

Egidijus Sarauskis
Karlheinz Köller
Vidmantas Butkus

Untersuchungen technologischer Parameter zur Bestimmung der Konstruktion von Direktsaatscharen für die Zuckerrübenaussaat

Veröffentlicht in: Landbauforschung Völkenrode 55(2005)3: 139-148

Braunschweig
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)
2005

Untersuchungen technologischer Parameter zur Bestimmung der Konstruktion von Direktsaat-scharen für die Zuckerrübenaussaat

Egidijus Šarauskis¹, Karlheinz Köller² und Vidmantas Butkus¹

Zusammenfassung

Auch unter litauischen Bedingungen können sowohl auf gepflügten wie auf nicht bearbeiteten Böden nahezu gleich hohe Zuckerrübenenerträge und Zuckergehalte erzielt werden (Romaneckas et al., 2002). Der Erfolg der Direktsaat von Zuckerrüben hängt insbesondere von der Ablagegenauigkeit der Sätechnik ab. In Litauen liegen zu dieser Problemstellung bisher kaum Forschungs- oder Praxisergebnisse vor. Aus diesem Grund wurden in den zurückliegenden Jahren theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Konstruktion und Bestimmung technologischer Parameter von Werkzeugen für die Direktsaat von Zuckerrüben durchgeführt. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde die Wirkung von Scheibenscharen mit glatten und ausgeschnittenen Schneiden auf das Stroh theoretisch begründet. Es wurde festgestellt, dass die auf dem Boden liegenden Strohhalme von einer Schneidscheibe mit glatter Schneide durchgeschnitten oder überrollt werden, wenn der Kneifwinkel des Strohhalms zwischen der Scheibenschneide und der Bodenoberfläche kleiner ist als der Gesamtreibungswinkel (Reibungswinkel der Scheibenschneide mit dem Strohalm plus Reibungswinkel der Bodenoberfläche mit dem Strohalm). Wenn der Kneifwinkel größer ist, werden die Strohhalme in Bewegungsrichtung der Schneidscheibe vorwärts geschoben. Deswegen sollte der Durchmesser der Schneidscheiben für Direktsaatschare nicht kleiner als 350 mm sein. Bei Scheiben mit Ausschnitten an der Schneide werden die Strohhalme nicht vorwärts geschoben. Die Tiefe der Schneidscheibenausschnitte sollte nicht größer als 15 mm sein. Die durchgeführten Laborversuche zeigten, dass das Durchschneiden des Strohhalms besonders von der Anzahl der Schneidscheiben und ihrer Ausschnitte, der Eindringtiefe und der Strohfeuchte abhängig ist. Die größte Menge von durchschnittenen Strohhalmen erzielte die Doppelschneidscheibe (Durchmesser 380 mm) mit 15 und 18 Ausschnitten bei einer Eindringtiefe von 35 mm.

Schlüsselwörter: Technik der Direktsaat, Zuckerrüben, Durchschneiden von Stroh, Parameter des Scheibenschares

Abstract

Research on technological parameters to determine the design factors of direct drilling coulters for sugar beets

Even under Lithuanian field conditions it is possible to gain high yields of sugar beets and high contents of sugar on ploughed and no-tilled fields (Romaneckas et al., 2002). The success of direct drilled sugar beets depends on the accuracy of the seed placement. So far in Lithuania, this issue has not been dealt with. Therefore, theoretical and empirical research had been carried out in the past years to determine design factors and technological parameters of direct drilling tools. Comparing the impact of smooth and notched disc coulters on the cutting of straw was part of these investigations. It has been observed that straw will be cut or overrun by smooth disc coulters, if the pinch - angle of the straw between the soil surface and the disc is smaller than the total angle of friction (angle of friction between disc and straw and angle of friction between soil surface and straw). If the pinch - angle is larger, the straw will be pushed forward in the direction of motion. Therefore, the diameter of the cutting disc for direct drilling coulters should be larger than 350 mm. Discs with notches do not push the straw forward. The depth of the notches should be smaller than 15 mm. Laboratory trials showed a dependence of straw cutting caused by the number of discs and the number of notches, penetration depth and straw humidity. The largest amount of cutted straw was recognised with double discs (380 mm diameter) with 15 and 18 notches at a penetration depth of 15 mm.

Key words: technology of direct drilling, sugar beets, straw cutting, parameters of disc coulters

¹ Lehrstuhl für Landmaschinen an der Litauischen landwirtschaftlichen Universität, Studentu 15 A, LT-53361 Akademija, Kauno r./Litauen, E-mail: sarausk@tech.lzuu.lt

² Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart

1 Einleitung

Vorliegende wissenschaftliche Versuchsergebnisse aus Europa bestätigen positive Auswirkungen der Direktsaat auf das Ökosystem, die Umwelt, den Boden und auf das Betriebseinkommen (Becker, 1997; Brunotte et al., 2001). Die Bodeneigenschaften von Ackerflächen, die über mehrere Jahre mit Direktsaat bewirtschaftet worden sind, gleichen eher Grünland als gepflügtem Ackerland (Stancevicius et al., 2003). Kennzeichen sind ein stabiles Bodengefüge, eine deutliche Humusanreicherung, eine wesentlich höhere biologische Aktivität sowie eine Nährstoffanreicherung in der obersten Bodenschicht (Linke, 1995; Haberland, 1997). Direktsaat mit maximaler Bodenbedeckung durch Ernterückstände ist die wirkungsvollste Methode zur Reduzierung der Bodenerosion (Tebrügge und Böhrnsen, 1995; Krück et al., 2001); auch in der baltischen Region treten Bodenverluste und Schäden durch Erosion auf (Jankauskas und Jankauskienė, 2003; Jankauskas und Jankauskienė, 2004). Durch Einsparung von Arbeitsgängen können bei Direktsaat die Maschinenkosten und der Kraftstoffverbrauch erheblich gesenkt werden (Germanas, 2000; Brunotte et al., 2001). Außerdem ist die Arbeitszeit pro Hektar bei Direktsaat wesentlich niedriger als bei anderen Bodenbearbeitungs- und Bestellsystemen (Ball, 1990; Dycker et al., 1992; Linke, 1995).

Obwohl die Direktsaat gegenüber anderen Anbausystemen von Zuckerrüben mit zahlreichen verfahrenstechnischen, ökonomischen und ökologischen Vorteilen verbunden ist, gibt es nur sehr wenige Flächen, die mit Direktsaat bewirtschaftet werden. Die Hauptursache ist das Fehlen einer Sätechnik, die auch unter schwierigen (wechselnden) Bedingungen das Saatgut zuverlässig in exakter Ablagetiefe unter der Strohmulchdecke platziert, um einen ausreichenden Feldaufgang zu gewährleisten (Estler und Sommer, 1995; Rump, 2002). Bei der Direktsaat unterscheidet man zwischen Sämaschinen mit Zinken- und mit Scheibenscharen. Die meisten der zurzeit angebotenen Direktsaatmaschinen für Zuckerrüben arbeiten mit Scheibenscharen. Die Scheiben der Sämaschine werden oft als Schneidscheiben bezeichnet, da sie das Stroh, das sich auf der Bodenoberfläche befindet, durchschneiden sollen.

1.1 Problemstellung

In Litauen sind die Direktsaat und Direktsaatmaschinen, besonders im Zuckerrübenanbau, wenig erforscht. Das größte Problem besteht derzeit noch darin, dass die gewünschte Saatgutablage vor allem bei größeren Mengen an nicht exakt gehäckseltem und verteiltem Stroh kaum möglich ist. Die technische Herausforderung bei der Direktsaat besteht darin, eine verstopfungsfreie Saatgutablage mit einer gleichmäßigen Saattiefe zuverlässig zu kombinieren und zu sichern. Die Scheibenscharmaschine soll möglichst wenig Stroh in die Saattrille einarbeiten und

den Bereich des Saathorizontes verdichten, da anderenfalls die Wasserversorgung des Samens nicht gewährleistet wird.

1.2 Zielstellung

Diese Arbeit befasst sich mit theoretischen Grundlagen und experimentellen Untersuchungen von Scheiben-Direktsaatmaschinen für die Zuckerrübenaussaat. Ein besonderer Schwerpunkt ist die Bestimmung der Konstruktion von Scheibenscharen. Um die Anforderungen an die Saatqualität zu erfüllen, müssen zuerst der Prozess des Strohschneidens und die Parameter der Scheibenschare theoretisch bestimmt werden.

Schliesslich werden die Scheibenschare unter Berücksichtigung der theoretischen Grundlagen angefertigt und der Strohschneidprozess unter litauischen Bedingungen experimentell untersucht. Versuche zur Ermittlung der eingearbeiteten Strohmenge und Verdichtungen im Bereich der Saattrille wurden in der Hohenheimer Boderrinnenhalle durchgeführt.

2 Theoretische Grundlagen

Zum Vorgang des Strohschneidens mit Schneidscheiben für Direktsaat liegen nur wenige Veröffentlichungen vor (Kushwaha et al., 1983; Linke, 1998).

Verschiedene Faktoren und technologische Parameter haben Einfluss auf die Qualität des Strohschneidens. Um den Schneidprozess nachvollziehen zu können, müssen die Voraussetzungen für das Durchschneiden der Strohhalme, der Durchmesser der Schneidscheibe, die Geometrie des Scheibenausschnitts und das Strohschneiden mit zwei Schneidscheiben theoretisch begründet werden.

2.1 Voraussetzungen für das Durchschneiden der Strohhalme

Bei der Vorwärtsbewegung des Scheibenschares dringt die Schneidscheibe in den Boden ein, schneidet den Boden und ist imstande, das auf der Bodenoberfläche liegende Stroh durchzuschneiden, darüber hinwegzurollen oder es vorwärts zu schieben.

Das Verhalten der Schneidscheibe, des Strohs und des Bodens werden durch Reibungskräfte bestimmt (Abb. 1):

$$F_{r1} = N_1 \operatorname{tg} \varphi_1 ,$$

$$F_{r2} = N_2 \operatorname{tg} \varphi_2 ,$$

Legende:

F_{r1} - Reibungskraft des Strohhalms gegen die Schneidscheibe, in N;

F_{r2} - Reibungskraft des Strohhalms gegen die Bodenoberfläche, in N;

- N_1 - Normalkraft der Schneidscheibe auf den Strohalm, in N;
- N_2 - Normalkraft des Bodens auf den Strohalm, in N;
- φ_1 - Reibungswinkel der Scheibenschneide mit dem Strohalm, in Grad;
- φ_2 - Reibungswinkel der Bodenoberfläche mit dem Strohalm, in Grad.

Im Koordinatensystem (Abb. 1) stimmt die x-Achse mit der Bodenoberfläche überein, die y-Achse mit der Kraft N_2 . Daraus ergeben sich folgende Gleichgewichtsgleichungen:

$$\Sigma F_x = N_1 \sin \chi - F_{tr2} - F_{tr1} \cos \chi = 0 ;$$

$$\Sigma F_y = N_2 - F_{tr1} \sin \chi - N_1 \cos \chi = 0 ;$$

Legende:

χ - Kneifwinkel des Strohhalms, in Grad.

Der Strohalm wird auf der Bodenoberfläche nicht mehr geschoben, wenn:

$$F_{tr2} > N_1 \sin \chi - F_{tr1} \cos \chi .$$

Nachdem die Reibungskräfte in die Gleichung eingesetzt werden:

$$N_2 \tan \varphi_2 > N_1 \sin \chi - N_1 \tan \varphi_1 \cos \chi ,$$

ist festzustellen, dass die Strohhalme nicht mehr durch die Schneidscheiben vorwärts geschoben werden, wenn folgende Beziehung zum Kneifwinkel besteht:

$$\chi < \varphi_1 + \varphi_2 .$$

Wenn $\chi > \varphi_1 + \varphi_2$, werden die Strohhalme in Bewegungsrichtung der Schneidscheibe vorwärts geschoben.

2.2 Durchmesser der Schneidscheibe

Der Durchmesser der Schneidscheibe wird wie folgt berechnet (Šarauskis, 2001):

$$d = 2(a + a_s + r \cos \chi) ;$$

Legende:

d - Durchmesser der Schneidscheibe, in mm;

a - Eindringtiefe der Schneidscheibe, in mm;

a_s - Entfernung von der Bodenoberfläche bis zur Strohalmberührung mit der Schneidscheibe, in mm.

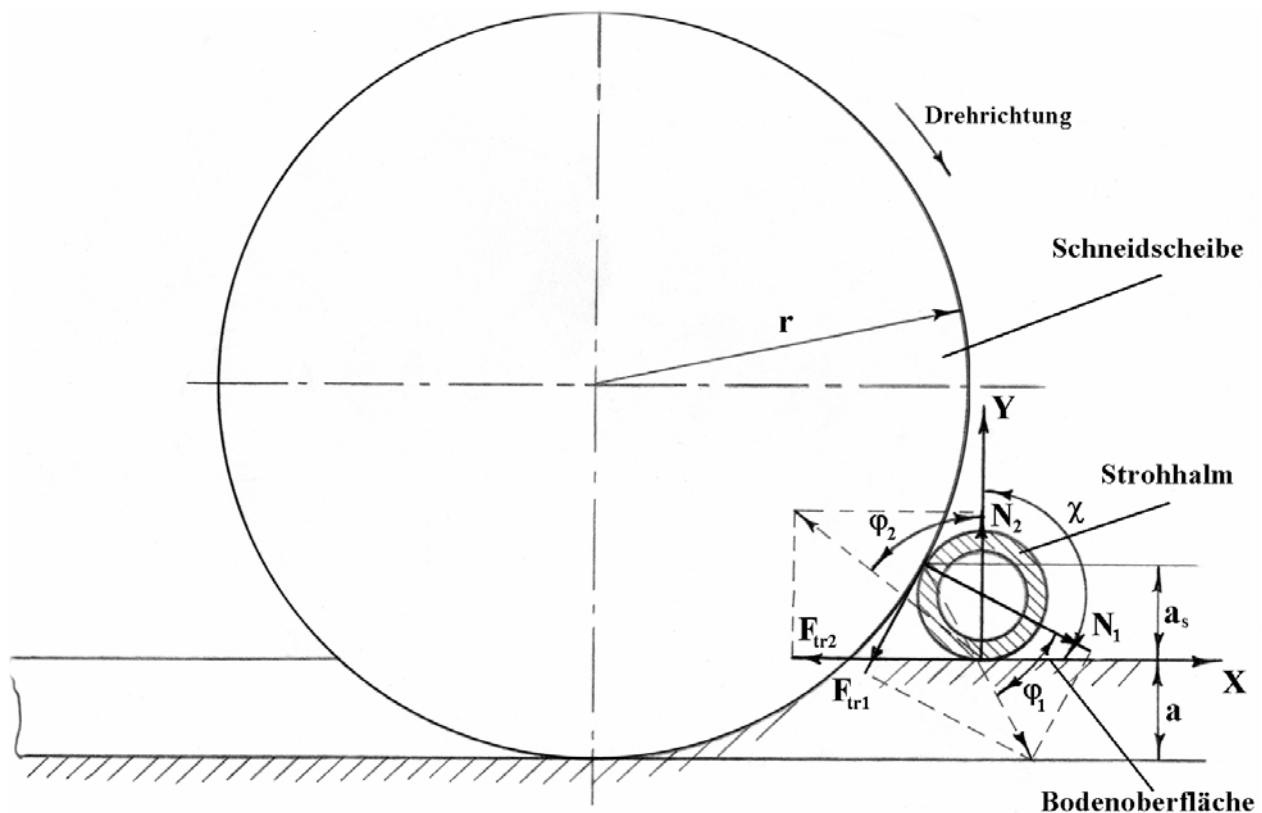


Abb. 1:

Kräfteeinwirkung auf den Strohalm: F_{tr1} und F_{tr2} - Reibungskräfte; N_1 und N_2 - Normalkräfte; φ_1 und φ_2 - Reibungswinkel; χ - Kneifwinkel des Strohhalms; a_s - Entfernung von der Bodenoberfläche bis zur Strohalmberührung mit der Schneidscheibe; a - Eindringtiefe der Schneidscheibe; r - Radius der Schneidscheibe

Der Durchmesser der Scheibe soll größer als der theoretische (d) sein, um den Strohalm mit der Schneidscheibe durchzuschneiden:

$$d > 2(a + a_s) + 2r \cos \chi$$

und mit ($2r = d$) lautet die Gleichung:

$$d > \frac{2(a + a_s)}{1 - \cos \chi}$$

Bei Grenzwerten, wenn der Reibungskoeffizient des Strohgleitens auf den Schneiden und auf der Bodenoberfläche 0,35 (Šarauskis, 2001), die Entfernung von der Bodenoberfläche bis zur Strohalmberührung mit der Schneidscheibe 15 mm und die Eindringtiefe der Scheibe 30 mm betragen, soll der Durchmesser der Schneidscheibe nicht unter 350 mm sein (Abb. 2).

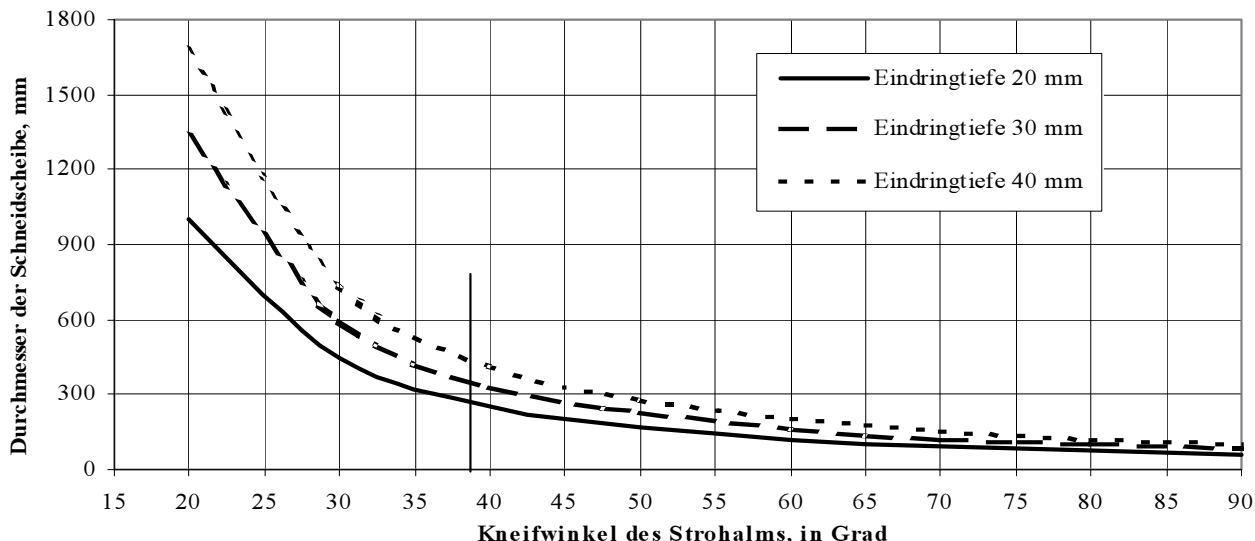


Abb. 2: Einfluss des Kneifwinkels des Strohhalmes und der Eindringtiefe auf den Durchmesser der Schneidscheibe (Šarauskis, 2001)

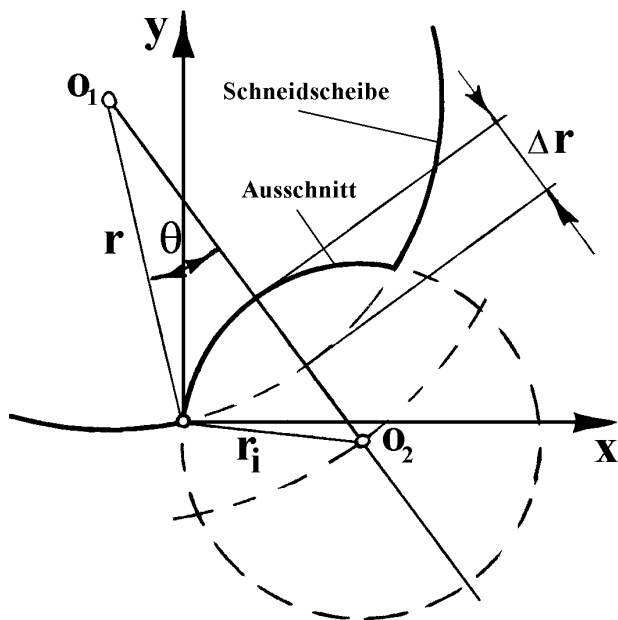


Abb. 3: Ausschnittangaben der Schneidscheibe: O_1 - Zentrum der Schneidscheibe; O_2 - Zentrum des Ausschnitts der Schneidscheibe; r_i - Radius des Ausschnitts; r - Radius der Schneidscheibe; Δr - Ausschnittstiefe; θ - Winkel der Strohhalmelage zum Zentrum der Schneidscheibe (Šarauskis und Špokas, 2002)

2.3 Geometrie des Scheibenausschnitts

Nachdem der auf dem Boden liegende Strohalm vom Ausschnitt der Schneidscheibe erfasst wird, gleitet dieser auf der Oberfläche des halbrunden Ausschnitts (Abb. 3).

Um den Strohalm schneiden zu können, soll der Strohalmkneifwinkel gleich der Summe der Reibungswinkel sein. Der Gleitweg des Strohhalmes ist vom Durchmesser der Schneidscheibe und der Größe des Ausschnitts abhängig. Es wurde der Winkel der Strohhalmelage (θ) zum Zentrum der Schneidscheibe ermittelt, nachdem der Strohalm aufgehört hatte, auf der Ausschnittsoberfläche zu gleiten (Šarauskis und Špokas, 2002):

$$\theta = -f \arcsin \frac{r_i}{r} \sin \left(\arctg \frac{r + r_i - \Delta r}{r} \right),$$

Legende:

- f - Reibungskoeffizient des Gleitens;
- r_i - Radius des Ausschnitts, in mm;
- r - Radius der Schneidscheibe, in mm;
- Δr - Ausschnittstiefe, in mm.

Das Minuszeichen bedeutet hier, dass die Gleitrichtung des Strohhalmes der Drehrichtung der Schneidscheibe entgegengesetzt ist. Bei einer Verlängerung des Ausschnitts-

radius der Schneidscheibe wird auch der Gleitweg des Strohhalms länger. Der Ausschnittsradius sollte möglichst klein sein (max. 30 mm). Bei einer Vergrößerung der Ausschnittstiefe wird der Gleitweg des Strohhalms kürzer. Die Ausschnittstiefe sollte 15 mm nicht überschreiten, weil bei einer größeren Tiefe Strohhalme nicht mehr durchgeschnitten werden (Šarauskis und Špokas, 2002).

2.4 Strohschneiden mit zwei Schneidscheiben

Bei der Vorwärtsbewegung von zwei versetzt angeordneten Schneidscheiben dringt die erste Schneidscheibe in den Boden ein, schneidet den Boden und durchtrennt die Strohhalme oder rollt über diese hinweg und drückt sie in die Saatrille A (Abb. 4).

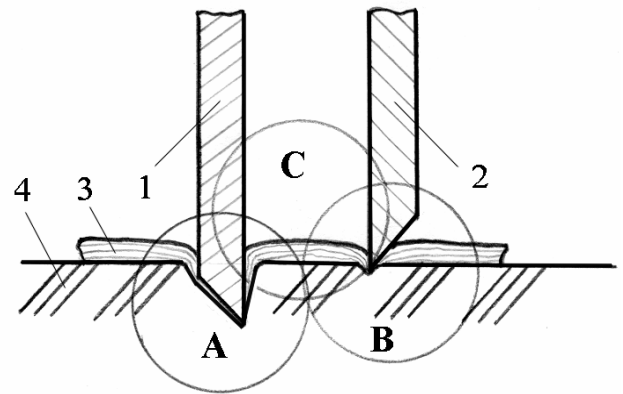
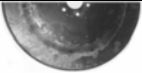
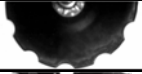
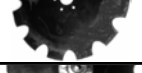

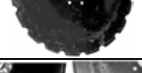

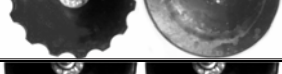




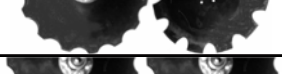




Abb. 4:
Strohschneiden bei zwei Schneidscheiben: 1 - erste Scheibe, 2 - zweite Scheibe, 3 - Strohalm, 4 - Boden; A und B - Schneiden des Strohhalms; C - Ziehen des Strohhalms

Tabelle 1:
Parameter von glatten und ausgeschnittenen Schneidscheiben

Bilder der Schneidscheiben	Schneide der Scheibe	Anzahl der Ausschnitte	Durchmesser der Scheibe, mm	Radius des Ausschnitts, mm	Ausschnittstiefe, mm
	glatt	0	380	0	0
	ausgeschnitten	11	380	30	15
	ausgeschnitten	12	380	20	30
	ausgeschnitten	15	380	30	15
	ausgeschnitten	18	380	10	10
	ausgeschnitten glatt	11 0	380 380	30 0	15 0
	ausgeschnitten glatt	15 0	380 380	30 0	15 0
	ausgeschnitten ausgeschnitten	11 11	380 380	30 30	15 15
	ausgeschnitten ausgeschnitten	11 12	380 380	30 20	15 30
	ausgeschnitten ausgeschnitten	15 11	380 380	30 30	15 15
	ausgeschnitten ausgeschnitten	11 18	380 380	30 10	15 10
	ausgeschnitten ausgeschnitten	15 12	380 380	30 20	15 30
	ausgeschnitten ausgeschnitten	15 15	380 380	30 30	15 15
	ausgeschnitten ausgeschnitten	15 18	380 380	30 10	15 10

Die zweite Scheibe, die parallel zu der ersten Scheibe läuft, dringt auch in den Boden ein, schneidet ihn und durchtrennt die gleichen Strohhalme oder rollt über diese hinweg und drückt sie in die Saatrille B (Abb. 4). Bei weichem Boden werden die Strohhalme meistens nicht durchtrennt, sondern von den Scheiben in den Boden gedrückt. Durch das Drücken beider Scheiben werden die Strohhalme gezogen - C (Abb. 4). Nach Überschreiten der Zugfestigkeit der Strohhalme erfolgt die Durchtrennung. Die Zugfestigkeit von Stroh hängt von der Pflanzenart, dem Reifegrad, Feuchtegehalt und anderen Faktoren ab (Limpiti, 1980; Kushwaha et al., 1983; Usrey et al., 1992).

3 Material und Methoden

Unter Berücksichtigung der theoretischen Grundlagen wurden Schneidscheiben (Durchmesser 380 mm) mit unterschiedlichen Ausschnittsparametern hergestellt und das Schneiden des Strohs in der Versuchsstation der Litauischen Landwirtschaftlichen Universität experimentell untersucht. Der zweite Teil der Untersuchungen zur Ermittlung der eingearbeiteten Strohmenngen und der Verdichtungen im Bereich der Saatrille wurde mit Doppelschneidscheiben (Durchmesser 380, 15 und 18 Schneidenausschnitte pro Scheibe), die beim Strohschneiden beste Ergebnisse gezeigt haben, in der Hohenheimer Bodenrinnenhalle durchgeführt.

3.1 Durchschneiden von Stroh

Das Strohdurchschneiden mit Schneidscheiben wurde auf dem Stoppelfeld bei einer Bodenfestigkeit von 0,40 MPa in einer Tiefe von 20 mm und bei 0,48 MPa in einer Tiefe von 35 mm bei einer Bodenfeuchte von 21,8 Vol % untersucht. Auf den Parzellen wurden vorher auf einer Strecke von einem halben Meter 100 Weizenstrohhalme (überwintert auf der Bodenoberfläche) mit einer durchschnittlichen Länge von 195 mm (Strohfeuchte $W = 5,1\%$ bzw. 35,0 %) ausgelegt. Diese wurden von Schneidscheiben mit glatten und ausgeschnittenen Schneiden (Tabelle

1) mit einer Geschwindigkeit von $1,39\text{ m s}^{-1}$ überfahren. Die Scheiben waren einzeln oder paarweise befestigt. Die Eindringtiefen waren auf 20 bzw. 35 mm eingestellt. Die geschnittenen und ungeschnittenen Strohhalme wurden in fünffacher Wiederholung ausgezählt.

3.2 Einarbeiten des Strohs in die Saatrille

Die experimentellen Untersuchungen zur Ermittlung der Stroheinarbeitung unter Berücksichtigung der Bodeneigenschaften und der Strohaufgabe wurden in der Hohenheimer Bodenrinnenhalle durchgeführt. Die Gebäudehülle der Bodenrinnenhalle besteht aus Glas und der eigentlichen Bodenrinne mit einer Länge von 46 m, einer Breite von 5 m und einer Tiefe von 1,2 m. Der Boden besteht aus 72 % Sand, 16 % Schluff und 12 % Ton (Rump, 2002).

Eine Voraussetzung für die Vergleichbarkeit mit Feldversuchen ist die reproduzierbare Bearbeitung des Bodens. Sie wurde in der Bodenrinne in zwei Varianten mit Kreiselegge, Planierschild und Glattwalze, welche jeweils an das Trägerfahrzeug gekoppelt wurden, erreicht. In der Variante I wurde der Boden mit der Kreiselegge und anschließend zwei Mal mit der Glattwalze bearbeitet, so dass in der Tiefe von 25 mm eine Bodenfestigkeit von durchschnittlich 0,397 MPa, in der Tiefe von 50 mm ein Scherwiderstand von 0,017 MPa und eine Bodenfeuchtigkeit 11,3 % (Tabelle 2) erreicht wurden. Die Variante II wurde sechs Mal mit der Glattwalze bearbeitet, und die Bodenfestigkeit war mit 0,889 MPa (Scherwiderstand 0,044 MPa) vergleichbar mit Werten einer Direktsaatfläche. Die Bodenfestigkeit wurde mit einem Handpenetrometer und der Scherwiderstand mit einer Flügelsonde ermittelt.

Nach der Vorbereitung des Bodens wurden zur Ermittlung der eingearbeiteten Strohmenngen in verschiedenen Tiefen mehrere Teilstücke der Bodenrinne (0,5 x 2,0 m) mit Stroh ($5,0\text{ t ha}^{-1}$) bedeckt und anschließend mit Doppelschneidscharen (Durchmesser 380 mm, 15 und 18 Schneidenausschnitte pro Scheibe) überfahren.

Tabelle 2:
Ermittelte Bodenparameter

Tiefe in mm	Bodenfestigkeit in MPa		Scherwiderstand in MPa		Bodenfeuchtigkeit in %	
	Varianten					
	I	II	I	II	I	II
0	0,227	0,657				
25	0,397	0,889				
50	0,493	0,827	0,017	0,044	11,3	10,9
75	0,510	0,737				
100	0,475	0,623	0,022	0,033		
125	0,435	0,551				
150	0,430	0,543	0,019	0,026	13,2	12,3

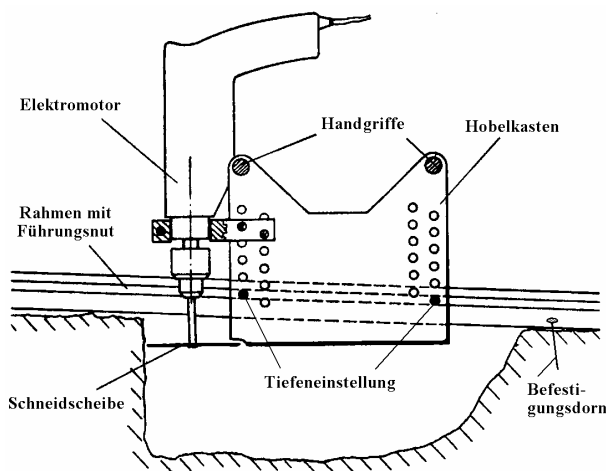


Abb. 5:
Bodenhobel nach Tola (2002)

Zur Ermittlung der Saatrillentiefe und der Menge des eingearbeiteten Stroh wurde ein Bodenhobel eingesetzt (Abb. 5). Mit dem Hobel wurde der Boden im Bereich der Saatrille schichtweise, d. h. ein Bodenstreifen von 1,0 m Länge, 0,1 m Breite und einer Schichtdicke 0,01 m, abgetragen. Der Hobelkasten wurde in einem durch Erdnägeln fixierten Rahmen geführt, er wurde schräg zur Bodenoberfläche angestellt, um Verschmierung auf der Schnittfläche zu reduzieren. Das Schneiden der Bodenschicht erfolgte mit elektrisch betriebenen Schneidscheiben. Dieses Verfahren wurde von Breitfuß (1954) vorgestellt und von Mitarbeitern (Linke, 1998; Tola, 2002) des Institutes für Agrartechnik erneuert und modifiziert. Die gesammelten Proben wurden bei 105 °C 24 Stunden getrocknet, Stroh von Boden getrennt und gewogen.

3.3 Verdichtungen im Bereich der Saatrille

Nach Einsatz der Scheibenschare wurde der Eindringwiderstand im Bereich des Saathorizontes gemessen. Für die Messungen wurde ein sogenanntes Multipenetrometer verwendet, welches von Rump (2002) beschrieben wurde. Das verwendete Gerät besitzt 11 Penetrierstäbe mit einem Durchmesser von 2 mm, die mit einem Abstand von 13 mm und mit einem Kraftmesssensor an einem Rahmen befestigt sind. Die Kraftmesssensoren bestehen aus Aluminium-Ringen, die jeweils mit vier Dehnungsmessstreifen beklebt sind. Der Rahmen wurde über zwei Säulen, die auf einer Bodenplatte montiert sind, senkrecht geführt. Der mittlere Stab des Gerätes wurde in der Saatrille, die anderen wurden senkrecht zur Saatrille positioniert. Die Eindringtiefe wurde durch einen Wegaufnehmer gemessen (Abb. 6). Die Daten des Eindringwiderstandes und der Eindringtiefe wurden mit einem Daten-Logger erfasst und gespeichert, anschließend verrechnet und graphisch dargestellt.

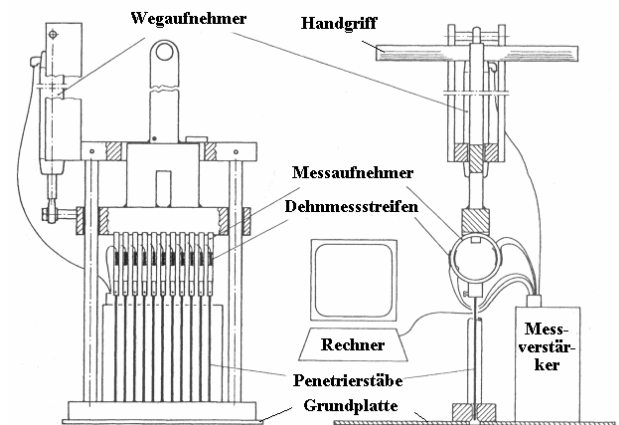


Abb. 6:
Multipenetrometer nach Rump (2002)

4 Experimentelle Ergebnisse und Diskussion

4.1 Durchschneiden von Stroh

Ein Strohalm wird von einer Scheibe durchgeschnitten, wenn die Scherfestigkeit des Halmes überschritten wird. Da der Boden unter dem Strohalm als Auflage mit Gegenkraft auf den Halm wirkt, entstehen im Boden unter dem Halm Spannungen. Für das Durchschneiden des Halmes muss die Scherfestigkeit des Bodens annähernd so hoch sein wie die des Stroh, da sonst der Boden nachgibt, bevor das Stroh durchgeschnitten ist. Wenn nicht, wird das Stroh nicht durchtrennt, sondern in den Boden gedrückt.

Bei den Versuchen wurde festgestellt, dass von einer Schneidscheibe (Durchmesser 380 mm) mit glatter Schneide bei einer Eindringtiefe von 20 mm (Bodenfestigkeit 0,4 MPa) 71 % der trockenen, überwinterten Strohhalme ($W = 5\%$ Feuchte) und nur etwa 25 % der nassen Strohhalme ($W = 35\%$ Feuchte) durchgeschnitten wurden (Abb. 7).

Von einer Einzelschneidscheibe ($\varnothing 380$ mm) mit 18 Ausschnitten wurden 86 % der trockenen und 57 % der feuchten Strohhalme durchgeschnitten. Die größte Menge von trockenen (96 %) und feuchten (84 %) Strohhalmen wurde mit einer Doppelschneidscheibe mit 15 und 18 Ausschnitten durchtrennt. Mit einer Erhöhung der Eindringtiefe der Schneidscheiben bis zu 35 mm (Abb. 8), stieg die Menge von durchgeschnittenen Strohhalmen deutlich an.

Verschiedene Veröffentlichungen (Limpiti, 1980; Kushwaha et al., 1983, 1986) über Versuche zum Durchschneiden von Stroh mittels Schneidscheiben in Bodenrinnen bestätigen, dass sich frisches Getreidestroh mit einer Scheibe nur sehr schwer schneiden lässt. Je größer die Strohmenge, umso geringer wird der durchtrennte Anteil. Mit zunehmender Verrottung nimmt der durchgeschnittene

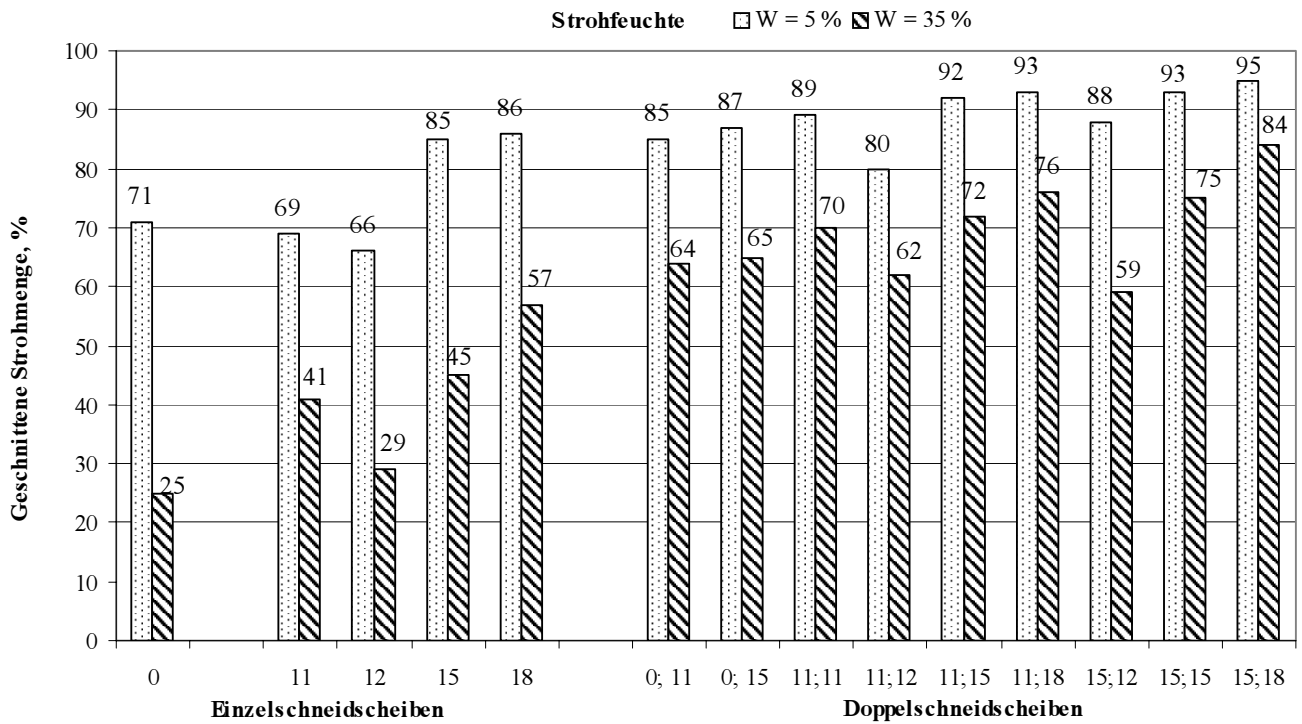


Abb. 7: Durchgeschnittene Strohhalme in Abhängigkeit von der Anzahl der Schneidscheiben (Ø 380 mm) und ihrer Ausschnitte bei einer Eindringtiefe von 20 mm; 0, 11, 12, 15, 18 Ausschnitte in der Schneidscheibe

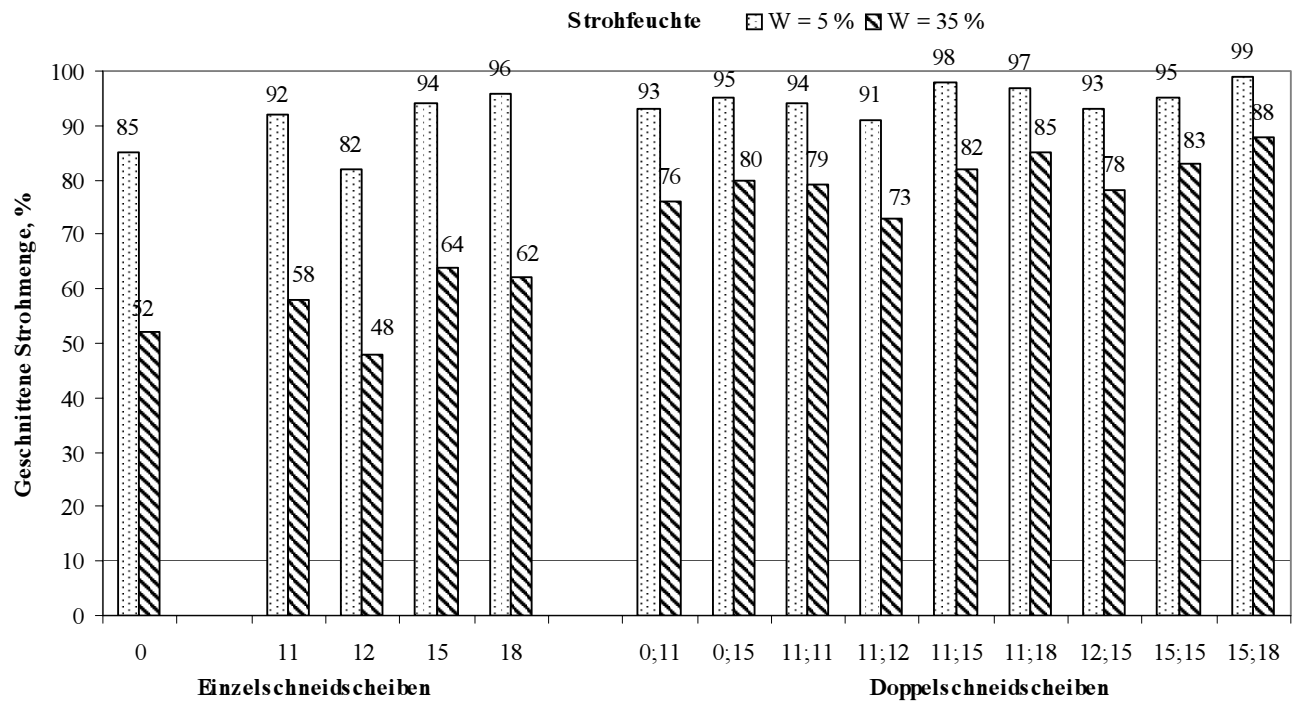


Abb. 8: Durchgeschnittene Strohhalme in Abhängigkeit von der Anzahl der Schneidscheiben (Ø 380 mm) und ihrer Ausschnitte bei einer Eindringtiefe von 35 mm; 0, 11, 12, 15, 18 Ausschnitte in der Schneidscheibe

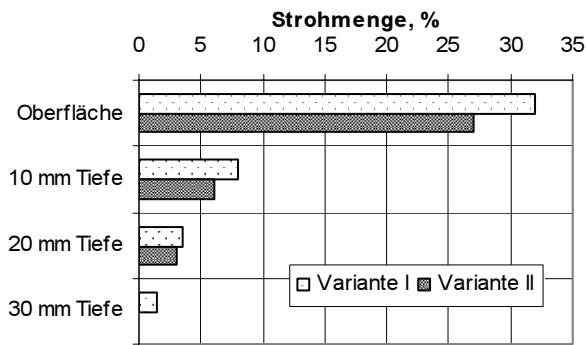


Abb. 9: Einfluss der Bodenfestigkeit auf die eingearbeitete Strohmenge in den Saatbettbereich (Variante I: weicher Boden, Variante II: fester Boden)

Anteil sehr deutlich zu, ebenso wie mit zunehmender Bodenfestigkeit.

4.2 Das Stroh in der Saatrille

Die Scheiben des Direktsaatschares haben die Aufgabe, die auf der Bodenoberfläche verbliebenen Strohhalme zu durchschneiden und das Saatgut unter dieser Schicht abzulegen. Die Qualität des Schnittes wird durch verschiedene Faktoren, wie z. B. die Bodenfestigkeit und Schärfe der Scheibe, beeinflusst (Rump, 2002).

Abb. 9 zeigt die mit dem Bodenhobel ermittelten relativen Strohmenngen in Abhängigkeit von der Bodenfestigkeit und der Tiefe, die durch die Scheibenschare bei einer auf 30 mm eingestellten Saattiefe in der Bodenrinne eingearbeitet wurden.

Beim Einsatz der Scheibenschare traten, auch bei einer starken Auflage von frischem Stroh (5,0 t ha⁻¹) auf der Bodenoberfläche, keine Verstopfungen auf. Das Stroh wurde allerdings nicht immer von den Scheiben durchgetrennt oder zur Seite geschoben, sondern auch überrollt und in die Saatrille gedrückt. Je fester der Boden (Variante II) war, umso mehr Stroh wurde durchgetrennt und weniger in die Saatrille gedrückt.

Bei der Zuckerrübensaat ist das Stroh auf der Bodenoberfläche über Winter stärker verrottet. Deswegen werden mehr Strohhalme durchschnitten und nur wenige in den Boden gedrückt.

4.3 Verdichtung im Saatbereich

Die Säschare können den Saathorizont verdichten und auf diese Weise das Auflaufen der Saat verringern. Bekannt ist die Seitenwandverdichtung durch Einscheibenschare (Tola, 2002; Rump, 2002). Diese Verdichtungen resultieren aus dem Anstellwinkel der Scheibe zur Fahrtrichtung.

Messungen des Eindringwiderstandes mit dem Multipenetrometer wurden in der Bodenrinne bei zwei Varianten durchgeführt (Abb. 10).

Die Ergebnisse zum Eindringwiderstand auf weichem Boden (Variante I) zeigen, dass bei der Scheibeneindringtiefe von 30 mm keine deutlichen Verdichtungen festgestellt wurden. Auf festerem Boden (Variante II) entstehen einige Verdichtungen an der Saatrillenseite in der Tiefe von 25 bis 40 mm. Zwei Schneidscheiben lockern den Boden innerhalb der Saatlücke auf. Deswegen wurde in der Mitte des Saattettes keine Verdichtung festgestellt.

Die Ergebnisse der Veröffentlichungen von Linke (1998) und Rump (2002) zeigen, dass bei einem Eindringwiderstand bis zu 0,5 MPa die gelockerte Zone nach dem Zweiseibenschar deutlich größer ist als beim Einscheibenschar. Die Verdichtungszone im Bereich von 0-30 mm beiderseits der Saatrille ist nach dem Einsatz des Zweiseibenschares vergleichsweise gering. Es hinterlässt bei gleicher Arbeitstiefe eine größere Querschnittsfläche der Saatrille als das Einscheibenschar.

Schlussfolgerungen

Die Scheiben des Direktsaatschares haben die Aufgabe, die auf der Bodenoberfläche verbliebenen Ernterückstände zu durchschneiden, damit der Zuckerrübensamen unter

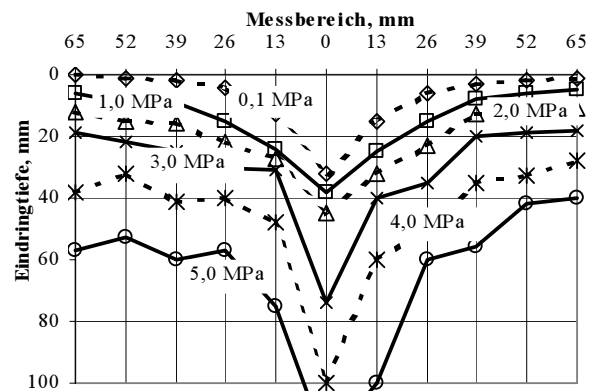
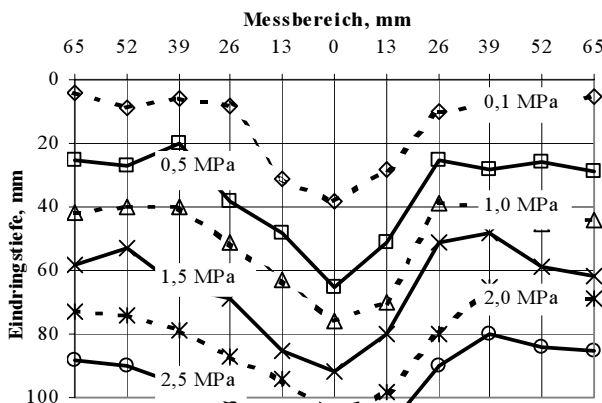


Abb. 10: Penetrogramme von Saatrillen (links: Variante I; rechts: Variante II)

diese Schicht abgelegt werden kann. Die vorgelegten Ergebnisse lassen die folgenden Schlussfolgerungen zu:

Die auf dem Boden liegenden Strohhalme können von einer Schneidscheibe durchgeschnitten werden, wenn der Kneifwinkel des Strohhalms zwischen der Scheibenschneide und der Bodenoberfläche kleiner ist als die Summe der Reibungswinkel (Reibungswinkel der Scheibenschneide mit dem Strohalm plus Reibungswinkel der Bodenoberfläche mit dem Strohalm). Der Durchmesser der Schneidscheiben für Direktsaat von Zuckerrüben soll nicht kleiner sein als 350 mm, die Tiefe der Schneidscheibenausschnitte nicht grösser als 15 mm. Scheiben mit mehreren kleineren Ausschnitten haben besseren Bodenkontakt und geringeren Scheibenschlupf.

Die Qualität des Schnittes wird durch zahlreiche Faktoren bestimmt. Verrottetes Stroh lässt sich leichter durchschneiden als frisches Getreidestroh. Mit zunehmender Strohfeuchtigkeit wird weniger Stroh durchgeschnitten. Durch einen ziehenden Schnitt kann das Durchtrennen des Strohes erleichtert werden, wonach die durchgeschnittene Strohmenge deutlich höher ist. Einen ähnlichen Effekt haben auch zwei Scheiben mit unterschiedlicher Zahl von Ausschnitten. Doppelschneidscheiben mit 15 und 18 Ausschnitten können 95 bis 99 % trockenere (5,0 %) und 84 bis 88 % feuchtere (35,0 %) Strohhalme im Vergleich zu Einzelschneidscheiben durchtrennen. Ein weiterer Vorteil von Zweischeibenscharen besteht darin, dass parallel rollende Scheiben senkrecht liegendes Stroh nicht nur beim Schneiden, sondern auch beim Ziehen durchtrennen können. Eine weitere Verbesserung des Strohtrennens kann bei höherer Bodenfestigkeit erzielt werden.

Bei stärkeren Strohschichten und weichem Boden besteht immer die Gefahr, dass die Schneidscheiben einen Teil des Strohes in den Boden eindrücken können. Exaktes Häckseln und Verteilen des Strohs können dieses Problem deutlich reduzieren.

Die vorliegende Arbeit hat eine wesentliche Bedeutung für die landwirtschaftliche Praxis, weil die Anwendung der untersuchten Schneidschare für die Direktsaat die Saatgutablagequalität (gleichmässige Saattiefe, wenig Stroh im Saatbereich, kleinere Verdichtungen und Verschmierungen im Saatbereich u.s.w.) von Zuckerrüben verbessern könnte. Die Forschungsergebnisse zeigen, dass es prinzipiell möglich ist, Direktsaatschare an die in Litauen vorherrschenden Bedingungen mit grossen Strohaufgaben anzupassen.

Literatur

- Ball BC (1990) Reduced tillage for energy and cost savings with cereals : practical and research experience. *Agric Engineer* 45(1):2-6
- Becker C (1997) Zuckerrübenanbau ohne Pflug. *Zuckerrübe* 4:198-201
- Breitfuss J (1954) Untersuchungen über die gleichmässige Tiefenablage der Saat von Rübensäegeräten. *Landtechn Forsch* 82-86
- Brunotte J, Wagner M, Sommer C (2001) Bodenschutz und Kosteneinsparung : Anforderungen an heutige Bodenbearbeitung. *Landtechnik* 56(3):132-133
- Dycker J, Rux S, Knechtges H (1992) Direktsaat in semiariden Klimaten. *Landtechnik* 47(7):323-325
- Estler M, Sommer C (1995) Bodenbearbeitung und Bestellung. *Landtechnik* 50(6):318-319
- Germanas L (2000) Energetic research of direct drilling. *Research papers of Lithuanian Institute of Agricultural Engineering* 32(1):17-28
- Haberland R (1997) Vereinfachte Bestellung verlangt gutes Management. *Neue Landwirtschaft* 6:50-53
- Jankauskas B, Jankauskiene G (2003) Long-term soil erosion studies on the Zemaiciai upland : intensity of water erosion. *Agriculture* 82(2):20-34
- Jankauskas B, Jankauskiene G (2004) Long-term soil erosion studies on the Zemaiciai upland : productivity of erosion-preventive phytoce-noses. *Agriculture* 85(1):3-16
- Krück S, Nitsche O, Schmidt W (2001) Regenwürmer vermindern Erosionsgefahr. *Landwirtschaft ohne Pflug* 1:18-21
- Kushwaha RL, Vaishnav AS, Zoerb GC (1983) Shear strength of wheat straw. *Can Agric Eng* 25:163-167
- Kushwaha RL, Vaishnav AS, Zoerb GC (1986) Soil bin evaluation of disc coulters under no-till crop residue conditions. *Trans ASAE* 29:40-44
- Limpiti S (1980) Effect of moisture content and stage of maturity on mechanical properties of wheat straw. *J Agric Sci* 13(10):277-283
- Linke C (1995) Pfluglos 100 Hektar am Tag bestellen. *Neue Landwirtschaft* 9:74-76
- Linke C (1998) Direktsaat – eine Bestandsaufnahme unter besonderer Berücksichtigung technischer, agronomischer und ökonomischer Aspekte. Hohenheim : Univ, 482 p [Dissertation]
- Romaneckas K, Šarauskis E, Kvedaraite E, Kemesius D (2002) Reduced soil tillage for sugar beet. *Research papers of Lithuanian University of Agriculture* 53(6):22-25
- Rump B (2002) Untersuchungen zur Bestimmung der Arbeitsqualität von Scheibensäscharen für die Direktsaat. Göttingen : Cuvillier, 108 p [Dissertation]
- Šarauskis E (2001) Theoretical analysis of disc-knives work for the formation of sugar beet seeds introduction soil bin in uncultivated soil. *Research papers of Lithuanian Institute of Agricultural Engineering* 33(2):17-30
- Šarauskis E, Špokas L (2002) Direct drilling research of sugar beet. *Transactions of agricultural machinery, buildings, energy and hydraulic engineering of Estonian Agricultural University* 215:114-118
- Stancevicius A, Jodaugiene D, Spokiene N, Raudonius S, Trečiokas K (2003) The influence of long-term ploughing and ploughless soil tillage on soil properties and spring barley crop. *Agriculture* 83(3):40-51
- Tola El Kamil HM (2002) Performance of various no-till furrow openers under different soil and crop residue conditions. Beuren : Grauer, 138 p [Dissertation]
- Tebrügge F, Böhrnsen A (1995) Auswirkungen auf bodenökologische Faktoren und Ökonomie. *Landtechnik* 50(1):6-7
- Usrey LJ, Walker JT, Loewer OJ (1992) Physical characteristics of rice straw for harvesting simulation. *Trans ASAE* 35:923-930