ruinieren. Luftgefederte Sitze mit verstellbaren genügend langen Armstützen sollten

wegen der deutlich einfacheren korrekten Einstellung des Fahrergewichtes Standard sein. Ist kein bordeigenes Druckluftsystem vorhanden, findet man Sitze, die einen kleinen separaten Kompressor an die Bordelektrik anschließen.

Zusätzliche Verstellmöglichkeiten für die Lehne und insb. die Lendenwirbelstütze, sowie die Möglichkeiten zur Höhen- und Längenverstellung und zur Neigungsverstellung des Sitzens sind sehr hilfreich. Nackenstützen und eine ergonomisch gut geformte Ablagemöglichkeit für den rechten Arm, der immer mehr zusätzliche Steuerfunktionen ausüben muss, sind genau so wichtig, wie eine genügend lange Sitzfläche, die den Oberschenkeln eine große Auflagefläche bietet.

Die teilweise Drehbarkeit des Sitzes nach rechts und links verbessert die Sitzposition beim Pflügen und erleichtert Ein- und Ausstieg sowie die Kontrolle des hinteren Anbauraumes.

Die Sitzheizung steigert den Komfort zusätzlich, ob sie notwendig ist, entscheidet der Kunde.

Neu sind sog. Niederfrequenzsitze, die ein gegenseitiges Aufschaukeln zwischen gefederter Kabine und Sitzfederung ausschließen. Generell muß bei Überlegungen zur Schwingungsdämpfung heute mehr und mehr das Gesamtkonzept von gefederter Vorderachse, Motor- und Getriebelagerung, Kabinenfederung, Bereifung und Sitzqualität gesehen werden.

Abb. 32: Der neue Niederfrequenzsitz Maximo der Firma Grammer

Die Angaben des Kabinenlärmes ist sowohl bei offener als auch teil- oder vollgeschlossener Kabine wünschenswert. Ein im geschlossenen Zustand leiser Schlepper kann geöffnet sehr laut werden. Zielgröße (bei Vollgas, max. Zugleistung und geschlossener Kabine) sind heute Werte unter 75 dB(A), Werte von 73 dB(A) sind als sehr gut zu bezeichnen.

Die Angaben in den Prospekten der Hersteller sind oftmals zu niedrig, denn sie beziehen sich meistens nur auf den Schlepperbetrieb ohne Zugbelastung.

9.3. Klimatisierung

Die Schaffung einer angenehmen Temperatur ist für den Fahrer im Grundsatz das wichtigste Komfortkriterium. Um dies zu ermöglichen muß die Frischluft zugfrei zum Fahrer gelangen. Die Luftströmung muß durch mehrere Luftöffnungen präzise steuerbar sein. Wärme muß zum Kabinenboden und kalte Luft vielleicht sogar direkt in den Oberkörperbereich. Wenige, schlecht verstellbare Düsen führen zu Zugluft und im weiteren Verlauf zu Erkältungen und Verspannungen im Nackenbereich.

Die Frischluft wird zweckmäßig am hinteren Kabinendach eingeleitet und durch große wartungsfreundliche Filter in die Kabine geführt. Eine interessante Variante ist die Zuführung durch die vorderen Holme, in denen gleichzeitig die leicht zugänglichen Filter sitzen. Die Warmluftzuführung erfolgt von vorne.

Abb 33.: Klimatisierung einer Fendt-Kabine

Die Fenster sollten nach Möglichkeit alle eine Ausstellmöglichkeit haben. Bei vielen Schlepperherstellern ist dies aber stark eingeschränkt. Das spaltweite Öffnen und Fixieren der Türen schafft schnell viel frische Luft in die Kabine.

Mindestens die Heckscheibe und zwei Seitenscheiben oder die Frontscheibe sollten ausstellbar sein. Eine Öffnung im Kabinendach wird von einigen Herstellern angeboten, der Luftaustausch ist zwar staubärmer aber auch weniger intensiv als durch Seiten- oder Frontscheibe.

Das Öffnen der Heckscheibe muß auch bei angehobenem Kraftheber möglich sein. Ansonsten werden geöffnete Heckscheiben regelmäßig ein Opfer von unbedacht angehobenen Geräten.

Eine Klimaanlage kann auch unter norddeutschen Verhältnissen bei guter Auslastung des Schleppers und generell bei Kabinen mit großen Glasflächen sinnvoll sein. Der Leistungsverbrauch der Kühlanlage macht sich deutlich bemerkbar.

9.4. Bedienungskomfort

Der Bedienungskomfort ist mit den Begriffen Erreichbarkeit, Funktionalität, Sichtbarkeit und Bedienbarkeit hinreichend beschrieben. In diesem Bereich sind insbesondere bei den Großschleppern deutliche Verbesserungen zu beobachten. Die Überwachungs-

und messtechnische Ausstattung wird immer umfangreicher und entlastet den Fahrer von routinemäßigen Kontrollen, so kann er sich mehr auf die wichtigen Arbeitsabläufe konzentrieren.

Mit dem Gaspedal muss häufig fein dosiert werden. Erleichtern lässt sich dies dadurch, daß der Fuß am rechten Kotflügel oder einer ähnlichen Fläche angelehnt werden kann. Das Bremspedal sollte so groß sein, dass beim Betätigen der Einzelradbremse eine sichere Unterscheidung möglich bleibt, eine Verriegelung der beiden Bremspedalen mit dem Fuß ist ergonomisch sinnvoll. Der Bremspedaldruck ist nach Meinung von Fachleuten auch heute noch für eine Dauerbeanspruchung häufig zu hoch, er sollte bei 40 N liegen.

Der oft genutzte Handgashebel sitzt rechts gut erreichbar in unmittelbarer Nähe zum Lenkrad oder auf der rechten Konsole und muss gut regulierbar (mit Anschlag) sein. Die Getriebeschalthebel sollten direkt an den rechten Arm herangeführt und in Höhe der Sitzlehne sein. Hebel zwischen den Fahrerbeinen gehören der Vergangenheit an. Die Hydraulikbedienung wird immer umfangreicher. Um so wichtiger ist insbesondere die gute Erreichbarkeit und optische Kontrolle. Kreuzhebel zur kombinierten Bedienung von zwei Bewegungen setzten sich durch und werden z.T. noch mit zusätzlichen Tasten bestückt.

Abb. 34: Die rechte Bedienungskonsole beim MF 6200/8200 der Firma Massey Ferguson

Die Schaffung einer guten Übersicht über die Bedienungselemente einerseits und das Armaturenbrett andererseits ist für jeden Konstrukteur eine Herausforderung. Auch Modetrends bestimmen hier die Entwicklung. Der Weg geht aber eindeutig zu elektronischen aber dennoch auch bei Sonnenschein gut ablesbaren Instrumenten. Der Bordcomputer setzt sich in den oberen Leistungsklassen als Standard durch. Intelligente Elektronik übernimmt darüber hinaus eine Vielzahl von Kontroll- und Überwachungsaufgaben, so dass das Armaturenbrett auch immer übersichtlicher werden sollte. Man braucht z.B. keine Batteriespannungs- oder Öldruckanzeige, nur die

optische, oder auch akustische Warnung beim Unterschreiten von Grenzwerten ist wichtig.

Abb. 35: Futuristisches Bedienungsdesign bei Fendt

Die rechte Konsole wird mehr und mehr zur eigentlichen Schaltzentrale, teilweise wird von Herstellern auch schon der rechte Holm einbezogen. Die Erreichbarkeit des Holms ist aber relativ schlecht, entsprechend selten zu bedienende Knöpfe oder Ableseinstrumente gehören dort hin.

Im höheren Leistungssegment zeigen alle Hersteller die Integration von Bedienelementen direkt in die rechte Armlehne. Der Einbau eines "joy-sticks", mit dem ähnlich wie im Mähdrescher mehrere Funktionen kombiniert ausgeführt werden können, ist die konsequente Übertragung der Fortschritte im Getriebekonstruktion auf den Bedienungskomfort. Auch die häufig zu bedienenden Hydraulikfunktionen werden in der rechten Armlehne integriert.

Multitasking-Monitore, die nach Bedarf verschiedene Anzeige- und Kontrollinstrumente digital darstellen, werden im oberen Leistungssegment die Zukunft sein.

Abb. 36: Die Kabine des Deutz-Fahr Agrottron

10. Die Wartungsfreundlichkeit

Trotz großer technischer Fortschritte gibt es immer noch keinen wartungsfreien Schlepper und das wird wohl auch zukünftig so bleiben. Deshalb ist es wichtig, dass die Wartung so stark wie möglich reduziert und in der Handhabung so leicht wie möglich gemacht wird.

Die Wartung fängt beim Öffnen der Motorhaube an, große Unterschiede in der Zugänglichkeit einzelner Aggregate sind auch heute noch an der Tagesordnung. Gut wäre es, wenn alle zu kontrollierenden Teile an einer Seite angeordnet wären.

Lange Wechselintervalle beim Motoröl (> 500 Stunden), beim Getriebeöl (> 2000 Stunden) und beim Hydrauliköl (> 1000 Stunden) sind möglich, ein Wechsel bleibt natürlich auch weiterhin nötig. Dies gilt insbesondere für Öle auf pflanzlicher Basis, deren Wechselintervalle besonders genau zu prüfen und zu beachten sind.

Das leichte Kontrollieren, Wechseln und Nachfüllen (vom Boden aus) der jeweiligen Öle ist heute selbstverständlich. Visuelle Kontrollmöglichkeiten ersetzen den Peilstab. Hängend angebaute Ölfiler sind leicht zugänglich.

Abb.37: Gute Zugänglichkeit durch klappbare Motorhaube beim MF 6200/8200 der Firma Massey Ferguson

Ausschwenk- oder ausklappbare Kühler sind ebenso technisch realisierbar, wie große und gut zugängliche Kühlflüssigkeitsbehälter. Die leichte Befüllbarkeit des Treibstofftanks vom Boden aus sollte genauso selbstverständlich sein wie ein zentraler, trocken untergebrachter Sicherungskasten.

Die Zahl der Schmiernippel an Front- und Heckhydraulik, der Vorderachse und an anderen Plätzen sollte gering, die Zugänglichkeit dafür aber gut sein. Die Motor- und Kabinenluftfilter müssen genügend groß sein, so erzielt man lange Reinigungsintervalle. Die Zugänglichkeit ist häufig ein Problem.

Auch heute gibt es immer noch Hersteller, die das Wort Werkzeugkiste mit "Platz für einen Schraubendreher" gleich setzen. Unzumutbar für die Praxis und auch ein Armutszeugnis für die Konstrukteure sind die immer noch zu findenden kleinen, nicht unterteilten und schlecht zugänglichen Werkzeugbehälter. Auch Stauraum für schwere Gegenstände, wie z.B. Abschleppketten u.a.m. sucht man häufig vergebens.

Alle Hersteller arbeiten hingegen an automatischen Diagnose- und Wartungssystemen, die z.B. auch anstehende Störungen oder notwendige Ölwechsel optisch oder akustisch anzeigen. Auf diesem Sektor ist in den nächsten Jahren mit einem deutlich größeren Angebot zu rechnen.

11. Literatur

Geprüfte Ackerschlepper 1997, DLG-Verlag

Holländer, Claus, Römer Axel und Tewes Günter
Hydraulik - ohne sie geht nichts, Dlz-Traktorenheft 1999, S. 20-26

Holz, Werner
Der Kraftstoffverbrauch in Theorie und Praxis, Profi Nr. 11/1998, S70-72

Holz, Werner
Kraftstoffverbrauch, Zapfwellenleistung und Zugleistung von Ackerschleppern, Schrift 2.1.2.1, S. 277-288, RKL, Rendsburg 1999

Holz, Werner
Zapfwellenschaltung moderner Schlepper, internes Arbeitspapier, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, 5/1998

Knechtges, H.
Stufenlose Getriebe der neuen Generation, top agrar, 1/1996, S. 70-75
Knechtges, H.
Die neuen Lastschaltgetriebe, Bauernblatt 21.8.99 S41ff.

Knechtges, H.
Systemtraktoren und Träger Fahrzeuge, Arbeitspapier 273, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt 1999

Landwirtschaftliche Fahrzeuge im Straßenverkehr, AID, Bonn, 1999

Lober, Manfred
ML 200 kontra Lastschaltgetriebe, Landtechnik 5/1997, S.236-237

Lober, Manfred
Traktormotoren mit neuer Einspritztechnik, Bauernblatt 21.8.99

Neuenaber, Manfred
Wie gut ist der Gesamt-Wirkungsgrad ?, Profi 12/1995, S. 10-16

N.N.
Lastschaltstufen gegenüber der Synchronversion zeigen auch Praxistests (Profi 12.95 S. 10-16)

N.N.
Federungssysteme im Vergleich, Sonderdruck aus top agrar 11/1998

N.N.
Sicher und komfortabler arbeiten mit einem gefederten Schlepper, Profi 2/1999, S. 10-18

N.N.
12 Kabinen im Vergleich, Profi 3/1998, S. 10 -16

N.N.

Sicher und komfortabler arbeiten mit einem gefederten Schlepper, Profi 2/1999 S 11-18

Reiter, Heribert

Entwicklungsschwerpunkte für Getriebe vor der Jahrtausendwende, Landtechnik (1998) Sonderheft Juni, S. 182-185

Renius, Karl Theodor

Traktoren - Technik und ihre Anwendung, BLV Verlagsgesellschaft, München 1985

Schwanghart, Helmut :

Gummibandlaufwerke. Landtechnik (1998) Sonderheft Juni, S. 207-209

Traktoren 1999, DLZ Agrarmagazin, 10/1998

Traulsen Dr. H.

Beurteilung von Ackerschleppern, Tabellenwerk und Nachtrag, Schrift Nr. 2.1.2.2, S. 1 - S.315 RKL, Rendsburg

Traulsen, Dr. H. und v.Keiser Dr. H.

Landtechnik 97, Kritischer Führer zur Agritechnica, Ergänzungsband, RKL, Rendsburg, 1997

Traulsen, Dr.H. und v. Keiser Dr. H.

Landtechnik 99, Kritischer Führer zur Agritechnica, Ergänzungsband, RKL, Rendsburg, 1999

Zeitschrift DLZ : Diverse Fahr- und Testberichte

Zeitschrift Profi : Diverse Fahr- und Testberichte

Unterlagen verschiedener Hersteller