

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 59 (1997)
Heft: 1

Artikel: Motoren sind massgeschneidert : das Kennlinienfeld zeigt die Optimierung
Autor: Schulz, Herbert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1081350>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.03.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Teil 2

Motoren sind massgeschneidert – Das Kennlinienfeld zeigt die Optimierung

Herbert Schulz,
Berlin



Dr. Ing. Herbert Schulz ist ein Kenner des Traktorenbaus und der Motortechnik: Studium der Landtechnik und der Motorfahrzeugtechnik, Berufstätigkeit in der Motorenkonstruktion, Lebtätigkeit an der Humboldt-Universität, Berlin.

Eine gewisse Besonderheit beim Traktoreinsatz ist, dass die Motoren bei den verschiedenen Arbeiten langfristig unterschiedlich hoch belastet werden. Auch unterschiedliche Drehzahlen werden im Dauerbetrieb gefahren. In Abb. 1 sind ausgewählte Betriebsbereiche für verschiedene landwirtschaftliche Arbeiten und Fahrweisen in einem Kennfeld dargestellt. Die Forderung besteht nun, dass bei diesen Betriebszuständen möglichst wenig Kraftstoff verbraucht wird.

Minimaler Treibstoffverbrauch

Da bei den Betriebskosten nahezu 50% als Kosten auf die Betriebsstoffe, namentlich auf Diesel entfallen, ist das Verbrauchsverhalten eine stark zu beachtende Bewertungsgrösse.

Aber auch bei schweren Zugarbeiten ist der Drehmomentenverlauf bei Vollast von Bedeutung, da hievon die Anzahl Getriebegänge beeinflusst wird und der Motor hier gegebenenfalls in gewissem Rahmen zur stufenlosen Geschwindigkeitsregelung genutzt werden kann.

Würde ein Traktor nur für hohe Zug- und Zapfwellenleistungen eingesetzt, wäre ein Motor hinsichtlich Verbrauch nach Abb. 2 nahezu ideal.

Es sind aber auch Motoren bekannt, bei denen die Linien gleichen spezifischen Verbrauchs das maximale Moment $M_{\max}$ einschliessen (Abb. 3). Derartige Motoren ergeben bei maximaler Zugkraft den geringsten Verbrauch. Da aber meistens mehrere Betriebsbereiche (Belastungsbereiche) abzudecken sind, sollten die Linien geringen spezifischen Kraftstoffverbrauchs bis tief nach unten in den Teillastbereich reichen. Der Bestverbrauch $b_{e \min}$ liegt üblicherweise im Drehzahlbereich des maximalen Moments, als Ausdruck der günstigsten Energieumwandlung und geringster Verluste eines Motors in diesem Drehzahlbereich.

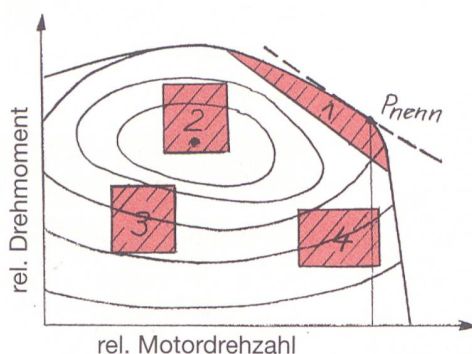


Abb. 1. Schema eines Kennfeldes mit Belastungsbereichen des Motors bei typischen landwirtschaftlichen Arbeiten und Fahrweisen 1 schwere Zugarbeit und zeitsparende Fahrweise (40 km/h lassen grüssen); 2 Kraftstoffsparende Fahrweise; 3 Kriechgangarbeiten; 4 Transporte und mittelschwere Zapfwellenarbeiten.

Und er läuft und läuft und ... der Traktormotor

Sie erinnern sich: «Drehmomentanstieg, Constant-Power, Permatorque, Abregellinie, Teillastbereich, Kippunkt, Nenndrehzahl, Kennfeld, Muschel-diagramm – Begriffe, um die niemand herumkommt, der sich intensiver mit der Technik und Entwicklung von Traktormotoren auseinandersetzt. «Dreiteilige Folge des Traktorspezialisten Herbert Schulz aus Berlin – anspruchsvoll und lehrreich», so stand es in der Schweizer Landtechnik 9/96. Wir bitten den Autor und die Leserschaft um Verzeihung, dass sich die Publikation des dreiteiligen Zyklus in die Länge gezogen hat.

Die Teile

Teil 1: Motoren haben einen Charakter – Das Kennlinienfeld ist sein Abbild (erschieden im LT 9/96)

Teil 2: Motoren sind massgeschneidert – Das Kennlinienfeld zeigt die Optimierung (hier veröffentlicht)

Teil 3: Motoren sind entwicklungsfähig – Das Kennlinienfeld erläutert, in welcher Richtung (folgt)

Im Bestpunkt werden heute bei leistungstarken Traktoren Verbrauchswerte um 200 g/kWh erreicht, bei leistungsschwächeren liegen diese

Werte in der Regel etwas höher (Abb. 4 und 5).

Im Nennleistungsbereich liegen die Verbrauchswerte um 230 g/kWh. Da-

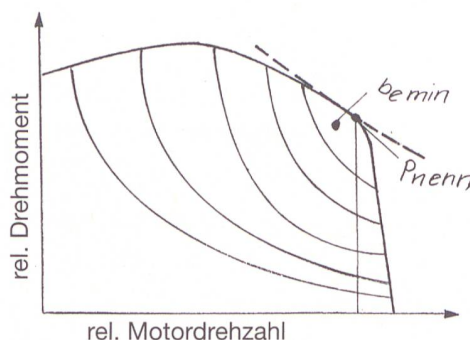


Abb. 2. Schema eines verbrauchsgünstigen Kennfeldes für permanentes Nutzen eines Motors bei Nennleistung.

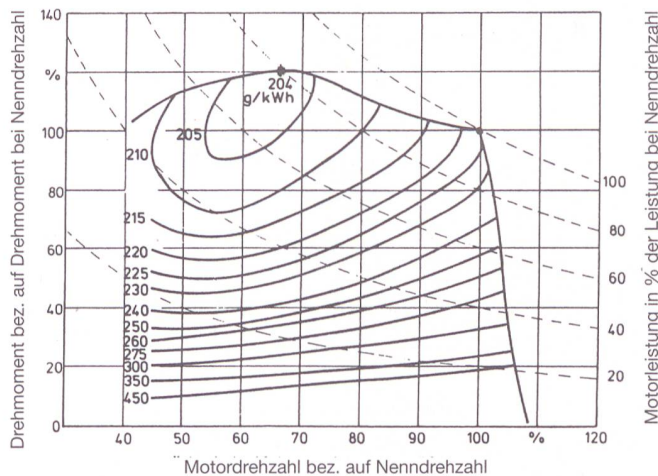


Abb. 3. Verbrauchsgünstiges Kennfeld, wenn ein Traktor oft die maximale Zugkraft aufbringen muss.

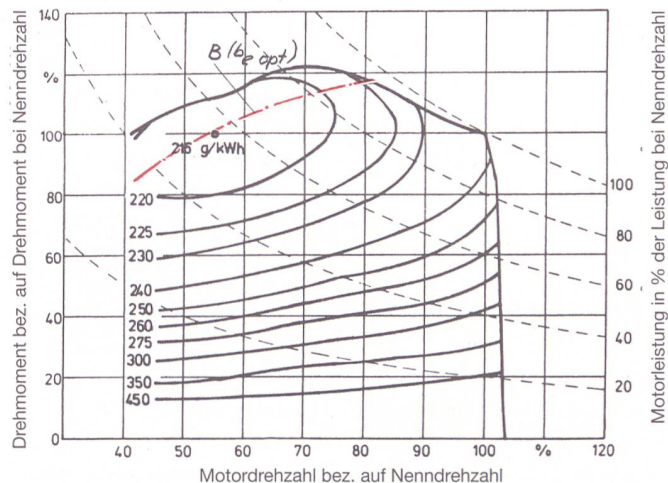


Abb. 4. Kennfeld eines Motors mit gutem Verbrauchsverhalten, weniger günstigen Vollast-Momentenverlauf und eingetragener Bestverbrauchslinie b.

nach sind die Motoren nach diesen Abbildungen für einen mittleren Leistungsbereich als gut einzuschätzen, da auch die Verbrauchslinien bei Nennleistung bis tief in die Teillastbereiche reichen, so etwa bis zu 60 % des Nennmoments und bis unter 40 % der Nennleistung.

Ist eine beliebige Leistung vom Motor aufzubringen, so wird der jeweils geringste spezifische Kraftstoffverbrauch ($b_{e\ opt}$) auf der Bestverbrauchslinie erreicht (s. Abb. 4, Linie b). Diese Linie hat Bedeutung bei der Motornutzung für eine Fahrstrategie «Diesel sparen».

Sofern stufenlose Getriebe in Traktoren verwendet werden, kann diese Linie als Regellinie stufenlos für diese Fahrstrategie genutzt werden, was hier besonders verbrauchsgünstig sein kann.

Optimaler Drehmomentanstieg

Eine weitere Frage zur Bewertung eines Motors ist, welchen Drehmomentenverlauf sollte er heute bei Vollast und auf der Abregellinie haben?

Zunächst sei der Momentenverlauf bei Vollast betrachtet (Abb. 6).

Vom Nennleistungspunkt (P_{nenn}) ausgehend, soll bei fallender Drehzahl das Drehmoment kräftig ansteigen und bei etwa 70 % der Nenndrehzahl sein Maximum $M_{max(k)}$ erreichen, welches auch als Kippunkt (K) bezeichnet wird, weil danach das Drehmoment normalerweise abfällt. Beim maximalen Moment sollte noch etwa 80 % der Nennleistung zur Verfügung stehen, was bei den Kennfeldern der Motoren nach den Abbildungen 4 und 5 gegeben ist.

Durch den Momentenanstieg bei ab-

nehmender Drehzahl rechts vom Kippunkt steigt in gleichem Masse die Antriebskraft eines Traktors. Es muss dadurch bei zunehmendem Arbeitswiderstände unbedingt heruntergeschaltet werden. Eine Regelungsmöglichkeit noch unter 70% der Nenndrehzahl, nur durch den Motor, würde hohen Geschwindigkeitsverlust und gleichermassen Produktivitätsverlust bedeuten.

Dieselmotoren haben entsprechend den Einspritz- und Verbrennungsbedingungen sogenannte natürliche Kennlinien, d.h. auch bei Teillast

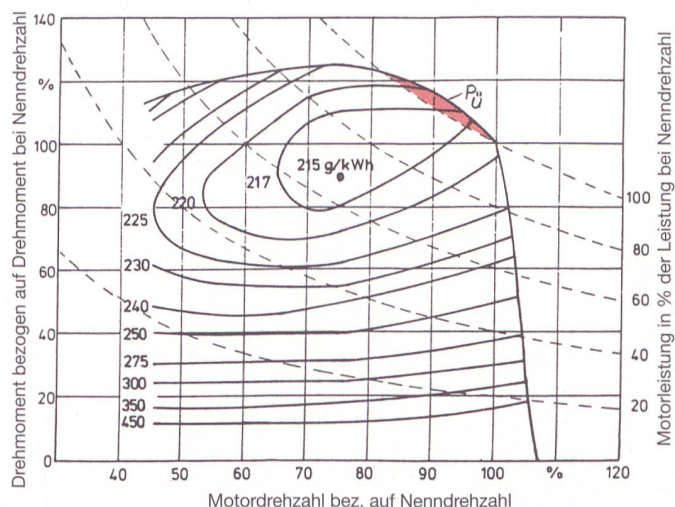


Abb. 5. Kennfeld eines sehr verbrauchsgünstigen Motors mit einer «Büffel»-Charakteristik, die bei fallender Drehzahl einen Leistungszuwachs über die Nennleistung ergibt (Überleistung P_U). Das erhöht die Zug- und Zapfwellleistung bei Lastzunahme.

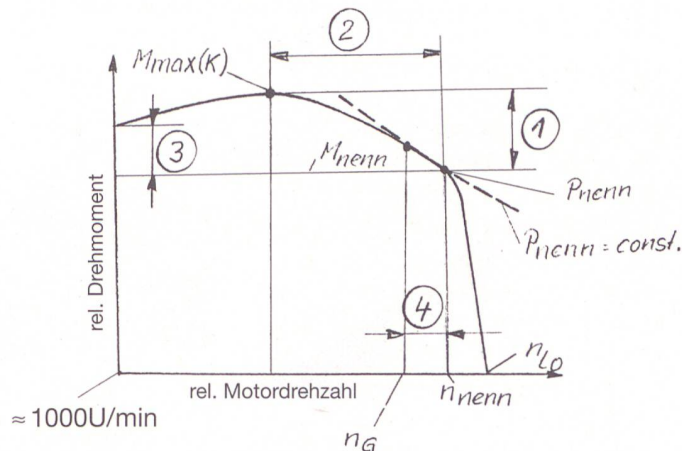


Abb. 6. Darstellung zur Bewertung des Drehmomentenverlaufs eines Motors: ① Momentenzunahme bei sinkender Drehzahl durch Belastung; ② nutzbarer Drehzahlbereich für Geschwindigkeitsregelungen mit dem Motor bei Vollast; ③ Momentenhöhe bei Anfahrtdrehzahl; ④ Drehzahlbereich bei Vollast, in dem die Nennleistung des Motors zur Verfügung steht (Gleichleistungsbereich) N_G = Gleichleistungsdrehzahl.

zeigt sich ein ähnliches Momentenverhalten wie bei Vollast (Abb. 7).

Die Drehzahlstabilität eines Arbeitspunktes bei konstanter Fahrpedalstellung ist dabei natürlich vom Verlauf der Reglerkennlinie der Einspritzpumpe abhängig.

«Constant Power»

Der Drehmomentenanstieg moderner Traktormotoren liegt heute üblich im Bereich von 20 bis 30% über dem Nennmoment (Abb. 8), erreicht werden dabei bis 50%, gemäss Literaturangaben sollen bis 70% erreicht werden. Es stellt sich allerdings die Frage nach der Notwendigkeit, da es Nachfolgeprobleme geben kann, z.B. Festigkeit der Getriebe und die Umsetzbarkeit in Zugkräfte bei angestrebten geringen Fahrwerksverlusten.

Nebst den prozentualen Anstiegen ist auch von Bedeutung, wie der Momentenverlauf zwischen M_{nenn} und M_{max} ist. Beim Motor nach Abb. 4 ist der Anstieg des Momentes schwach. Der Motor gibt nur bei der Drehzahl von 100% seine Nennleistung ab. Trotz steigendem Moment bei sinkender Drehzahl verringert sich die vom Motor abgebbare Leistung. Bei diesem Verlauf kann es Schwierigkeiten hinsichtlich Arbeitsqualität und Produktivität bei schweren Zugarbeiten und Geräteantrieben geben. Aus diesen Grün-

den wird bisher der genau umgekehrte Momentenverlauf angestrebt. Die Ziele sind heute gerichtet auf «Büffel»- und/oder Gleichleistungscharakteristiken (Abb. 6).

Bei einem Momentenverlauf nach Abb. 5 wird sogar eine Leistung erreicht, die bei sinkender Drehzahl über der Nennleistung liegt (Überleistung P_U) und bei 83% der Nenndrehzahl steht noch die Nennleistung zur Verfügung. Schmiegt sich der Momentenverlauf etwa über 20% der Drehzahl an die Kurve $P_{nenn} = const.$ (100%) an, so werden diese Motoren als Gleichleistungs- oder Constant-Power-Motoren bezeichnet. Der Momentenverlauf ist sehr gut für schwere Zug- und Geräteantriebsleistungen geeignet.

Die ideale Antriebskraftkurve

Ein hoher Momentenanstieg verbessert die nutzbare Antriebsleistung für Zugarbeiten durch bessere Annäherung an die als ideal angesehene Antriebskrafthyperbel (Abb. 9).

Die schraffierten Flächen (1 und 2) besagen: In diesen Bereichen kann keine Antriebsleistung genutzt werden. Bei einem elastischen Motor sind diese Bereiche aber bedeutend kleiner als bei einem unelastischen. Dadurch kann die Auslastung der Motorleistung erhöht werden, somit

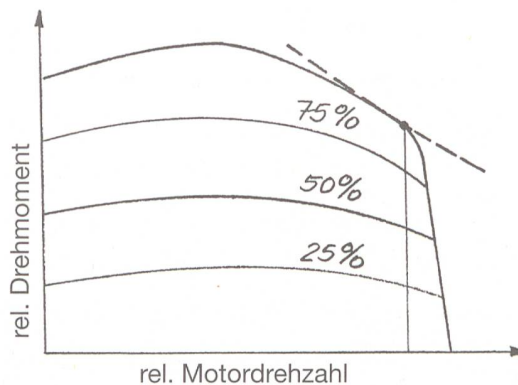


Abb. 7. Schematische Darstellung der natürlichen Kennlinien eines Dieselmotors bei 25, 50 und 75% Belastung.

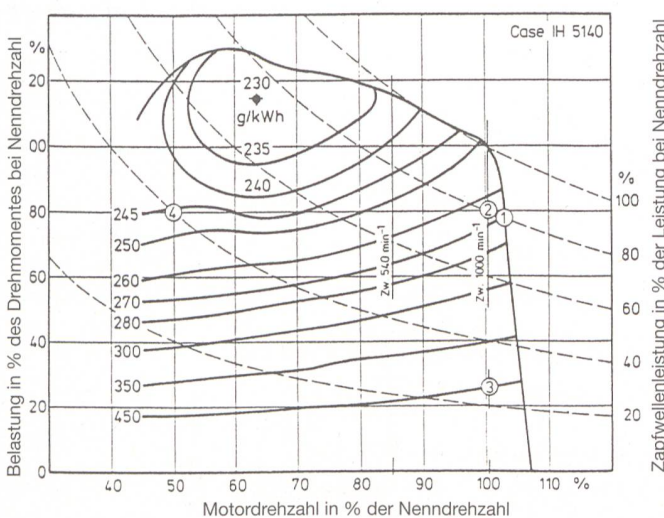


Abb. 8. Kennfeld des Motors vom Case IH 5140 mit einem Gleichleistungsbereich bis zu 87% der Nenndrehzahl.

auch die Produktivität. Ein Motor mit grossem Momentenzuwachs, also mit grosser Elastizität, ergibt bei

Belastungszunahme einen geringeren Drehzahlabfall als ein unelastischer Motor und erhöht zudem die Fahrbequemlichkeit bei Traktoren mit Stufengetrieben. Wird z.B. bei Zugarbeiten ein Drehzahlabfall von 70 % bei steigendem Moment zur Geschwindigkeitsregelung genutzt, so braucht, je nach Getriebeabstufung um etwa 1 bis 3 Gänge nicht zurückgeschaltet zu werden. Für die untersten Gänge eines Traktors ist ein hoher Momentenzuwachs meistens ohne Bedeutung, da durch die grossen Getriebeübersetzungen, insbesondere das steigende Moment bei Vollast nicht mehr als Antriebskraft auf den Boden gebracht werden kann.

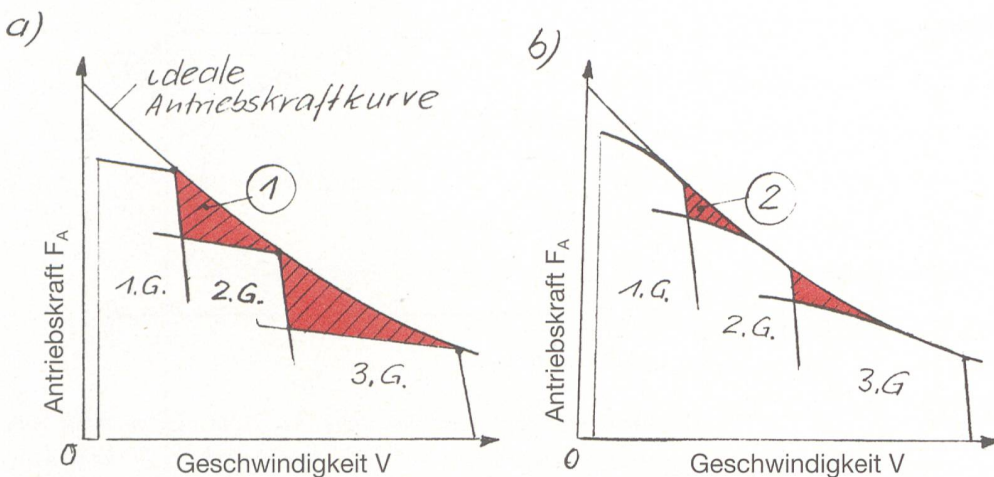
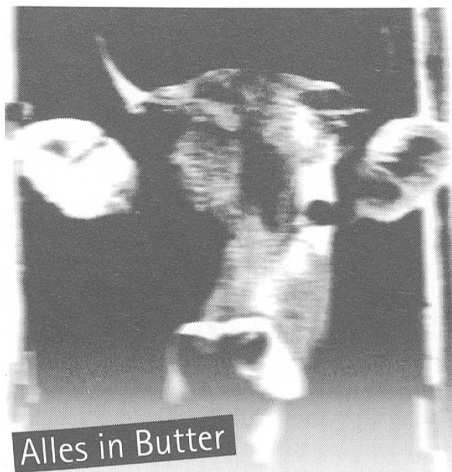


Abb. 9. Tendenzielle Darstellung eines Antriebskraft-Geschwindigkeitsdiagramms für 3 Gänge.

a) Motor mit geringem Momentenanstieg

b) elastischer Motor



Alles in Butter

Auch Ihre Zahlen?

Wer im härteren Wettbewerb bestehen will, muss gut rechnen! Profitieren Sie deshalb von unserer Erfahrung und unserem Fachwissen:

- landwirtschaftliche Buchhaltungen
- bewährte PC-Buchhaltungsprogramme (auch für Windows)
- Steuererklärungen
- Finanzberatung
- Hofübergaben, Betriebsgemeinschaften, Schätzungen

Rufen Sie uns an!

NEBIKER

Nebiker Buchhaltung und Beratung AG
4450 Sissach Telefon 061/971 15 11

AGRO -



Futtermischwagen



- robuste Ausführung
- auch für Rundballen geeignet
- Einfüllöffnung hinten
- 2 Jahre Garantie
- Preis: 6 m³, komplett Fr. 16 500.–

AGRAMA
Halle 31

Agro-Gerber

Maschinen und Stalleinrichtungen
Industriestrasse 52
3178 Böisingen
Tel. 031 747 64 65



GERBER

AGROELEC-Geräte, für jede Mess- und Steueraufgabe

Geschwindigkeit, Fläche, Arbeitszeit,
Zapfwellen-Drehzahl, Liter pro Hektare,
Stückzähler usw.



Bis 14 Funktionen sind anwählbar,
zeigt 2 Funktionen gleichzeitig.

TACHOTRON TZ84:



Unverzichtbar für exakte Geschwindig-
keitsanzeige beim Spritzen.

R. Zuber AGROELEC AG
8477 Oberstammheim 052 745 14 77
AGRAMA Stand 2905

1 Traktor Deutz Agrotion 6.30, 130 PS	92 000.–
1 Traktor Deutz Agrotion 6.01, 105 PS	75 000.–
1 Vorführ-Deutz Agrotion 4.95, 98 PS	68 000.–
1 Vorführ-Deutz Agrotion 4.80, 75 PS	55 500.–
1 Vorführ-Deutz DX 6.07 Allr., 100 PS, Freischtraktor	65 000.–
1 Vorführ-Deutz-DX 3.50 Alpino, 61 PS	39 500.–
1 Occ. Deutz DX 4, 51 Allr., 85 PS, Star Cab	55 000.–
1 Occ. Deutz DX 3.70 Allr., 70 PS Vario	32 000.–
1 Occ. Deutz DX 90 Allr., 90 PS	30 000.–
1 Intrac 2004 Allrad, 70 PS	35 000.–
1 Occ. Deutz 6207c Allr., 62 PS	26 000.–
1 Occ. Deutz D 3607, 34 PS Bügel	14 000.–
1 Occ. Deutz D 4507, 45 PS Bügel	14 500.–
1 Occ. Deutz D 8006, 85 PS Kabine	15 000.–
1 Occ. Deutz D 7206, 72 PS Kabine	13 000.–
1 Occ. Deutz D 6206A Allr., 62 PS	20 000.–
1 Occ. Deutz D 6006A Allr., 60 PS	14 000.–
1 Occ. Deutz D 40 L, 36 PS	4 500.–
1 Occ. Deutz D 25, 25 PS	1 500.–
1 Deutz D 5206 Allrad, 52 PS, Kabine, ab Platz	10 800.–
1 Lamborghini 653 DT, 60 PS mit Kabine	16 800.–
1 Massey Ferguson 595 Allr. ab Platz, 86 PS, Kabine	12 800.–
1 Massey Ferguson 575, 66 PS	9 000.–
1 Agrifull Derby 60, 60 PS, Kabine Sommer	6 000.–
1 Fent Farmer 3	1 500.–
1 Fiat 480 DT Allrad, 45 PS, Kabine Sommer	9 000.–
1 Fiat 680	10 000.–
1 Mac Cormic International 434 Diesel Allrad	3 500.–

Diverse Occasions-Doppelräder und Pneus von Unbereifungen am Lager

30 weitere Occasionen an Lager von 15–130 PS, auch zu mieten. Grosses Occ.-Ersatzteillager für Deutz-Traktoren.

Jakob Strebel
Traktoren AG
5632 Buttwil b. Muri
Telefon 056 664 12 10

Elektromotoren, neue und Occasionen

3 Jahre Garantie. Schalter, Stecker und alles Zubehör in jeder Preislage. Vergleichen Sie Qualität und Preis.

Getriebe und Kettenräder

Motorenkabel

Verstärkte Qualität, extra weich und geschmeidig. Alle Kabelsorten lieferbar, wie Feuchtraumkabel TT usw.

Riemenscheiben

Aus Holz und aus Guss, für Flach- und Keilriemen.

Treibriemen

In jeder Qualität wie Leder, Gummi und Nylon, mit Schloss oder endlos verschweisst. Keilriemen.

Stallventilatoren

Neuwickeln von Elektromotoren

Kauf, Verkauf, Tausch, Reparaturen.

Luftkompressoren Eigenfabrikat

Vollautomatische Anlagen, mit Kessel, 10 atü, ab Fr. 585.–.

Sämtliches Zubehör und Einzelteile.

Farbspritzpistolen, Reifenfüller, Pressluftwerkzeuge

Kunststoff-Wasserleitungen

in allen Grössen und Stärken.
Kunststoffrohre und Elektrokabel usw.

Wasserschläuche

Drainagerohre

Wasserarmaturen

Hahnen, Ventile, Winkel, Holländer usw.

Hebezeuge

Flaschenzüge, Habegger, Stockwinden, Wandwinden usw.

Wagenheber

Elektrowerkzeuge

Doppelschleifmaschinen, Winkelschleifer, Bohrmaschinen, Handkreissägen, Klauenpflieger usw.

Werkzeuge

Besuchen Sie unsere Ausstellung.

Hauswasserpumpen

Vollautomatisch für Siedlungen, Ferienhäuser usw. Direkt ab Fabrik, wir beraten Sie kostenlos.

Pumpen bis 80 atü, Tauchpumpen usw.

Tränkebecken

Verschiedene Ausführungen für Vieh, Pferde, Schafe.

Schweissapparate

elektrisch, mit Kupferwicklung, SEV-geprüft, Schweizer Fabrikat, ab Fr. 420.–, stufenlose und elektronisch regulierte Apparate.

Schutzgas-Schweissanlagen

3-Phasen-Maschinen 380 V, 30 bis 230 Amp., inkl. Brenner und Ventil, Fr. 1590.–.

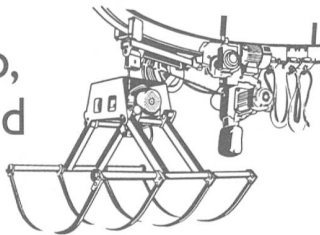
Autogenanlagen

Schweisswagen, Stahlfaschen, Ventile, Schläuche, Flammenbrenner, Elektroden, Lote usw. Verlangen Sie Sammelprospekt mit Preisliste.

ERAG, E. Rüst, 9212 Arnegg SG,
Telefon 071/388 18 20

TRANSPORT- UND ENTNAHMEKRAN

für Heu, Silo,
Quadro- und
Rundballen



- ab Fr. 3674.– inkl. Steuerung
- Hubkraft von 320 bis 1260 kg
- Er fährt Steigungen bis 30 Grad (52%)
- Hand- oder vollautom. Steuerung
- Automatische Anhalte-Stationen
- **NEU mit Funk-Fernsteuerung**
(Durch BAKOM zugelassen)
- **Vollhydraulischer Greifer**
- Ballenzange (für Rundballen Ø 180 cm/500 kg)
- Mech. Heuzange 750 oder 1000 mm

ZUMI meint:
Noch heute vom Fachmann unver-
bindliche Beratung verlangen!

Zumstein AG
Fax 032 665 36 57 Zuchwil
3315 Bätterkinden 032 665 35 31



Unsere Champignonzucht teilt sich in zwei Betriebe in der Deutschschweiz und einen in der Westschweiz auf. Wir behaupten uns auf dem Frischpilzmarkt mit einem Anteil von über 50%, verteilt über die ganze Schweiz.

Zur Verstärkung unseres Kaderteams suchen wir einen

Ingenieur Agronom

Wenn Sie über

- eine selbständige und zuverlässige Arbeitsweise
- Verhandlungsgeschick
- eine rasche Auffassungsgabe
- die Bereitschaft für Wochenend-Dienst und unregelmässige Arbeitszeiten
- Einfühlungsvermögen

verfügen und sich in einem hektischen Umfeld zu-rechtfinden, sind Sie die gesuchte Person.
Ihre Bewerbung mit den üblichen Unterlagen senden Sie bitte an:



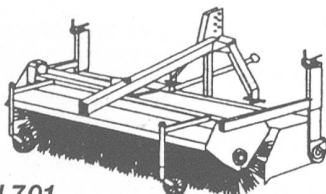
Kuhn Champignons AG
Alpsteinstrasse 56
9100 Herisau
071/353 77 77

EMS

Kehrmaschinen für Traktoren

- Front- und Heckanbau
- Zapfwellen- oder Hydraulikantrieb
- mit oder ohne Schmutzsammelwanne
- grosses Zubehör-Programm

ab sFr.
1900.– !!!



AGRAMA Stand 7.01

EMS Ersatzteil- und Maschinenservice

Badhus 8 · CH-6022 Grosswangen
Tel. 041 980 59 60, Fax 041 980 59 50

Agrar-Buchhaltung und Steuern

- Wir sind Spezialisten für Agrar-Steuerbuchhaltungen, Steuern, MWSt
- Langjährige Steuererfahrung in allen Kantonen
- Steuergerechte Erstellung der Buchhaltungen mit betriebswirtschaftlicher Auswertung
- Ausfüllen der Steuererklärungen, Steuerberatung
- Günstiges EDV-Buchhaltungsprogramm zur Führung der Geldkonti auf PC, Windows-Version Fr. 450.–

Info-Tagung über Buchhaltung und Steuern, Demo EDV-Buchhaltungsprogramm

Schöftland	AG	Gasthof Ochsen	Dienstag,	21.1.1997
Gipf-Oberfrick	AG	Rest. Rössli	Mittwoch,	22.1.1997
Muri	AG	Hotel Ochsen	Donnerstag,	23.1.1997
Sursee	LU	Rest. Brauerei	Freitag,	24.1.1997

Dauer 13.15–16.00 Uhr. Teilnahme kostenlos und unverbindlich. Anmeldung telefonisch oder schriftlich.

Rufen Sie uns unverbindlich an, für weitere Informationen stehen wir gerne zu Ihrer Verfügung.

PEMAG /// TREUHAND AG

Alex Pfiffner, Agro-Ing. HTL + Buchhalter mit eidg. Fachausweis
Agrar-Buchhaltungen, 5734 Reinach AG, Telefon 062 771 47 44