

Separatdruck aus FAT-Mitteilungen Nr. 10/76
in der «Schweizer Landtechnik» Nr. 12/76
herausgegeben von der Eidg. Forschungsanstalt für
Betriebswirtschaft und Landtechnik CH 8355 Tänikon

Aufbereitung und Eigenschaften von Einstreu in der Tierhaltung

P. Jakob, R. Jakob

1. Einleitung

Zerkleinertes Stroh kann auch auf dem Kurzstand in Kombination mit der Flüssigmistkette beschränkt verwendet werden. Das angebliche grössere Saugvermögen des aufbereiteten Strohs ist ein Verkaufsargument für Strohaufbereitungsmaschinen. Durch die Aufbereitung wird die Struktur unterschiedlich verändert. Der Verkäufer ist überzeugt, durch die Aufbereitung des Einstreumaterials mit seiner Maschine den optimalen Eigenschaften einer Einstreu am nächsten zu kommen. Ueber den Einsatzbereich, den Leistungsbedarf und die Auslastung der Strohaufbereitungsmaschinen (Strohmühlen) herrscht Unklarheit. Deshalb erfolgten im Herbst 1975 Tastversuche mit den auf dem Markt befindlichen Maschinen. Gemessen wurden der Durchsatz (kg/h) und die Leistungsaufnahme (kW bzw. PS).

Die Ergebnisse der technischen Messungen wurden dadurch ergänzt, dass man die Eigenschaften der

verschiedenen Einstreuarten ermittelte und mit dem aufbereiteten Stroh verglich. Aufgrund dieser Resultate soll die Frage der Notwendigkeit der Strohaufbereitung beantwortet werden können.

Im Folgenden wird zwischen Strohhäcksel und Strohmehl unterschieden. Sowohl Strohhäcksel als auch Strohmehl stammen von den Aufbereitungsmaschinen, wobei wir für diesen Fall die Begriffe «Häcksel» und «Mehl» festlegten.

2. Aufbereitung der Einstreu

2.1 Resultate des Tastversuches vom Herbst 1975

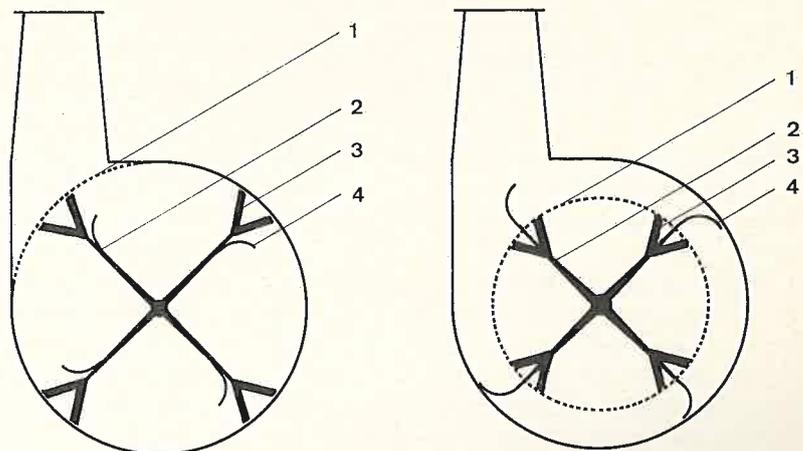
Folgende Fabrikate wurden zum Mahlen von gepresstem Weizenstroh eingesetzt:

- Gutknecht und Heller, 8546 Ellikon
Sektorsieb und Ringsieb
- Lanker, 9015 St. Gallen
Sektorsieb

Abb. 1:
Strohmühlensysteme

links Strohmühle
mit Sektorsieb,
rechts Strohmühle
mit Ringsieb

- 1 Auswechselbare
Siebeinsätze
- 2 Schaufelrad
- 3 Schlegel
- 4 Wurfschaukeln
(nur beim Vielzweck-
gebläse)



- Wängi, Maschinenfabrik, 9545 Wängi
Ringsieb
- Wild, 9033 Untereggen
Sektorsieb

Die Strohmühlen der Firmen

- Aebi, 3400 Burgdorf
- Rapid, 8953 Dietikon
- Stabag, 9496 Balzers

waren zu dieser Zeit erst kurz oder noch nicht auf dem Markt.

Tabelle 1: Systembedingte Unterschiede im Durchsatz und in der Leistungsaufnahme beim Mahlen von gepresstem Weizenstroh

Antrieb	Sektorsieb		Ringsieb	
	Durchsatz kg/h	Leistungs- aufnahme kW (PS)	Durchsatz kg/h	Leistungs- aufnahme kW (PS)
Elektromotor 15 kW	1400	20	1700	19
Zapfwelle 46 kW (62,5 PS)	1900	26 (35)	3200	40 (54)*

* Nur noch 460 U/min statt 540 U/min

In Abhängigkeit des Strohdurchsatzes in kg/h sind demnach folgende Antriebsleistungen erforderlich:

- Bis 1000 kg/h: Antrieb durch Elektro-Motor 11 kW
- 1000–1500 kg/h: Antrieb durch Elektro-Motor 15 kW
- 1500–3000 kg/h: Antrieb durch Zapfwelle, 30–46 kW (40–65 PS)
- Ueber 3000 kg/h: Antrieb durch Zapfwelle, über 46 kW (65 PS)

Der Unterschied bei Durchsatz und Leistungsaufnahme ist zwischen den einzelnen Fabrikaten (bei gleichem System) gering. Viel grösser ist der Einfluss der Lochgrösse des eingesetzten Siebes.

Tabelle 2: Einfluss der Lochgrösse des Siebes

Fabrik	System	Antrieb kW (PS)	Lochgrösse mm	Durchsatz t/h	Leistungs- aufnahme kW (PS)
A	Sektorsieb	EI 15	25	1.2	24
	Sektorsieb	EI 15	40	1.5	17
B	Sektorsieb	ZW 40 (54)	20	1.7	33 (45)
	Sektorsieb	ZW 40 (54)	30	2.4	26 (35)
C	Ringsieb	ZW 46 (62.5)	10	2.3	39 (53)
	Ringsieb	ZW 46 (62.5)	25	4.1	40 (54)

Bei Fabrikat C ist die Leistung des Traktors begrenzend, da sich bei beiden Lochgrössen des Siebes die Zapfwelldrehzahl von 540 U/min auf 460 U/min reduzierte.

Auf vielen Betrieben fehlt der Anschlusswert für einen 15-kW-Motor. Daher ist besonders bei der Maschine A eine Reduktion der Leistungsaufnahme um rund 30% bei höherem Durchsatz von grosser Bedeutung. Der Einfluss der Häckselqualität auf das Saugvermögen wird in Abschnitt 3 behandelt.

Hohe Durchsatzleistungen (über 1,5 t Stroh/h) sind erforderlich, wenn die Maschine oft überbetrieblich eingesetzt wird oder das Stroh direkt ab Feld gehäckselt wird. Es stellen sich folgende zwei Fragen: Wieviel GVE braucht es bei einem bestimmten Durchsatz, um eine wirtschaftliche jährliche Auslastung (über 25 h) zu erreichen, oder wieviel Durchsatz ist notwendig, wenn die Anzahl GVE bekannt ist?

Tabelle 3: Erforderliche GVE bei unterschiedlichem Durchsatz und unterschiedlicher jährlicher Auslastung
Strohverbrauch: 0,5 kg je GVE und Tag bzw. 180 kg/GVE und Jahr

Jährliche Auslastung h	Stroh-Durchsatz in kg/h					
	500	1000	1500	2000	3000	4000
	Anzahl GVE					
10	28	56	84	112	168	224
25	70	140	210	280	420	560
50	140	280	420	560	840	1120

Beispiel 1

- Durchsatz kg/h: 2000
- Jährliche Auslastung h: 50
- Erforderliche GVE: 560
(zirka 20 Betriebe à 30 GVE)
- Erforderliche Antriebsleistung kW (PS): 30 (40)
(Zapfwellenantrieb)

Beispiel 2

- Anzahl GVE: 300
- Jährliche Auslastung h: 50
(zirka zehn Betriebe à 30 GVE)
- Angenommener Durchsatz kg/h: 1000
- Erforderliche Antriebsleistung kW: 15
(Elektromotor)

Eine Auslastung der Strohmühle von 50 h/Jahr bedingt, dass für den überbetrieblichen Einsatz in der Regel mindestens zehn Betriebe notwendig sind, um die Selbstkosten je h Stroh häckseln möglichst tief zu halten (siehe Tabelle 4). Weiter ist zu beachten, dass ein Durchsatz von 2000 kg/h alle 30 s eine Balle Stroh verlangt, was je nach Transportweg auf die Dauer von 1 AK nicht bewältigt werden kann.

2.2 Selbstkosten der Strohmühle

In letzter Zeit trat oft die Frage auf, ob ein Vielzweckgebläse mit einem Strohsiebeinsatz (Abb. 2) versehen oder eine spezielle Strohmühle angeschafft werden soll. Durchsatz und Leistungsaufnahme sind bei gleichem System und Antrieb gleich. In der Regel werden aber die Vielzweckgebläse durch Elektromotor und die speziellen Strohmühlen über Zapfwelle angetrieben.

Die folgende Kostenberechnung beruht auf der Annahme, dass sowohl das Vielzweckgebläse als auch die spezielle Strohmühle überbetrieblich eingesetzt werden.



Abb. 2: Siebeinsatz zu Vielzweckgebläse

Tabelle 4: Kostenberechnung für Vielzweckgebläse und spezielle Strohmühle

Berechnungsmethode:
 Kostenelemente für die Benützung von
 Landmaschinen 1976
 (Blätter für Landtechnik Nr. 101)
 Herausgegeben von der FAT

	Vielzweckgebläse		Spez. Strohmühle	
	El.-Motor 15 kW	ZW 46 kW	(62.5 PS)	
Antrieb				
Anschaffungskosten Fr.	6500.—	5800.—		
Auslastung h/Jahr	50/50 ¹⁾	50/25 ¹⁾	50	25
Selbstkosten Fr./h	20.40	20. —	23.50	39. —
Selbstkosten Antrieb Fr./h	2.25	2.25	13.05	13.05
Total Selbstkosten Fr./h	22.65	22.25	36.55	52.05

¹⁾ 50 h Abladen von Grundfutter (Heu und Silage)
 50 h bzw. 25 h für Strohhäckseln

Da der Durchsatz bei der speziellen Strohmühle mit Antrieb über die Zapfwelle rund doppelt so hoch ist als beim Vielzweckgebläse mit Antrieb durch Elektromotor, bleiben die Selbstkosten pro GVE etwa gleich hoch. Dies allerdings nur, wenn die jährliche Auslastung der speziellen Strohmühle rund 50 h beträgt.

3. Eigenschaften der Einstreu

Im Zusammenhang mit den Aufbereitungsmühlen interessieren uns die Eigenschaften von Einstreu, insbesondere von gemahlenem Getreide- und Rapsstroh. Es wurde deshalb versucht, die Eigenschaften der gebräuchlichsten Einstreuarten zu ermitteln und mit Häckselstroh zu vergleichen. Diese sind:

- Weizenstroh lang (Abb. 3, Nr. 8)
- Heu (Abb. 3, Nr. 6)
- Rapsstroh (Abb. 3, Nr. 7)
- Rapsstroh gehäckselt (Abb. 3, Nr. 11)
- Heu gehäckselt (Abb. 3, Nr. 10)
- Weizenstroh gehäckselt (15 verschiedene Proben)
- Torf (Abb. 3, Nr. 5) (Abb. 3, Nr. 1–4)
- Sägemehl (Abb. 3, Nr. 9)
- Weizenstrohmehl (Abb. 3, Nr. 12)

Es wurde der TS-Gehalt der erwähnten Einstreuarten gemessen.

Das Ziel der Untersuchung bestand darin, das Wasserhaltevermögen unter verschiedenen Umständen in Abhängigkeit der Zeit zu erfassen. Das ermöglichte ein Aufzeichnen der Wassersättigungskurve. Auf diese Weise können die Eigenschaften der verschiedenen Einstreuarten miteinander verglichen werden.

3.1 Die Wassersättigung der Einstreu

Zu Beginn der Untersuchung enthielten die Einstreuarten 8% bis 12% Wasser. Lediglich Sägemehl besaß 35% und Torf 40% Wasser (Abb. 4).

30 min nach dem Zusetzen von Wasser (20° C) wurde bereits ein Gehalt zwischen 75% und 85% gemessen.

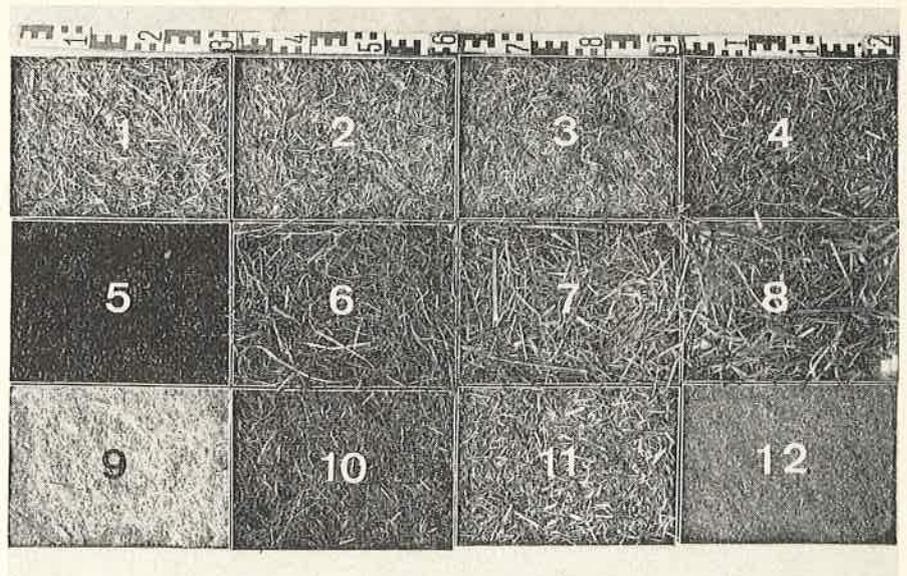


Abb. 3: Auswahl verschiedener Einstreuarten

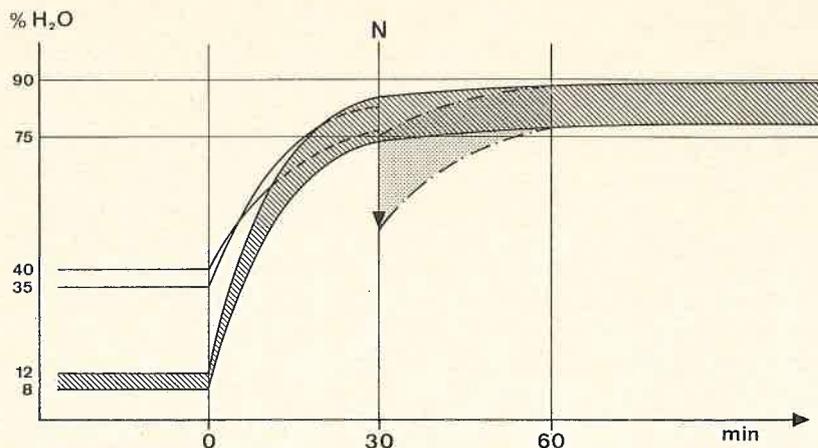


Abb. 4:
Wassersättigungskurve
der Einstreu
N = Belastung mit 34,4
bis 44,1 N/cm²
(3,5 bis 4,5 kp/cm²)

Weizenstroh, Rapsstroh und Heu konnten in dieser Reihenfolge die Flüssigkeit am schlechtesten aufnehmen. Für die Herstellung des Strohmehl wurde in die Strohühle ein Sieb mit 2 mm Lochgröße eingesetzt. Dieses Strohmehl nahm am schnellsten und am meisten Wasser auf. Strohmehl, Sägemehl und Torf scheinen viel Flüssigkeit zwischen den Zellen (interzellulär) zu enthalten, das nicht abtropft.

Alle Einstreuarten nehmen innerhalb kurzer Zeit über 70% Wasser auf. Unter Berücksichtigung des Interzellulär-Wassers kann gesamthaft bis zu 90% Flüssigkeit ab einem Tag Einwirkungszeit gehalten werden. Weizenstroh nahm am langsamsten, Strohmehl aber am schnellsten Wasser auf.

Ausser Torf, Heu und Langstroh waren die Einstreumaterialien nach 30 min annähernd gesättigt. Heu und Torf waren nach zirka 5 h annähernd gesättigt. Weizenstroh enthält erst nach zirka 8 h 80% Wasser.

Das durch Strohühlen aufbereitete Stroh ist dem Weizenstroh tendenzmässig überlegen, indem es das Wasser besser und schneller aufnehmen kann. Die Unterschiede sind gering. Torf und Sägemehl besitzen als Einstreu einen niedrigeren TS-Gehalt und können deshalb weniger Flüssigkeit aufnehmen.

3.2 Das Wasserhaltevermögen unter Belastung

Der Literatur ist zu entnehmen, dass die Kuh die Hufe mit 3,5 bis 4,5 kp/cm² (34,4 bis 44,1 N/cm²) belastet, wobei das Tier im Durchschnitt pro Tag 30- bis 40-mal ihr Standbein wechselt. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, habe ich nach mindestens 30 min Saugzeit die Einstreu mit einem unterschiedlichen Gewicht N belastet (Abb. 4). Die Belastung schwankte zwischen 2 und 5 kp/cm². Dabei ergaben sich folgende Feststellungen:

- Es ist für das Wasserhaltevermögen unwesentlich, ob die Belastung pro cm² 2 oder 5 kp beträgt. Nach der Belastung besass keine Einstreu über 75% Wasser.
- Die Unterschiede im Wassergehalt der verschiedenen Einstreumaterialien waren gering. Allein von diesem Standpunkt aus würde sich die Strohaufbereitung nicht rechtfertigen.
- Nach der Belastung sättigt sich die Einstreu wieder innerhalb des angegebenen Bereichs.

3.3 Benetzung

In der Schweiz ist bei den Milchkühen die Kurzstandhaltung verbreitet. Der Kurzstand wird allgemein nicht eingestreut. Die Einstreu dient lediglich dazu, den hinteren Standplatzbereich trocken zu halten; sie muss die anfallende Feuchtigkeit schnell annehmen können. Wenn die Benetzbarkeit mangelhaft ist, wird die Einstreu durch den anfallenden Harn vermehrt weggespült. Wir kamen zum Schluss, dass im Gegensatz zu Sägemehl das Strohmehl und der Torf schlecht benetzbar sind. Das aufbereitete Stroh (inklusive Rapsstrohhacksel) nahm das Wasser schnell und gut auf. Langstroh und Heu als sperrige Materialien lassen sich nicht fortspülen, weisen aber ungünstigere Eigenschaften bezüglich Wassersättigung auf.

3.4 Weitere Gesichtspunkte

Wir wollen nicht vergessen, dass bei der Verwendung von Einstreu noch andere Gesichtspunkte ausser der Trockenhaltung des Standplatzes, der Sauberhaltung des Tieres und der Tierverträglichkeit zu berücksichtigen sind. (Zur Tierverträglichkeit ist noch nachzutragen, dass sich schon etliche Tierhalter bei allzu kurz geschnittenem Stroh über Juckreiz ihrer Kühe beklagt haben.)

Ein Punkt ist die **Entmischung** der Ställe. Bei Flüssigentmischung darf kein Heu oder Langstroh in den Kanal gelangen, da sonst die Funktionssicherheit in Frage gestellt werden muss. Die Verwendung von Stroh im Zusammenhang mit der Flüssigentmischung ist nur durch eine Zerkleinerung desselben möglich. Die **Mechanisierungskette** der Güllebehandlung und -ausbringung muss durch sperriges Einstreumaterial unter Umständen aufwendig organisiert werden. Durch die Zerkleinerung werden aber die Probleme vereinfacht. Wieviel Stroh eine Güllepumpe bzw. ein Rührwerk verarbeiten kann, muss noch abgeklärt werden. Die **Düngerwirkung** der Gülle wird durch Beimengung von Stroh verbessert. Die Mechanisierungskette sollte aber nicht beeinflusst werden und das Stroh soll gut verrotten. Aufgrund des Extremversuches durch die Untersuchung von Strohmehl ist anzunehmen, dass Strohhacksel mit zunehmendem Feinheitsgrad besser verrottet.

In **Boxenlaufställen** mit Strohmätze in der Liegeboxe hat das Stroh eine andere Funktion zu erfüllen. Dort muss es als weiche Unterlage den Wärmeabfluss des Tieres dämmen. Auch hier darf aber das Stroh nicht lang sein. Es gelangt über den Laufgang in die Jauchegrube, wo wiederum die bereits erwähnten Probleme auftreten können.

Rietstreu wird als Einstreu in gewissen Landesgegenden verwendet. Wir nahmen an, dass Heu den Eigenschaften von Rietstreu am nächsten kommt. Das Saugvermögen von Heu ist nicht besser als dasjenige von anderen Einstreumaterialien. Ungeschnittenes Heu verursacht erfahrungsgemäss eine Verfilzung der Schwimmschicht in der Güllegrube.

Ein Ersatz von Strohhacksel wäre **Sägemehl**. Abgesehen von der Tatsache, dass es teuer geworden ist, zeigten unsere Versuche eindeutig, dass sich Sägemehl spätestens nach zwei Tagen vollständig abgesetzt hat. Zur Schwimmschicht durch den Kot gäbe es nun noch eine Sinkschicht wie bei Schweinegülle. Dadurch kann bereits das Rühren der Gülle problematisch werden.

Die Einstreumenge können wir reduzieren, wenn wir für die Sauberhaltung des Standplatzes Strohhacksel anstelle von ungeschnittenem Stroh verwenden. Die Verrottung des Strohmeis setzte frühzeitig ein.

4. Schluss

Torf entfällt als Einstreu im Rindviehstall wegen der schlechten Benetzbarkeit und des hohen Anfangswassergehaltes. Letzterer gilt auch für Sägemehl, das sich in der Gülle absetzt und dadurch bereits eine Treibmistanlage funktionsunfähig machen kann. Durch das Aufbereiten des Strohs kann man einerseits Stroh sparen und andererseits besitzt Strohhacksel gegenüber Langstroh eher bessere Eigenschaften.

Bei Berücksichtigung der ganzen Verfahrenskette im Zusammenhang mit der Einstreu (Abschnitt 3.4) können wir folgern:

- Der Einsatz von Stroh im Zusammenhang mit der Flüssigmistbereitung ist nur möglich, wenn dieses zerkleinert ist.
- Strohhacksel kann gegenüber dem ungeschnittenen Stroh die Flüssigkeit schneller aufnehmen.
- Zerkleinertes Stroh kann vielseitiger eingesetzt werden.
- Aufbereitetes Rapsstroh kann als Einstreu Getreidestroh ersetzen.
- Die Unterschiede im Wasserhaltevermögen zwischen den Einstreumaterialien sind gering.

Für die Aufbereitung von Stroh genügt je nach Fabrikat eine Lochgrösse des Siebes von 25-40 mm. Durch die Wahl eines grösseren Lochdurchmessers kann vor allem die Leistungsaufnahme reduziert werden. Ein Durchsatz von über 2 t/h ist nur interessant, wenn das Stroh direkt ab Feld gehäckselt wird, da - neben der hohen Leistungsaufnahme - das Bereitstellen der Strohballen von einer Person nicht mehr bewältigt werden kann. Um die Kosten pro Arbeitsstunde möglichst tief zu halten, sollte die Strohühle nur überbetrieblich eingesetzt werden. In der Regel sind dazu mindestens zehn Landwirtschaftsbetriebe notwendig.

Allfällige Anfragen über das behandelte Thema sowie über andere landtechnische Probleme sind nicht an die FAT bzw. deren Mitarbeiter, sondern an die unten aufgeführten kantonalen Maschinenberater zu richten.

ZH	Schwarzer Otto, 052 / 25 31 21, 8408 Wülflingen
ZH	Schmid Viktor, 01 / 77 02 48, 8620 Wetzikon
BE	Mumenthaler Rudolf, 033 / 57 11 16, 3752 Wimmis
BE	Schenker Walter, 031 / 57 31 41, 3052 Zollikofen
BE	Herrenschwand Willy, 032 / 83 12 35, 3232 Ins
LU	Rüttimann Xaver, 045 / 81 18 33, 6130 Willisau
LU	Widmer Norbert, 041 / 88 20 22, 6276 Hohenrain
UR	Zurfluh Hans, 044 / 2 15 36, 6468 Attinghausen
SZ	Fuchs Albin, 055 / 48 33 45, 8808 Pfäffikon
OW	Gander Gottlieb, 041 / 96 14 40, 6055 Alpnach
GL	Jenny Jost, 058 / 61 13 59, 8750 Glarus
ZG	Müller Alfons, landw. Schule Schluethof, 042 / 36 46 46, 6330 Cham
FR	Krebs Hans, 037 / 82 11 61, 1725 Grangeneuve
BL	Wüthrich Samuel, 061 / 96 15 29, 4418 Reigoldswil
SH	Seiler Bernhard, 053 / 2 33 21, 8212 Neuhausen
AR	Ernst Alfred, 071 / 33 34 90, 9053 Teufen
SG	Haltiner Ulrich, 071 / 44 17 81, 9424 Rheineck
SG	Pfister Th., 071 / 83 16 70, 9230 Flawil
GR	Stoffel Werner, 081 / 81 17 39, 7430 Thusis
AG	Müri Paul, landw. Schule Liebegg, 064 / 31 15 53, 5722 Gränichen
TG	Monhart Viktor, 072 / 6 22 35, 8268 Arenenberg.

Landwirtschaftliche Beratungszentrale, Maschinenberatung, Telefon 052 - 33 19 21, 8307 Lindau.

Nachdruck der ungekürzten Beiträge unter Quellenangabe gestattet.

Die «Blätter für Landtechnik» erscheinen monatlich und können auch in französischer Sprache unter dem Titel «Documentation de technique agricole» im Abonnement bei der FAT bestellt werden. Jahresabonnement Fr. 27.-, Einzuhaltung an die Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, 8355 Tänikon, Postcheckkonto 30 - 520. In beschränkter Anzahl können ferner Vervielfältigungen in italienischer Sprache abgegeben werden.