Zeitschrift: Landtechnik Schweiz Herausgeber: Landtechnik Schweiz

**Band:** 59 (1997)

**Heft:** 10

**Artikel:** Zuckerrübenvollernter und Bodenverdichtungen

Autor: Weisskopf, Peter / Zihlmann, Urs / Diserens, Etienne

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-1081379

#### 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:** 01.12.2025

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

## Nicht nur eine Frage des Maschinengewichtes

# Zuckerrübenvollernter und Bodenverdichtungen

Die Autoren:





Etienne Diserens



Urs Zihlmann





Thomas Anken



Radlasten können Verdichtungen bis in 40 cm Tiefe auftreten. Die befürchteten Verdichtungen in noch tieferen Schichten des Unterbodens liessen sich dagegen nicht nachweisen.

Für die Mitarbeit in dieser Versuchsreihe danken die Autoren den Importeuren und namentlich den Lohnunternehmern und Betriebsleitern Albert Brack (Unterstammheim), Hans Heinrich Büchi (Frauenfeld), Emil Greuter (Kefikon), Emil Keller (Unterstammheim) und Ueli Truninger (Uesslingen).



Selbstfahrende sechsreihige Zuckerrübenvollernter als schwerste routinemässig eingesetzte landwirtschaft-

liche Fahrzeuge wurden mit gezogenen zweireihigen Vollerntern verglichen (Tabelle 1). Die Untersuchungen erfolgten in den Jahren 1994 bis 1996 zum Erntetermin in praxisüblichen Zuckerrübenfeldern mit unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit (Tabelle 2).

In den letzten Jahren haben im Zuge des technischen Fortschritts, der Arbeitserledigung durch Lohnunternehmen und der Bewirtschaftung grösserer Einzelschläge die Gesamtgewichte landwirtschaftlicher Fahrzeuge zugenommen (Abbildung 1). Aus der Sicht des Bodenschutzes weckt diese Entwicklung Befürchtungen.

Vermutet wird, dass höhere Fahrzeuggewichte Verdichtungen in immer grösserer Bodentiefe verursachen, wo Gefügeschäden kaum wiedergutzumachen sind. In Anbetracht dieser Problematik entschlossen sich die FAT und FAL, die Folgen des Einsatzes schwerer Landmaschinen auf das Bodengefüge zu untersuchen. Am Beispiel von Zuckerrübenvollerntern wurde eine Serie von Vergleichsmessungen durchgeführt. Bei ungünstigen Bodenverhältnissen und hohen

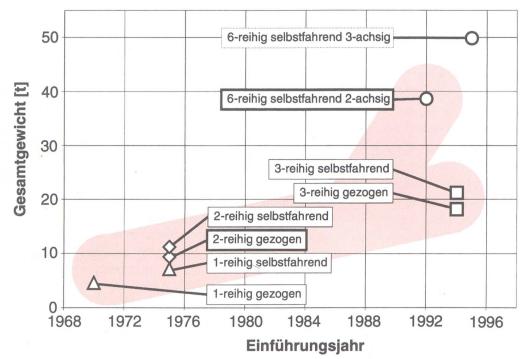


Abb.1: Entwicklung der Maschinengewichte von importierten Zuckerrübenerntern seit 1970; der sechsreibige dreiachsige Vollernter wird in der Schweiz (noch) nicht eingesetzt. Mit der Arbeitsbreite (Anzahl Erntereiben) nahmen auch die Gesamtgewichte zu.



gemessen. Nach dem Befahren wurde der Gefügezustand nochmals mit Hilfe verschiedener Methoden beurteilt.

## Häufig ungleiche Verteilung der Radlasten

Das Gesamtgewicht der geprüften Maschinen war teilweise sehr ungleichmässig auf die einzelnen Achsen (vorn/hinten) bzw. Räder (links/rechts) verteilt. Dies äusserte sich in erheblich unterschiedlichen Radlasten und machte sich auch beim Kontaktflächendruck bemerkbar. Das Befüllen der Ladebunker verursachte weitere Gewichtsumverteilungen bis zu mehreren Tonnen zwischen den Rädern. Insofern erlaubt

Anordnung der Bodendruck-Messsonden unter einer Fahrspur des sechsreihigen selbstfahrenden Vollernters' S2/96. Bild: FAL.

Tabelle 1: Gesamtgewicht und Bereifung der getesteten Maschinen sowie Kennwerte der Räder in der gemessenen Fahrspur

			Belastung zum Messzeitpunkt		Kennwerte der am stärksten belasteten Räder in der gemessenen Fahrspur			
Stand- ort	Maschinen- bezeichnung	Maschinentyp	Gesamt- gewicht [kg]	Bunker- füllungs- grad [%]	Bereifung	Radlast [kg]	Kontakt- fläche berechnet [cm²]	Kontakt- flächendruck [bar]
А	L1/94, teilgefüllt	Stoll V202 <sup>1)</sup> 2-reihig gezogen	5500	50	rechts 600/55-26.5	2800	2152	1.28
	S1/94, teilgefüllt	Holmer <sup>2)</sup> 6-reihig selbstfahrend	24620	40	vorne 800/65R32 hinten 73/44-32	6360 5950	3992 5568	1.56 1.05
	L2/95, voll	Kleine KR2 <sup>3)</sup> 2-reihig gezogen	8200	100	rechts 700/50-26.5	5500	2587	2.09
В	S2/95, teilgefüllt	Kleine SF10 <sup>3)</sup> 6-reihig selbstfahrend	22950	80	vorne 710/70R38 hinten 700/50-26.5	8200 4350	3753 2587	2.14 1.65
	S1/95, teilgefüllt	Holmer <sup>2)</sup> 6-reihig selbstfahrend	28205	55	vorne 800/65R32 hinten 73/44-32	5320 8900	3992 5568	1.31 1.57
	L1/96, voll	Stoll V 202 <sup>1)</sup> 2-reihig gezogen	7800	100	rechts 600/55-26.5	5200	2152	2.37
С	S2/96, teilgefüllt	Kleine SF10 <sup>3)</sup> 6-reihig selbstfahrend	21440	90	vorne 710/70R38 hinten 700/50-26.5	5450 5690	3753 2587	1.42 2.16
	\$2/96, voll	Kleine SF10 <sup>3)</sup> 6-reihig selbstfahrend	25290	100	vorne 710/70R38 hinten 700/50-26.5	7640 6550	3753 2587	2.00 2.48

1) Vertrieb: Landtechnik, Zollikofen

<sup>2)</sup> Vertrieb: Brack Landmaschinen AG, Unterstammheim

3) Vertrieb: Matra, Zollikofen

Die Versuche verliefen jeweils nach demselben Schema: Kurz vor dem Befahren fanden Kontrollmessungen des Gefügezustandes, der Bodenfeuchtigkeit und verschiedener Maschinen-Kenngrössen statt. Danach wurden definierte Erntestreifen befahren und unter der jeweils am stärksten belasteten Fahrspur gleichzeitig die Gefügebeanspruchung in drei Tiefen mit Bodendrucksonden

Tabelle 2: Bodeneigenschaften der Versuchsstandorte

Versuchs- jahr	Standort	Aufbau und Zusammensetzung des Bodens	Bodenfeuchtigkeit zum Befahrungszeitpunkt
1994	A	Normal durchlässige, tiefgründige Braunerde; schwach humoser Lehm bis sandiger Lehm, stein- frei; bröckeliges Gefüge	Sehr feucht (Saugspannung 50-60 hPa)
1995	В	Grundwasserbeeinflusster, mässig tiefgründiger Boden; schwach humoser toniger Lehm, steinarm; kompaktes Gefüge	Nass bis feucht (Saugspannung 20-60 hPa)
1996	C	Normal durchlässige, tiefgründige Braunerde; schwach humoser Lehm bis sandiger Lehm, stein- frei; bröckeliges Gefüge	Nass bis sehr feucht (Saugspannung 20-50 hPa)

das Gesamtgewicht von Maschinen keine konkreten Aussagen über deren tatsächliches Gefährdungspotential. Im Hinblick auf eine möglichst geringe abzustützende maximale Radlast und eine zweckmässige Bereifung müssten landwirtschaftliche Fahrzeuge so konstruiert bzw. betrieben werden können, dass sich sowohl im unbeladenen als auch im beladenen Zustand eine möglichst gleichmässige Radlastverteilung einstellt — bei einigen der getesteten Maschinen war dies nicht der Fall.

Entscheidende Kriterien für die mechanisierungsbedingte Gefügebeanspruchung sind letztlich die Grösse

Tabelle 3: Einfluss von Radlast und Reifendruck auf die Kontaktflächengrösse

Maschinentyp	Bereifung	Radlast [kg]	Reifen- innendruck [bar]	Kontaktfläche (Standard- Tabellenwert) [cm²]	Kontaktfläche gemessen [cm²]
Stoll V300 SF	800/45-30.5	5750	1.4	3230	5820
3-reihig selbstfahrend	800/45-30.5	8850	1.4	3230	7060
Kleine SF10	700/50-26.5	5400	1.2	2590	4780
6-reihig selbstfahrend	700/50-26.5	6550	2.4	2590	3250

der Kontaktfläche zwischen Reifen und Boden sowie der Kontaktflächendruck, der durch die Radlast bestimmt wird. In dieser Versuchsreihe zeigte sich, dass die berechneten Kontaktflächen nicht mit den tatsächlich im Feld gemessenen Werten übereinstimmten: Je nach Radlast und Reifeninnendruck waren die gemessenen Kontaktflächen beträchtlich grösser als die berechneten Tabellenwerte (Tabelle 3). Erste Modellrechnungen zeigen ausserdem, dass die Druckausbreitung unter den Reifen auch durch die Druckverteilung in der Kontaktfläche beeinflusst werden könnte — dieser Hinweis erfordert allerdings noch eingehendere Studien.

#### Starker Druckabbau mit zunehmender Bodentiefe

Die in Abbildung 2 enthaltenen Bodendruckwerte unter der Fahrspur sind eine Folge der Bodenbelastung durch das Befahren. Bei allen drei Versuchen war der in der Bearbeitungsschicht gemessene Bodendruck jeweils deutlich höher als jener in grösserer Tiefe. Diese Erscheinung wird als «Druckabbau» bezeichnet: Im allgemeinen erfolgt der Druckabbau umso oberflächennäher, je stabiler das Bodengefüge ist. In den obersten 20 bis 40 cm des Bodens fand der stärkste Druckabbau statt; dazu können auch bereits bestehende Verdichtungen wie Pflugsohlen (Standorte A und B) beitragen. Während in 40 cm Bodentiefe an allen drei Standorten jeweils noch deutliche Bodendrücke festzustellen waren, liessen sich in 60 cm nur noch geringe Bodendruckwerte messen.

#### Deutliche Verdichtungen im Oberboden

In der Bearbeitungsschicht  $(10-15\,$  cm) waren die grössten Veränderungen des Gefügezustandes festzustellen (Abbildung 3). Besonders starke Verdichtungen traten am Standort C auf, wo sich die Grobporenverluste auch in stark verringerten Luftdurchlässigkeitswerten bemerkbar machten. We-

gen der geringen Gefügestabilität führte hier auch der zweireihige gezogene Vollernter zu erheblichen Verdichtungen; noch stärkere Gefügeveränderungen verursachte allerdings der schwerere sechsreihige Vollernter. Deutlich weniger verdichtet wurde dagegen der Boden am Standort A: Das dank grösserem Humusgehalt, höherer biologischer Aktivität und geringerer Feuchtigkeit stabilere Gefüge konnte die kleineren Bodendrücke unter der Fahrspur des zweireihigen Vollernters mit halbvollem Bunker noch ohne wesentliche Veränderungen auffangen; erst die grösseren Beanspruchungen durch den sechsreihigen Vollernter verformten es deutlich. Im feinkörnigen und grundwasserbeeinflussten Boden des Standortes B führten die Gefügebeanspruchungen zu den geringsten Verdichtungen: Dieses vorverdichtete, kompakte Gefüge konnte selbst durch grössere Bodendrücke nicht mehr weiter verschlechtert werden.

#### Je nach Bodenverhältnissen Verdichtungen bis in 40 cm Tiefe

In der ersten Unterbodenschicht (35 – 40 cm) knapp unter dem Bearbeitungshorizont waren die Veränderungen des Gefügezustandes unter der Fahrspur bereits deutlich schwächer als in der Bearbeitungsschicht (Abbildung 3). Während am Standort A mit tragfähigem Boden bei kleineren Radlasten keine Verdichtungswirkungen auszumachen waren, ergaben sich beim grundwasserbeeinflussten Boden am Standort B Hinweise auf befahrungsbedingte Bodenverdichtungen. Am Standort C schliesslich waren teilweise Gefügeveränderungen festzustellen, die als Knetwirkungen interpretiert wurden,

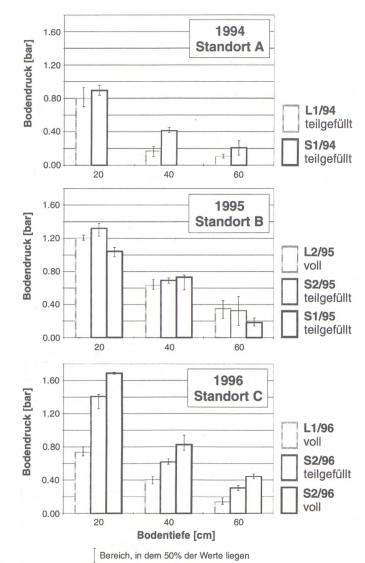


Abb. 2: In drei Tiefen gemessene Bodendruckwerte unter den Fahrspuren der getesteten Maschinen (L = leicht = zweireihige gezogene Vollernter; S = schwer = sechsreihige selbstfahrende Vollernter; Details vgl. Tabelle 1). Der Druckabbau mit zunehmender Bodentiefe hängt nicht nur von Radlast und Kontaktfläche, sondern auch von den Bodeneigenschaften ab.

weil die Luftleitfähigkeit trotz Zunahme des Grobporenvolumens gleich blieb

Zwar haben die schweren Maschinen den Boden in 40 cm Tiefe nicht im befürchteten Ausmass verdichtet: Die in dieser Tiefe bereits deutlich kleineren Druckbeanspruchungen konnten vom Boden teilweise ohne Verdichtung aufgefangen werden. Bedenklich sind allerdings die Beobachtungen, dass das Befahren von sehr feuchten bzw. nassen Böden überhaupt Verdichtungen im Unterboden hervorgerufen hat und dass diese Verdichtungen jeweils auch unter der Fahrspur «leichter» Fahrzeuge, das

heisst zweireihiger gezogener Vollernter, entstanden.

## Keine eindeutigen Verdichtungen in 60 cm Tiefe

In der zweiten Unterbodenschicht (55 – 60 cm) waren unter den Fahrspuren keine Veränderungen des Gefügezustandes zu erkennen (Abbildung 3). Einzig in einer der Feldwiederholungen am Standort C gab es bei allen Maschinentypen Hinweise auf geringfügige Veränderungen im Gröbstporenbereich. Diese Ergebnisse bedeuten, dass schwere Maschinen selbst bei etwas ungünstigen Boden-

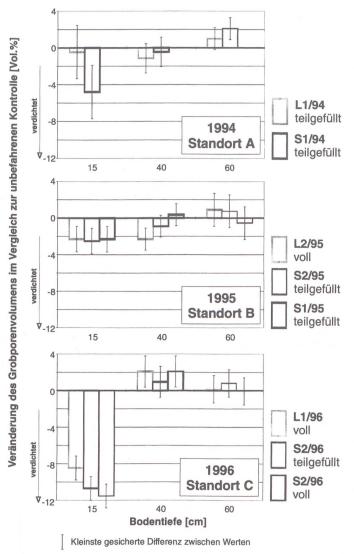


Abb. 3: Veränderung des Gefügezustandes (hier: Grobporenvolumen) als Folge der Gefügebeanspruchung durch die verschiedenen Maschinen in drei Bodentiefen unter den Fahrspuren der getesteten Maschinen; Veränderungen bezogen auf die unbefahrenen Kontrollen. Die stärksten Verdichtungen entstehen in der Bearbeitungsschicht; bei wenig tragfähigem Boden können allerdings auch im Unterboden Gefügeveränderungen verursacht werden.

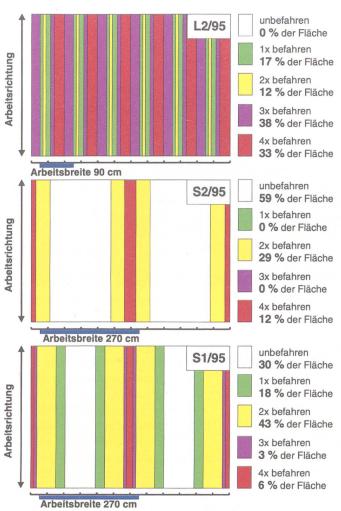


Abb. 4: Befahrungsmuster und Anteil an Mehrfachbefahrungen beim Einsatz der Maschinen L2/95 (gezogener zweireihiger Vollernter) sowie S2/95 und S1/95 (selbstfahrende sechsreihige Vollernter) in einem Rübenfeld mit 45 cm Reihenabstand. Während bei geringer Arbeitsbreite praktisch die gesamte Feldfläche mindestens einmal befahren werden muss, verbleiben bei grosser Arbeitsbreite noch unbefahrene Flächenanteile.

verhältnissen den Gefügezustand tieferer Unterbodenschichten nicht wie befürchtet beeinträchtigten. Als mahnender Fingerzeig deutet der Versuch am Standort C allerdings an, dass es unter Umständen nicht auszuschliessen ist, dass selbst noch die in dieser Tiefe einwirkenden kleinen Bodendrücke besonders empfindliche Gefügeformen beeinträchtigen können.

#### Auch auf die Anzahl Überfahrten kommt es an!

In dieser Versuchsreihe wurde nur die Verdichtung unter der am stärksten belasteten Fahrspur untersucht. Um die mit einer bestimmten Maschine verbundene Verdichtungsgefährdung richtig einschätzen zu können, ist zusätzlich eine flächenhafte Beurtei-

lung der Verdichtungsschäden erforderlich. Typische Befahrungsmuster der getesteten Maschinen zeigt Abbildung 4. «Leichte» Maschinen haben meist eine geringere Arbeitsbreite und müssen deshalb das zu bearbeitende Feld praktisch flächendeckend befahren. Dagegen verbleiben bei «schweren» Maschinen mit grösserer Arbeitsbreite zwischen den Rädern oft noch unbefahrene Flächenanteile, was für die Wasserinfiltration vorteilhaft sein kann.

Eine umfassende Beurteilung von Bodenschädigungen durch Verdichtungen ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich, weil mehrere wichtige Aspekte dieses Problems (wie das Ausmass von Verdichtungsschäden bei unterschiedlichen Fahrspur-Flächenanteilen, die Wirkung von Mehrfach-





Abb. 5: In der Versuchsreibe eingesetzte Maschinentypen L1/96 (gezogener zweireibiger Vollernter, links) und S1/95 (selbstfahrender sechsreibiger Vollernter, rechts). Bilder: FAT.

befahrungen oder die Regeneration von Gefügeschäden) noch zu wenig erforscht sind.

## Schlussfolgerungen

- Unter den grossen Kontaktflächen von Reifen «schwerer» Maschinen erfolgt der Druckabbau im Bearbeitungshorizont meist langsamer als unter den kleineren Kontaktflächen von «leichten» Maschinen. Im Oberboden sind deshalb die Gefügebeanspruchungen und folglich auch die Verdichtungserscheinungen unter den Fahrspuren sechsreihiger Vollernter meist stärker ausgeprägt als bei zweireihigen Vollerntern.
- Heute praxisübliche Maschinen vor

allem der Ernte- und Transportketten bringen derart grosse Lasten auf den Boden, dass bezüglich Verdichtungsgefährdung des Unterbodens nicht mehr von «leichten», grundsätzlich unbedenklichen oder «schweren», prinzipiell gefährlichen Maschinen gesprochen werden kann. Bei nassem, wenig tragfähigem Boden lassen sich in beiden Fällen Verdichtungen bis in 40 cm Bodentiefe nachweisen.

• Das Verdichtungsrisiko lässt sich sehr stark reduzieren, wenn Böden nur in abgetrocknetem Zustand befahren werden. Voraussetzungen dazu sind dem Standort angepasste Fruchtfolgegestaltung und Sortenwahl. Auch die rechtzeitige Ernte ist von grosser Bedeutung! Die Zuckerrüben sollten ab Ende September gerodet werden - das letzte durch spätes Ernten gewonnene Zehntelprozent Zuckergehalt der Rüben erhöht das Verdichtungsrisiko bei womöglich nassem Boden unverhältnismässig stark.

- Die Verdichtungsgefährdung des Unterbodens hängt in erster Linie von den Standortverhältnissen und der Bodenfeuchtigkeit zum Befahrungszeitpunkt ab: Je nach Zusammensetzung, Aufbau und Feuchtigkeit des Bodens kann die Gefügestabilität von Ackerböden stark variieren.
- Beim Befüllen der Ladebunker darf es nicht zu grösseren Veränderungen der Lastverteilung zwischen den Rädern kommen. Obschon dies teilweise konstruktionsbedingt ist, sollte der Ladebunker in jedem Fall gleichmäs-

sig gefüllt und möglichst frühzeitig entleert werden. Dadurch lassen sich die maximalen Kontaktflächendrücke zum Teil stark verringern.

• Stark belastete Räder, wie zum Beispiel bei mehrreihigen Vollerntern, sollten mit einer angepassten Niederdruck- bzw. Terrabereifung versehen sein, um die Gefügebeanspruchung im Unterboden zu reduzieren. Die bodenschonenden Eigenschaften kommen allerdings nur dann voll zur Geltung, wenn zusätzlich automatische oder halbautomatische Reifendruck-Regelsysteme installiert werden; auf diese Weise lässt sich der Reifeninnendruck rasch auf die unterschiedlichen Anforderungen von Feldarbeit und Strassenfahrt einstellen.



### Gewerblich-Industrielle Berufsschule Bern



Stadt Bern Schuldirektion

#### Werkstattleiter/in

Vorbereitungskurs auf die eidg. Berufsprüfung

Kursbeginn:

30. Januar 1998

Kursdauer und Schultage: 4 Semester berufsbegleitend, jeweils Freitag u./o. Samstag

Fachrichtung Landmaschinen und Motorgeräte: GIB Bern

Baumaschinen (bei genügender Beteiligung): GIB Langenthal (bei ungenügender Beteiligung wird ein Gesamtkurs an der GIB Bern geführt)

Auskunft und Kursdokumentation mit Anmeldeunterlagen: Telefon 031 335 91 45 / Bitte Frau R. Bieri verlangen!

## Eine Investition für die Zukunft!



## **HEUKRAN BA 800/1000**

2 Jahre Vollgarantie

5 Jahre auf verwindungsfreie Stahlkonstruktion

Dank Baukastensystem für jede Scheune den passenden Typ

Legen Sie Wert auf Qualität, Preis, Leistung und Service, dann verlangen Sie eine Offerte vom grössten Schweizer Hersteller.

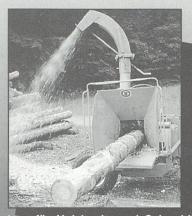
Am besten gleich anrufen!

Tel. 041-493 17 70

## TROMMELHACKER

- 12 Einzugsbreiten (260 mm 1190 mm)
- Einzugshöhen von 350 mm und 430 mm
- Kurzes Einzugsband serienmässig
- 2 m langes Einzugsband für Kranbeschickung
- Drehbarer Hackerteil auf Wunsch

#### **IDEAL AUCH FÜR HÄCKSELTOUR!**



Ihr Partner für Holzhack- und Schreddermaschinen von Holz Ø 10 cm - 60 cm.



Iseli & Co AG Isell & CO AG Maschinenfabrik 6247 Schötz Tel. 041 984 00 60 Fax 041 984 00 66

## GOODYEAR Landwirtschaftsreifen zum Schutz von Pflanzen und Böden



Super Traction Radial/DT 810 DT 820 Verstärkte, robuste Profilstollen für kompromisslosen Einsatz bei schwierigen Verhältnissen.

Tiefstollenprofil für hoho Mobilität auf | Speziell geeignet auf nassem Gras nassen Böden. Hohe Boden- und

DT 710 und im Gelände. Vorbildliche Lebensdauer und geringer Kraftstoffverbrauch.

GOOD YEAR

## PNEU-SHOP JUN

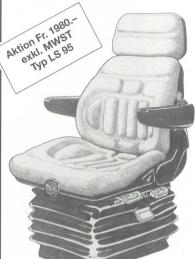
#### 8330 Pfäffikon/ZH - Schanzweg 8 - Telefon (01) 950 06 06

- Grosse Auswahl an Markenreifen in allen Dimensionen ab Lager.
- Doppelbereifungen und Gitterräder.
   Lieferungen oder Versand in der
- Felgen und Kompletträder.
- Felgen. Batterien.
- Montage von Traktor-Hinterrädern und Doppelbereifungen.
- ganzen Schweiz.
- Laufend günstige Aktionsangebote

TIP: Keine Reifen montieren ohne unsere Offerte!

Fachmännische Beratung, Verkauf und Service zu unschlagbaren Tiefstpreisen!

## **Luftgefedert von GRAMMER**



- dämpft alle horizontalen und vertikalen Schläge
- integrierte Bandscheibenverstellung
- Kunstleder- oder Velours-Polsterung

Speziell konzipiert für Fahrer mit Rücken- und Bandscheibenproblemen.



## GRAM

**AUPAG AG GRAMMER-Fahrersitze** Steinhaldenstrasse 14, 8954 Geroldswil Tel. 01/748 46 00