

## **UNIVERSALDRILLMASCHINEN IM VERGLEICH**

**Jens Fritzler**  
**Rike Teegen**

## **Universaldrillmaschinen im Vergleich**

November 2003

Cand. agr. Jens Fritzler und cand. agr. Rike Teegen haben am Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik an der agrarwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel Bachelorarbeiten zu Themen „Untersuchung der Scharsysteme an Universaldrillmaschinen mit aktiver bzw. passiver Saatbettbereitung“ vorgelegt. Betreut wurden die Arbeiten von Dr. habil. M. Weißbach, Prüfer: Prof. Dr. E. Isensee und Dr. habil. M. Weißbach, Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik.

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>	
<b>1.</b>	<b>Einleitung und Aufgabenstellung</b>	<b>310</b>
<b>2.</b>	<b>Anforderungen an Universal-Drillmaschinen</b>	<b>310</b>
2.1	Saatgutablage	312
2.2	Technik der Tiefenführung	313
2.3	Einbettung	314
2.4	Tiefenverteilung	314
2.5	Pflanzenbauliche Anforderungen an die Saatgutablage	315
<b>3.</b>	<b>Material und Methode</b>	<b>317</b>
3.1	Standort	317
3.1.1	Standortbedingungen	317
3.2	Versuchsablauf	319
3.3	Beschreibung der untersuchten Systeme	320
3.3.1	Rauch Venta LC 302 + Evers Vario Disc	320
3.3.2	Amazone AD-P Profi	321
3.3.3	Konkskilde Power Seeder	321
3.3.4	Kverneland Accord DA X	322
3.3.5	Lemken Saphir 7/300 ES	323
3.3.6	Horsch – Pronto 3 AS	323
3.3.7	Köckerling – Universalsämaschine Serie AT 300	324
3.3.8	Rabe – Universaldrillmaschine Mega Speed 3001	325
3.3.9	Väderstad – RD S 300	326
3.3.10	John Deere – Allround-Sämaschine 750 A	327
3.3.11	Übersicht der untersuchten Säsysteme	329
3.4	Methode	332
3.4.1	Ablagegenauigkeit und Ablagetiefe	332
3.4.2	Lagerungsdichte und Porenvolumen	333
3.4.2	Rückverfestigung	333
<b>4.</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>333</b>
4.1	Messergebnisse der einzelnen Geräte	333
4.1.1	Messergebnisse Horsch – Pronto 3 AS	334
4.1.2	Messergebnisse Köckerling AT 300	337
4.1.3	Messergebnisse Rabe Mega Speed 3001	340
4.1.4	Messergebnisse Väderstad – RD S 300	343
4.1.5	Messergebnisse John Deere 750 A	346
4.1.6	Messergebnisse Rauch Venta LC 302	349
4.1.7	Messergebnisse Amazone AD-P 302 Profi	352
4.1.8	Messergebnisse Konkskilde Power-Seeder PS 3030-32	355
4.1.9	Messergebnisse Kverneland Accord Pneumatic DA X	358
4.1.10	Messergebnisse Lemken Saphir 7/300 ES	361
4.2	Vergleich der untersuchten Universaldrillmaschinen	364
4.2.1	Ablagegenauigkeit	364
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>367</b>
<b>6.</b>	<b>Literatur</b>	<b>369</b>

## **1. Einleitung und Aufgabenstellung**

Die Aussaat ist neben dem Pflanzenschutz und der Bodenbearbeitung einer der wesentlichsten Prozesse im Produktionssystem Getreideanbau. Mit der Aussaat wird die Ausgangssituation für die Bestandesdichte und –entwicklung gesetzt. Neben der Wahl der Aussaatmenge nehmen die technischen Anforderungen der Aussaattechnik eine bedeutende Position ein. Hier steht die gleichmäßige Samenverteilung über die Fläche (Längs- und Querverteilung) bei gleichzeitig gleichmäßiger Tiefenablage im Vordergrund. Mit diesen Parametern wird die Konkurrenz der Einzelpflanzen maßgeblich bestimmt, die neben weiteren Parametern, zum Teil in Wechselbeziehungen mit der Saat, den möglichen Pflanzenertrag beeinflussen.

Universaldrillmaschinen können sowohl auf fertigem, abgesetztem Saatbett als auch in Kombination mit der Bodenbearbeitung in einem Arbeitsgang eingesetzt werden. Eine Universal-Drillmaschine soll vielseitig einsetzbar sein, d.h., sie muss zum einen eine definierte und gleichmäßige Ablage in ein Saatbett mit Ernterückständen (z.B. Mulchsaat) der Vorfrucht gewährleisten. Dies setzt auf bestimmten Standorten eine gewisse Ballastierung der Schare voraus. Sie müssen auch bei einem hohen Aufkommen an Ernterückständen verstopfungsfrei arbeiten. Zum anderen muss die Maschine auch auf Flächen eingesetzt werden können, wo eine Bodenbearbeitung nach Pflugfurche vorausgegangen ist. Sie dürfen in jedem Fall die Saat nicht zu tief ablegen, was eine genaue Scharführung erfordert. Da die Saatbettbereitung und die Aussaat nach Möglichkeit in einem Arbeitsgang erfolgt, müssen die eingesetzten Werkzeugkombinationen neben der präzisen Saatgutblage ein Saatbett schaffen, das ausreichend gekrümelt und rückverfestigt ist. Hier gibt es in der Praxis mehrere Lösungsansätze wie z.B. Gänsefußschare (Köckerling), Scheibenvorsatz (System Disc, Väderstad) oder Kreiselgrubber (Amazone).

In der vorliegenden Untersuchung werden verschiedene Scharausführungen und Gerätekombinationen miteinander verglichen, um systemgebundene Einflussfaktoren auf die Ablagegenauigkeit und die Saatbettgestaltung zu analysieren. Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen einer Landesvorführung von Universal-Drillmaschinen der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein auf dem Universitätsversuchsgut Hohenschulen im September 2002.

## **2. Anforderungen an Universal-Drillmaschinen**

Universal-Drillmaschinen haben in der letzten Zeit an Bedeutung gewonnen. Der Anteil an Mulchsaat hat in der Vergangenheit zugenommen und beträgt zur Zeit je nach Region 20-70 %. Die Gründe hierfür sind u.a. Erosionsschutz, Einsparung an Arbeiterledigungskosten, ertragreichere und gesünderer Getreidesorten, höhere

Flächenleistung, höhere Bodenaktivität, Trockengebiete und bessere Befahrbarkeit der Böden.

Universal-Drillmaschinen sollen Saatbettbereitung und Aussaat in einem Arbeitsgang erledigen können. Die Maschine muss dafür mit entsprechenden Bodenbearbeitungswerkzeugen ausgestattet werden, die schnell an die jeweilige Anforderung angepasst werden können. Die Landtechnik bietet eine Vielzahl von Lösungen an (siehe Abb. 1) die von den Herstellern auf unterschiedlicher Art und Weise kombiniert werden. Universaldrillmaschinen müssen sowohl verstopfungsfrei auf Mulchsaatflächen mit einem hohen Anfall an Ernterückständen arbeiten als auch auf konventionell gepflügten Flächen.

Die Drillmaschine muss schnell und ohne großen Aufwand an das jeweilige Saatgut angepasst und eingestellt werden kann. Dies erfordert eine schnelle Restmengenentleerung, leichtes und praktikables Abdrehen auch im Stand der Maschine. Die Dosiereinrichtung muss je nach Kultur Aussaatmengen von 1 kg/ha (Feinsämereien) bis zu 250 kg/ha (Grobleguminosen) ermöglichen. Die Aussaatmengen müssen gleichmäßig innerhalb und zwischen den Reihen verteilt werden. Der Saatgutkasten muss ausreichend dimensioniert (500 l je Meter Arbeitsbreite) und leicht zu befüllen sein, um hohe Flächenleistungen zu ermöglichen. Einige Hersteller integrieren bereits eine Befüllschnecke in der Drillmaschine.

Universal-Drillmaschinen lassen Arbeitsgeschwindigkeiten bis zu 15 km/h zu, dies setzt eine präzise Scharführung voraus, damit die Schare exakt im Saathorizont geführt werden und nicht aus dem Boden herausspringen oder im Saathorizont beginnen zu schwimmen. Die eingestellte Saattiefe darf sich nicht mit Befüllungsstand des Saatgutvorratsbehälters, mit der Fahrgeschwindigkeit oder den Bodenverhältnissen verändern.

Universal-Drillmaschinen haben in der Regel hinter dem Säorgan ein Striegel installiert. Der Striegel muss so ausgelegt sein, dass er die Lage des abgelegten Saatkorns im Boden nicht verändert und auch bei einem hohen Anfall an Ernterückständen nicht verstopft.

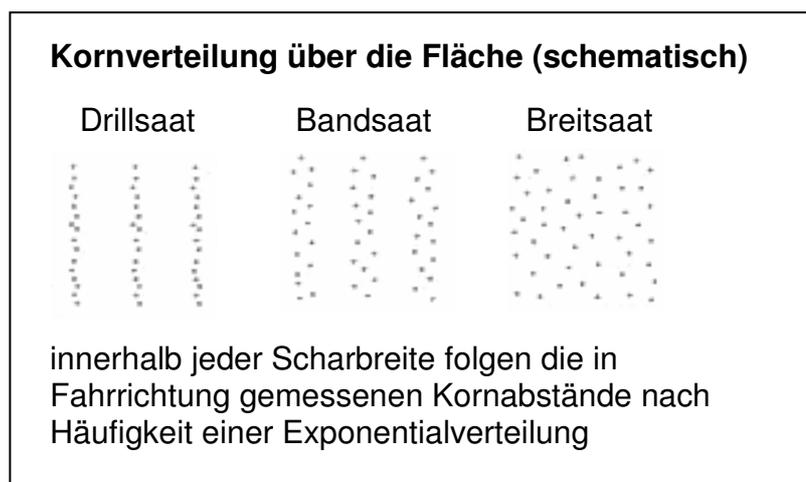
Auf dem Markt gibt es eine Vielzahl von Lösungsansätzen und Ausführungen von Scharsystemen, die jeweils zu bestimmten Einsatzprofilen und Standorten passen.

Vorwerkzeug		Säsistem			Nachwerkzeug	
Bodenbearbeitung		Rückverfestigung	Saatgutablage	Tiefenführung	starr	abrollend
aktiv	passiv					
Kreisel-egge	Spaten-rollegge	Prismen-walze	Schlepp-schar	seitliche Führungsrollen	Striegel	Reifenpacker-walze
Zinken-rotor	Gänsefuß-schare	Keilring-walze	Einscheiben-schar	nachlaufende Führungsrollen	Blattfeder-nivelatoren	Blattfeder-walze
	Fein-grubber	Zahnpacker-walze	Zweischeiben-schar	nachlaufende Reifenpacker		STS-Walze
	Scheiben-egge	Reifenpacker-walze	Gänsefuß-schar	vorlaufende Schneidwalzen		
		Trapezring-walze	Zinken- u. Meißelschar	gewölbte Scheibenschar		

**Abb. 1:** Universaldrillmaschinen und passende Bodenbearbeitung

## 2.1 Saatgutablage

Das Saatgut wird im allg. durch Säscharen auf einen rückverfestigten Bodenhorizont abgelegt. Die Rückverfestigung kann ganzflächig (z.B. Zahnpackerwalze) oder streifenweise (z.B. Keilringwalze) geschehen. Die Saatgutablage erfolgt z.B. in die Rillen eines Packers, in oder unter den Erdstrom eines Bodenbearbeitungsgerätes und ergibt somit unterschiedliche Kornverteilungen über die Fläche, als Drillsaat, Bandsaat oder Breitsaat (siehe Abb. 2).



**Abb. 2:** Drill-, Band- und Breitsaat (nach Heege, 1978)

Die am Markt verfügbare Ablagetechnik kann nach verschiedenen Funktionsprinzipien eingeteilt werden. Am weitesten verbreitet sind Scharsysteme, die geschleppt oder abrollend arbeiten. Für diese Systeme ist das Ziehen von Furchen charakteristisch, indem sie den Boden zur Seite räumen und dadurch, je nach Furchenbreite, das Saatgut in Reihe oder Bänder ablegen. Die geschleppten Schartypen (Schleppschar, Säbelschar oder Räumschar) sind nur für die konventionelle Saat in ein rückstandsfreies Saatbett geeignet, da sie leicht zum Verstopfen neigen. Sie stellen somit hohe Ansprüche an die Saatbettvorbereitung.

Abrollende Scharsysteme (Scheibenschare) arbeiten mit einer höheren Funktionssicherheit, da sie kaum zum Verstopfen neigen. Sie werden bei Säarbeiten in ein mit Pflanzenresten durchsetzten Saatbett bevorzugt. Durch entsprechende Druckbelastung von bis zu 2500 N je Schar dringen sie auch in festeren Böden ein. Aus diesen Gründen werden sie überwiegend nach konservierender Bodenbearbeitung und für Direktsaat eingesetzt. Scheibenschare weisen jedoch bei einer hohen Menge an aufliegendem Stroh Grenzen auf, da sie dieses nicht ausreichend durchschneiden, sondern in die Saatsfurche drücken und so den Feldaufgang negativ beeinflussen. Hier ist somit der Erfolg wahrscheinlicher, wenn das Stroh kurz gehäckselt und gleichmäßig über die Fläche verteilt ist. Die Voraussetzungen werden bereits während der Ernte gelegt.

Ein weiteres Problem der Mulchsaat ist eine dem Bedarf entsprechende und kontrollierte Bedeckung der Saat mit genügend Feinerde.

Der vielseitige Einsatz von Universal-Drillmaschinen für die Bereiche Direktsaat, konservierende und konventionelle Bodenbearbeitung setzt voraus, dass die Ablagetechnik (Schar) nicht unkontrolliert in das Saatbett eindringen und z.B. durch Stützrollen sicher in der Höhe geführt werden.

Die konservierende Bodenbearbeitung mit Lockerung und Einarbeitung des Strohs in 10–20 cm Tiefe bietet sich als Kompromiss von Direktsaat oder der wendenden Bodenbearbeitung an. Sie bietet durch den Verdünnungseffekt eine höhere Funktionssicherheit des Ablagesystems und garantiert gleichzeitig annehmbare Keimbedingungen.

Bei der Erdstromsaat wird das Saatgut direkt in oder unter den durch einen Grubber oder eine Fräse erzeugten Erdstrom geleitet.

## **2.2 Technik der Tiefenführung**

Eine exakte Tiefenführung der Ablagetechnik ist die Voraussetzung für eine gezielte und gleichmäßige Ablagetiefe. Wichtige Einflussgrößen sind Belastung, Abstützung und Aufhängung der Säorgane. Einfach wirkende Ablagesysteme, wie z.B. Schleppschar, arbeiten ausschließlich über Druckbelastung und werden durch Federdruck in der Tiefe geführt. Abrollende Scharsysteme müssen zusätzlich gegen

unkontrolliertes Eindringen in den Boden abgestützt werden. In der Praxis gibt es mehrere Lösungsansätze, zu nennen wäre hier die Schleifkufe am Einscheibenschar, seitliche oder nachlaufende Stützräder. Manche Führungsrollen dienen gleichzeitig als Abstreifer für anhaftende Erde (z.B. RoTec Schar, Amazone). Hier sei zu beachten, dass seitliche Stützräder bzw. Schleifkurven stärker auf Unebenheiten durch grobes Bodenmaterial reagieren als z.B. das nachlaufende Stützrad, welches in einer geräumten Rille läuft somit einen ruhigeren Lauf bietet.

## 2.3 Einbettung

Der Sävorgang wird durch die Einbettung des Saatkorns beendet. Abrollende Werkzeuge z.T. auch die nachlaufende Stützrolle drücken die Saat an den Boden und sorgen so für den nötigen Bodenschluss. Die anschließende Bedeckung der Samen erfolgt über Zustreicher z.B. Exaktstriegel. Die Verwendung von aufwendiger Einbettungstechnik wird insbesondere bei konservierender Bodenbearbeitung und bei Direktsaat erforderlich.

## 2.4 Tiefenverteilung

Die Verteilung des Saatgutes über die Tiefe, genauer die Konzentrierung des Saatgutes auf der Scharfurchensohle, hängt in erster Linie von den vertikalen Bewegungen des Schares ab. Die Konzentrierung des Saatgutes durch das Säschar ist konstruktionsbedingt, während die vertikalen Scharbewegungen wesentlich von der Scharführung abhängen. Damit das Saatgut auf der Sohle der Scharfurchen abgelegt werden kann, muss der Boden seitlich am Schar vorbeigeführt werden. Im optimalen Fall ist die Kornablagertiefe gleich der Schartiefe. Das Schar muss ausreichend Seitenschutz bieten, um ein Zurückfließen des Erdstroms zu verhindern. Kann dies z.B. durch vertikale Scharbewegungen nicht gewährleistet werden, führt das zurückfließen des Bodens dazu, dass das Saatgut im Bereich zwischen Bodenoberfläche und der vom Schar gezogenen Furchensohle fixiert wird. Unterhalb des Samens befindet sich entgegen der Zielsetzung lockeres Bodenmaterial, das den kapillaren Anschluss des Samens an tiefer gelegene Bodenschichten beeinträchtigt.

Dies führt besonders in trocknen Jahren zu Problemen beim Feldaufgang. Pflanzen laufen verzögert auf oder vertrocknen nach der Keimung. Der Seitenschutz wird bestimmt durch das Räumverhalten des Schares, also dessen Form und Anlenkung zur Fahrtrichtung, und durch vertikale Bewegungen des Schares.

Als weitere Einflussgrößen auf die Saatgutablage sind die Fahrgeschwindigkeiten und die Beschaffenheit des Saatbettes zu nennen. So nimmt der Abstand zwischen mittlerer Schartiefe und Kornablagertiefe allgemein mit der Arbeitsgeschwindigkeit zu.

Eine gezielte Ablage des Saatkorns mittig in die Scharfurche setzt den freien Fall ohne Stoßwirkung voraus. Ein ruhiger Scharverlauf wird durch eine nachlaufende Stützrolle und durch eine Parallelogrammaufhängung (u.a. System Väderstad) erreicht.

## 2.5 Pflanzenbauliche Anforderungen an die Saatgutablage

Das Ziel der Saatgutablage besteht darin, dem Saatgut bestmögliche Wachstumsvoraussetzungen zu liefern. Die zur Keimung benötigten Wachstumsfaktoren sind insbesondere Luft, Wasser, Wärme und wenn erforderlich Licht. Eine gleichmäßige und ausreichende Bedeckung des Saatgutes ist für den Schutz vor Vogelfraß und die Benetzung mit Voraufbauherbiziden von Bedeutung.

Eine möglichst gleichmäßige, der Kulturart angepasste, Ablagetiefe ist neben der vom Saatgut ausgehenden Keimfähigkeit und Triebkraft Voraussetzung für einen gleichmäßigen und hohen Feldaufgang.

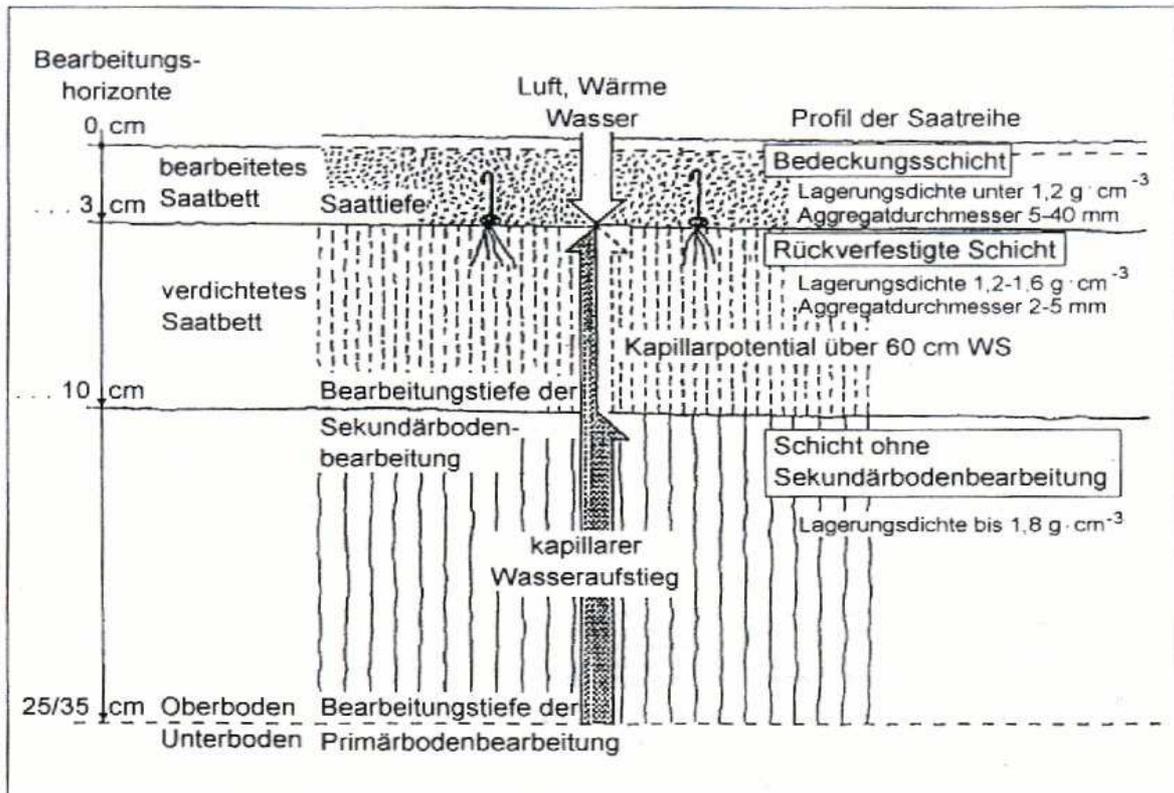
Die empfohlenen Saattiefen für Getreide und Raps:

- Roggen bis 2 cm
- Gerste zwischen 2 und 4 cm
- Weizen zwischen 2 und 4 cm
- Raps zwischen 1 und 2 cm

Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, werden hohe Anforderungen an die Aussaattechnik gestellt. Das Saatgut muss in der definierten Ablagetiefe auf eine kapillarwasserführende Zone abgelegt werden, damit für die Keimung genügend Feuchtigkeit vorhanden ist. Das Saatkorn muss von ausreichend Feinerde umgeben sein, damit es zu einem möglichst hohen Kontaktflächenanteil zwischen Korn und Boden und somit zu einer Übertragung von Keimwasser kommt (siehe Abb. 3). Im Ablagehorizont wird ein hoher Anteil kleiner Aggregate je nach Bodenart von 30–50 % (Durchmesser > 5 %) angestrebt. Das Kapillarwasser ist insbesondere bei anhaltender Trockenheit nach der Saat wichtig, um zum einen die Keimung sicher zustellen und zum anderen den Keimling vor dem Vertrocknen zu schützen. Eine gute Rückverfestigung sichert den kapillaren Wasseraufstieg aus tieferen Bodenschichten. Ein weiterer Effekt einer guten Rückverfestigung liegt in der Zerstörung von Hohlräumen im Boden und somit den Lebensräume von Schnecken, die zu erheblichen Schäden bei Getreide und Raps führen können.

Eine ungleichmäßige Ablagetiefe führt zu unregelmäßigen Feldaufgängen. Die Verzögerung des Feldaufgangs kann unter günstigen Bedingungen wenige Tage und unter ungünstigen Bedingungen bei z.B. Raps und einer längeren Trockenperiode

mehrere Wochen betragen. In diesem Fall kommt es zu heterogenen Beständen mit unterschiedlichen Entwicklungsstadien der Einzelpflanzen innerhalb des Bestandes. Die Konsequenzen reichen von ungenügenden Pflanzendichten, Kompromissen bei Pflanzenschutzapplikationen und Düngung bis zur ungleichmäßigen Abreife der Bestände.



**Abb. 3:** Keimbettformen für Zuckerrübensaatgut (Rademacher, 1990)

Auswirkungen ungünstiger Keimverhältnisse durch ungleichmäßige Ablagetiefen: Zu tiefe Ablagen schwächen die Pflanzen über die Ausbildung eines überlangen Halmhebers und mindern die Bestockung, zu spät aufgelaufene Pflanzen werden von termingerechtaufgelaufenen unterdrückt, die früh aufgelaufenen liefern nach zu starker Bestockung an den Trieben höherer Ordnung einen geringeren Einzelährenertrag oder werden bei Eintreten von Mangelsituationen vorzeitig reduziert.

### 3. Material und Methode

#### 3.1 Standort

Der Versuchsstandort auf dem Universitätsversuchsgut Hohenschulen weist Ackerzahlen von 45–60 auf. Es liegen dort lessivierte Braunerden aus Würmgeschiebelehm, stellenweise pseudovergleyt, z.T. erodiert bzw. Kolluvium vor. Die Bodenart ist sL-tL mit einer Krumenstärke von 20 – 35 cm.

##### 3.1.1 Standortbedingungen

Das Versuchsfeld wurde 2 Tage vor der Versuchsdurchführung gepflügt, um ideale Voraussetzungen für die folgenden Bearbeitungsgänge zu schaffen. Die Pflugfurche (28 cm Tiefe) erfolgte in Kombination mit einem Untergrundpacker.

Der Messhorizont im Bereich von 0 bis 7 cm wies am Tag der Versuchsdurchführung im Mittel eine Bodenfeuchte von 8 % auf. Die ermittelte Lagerungsdichte und der Eindringwiderstand auf dem gepflügten Boden sind in Tab. 1, Abb. 4 und Abb. 5 dargestellt. Die angegebenen Werte sind die errechneten Mittelwerte aus den durchgeführten Wiederholungen.

**Tab. 1:** Bodenfeuchte, Lagerungsdichte und Porenvolumen Versuchsstandort

Tiefe [cm]	BF [%]	LD [g/cm <sup>3</sup> ]	$\sigma$ - LD [g/cm <sup>3</sup> ]	PV [%]	$\sigma$ - PV [%]
1	2,00	1,035	0,358	60,93	13,52
2	4,00	0,779	0,253	70,59	9,54
3	6,00	0,996	0,044	62,42	1,65
4	9,00	1,118	0,121	57,80	4,58
5	11,00	1,301	0,016	50,93	0,59
6	12,00	1,452	0,087	45,20	3,30
7	12,00	1,658	0,161	37,43	6,07

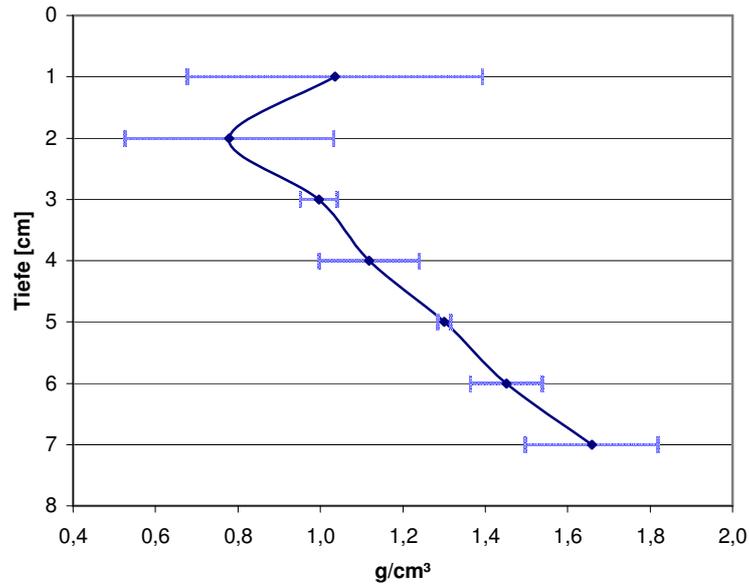
BF = Bodenfeuchte

LD = Lagerungsdichte

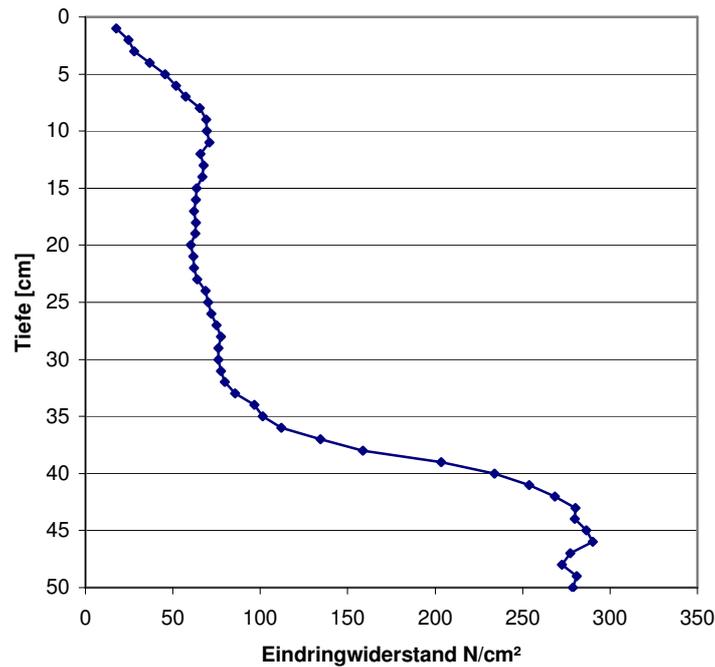
PV = Porenvolumen

$\sigma$  = Standardabweichung (Streuung)

Der Standort weist im Untersuchungsbereich einen nahezu linearen Anstieg der Lagerungsdichte auf (Abb. 4). Sie steigt von ca. 0,8 g/cm<sup>3</sup> bei 2 cm auf 1,6 g/cm<sup>3</sup> an. Der Anstieg beträgt je cm Tiefe ca. 0,2 g/cm<sup>3</sup>. Die Lagerungsdichte von 1,0 g/cm<sup>3</sup> in der Messtiefe von 1 cm wird durch die grob klutige Oberfläche hervorgerufen. Die klutige Oberfläche ist als Grund für die hohe Streuung der Messergebnisse in 1 cm Tiefe zu nennen.



**Abb. 4:** Lagerungsdichte Versuchsstandort

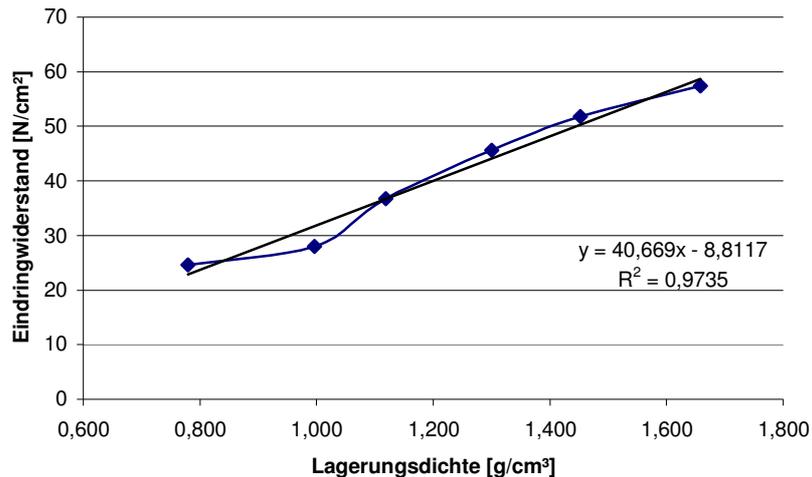


**Abb. 5:** Eindringwiderstand Versuchsstandort

Der Eindringwiderstand (EW) zeigt in Abb. 5 im Bereich von 0 bis 7 cm den annähernd gleichen linearen Verlauf auf wie die Lagerungsdichte (LD). Betrachtet man den Bereich von 2–7 cm Tiefe, so lässt sich eine starke positive Korrelation feststellen. Der Korrelationskoeffizient gibt allg. die Beziehung zwischen zwei

Variablen wieder. Der für diesen Bereich errechnete Korrelationskoeffizient beträgt  $r = 0,987$ . Man kann bei diesem Ergebnis von einer vollständigen positiven Korrelation sprechen (vgl. Abb. 6). Positiv bedeutet, dass sich die LD und der EW gleichgerichtet verändern.

Im Bereich von 10 bis 35 cm liegt infolge der krumentiefen Lockerung ein fast konstanter EW von ca. 75 N/cm<sup>2</sup> vor. Im unbearbeiteten Unterboden steigt der EW ab ca. 35 cm steil an.



**Abb. 6:** Zusammenhang zwischen Lagerungsdichte und Eindringwiderstand  
Versuchsstandort

### 3.2 Versuchsablauf

Auf der Landesvorführung der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein nahmen 22 Drillmaschinen teil, darunter waren 10 Anbaumaschinen und 12 Anhänge u. Aufsattelmaschinen. Die Drillmaschinen wurden auf gepflügtem und auf zweimal gegrubbertem Land eingesetzt. Die Maschinen wurden von den jeweiligen Firmenmitarbeitern eingestellt. Die vorgegebene Aussaatmenge betrug 140 kg/ha und sollte auf 3 cm Tiefe abgelegt werden. Zur Aussaat kam propionsäure-behandelter Weizen mit einem Tausendkorngewicht (TKG) von 50 g. Die angestrebte Aussaatstärke betrug somit bei einer unterstellten Keimfähigkeit von 90 % ca. 250 Körner/m<sup>2</sup>. Die Maschinen wurden zuerst auf der Mulchsaatfläche eingesetzt, anschließend auf der gepflügten Teilfläche, auf der die Messungen der vorliegenden Arbeit durchgeführt wurden. Die einzelnen Bearbeitungspartzen waren so bemessen, dass die Maschinen vier Fahrten nebeneinander durchführen konnten.

Anmerkung von den Organisatoren der Vorführung: Nicht immer werden von den Vorführern die Maschinen so eingestellt und bedient, wie es die Technik ermöglicht und wie ein Praktiker optimalen Ackerbau betreibt.

### 3.3 Beschreibung der untersuchten Systeme

In der vorliegenden Untersuchung wurden zehn Universal-Drillmaschinen untersucht, fünf Geräte mit passiver Saatbettbereitung und fünf Geräte mit aktiver Saatbettbereitung. Die untersuchten Geräte werden im Folgenden näher beschreiben. Die technischen Angaben zu den einzelnen Geräten sind Tab. 2 aufgeführt.

#### 3.3.1 Rauch Venta LC 302 + Evers Vario Disc

Diese Drillmaschine ist eine pneumatische, 3m Universaldrillmaschine von der Firma Rauch. Als Bodenbearbeitungsgerät dient eine zweibalkige Scheibenegge (Salerno RH 300 SX 32) vom Hersteller Evers. Nachlaufend folgt eine Prismenwalze zur Rückverfestigung. Die Saatgutablage erfolgt mit einem RS-Scheibenschar (s. Abb. 6). Diese Scheiben sind konvexe Hohl-scheiben, die v-förmig angeordnet sind und sich gegenseitig antreiben und somit selbst reinigen. Sie öffnen die Saattrille in die das Saatgut abgelegt wird. Die Tiefenführung erfolgt durch nachlaufende Andruckrollen. Als Nachwerkzeuge dienen doppelreihig angelegte Striegel.

Als Besonderheit der vorgeführten Maschinenkombination ist das Crossboard mit Prismenwalze im Frontanbau des Schleppers zu nennen, da hierbei schon eine Bearbeitung des Bodens stattfindet.



**Abb. 6:** RS-Scheibenschar mit nachlaufender Andruckrolle System Rauch

### 3.3.2 Amazone AD-P Profi

Diese Maschine ist eine pneumatische, 3m Universaldrillmaschine. Als Vorwerkzeug dient ein Kreiselgrubber mit einer Keilringpackerwalze zur Rückverfestigung. Das Gewicht der Sämaschine wird auf der Keilringwalze abgestützt. Die Saatguteinbettung erfolgt mit RoTec-Scharen (s. Abb. 7), die mit Tiefenbegrenzung- und Reinigungsscheiben ausgestattet sind. Die Ausbildung der Saatrille und die optimale Saadföhrung in den Boden erfolgen auf der einen Seite durch die Säscheibe und auf der anderen Seite durch einen speziellen Hartgusskörper. Eine elastische Kunststoffscheibe verhindert das Anhaften von Erde an der Säscheibe, gestaltet die Saatrille mit aus und steuert die Sätiefe. Als Nachwerkzeug dient ein einreihiger Exaktstriel, System Amazone.



**Abb. 7:** RoTec- Rollschar und Vorwerkzeug Keilringwalze System Amazone

### 3.3.3 Kongskilde Power Seeder

Die Power Seeder PS 3030-32 von der Firma Kongskilde ist eine 3m aufgebaute, mechanische Universaldrillmaschine. Sie ist ausgestattet mit einer Kreiselegge zur Bodenbearbeitung, als Nachläufer dient eine Packerwalze, die die Rückverfestigung sichert und die Tiefenführung reguliert. Während der Arbeit stützt sich die Drillmaschine mit dem gesamten Maschinengewicht auf der Packerwalze ab. So kann das vorlaufende Bearbeitungsgerät ohne zusätzliche Belastung durch die Drillmaschine bei Hindernissen z.B. Steinen nach oben ausweichen. Die Einbettung erfolgt durch Schleppschare, wobei durch den Abstand von 34 cm zwischen der vorderen und hinteren Scharreihe verstopfungsfrei gearbeitet werden kann (s. Abb 8). Als Nachwerkzeug dient ein einreihiger Saatstriel.



**Abb. 8:** Schleppschare und als Vorwerkzeug Packerwalze System Kongskilde

### 3.3.4 Kverneland Accord DA X

Die Drillmaschine von Kverneland verfügt über eine pneumatische Saatgutdosierung.. Ausgestattet ist die Drillmaschine mit einer Kreiselegge, als Nachläufer dient eine Prismenwalze zur Rückverfestigung. Das Saatgut wird mit Hilfe eines CX-Scheibenschares eingebettet (s. Abb. 9). Die Tiefenführung ist durch nachlaufende Andruckrollen in Parallelogrammaufhängung geregelt. Die Andruckrollen übernehmen neben der Stützfunktion auch die Einbettung der Saat. Als Nachwerkzeuge dient ein einreihiger Saatstriegel.



**Abb. 9:** CX-Scheibenschar mit nachlaufender Andruckrolle System Kverneland

### 3.3.5 Lemken Saphir 7/300 ES

Diese Drillmaschine ist eine 3m aufgebaute, mechanische Universaldrillmaschine. Ausgestattet ist diese Drillmaschine mit einer Kreiselegge, als Nachläufer dient eine Trapezringwalze. Die einzelnen Trapezringe verdichten den Boden streifenweise im Abstand von 12,5 cm, was genau den Abstand der nachlaufenden Scheibenschare entspricht. Die Saatgutablage erfolgt mit Einscheibenscharen und die Tiefenführung wird reguliert durch die gewölbte Form der Hohl­scheibe (s. Abb. 10). Als Nachwerkzeuge dienen Saatstriegel, die zweireihig angeordnet sind.



**Abb. 10:** Trapezringwalze und Einscheibenschar System Lemken

### 3.3.6 Horsch – Pronto 3 AS

Die Pronto 3 AS ist eine aufgesattelte Universaldrillmaschine von Horsch. Sie ist mit dem Dosiersystem der Firma Accord ausgestattet und zählt zu den pneumatischen Sägeräten.

Zur Bodenbearbeitung kommt eine doppelreihige Spatenrollegge zum Einsatz. Die Tiefenführung erfolgt durch die nachlaufende Reifenpackerwalze, die zugleich als Fahrwerk dient. Als Säschar setzt Horsch ein Doppelscheibenschar (Turbo Disc) ein. Das Schar ist gummigefedert aufgehängt. Die Tiefenführung erfolgt über eine nachlaufende Druckrolle in der Saattrille (s. Abb. 11) und über den vorlaufenden Reifenpacker, des weiteren verbessert die Druckrolle den Bodenkontakt des Saatgutes. Die Schare sind so angeordnet, dass sie jeweils an der Außenkante des vorherlaufenden Rades des Reifepackers laufen. Zur weiteren Einbettung des Saatgutes wird ein Striegel eingesetzt.



**Abb. 11:** Doppelscheibenschar mit nachlaufender Andruckrolle System Horsch

### 3.3.7 Köckerling – Universalsämaschine Serie AT 300

Die AT 300 von Köckerling besitzt einen zentralen Saatgutbehälter und führt das über ein Zellenrad dosiertes Saatgut pneumatisch zu den Säorganen.

Die Saatgutablage erfolgt im Band unter den Bodenstrom der Gänsefußschare. Jedes Säorgan wird einzeln durch eine Parallelogrammaufhängung über eine vorauslaufende Schneidstützwalze in der Tiefe geführt. Die Schneidstützwalzen können bis zu 400 kg belastet werden, so dass sie neben der Tiefenführung auch für die Rückverfestigung des Saathorizontes gewährleistet. Bei Mulch- oder Direktsaat sorgen sie durch die Schneidscheiben für eine verstopfungsfreie Arbeit und eine sichere Tiefenführung. Die Tiefeneinstellung ist stufenlos möglich. Die Saat wird über 2 Schläuche je Gänsefußschar pneumatisch zu den Verteilenden unter den Gänsefußscharen zugeführt (s. Abb. 12). Bei 3 m Arbeitsbreite sind 7 Säaggregate vorhanden. Die Saatbettbereitung erfolgt bei diesem Gerät ausschließlich durch die Gänsefußschare. Das Einebnen der Wurfdämme der Schare wird durch einstellbare Blattfedernivelatoren erreicht. Als Nachläufer kam die STS-Walze mit angebautem Saatstriegel zum Einsatz. Sie ist aus parallel angeordneten U-Profilringen aufgebaut. Die U-Profile füllen sich mit Boden und sorgen so für einen schlupfarmen Antrieb. Die AT 300 besitzt für den Transport ein eigenes Fahrwerk.

Das vorgeführte Gerät wurde in Kombination mit einem Sternpack von Köckerling eingesetzt, der im Fronthubwerk angebaut war und die Rückverfestigung verbessert.



**Abb. 12:** Gänsefußschar mit Verteilerende System Köckerling

### 3.3.8 Rabe – Universaldrillmaschine Mega Speed 3001

Die Universaldrillmaschine von der Firma Rabe ist mit einer pneumatischen Saatgutzuführung ausgestattet. Die eingesetzte Turbodrill Mega Speed verfügt über eine doppelreihige Messerrollegge. Die Tiefenführung und Rückverfestigung erfolgt mit der dahinter liegenden Mulchpackerwalze. Rabe verwendet als Säorgan spezielle Mulchsaatschare (s. Abb. 13). Das Mulchsaatschar ist eine Kombination aus gezahnter Räumscheibe und Schleppschar. Über eine nachfolgende breite Andruckrolle mit Schlappgummibereifung werden je zwei Schare mit einem Parallelogramm in der Tiefe geführt. Sowohl das Säorgan als auch die Andruckrolle sind mit einer Gummifederung aufgehängt. Der Schardruck beträgt laut Herstellerangaben bis zu 80 kg. Den Andruckrollen ist ein Saatstriegel nachgeschaltet. Für den Transport ist ein eigenes Fahrwerk vorhanden.



**Abb. 13:** Mulchsaatschare System Rabe

### 3.3.9 Väderstad – RD S 300

Die Väderstad-RD S 300 gehört zur Serie Rapid. Sie zählt zu den Kastensämaschinen mit einer dezentralen Volumendosierung über Nockensräder. Die Rapid Drillmaschinen gliedern sich in drei Zonen auf (s. Abb. 14). In der vorderen Zone sind die Vorwerkzeuge angebracht. Das untersuchte Gerät war mit dem System Disc, bestehend aus zwei Reihen gezahnter Hohlscheiben in Gummiaufhängung und nachfolgendem Crossboard, ausgestattet.

Die mittlere Zone ist der Bereich der Saatgutablage. Sie erfolgt durch gezähnte Scheiben mit Säscharen in eine Saatrille. Die Tiefenführung erfolgt über ein Parallelogramm über die nachfolgende Reifenpackerwalze. Die einzelnen Säaggregate sind über eine Gummifederung aufgehängt. Der Schardruck wird mit 100 kg angegeben.

Die dritte Zone dient der Rückverfestigung nach der Saat durch eine Reifenpackerwalze. Es läuft je ein Rad hinter zwei Säscharen. Hinter dem Reifenpacker folgt ein Nachstriegel.

Der Reifenpacker dient gleichzeitig als Fahrwerk für den Transport.

Für eine gleichmäßigere Rückverfestigung wird die Drillkombination mit einem Pivot-Zwischenreifenpacker in der Dreipunkthydraulik ausgestattet. Die für die Untersuchung eingesetzte Gerätekombination verfügte des weiteren über den Front-Tiller der Firma Väderstad. Er besteht aus einem doppelten Schleppbalken und erhöht die Bodenbearbeitungsintensität.



**Abb. 14:** Aufbau Universaldrillmaschine System Väderstad

### 3.3.10 John Deere – Allround-Sämaschine 750 A

Die Allround-Sämaschine von John Deere verzichtet auf jegliche Bodenbearbeitung und hebt sich so von den anderen betrachteten Maschinen ab. Sie zählt zu den pneumatischen Drillmaschinen. Zur Saatgutablage wird eine Einscheiben-Säeinheit (s. Abb. 15) eingesetzt. Zur Tiefenführung dient ein halbpneumatisches Tiefenführungsrad. Hinter dem Scheibenschar läuft ein Gummiandrückrad in der Saatrille und sorgt für den Bodenkontakt des Saatgutes. Das Schließen der Saatrille erfolgt durch ein schräg angestelltes Gussrad. Die Druckeinstellung des Schares ist bis auf 200 kg stufenlos einstellbar. Die Allround-Sämaschine verfügt bei der 6 m Ausführung über ein Tandem-Fahrwerk, da die Maschine permanent auf dem Fahrwerk läuft.



**Abb. 15:** Einscheiben-Säeinheit System John Deere

### 3.3.11 Übersicht der untersuchten Säsysteme

Tab. 2: Übersicht der untersuchten Säsysteme (eigene Darstellung)

	Maschine	Vorwerkzeug		Säsystem			Nachwerkzeug		Besonderheiten der Kombiantion
		Bodenbearbeitung	Rückverfestigung	Dosierung	Saatgutablage	Tiefenführung	starr	abrollend	
1	Rauch Venta LC 302	Scheibenegge Evers Vario Disc	Prismenwalze	zentral pneumatisch	RS Scheibenschar	Andruckrolle nachlaufend	Striegel, doppelreihig		
2	Amazone AD-P Profi	Kreiselgrubber Zinken auf Griff	Keilringwalze	zentral pneumatisch	Scheibenschar, RoTeC-Rollschar	Tiefenbegren- zungsschei- ben, seitlich	einreihig		
3	Konkskilde Power-Seeder	Kreiselegge	Packerwalze	dezentral mechanisch Nockensäräder	Schleppschar	über Packerwalz	Saatstriegel einreihig		
4	Kverneland Accord DA X	Kreiselegge	Prismenwalze	zentral pneumatisch	CX-Scheibenschar	Andruckrolle nachlaufend	Saatstriegel einreihig		
5	Lemken Saphir 7	Kreiselegge Zinken auf Griff	Trapezringwalze	dezentral mechanisch Nockensäräder	Einscheibenschar	Hohlscheibe	Saatstriegel einreihig		
6	Horsch Pronto 3 AS	Spatenrollegge	Reifenpacker	zentral pneumatisch	Doppelscheibenschar Turbo-Disc	Andruckrolle nachlaufend	Saatstriegel einreihig		
7	Köckerling AT 300	Gänsefußschar		zentral pneumatisch	Breitsaat Gänsefußschar	Schneidwalze vorlaufend	Blattfeder- nivelatoren	STS-Walze	Nockenstern- packer in Frontanbau
8	Rabe Mega Speed	Spatenrollegge	Mulchpackerwalze	zentral pneumatisch	Scheibenschar gezahnt	Druckrolle breit nachlaufend	Saatstriegel einreihig	Druckrollen	
9	Väderstad RD S 300	System Disc Crossboard	Reifenpacker nachlaufend	dezentral mechanisch Nockensäräder	Scheibenschar gezahnt	Reifenpacker nachlaufend	Saatstriegel einreihig	Reifenpacker	Zwischereifen- packer; Front-Tiller
10	John Deere 750 A			zentral pneumatisch	Einscheibenschar	Andruckrolle seitlich Furchen- schließrad			

**Tab. 3:** Technische Daten zu den Geräten (Herstellerangaben)

<b>Drillmaschine</b>	<b>Rauch Venta LC 302</b>	<b>Amazone AD-P 302 Profi</b>	<b>Kongskilde Power Seeder</b>	<b>Kverneland Accord DA X</b>	<b>Lemken Saphir 7/300 ES</b>
Arbeitsbreite	3,00 m	3,00 m	3,00 m	3,00 m	3,00 m
Baulänge	4,60 m	-	2,60 m	-	3,00 m
Transportbreite	3,20 m	3,00 m	3,00 m	3,00 m	unter 3,00 m
Anhängung	3-Punkt	3-Punkt	3-Punkt	3-Punkt	3-Punkt
Leergewicht	2.760 kg	2.850 kg	2.045 kg	850 kg	2.260 kg
Leistungsbedarf	145 kW	ab 90 kW	110 kW	-	ab 85 kW
Flächenleistung	2,0 ha/h	-	1,5 ha/h	-	1,8 ha/h
Saatkasten-Volumen	2.750 l	2.000 l	550/570 l	1.000 – 1.500 l	800/1.100 l
Einfüllhöhe	ca. 2,00 m	-	1,45 m	-	0,75/1,70 m
Dosiersystem	pneum.	Elite-Särad, pneum.	Nockenräder, mech.	Volumendosierung	Zellenraddosierung, mech.
Aussaatstärke	von 1,5 bis 430 kg/ha	-	von 1,5 bis 240 kg/ha	von 2 bis 380 kg/ha	von 1 bis 400 kg
Reihenzahl	24	24	24	24	24
Reihenabstand	12,5 cm	12,5 cm	12,5 cm	12,5 cm	12,5 cm
Bauart Säschar	RS-Scheibenschar	RoTec-Rollschare	Schleppschar	CX-Scheibenschar	Einscheibenschar
Schardruck					
Tiefenführung	Andruckrolle	Tiefenbegrenzungsschei ben	über Packerwalze	Andruckrolle	gewölbte Form der Hohlscheibe
Nachläufer	Striegel	Exaktstriegel	Saatstriegel	S-Saatstriegel	S-Striegel
Bodenbearbeitungswerkz eug	Evers Vario Disc Salerno RH 300 mit Prismenwalze	Kreiselgrubber HG 303	Kreiselegge	Kreiselbonator NG-S	Kreiselegge Zirkon 9/300

**Tab. 3:** Fortsetzung

<b>Drillmaschine</b>	<b>Horsch Pronto 3 AS</b>	<b>Köckerling Serie AT 300</b>	<b>Rabe Mega Speed 3001</b>	<b>Väderstad RD S 300</b>	<b>John Deere 750 A</b>
Arbeitsbreite	3,00 m	3,00 m	3,00 m	3,00 m	6,00 m
Baulänge	5,80 m	7,50 m	7,94 m	5,00 m	6,50 m
Transportbreite	3,00 m	3,00 m	3,00 m	3,00 m	3,00 m
Anhängung	Unterlenker	Unterlenker	Unterlenker / Zugpendel	Unterlenker / Zugpendel	3-Punkt, Unterlenker
Leergewicht	2.500 kg	2.800 kg	4.650 kg	2.500 kg	6.300 kg
Leistungsbedarf	ab 74 kW	100 kW	105 kW	75 kW	ab 100 kW
Flächenleistung	2 – 3 ha/h	3 ha/h	3,5 ha/h	3 ha/h	bis 6 ha/h
Saatkasten-Volumen	2.200 – 3.000 l	2.500 l	2.300 l	2.400 l	2.300 l
Einfüllhöhe	2,00 m	2,50 m	2,50 m	1,70 m	2,60 m
Dosiersystem	Accord, pneum.	Rauch, pneum.	Volumendosierung/Zellenrad	mechanisch	Accord
Aussaatstärke	von 1 bis 500 kg/ha		von 1,5 bis 400 kg/ha	von 1,5 bis 560 kg/ha	von 1 bis 400 kg
Reihenzahl	20	7 Sä-Aggregate	24	24	40
Reihenabstand	15 cm	Breitsaat	12,5 cm	12,5 cm	15 cm
Bauart Säschar	Doppelscheibenschar (Turbo Disc)	Gänsefußschar 450 mm	Scheibenschar gezahnt	Scheibe 400 mm / Schar	Einscheibenschar, Ø 450 mm, 7° Anstellwinkel
Schardruck	bis 80 kg	max. 400 kg	max. 80 kg	104 kg	200 kg
Tiefenführung	Druckrolle und Packer	vorlaufende Schneidwalze Ø 600 mm	Druckrolle	Räder	114 mm breites, 410 mm hohes Seitenführungsrad
Nachläufer	Striegel als Option	Blattfedernivelatoren, STS-Walze 530 mm, Nachstriegel 10 mm Ø	Druckrolle und Striegel	Räder und Striegel	Andruckrad in der Furche, Furchenschließrad, Striegel
Bodenbearbeitungswerkzeug	Spatenrollegge	Gänsefußschar	Messerrollegge und Mulchpackerwalze	System Disc	—

## 3.4 Methode

Für die Bewertung der einzelnen Säsysteme wurden Kennzahlen zur Ablagegenauigkeit und zur Rückverfestigung ermittelt. Im Folgenden soll die Vorgehensweise zur Ermittlung dieser Kennzahlen näher erläutert werden.

### 3.4.1 Ablagegenauigkeit und Ablagetiefe

Für die Beurteilung der verschiedenen Säeinrichtungen wurde die Ablagegenauigkeit in vertikaler Richtung herangezogen. Zur Beurteilung der Güte der Tiefenablage wurde die Streuung der Samen um die mittlere Saattiefe herangezogen. Die Messungen wurden bei allen Varianten nur auf gepflügtem Boden durchgeführt. Die Ablagetiefe wurde mit der Methode nach Breituß (1954) ermittelt. Der Boden wurde direkt nach der Aussaat mit Hilfe eines Bodenhobels in 1 cm Schritten auf 1 m Länge und 0,1 m Breite abgetragen. Dies entspricht eine Fläche von 0,1 m<sup>2</sup>. Die Führungsschiene wurde quer zur Fahrtrichtung ausgelegt, um die Saatkörner von mehreren Scharreihen zu erfassen. Bei der Auslegung der Führungsschiene wurde darauf geachtet, dass sie hinter einer Drillspur, aber nicht in einer Fahrspur des Zugfahrzeuges platziert wurde. Es wurden je Variante insgesamt 4 Wiederholungen durchgeführt, davon 2 Wiederholungen je Drillspur. Körner und Erde wurden mittels eines Siebes getrennt und ausgezählt. Die Erde des jeweiligen Hobelhorizontes wurde zur Bestimmung der Lagerungsdichte und des Porenvolumens separat aufbewahrt. Die Körner wurden bei jedem Hobelgang ausgezählt (s. Abb. 16). Aufgrund der genau definierten Hobelfläche kann somit über die Summe der ausgezählten Körner die Aussaatstärke errechnet werden.



**Abb. 16:** Arbeit mit dem Bodenhobel und Auszählen der Körner

### 3.4.2 Lagerungsdichte und Porenvolumen

Der abgehobelte Boden wurde auf dem Versuchsfeld einzeln verpackt. Die Proben wurden im Labor gewogen und 24 Std. in einem Trockenschrank bei 105 °C aufbewahrt. Nach dem Trocknungsvorgang wurden die Proben ebenfalls verwogen. Aus der Gewichtsdifferenz konnte anschließend die Bodenfeuchte, Lagerungsdichte und das Porenvolumen errechnet werden.

$$BF = \frac{\text{Einwaage} - \text{Auswaage}}{\text{Einwaage}} \quad BF = \text{Bodenfeuchte}$$
$$LD = \frac{\text{Auswaage} - \text{Schalengewicht}}{1000} \quad LD = \text{Lagerungsdichte}$$
$$PV = 1 - \frac{LD}{2,65} * 100 \quad PV = \text{Porenvolumen}$$

### 3.4.3 Rückverfestigung

Zur Beurteilung der Rückverfestigung der einzelnen Geräte wurde mit Hilfe des Penetrometers die Eindringwiderstände in N/cm<sup>2</sup> gemessen. Das Penetrometer misst die zur Durchdringung des Bodens notwendige Kraft mit einer definierten Spitze nach ASAE-Norm (N.N. 1987). Es wurde im Bereich von 0 – 50 cm Tiefe gemessen. Die Messwerte werden in einer Auflösung von 1 cm aufgezeichnet. Generell ist die Streuung der Werte hoch, so dass eine geeignete hohe Anzahl an Wiederholungen erfolgen muss, in dieser Untersuchung waren es zehn Wiederholungen.

Die Penetrometermessungen zeigen die systembedingten Wirkungen auf die Rückverfestigung im Krumbereich. Der Eindringwiderstand wurde nach der Saat im Scharbereich (Plot 1) sowie zwischen den Scharen (Plot 2) gemessen. In den Auswertung wird der Messbereich von 0 bis 20 cm genauer betrachtet.

## 4. Ergebnisse und Diskussion

### 4.1 Messergebnisse der einzelnen Geräte

Zunächst werden die Ergebnisse der einzelnen Geräte vorgestellt, diskutiert und am Schluss untereinander verglichen. Bei den ersten 6 Geräten (Kapitel 4.1.1 bis 4.1.6) handelt es sich um die Maschinen mit einer passiven Saatbettbereitung. Die dargestellten Mittelwerte beziehen sich auf die jeweilig untersuchte Maschinengruppe. Im Anschluss werden die Ergebnisse der Geräte mit einer aktiven Saatbettbereitung vorgestellt.

## PASSIVE BODENBEARBEITUNG

### 4.1.1 Messergebnisse Horsch - Pronto 3 AS

#### 4.1.1.1 Ablagegenauigkeit:

In der Tab. 4 sind die Mittelwerte ( $\mu$ ) der einzelnen Messhorizonte über die vier Wiederholungen abgetragen. Die ermittelte Aussaatstärke betrug 310 Körner/m<sup>2</sup> → 172 kg/ha, so dass die geforderte Aussaatstärke von 140 kg/ha um 32 kg überschritten wurde.

Die in der Abb. 17 dargestellte Verteilung des Saatgutes über die Tiefe lässt auf den ersten Blick eine zu tiefe Saatgutablage vermuten. Der dargestellte Mittelwert bezieht sich auf die Verteilung der Ablagetiefe über die untersuchten passiven Geräte. Es wurden bis in eine Tiefe von 9 cm Saatkörner ermittelt. Die am häufigsten belegte Klasse von 5 cm Tiefe mit 42 % Samen liegt 2 cm unter den angestrebten 3 cm. Es wurden 76 % der Saatkörner in einem Bereich von 5 und 6 cm Tiefe abgelegt.

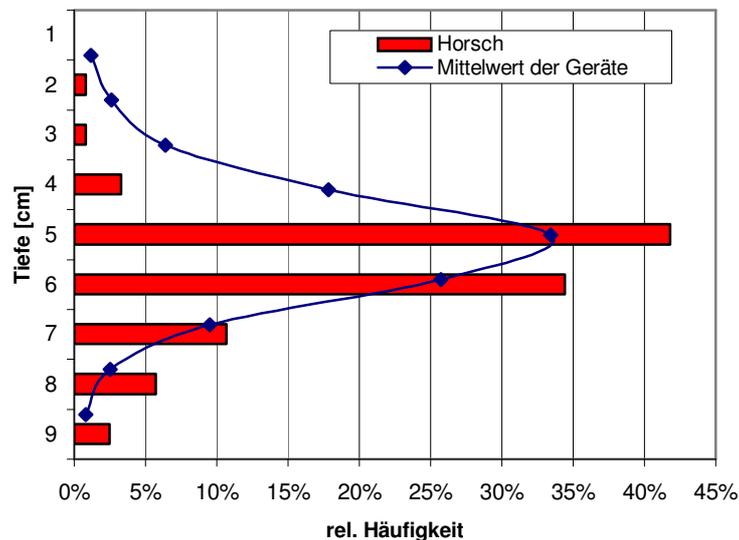
Dieses Ergebnis muss relativiert werden. Das eingesetzte Zweiseiben-Schar mit nachlaufendem Andruckrolle hinterließ stark ausgeprägte Saatrillen von 2 cm Tiefe an der Oberfläche, die nicht vom Striegel egalisiert wurden. Hier stößt die zur Messung eingesetzte Hobelmethode an ihre Grenzen, da die Führungsschienen auf die Bodenoberfläche aufgelegt werden und die tatsächliche Saatgutbedeckung erst nach 2 Hobelgängen erfasst wird. Daraus folgt, dass die Ablagetiefe in der Abb. 17 um 2 cm nach oben verschoben werden muss.

Das gefundene Saatgut in diesem Bereich wurde vermutlich durch das Andruckrad bzw. durch vertikale Scharbewegungen herausgeschleudert. Der hohe Anteil von 24 % der Körner, die in den untersten drei Klassen abgelegt wurden, kann durch vertikale Scharbewegungen erklärt werden. Die Horsch – Pronto 3 AS verfügt über eine Zweireihige - Spatenrolle, die eine unebene Oberfläche hinterlässt. Diese Unebenheiten bewirken die Ablageunterschiede, da die nachlaufende Scharführung erst auf die Unebenheit reagieren kann, wenn das Schar diese schon durchlaufen hat bzw. das Schar zu tief führt, wenn die Andruckrolle das Tal der Unebenheit durchläuft.

**Tab. 4:** Mittlere Ablagetiefe und rel. Häufigkeiten der Ablagetiefen System Horsch

Tiefe [cm]	$\mu$	$\mu$ [%]	$\sigma$
1	0,00	0,000	0,0
2	0,25	0,008	0,5
3	0,25	0,008	0,5
4	1,00	0,033	1,4
5	12,75	0,418	2,6
6	10,50	0,344	6,7
7	3,25	0,107	1,5
8	1,75	0,057	1,5
9	0,75	0,025	1,5
$\Sigma$	31	1	

$\mu$  : 5,75 cm (mittlere Ablagetiefe, arithmetisches Mittel)  
 $\sigma$  : 1,12 cm (Standardabweichung (Streuung))

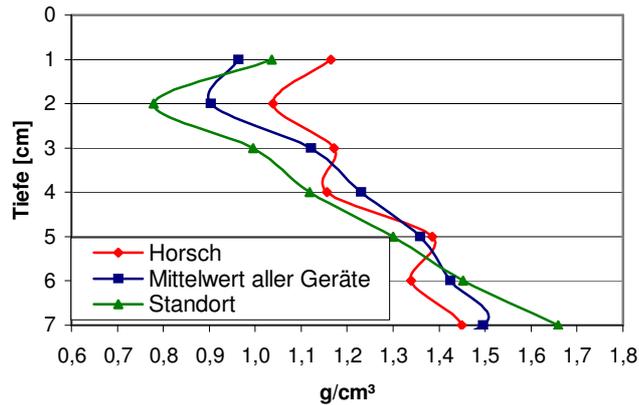


**Abb. 17:** rel. Häufigkeiten der Ablagetiefe System Horsch

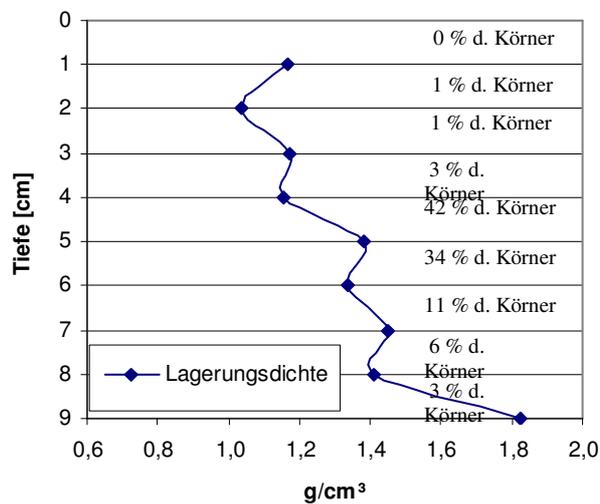
#### 4.1.1.2 Lagerungsdichte und Porenvolumen

In der Abb. 18 wird die Lagerungsdichte dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die Lagerungsdichte über dem Ablagehorizont abnimmt. Der Anstieg in der obersten Schicht kann durch die klutige Oberfläche erklärt werden. Die Lagerungsdichte steigt bis zum Ablagehorizont an und zeigt wie Abb. 19 dargestellt im Hauptablagebereich günstige Werte.

Im Bereich von 4 auf 5 cm Tiefe ist eine starke Abnahme des Porenvolumens von 56,4 % auf 47,8 % PV zu erkennen. Dieser Wert ist als optimal zu bezeichnen und bietet für gute Voraussetzungen für die Wurzelbildung.



**Abb. 18:** Darstellung der Lagerungsdichte System Horsch der Tiefenablage



**Abb. 19:** Darstellung der Lagerungsdichte und System Horsch

#### 4.1.1.4 Rückverfestigung

Abb. 20 zeigt die Werte der Penetrometermessung. Plot 1 gibt die Messwerte unter dem Schar und Plot 2 die Werte zwischen den Särscharen wieder. Aus dem Verlauf von Plot 1 wird ersichtlich, dass die nachlaufende Andruckrolle zu einer deutlichen Rückverfestigung im Ablagehorizont am Saatkorn führt. Der Eindringwiderstand (EW) steigt unter dem Schar bis zur Tiefe von 5 cm auf 52 N/cm<sup>2</sup> stark an und verläuft bis in die Tiefe von 13 cm auf einem sehr hohem Niveau im Vergleich zu dem Bereich zwischen den Scharen. Der EW ist von 5 – 7 cm nahe zu doppelt so hoch wie zwischen den Saatreihen. Die hohe Rückverfestigung unter dem Saatkorn wirkt sich positiv auf die Versorgung des Keimlings mit Kapillarwasser aus. Die geringere Rückverfestigung zwischen den Reihen wirkt sich wiederum bei einem Wasserüberangebot positiv auf die Infiltration aus.

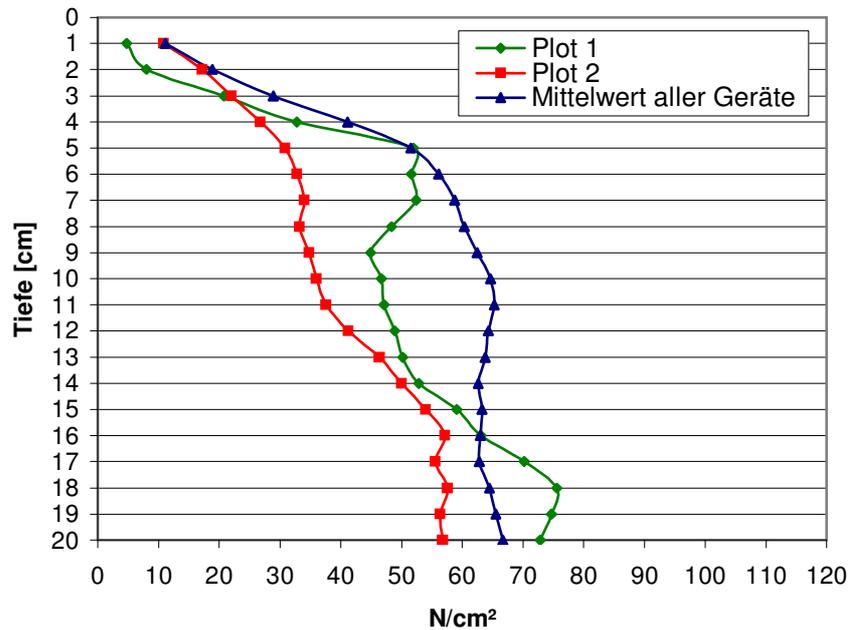


Abb. 20: Eindringwiderstand System Horsch

## 4.1.2 Messergebnisse Köckerling AT 300

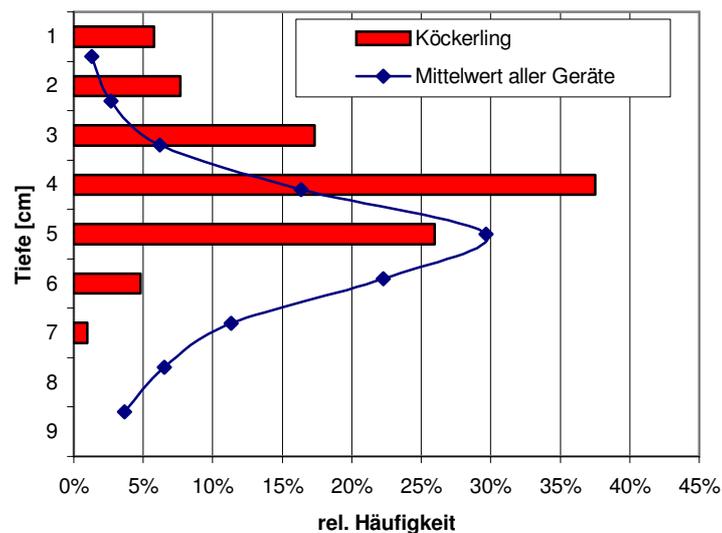
### 4.1.2.1 Ablagegenauigkeit

Die AT 300 von Köckerling hat mit einer errechneten Aussaatstärke von 144 kg/ha sehr genau dosiert. Die vorgegebene Aussattiefe wurde im Mittel nahezu erreicht. Sie hat 80 % der Körner zwischen den Tiefen von 3 bis 5 cm abgelegt (Tab. 5 und Abb. 22). 13,5 % der Saatkörner wurden im Bereich von 1 – 2 cm und nur 6 % tiefer als 5 cm gefunden. Die Verlagerung des Saatgutes in der Tiefe wird bei diesem System in erster Linie durch das Einebnen der Wurfdämme durch die Blattfedernivelatoren hervorgerufen, da sie je nach Dammhöhe und Angriffspunkt gewissen Schwingungen und Auslenkungen unterliegen. Ein weiterer Grund ist die Führung der Blattfedernivelatoren. Sie sind an einem Vierkanthrohr über die gesamte Arbeitsbreite montiert und können sich aus diesem Grund nicht an Bodenunebenheiten anpassen. Eine Tiefenführung über die Scharaufhängung wäre hier vorteilhafter.

**Tab. 5:** Mittlere Ablagetiefe und rel. Häufigkeiten der Ablagetiefen System Köckerling

Tiefe [cm]	$\mu$	$\mu$ [%]	$\sigma$
1	1,50	0,058	1,3
2	2,00	0,077	1,2
3	4,50	0,173	1,3
4	9,75	0,375	4,3
5	6,75	0,260	4,3
6	1,25	0,048	1,0
7	0,25	0,010	0,5
8	0,00	0,000	0,0
9	0,00	0,000	0,0
$\Sigma$	26	1	

$\mu$  : 3,88 cm (mittlere Ablagetiefe)  
 $\sigma$  : 1,24 cm (Standardabweichung (Streuung))

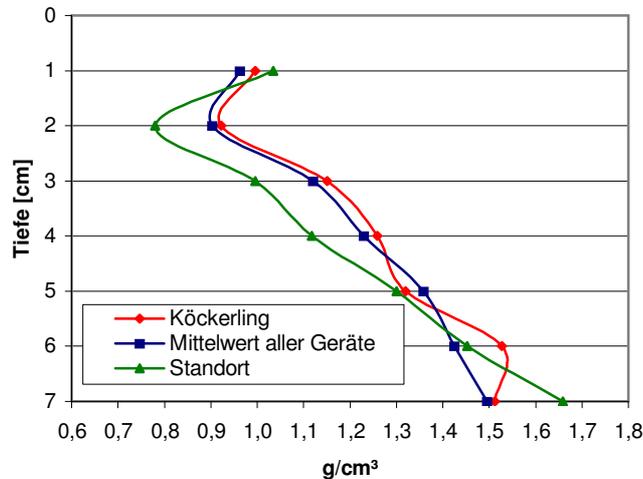


**Abb. 21:** rel. Häufigkeiten der Ablagetiefe System Köckerling

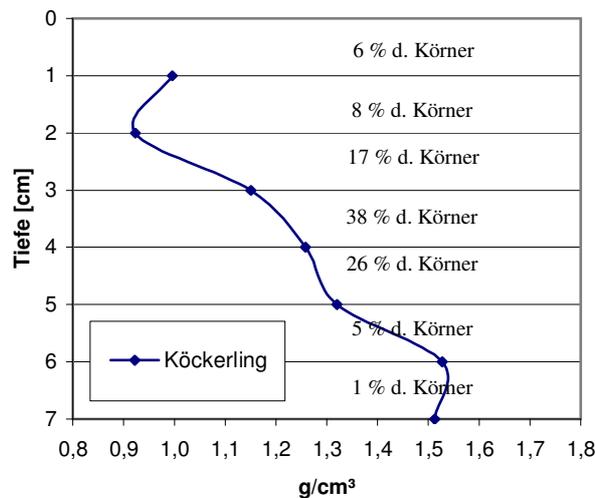
#### 4.1.2.2 Lagerungsdichte und Porenvolumen

Die AT 300 hat in der Krume nahezu zu einer gleichmäßigen Erhöhung der Lagerungsdichte geführt. Es lässt sich jedoch keine scharfe Abgrenzung des Ablagehorizontes erkennen (siehe Abb. 22). Das Porenvolumen (PV) liegt im Ablagebereich über 50 %, was zunächst als ungünstig angesehen werden kann, da der Saathorizont aufgrund der sehr guten Durchlüftung bei einer anhaltenden Trockenheit

zum austrocknen neigen könnte. Für die Wurzelbildung günstige Werte werden unterhalb von 5 cm Tiefe erreicht.



**Abb. 22:** Darstellung der LD System Köckerling

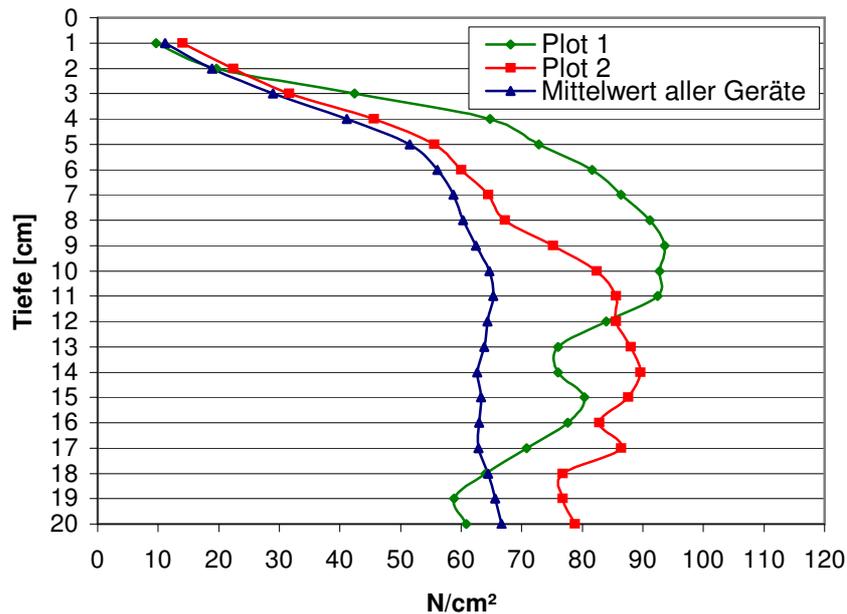


**Abb. 23:** Darstellung der LD und der Tiefenablage System Köckerling

### 4.1.2.3 Rückverfestigung

Die STS-Walze von Köckerling führt zu einer guten Rückverfestigung. Sie liegt im Vergleich zum Mittelwert aller Geräte auf einem höheren Niveau. Zu beachten ist hier, dass Plot 1 den Eindringwiderstand (EW) hinter dem U-Profil darstellt, da bei dem Drillsystem von Köckerling keine Saatrille vorliegt. Sie bewirkt im Saathorizont eine schnell ansteigende Festigkeit im Bereich von 2 bis 5 cm von 20 auf 73 N/cm<sup>2</sup>. Aus der Datenreihe von Plot 2 ist die verfestigende Wirkung der Schneidstützwalzen ersichtlich

(s. Abb. 24). Die Wirkung vom Sternopack im Frontanbau kann in Abb. 22 unberücksichtigt bleiben, da er hauptsächlich in die Tiefe wirkt.



**Abb. 24:** Eindringwiderstand System Köckerling

### 4.1.3 Messergebnisse Rabe Mega Speed 3001

#### 4.1.3.1 Ablagegenauigkeit

Die von Rabe eingesetzte Mega Speed hat die gewünschte Aussaatstärke um 40 kg /ha überschritten. Diese gravierende Überschreitung der Sollmenge wurde durch mangelnde Sorgfalt bei der Abdreprobe und Dosiereinstellung verursacht, anders ist diese Abweichung nicht zu erklären.

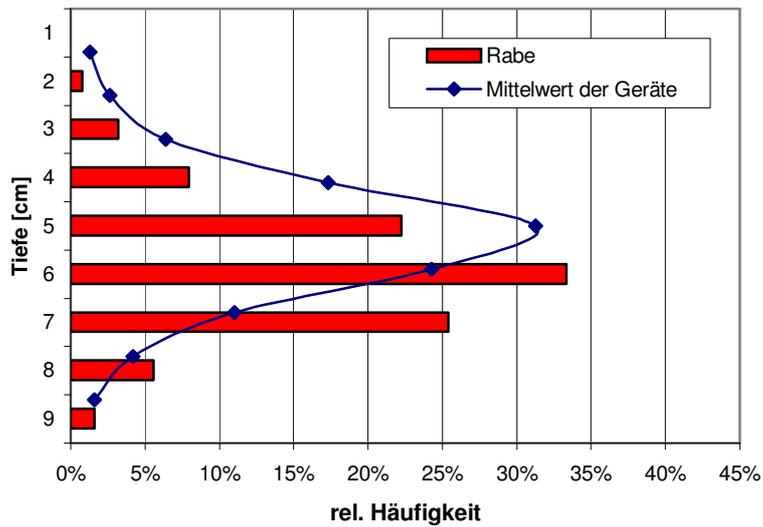
In der Abb. 25 wird deutlich, dass die Mega Speed im Vergleich zum Mittel 1 cm tiefer abgelegt hat und eine breitere Streuung aufweist. Sie hat 58 % der Samen in den Klassen von 6–7 cm abgelegt. Man beachte, dass immerhin noch 33 % des Saatgutes tiefer als 6 cm abgelegt wurden. Die Ursachen für dieses Erscheinungsbild sind zum einen eine zu tiefe Grundeinstellung und zum anderen große vertikale Ausschläge der Schare. Als Gründe für den unruhigen Lauf der Schare wäre zum einen die Form der gezahnten Scheibenschare zu nennen. Die starke Ausprägung der Zähne verändert den Radius beim Abrollen, so dass das Schar in vertikale Bewegung gerät. Die Wölbung der Schare führt zu einem Untergriff der Schare, so dass dieser Effekt auf lockerem Boden erhöht wird. Die Führungstabilität der nachlaufenden Andruckrolle ist unzureichend, da die Gummilagerung der Schare einen gewissen Bewegungsspielraum zulassen und keine starre Führung über die Andruckrolle ermöglichen. Der zweite

anzuführende Aspekt wäre die zweireihige Spatenrollegge, die Wirkung wurde schon bei Horsch diskutiert (siehe 4.1.1.1).

**Tab. 6:** Mittlere Ablagetiefe und rel. Häufigkeiten der Ablagetiefen System Rabe

Tiefe [cm]	$\mu$	$\mu$ [%]	$\sigma$
1	0,00	0,000	0,0
2	0,25	0,008	0,5
3	1,00	0,032	0,8
4	2,50	0,079	2,6
5	7,00	0,222	2,2
6	10,50	0,333	5,2
7	8,00	0,254	3,9
8	1,75	0,056	1,7
9	0,50	0,016	1,0
$\Sigma$	32	1	

$\mu$  : 5,9 cm = mittlere Ablagetiefe  
 $\sigma$  : 1,25 cm = Standardabweichung (Streuung)



**Abb. 25:** rel. Häufigkeiten der Ablagetiefe System Rabe

### 4.1.3.2 Lagerungsdichte und Porenvolumen

Durch die Bearbeitung des Saatbettes mit der Gerätekombination in der Mega Speed 3001 wurde die Lagerungsdichte gleichmäßig erhöht. In der Abb. 17 ist auffällig, dass die Lagerungsdichte in 1 cm Tiefe weiter abnimmt und nicht wie bei den vorherigen Varianten zunimmt. Die Gründe können im Einsatz der Mulchpackerwalze und durch das Nachlaufen der Schlappgummibereifung gesehen werden, die die Kluten zerdrückt haben.

Im Ablagehorizont ist eine deutliche Zunahme der Lagerungsdichte zu beobachten (s. Abb. 27). Der Verlauf des PV im Saathorizont zeigt im Hauptablagebereich von 5 auf 6 cm Tiefe eine starke Abnahme um ca. 9 % PV auf 41 % PV. Der Bereich von 40 % PV ist als untere Grenze des Optimalbereiches anzusehen.

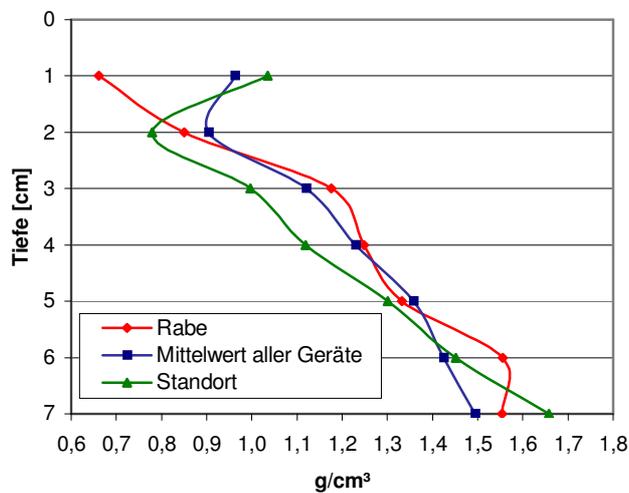


Abb. 26: Darstellung der Lagerungsdichte System Rabe

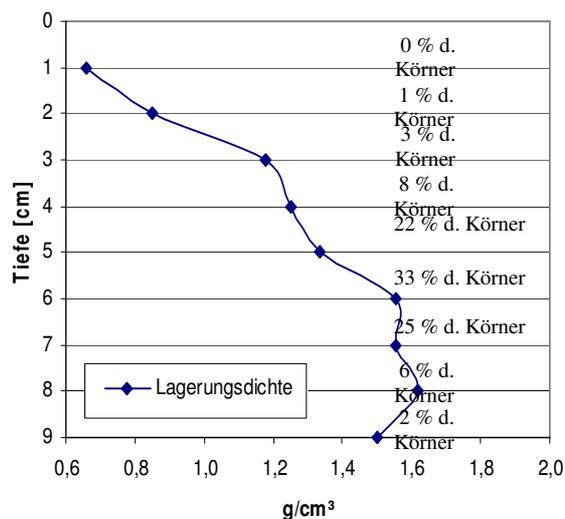


Abb. 27: Darstellung der Lagerungsdichte und der Tiefenablage System Rabe

### 4.1.3.3 Rückverfestigung

Die Rückverfestigung der Rabe Mega Speed bewegt sich im Mittel. Sie lässt keine deutliche Rückverfestigung hinter dem Schar erkennen. Im Saathorizont weist sogar der Zwischenscharbereich einen höheren Eindringwiderstand auf. Die gleichmäßige Rückverfestigung kann durch den Einsatz der Mulchpackerwalze erklärt werden. Der EW wurde im Bereich von 1 bis 5 cm Tiefe um  $38 \text{ N/cm}^2$  erhöht, wobei der Anstieg unter der Saatreihe und zwischen den Reihen fast parallel verlaufen. Die rückverfestigende Wirkung ist in diesem Bereich im Vergleich zu den anderen Systemen rel. gering. Die unerwartete Abweichung von Plot 2 in Abb. 28, also dem Zwischenscharbereich, kann in der Anordnung der Scheibenschare gesehen werden, da zwei benachbarte Scheiben den Erdstrom zusammenführen und so die nachfolgende Andruckrolle sich auf dem Damm abstützt und nicht wie erwünscht mit ihren Flanken auf der Saatreihe.

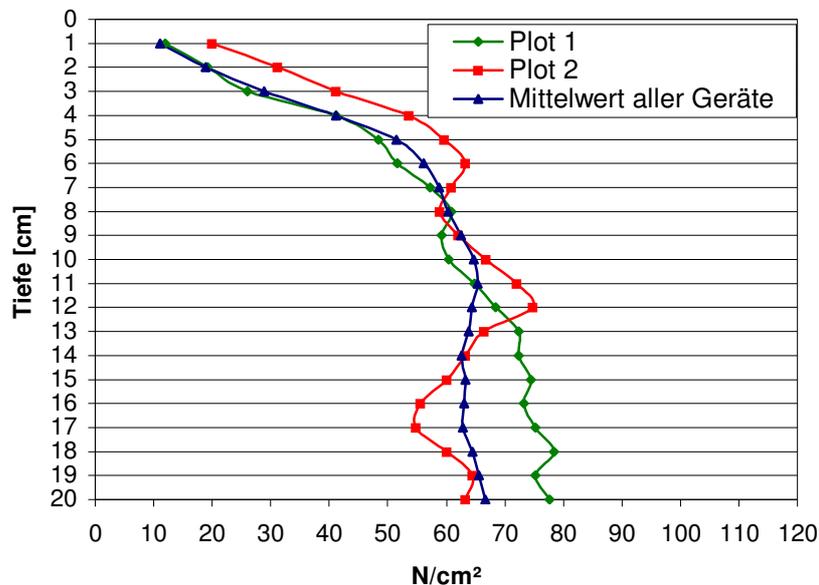


Abb. 28: Eindringwiderstand System Rabe

### 4.1.4 Messergebnisse Väderstad - RD S 300

#### 4.1.4.1 Ablagegenauigkeit

Die in Tab. 7 gebildete Summe von im Mittel 36 gefundenen Körnern entspricht einer Aussaatstärke von  $360 \text{ Körner/m}^2$  bzw.  $200 \text{ kg/ha}$ , also  $60 \text{ kg}$  über den Vorgaben. Es ist davon auszugehen, dass das Gerät nicht fachgerecht eingestellt wurde.

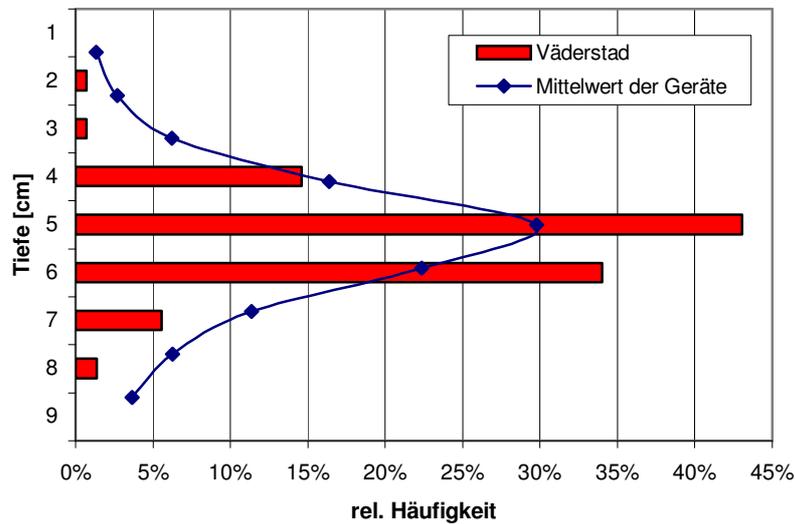
Die RD 300 S hat im Mittel ca.  $2 \text{ cm}$  zu tief abgelegt, was aber durch eine Korrektur der Ablagetiefe behoben werden kann. Hervorzuheben ist die relativ hohe Ablage-

genauigkeit des eingesetzten Scharsystems. Die Streubreite ist über 3 Klassen mit 90 % der ausgedrillten Körner recht eng (s. Abb. 29). Sie legte 43 % der Körner in 5 cm Tiefe ab. Dies ist ein guter Wert und zeigt eine stabile Scharführung. Die Körner, die im oberen Bereich erfasst worden sind, wurden vermutlich durch den etwas aggressiv eingestellten Striegel in ihrer Lage verändert.

**Tab. 7:** Mittlere Ablagetiefe und rel. Häufigkeiten der Ablagetiefen System Väderstad

Tiefe [cm]	$\mu$	$\mu$ [%]	$\sigma$
1	0,00	0,000	0,0
2	0,25	0,007	0,5
3	0,25	0,007	0,5
4	5,25	0,146	5,1
5	15,50	0,431	5,1
6	12,25	0,340	4,6
7	2,00	0,056	1,4
8	0,50	0,014	0,6
9	0,00	0,000	0,0
$\Sigma$	36	1	

$\mu$  : 5,31 cm      mittlere Ablagetiefe  
 $\sigma$  : 0,91 cm      Standardabweichung (Streuung)



**Abb. 29:** rel. Häufigkeiten der Ablagetiefe System Väderstad

#### 4.1.4.2 Lagerungsdichte und Lagerungsdichte

Durch den Verlauf der Kennlinie in der Abb. 21 wird ersichtlich, dass die Väderstad Rapid zu einer höheren Lagerungsdichte mit einem stärkeren Anstieg führte. Sie weist im Ablagehorizont einen deutlichen Anstieg (s. Abb. 30) auf und erreicht dort einen günstigen Wert von  $1,4 \text{ g/cm}^3$ . Der Verlauf des Porenvolumen (PV) zeigt über die Tiefe einen ähnlichen Verlauf, wie die vergleichbaren Systeme. Das Säsystem von Väderstad bietet den Keimling im Ablagebereich ein günstiges Saatbett mit einem PV von knapp 50 %. Die typische Abnahme des PV von 7 % PV in der Tiefe von 6 auf 7 cm liegt genau unter dem Ablagehorizont, so dass sich die Wurzeln in einem günstigen Bereich entwickeln können.

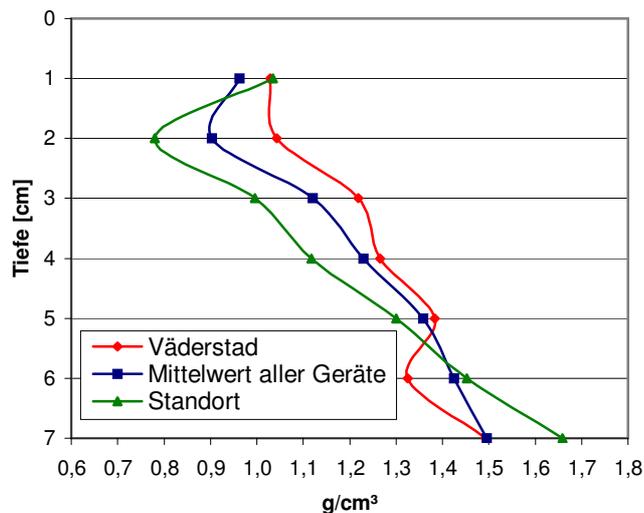


Abb. 30: Darstellung der Lagerungsdichte System Väderstad

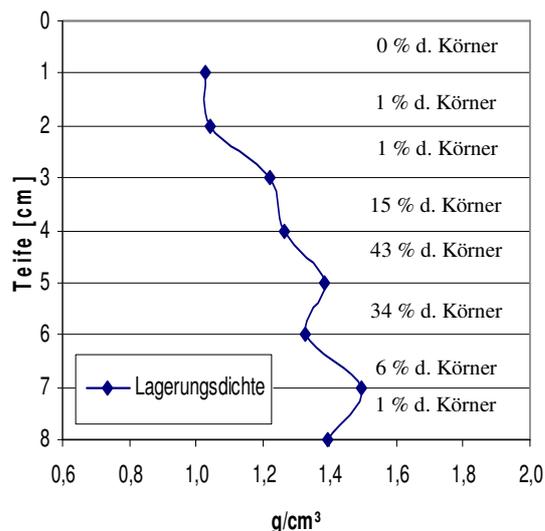


Abb. 31: Darstellung der Lagerungsdichte und der Tiefenablage System Väderstad

### 4.1.4.3 Rückverfestigung

In der Abb. 32 sind zwei verschiedene Zonen der Rückverfestigung sichtbar. Im Bereich der Saatgutablage liegen die gemessenen Werte in der Saatreihe über dem der Zwischenräume aber im Bereich der Mittelwerte. In diesem Bereich steigt der EW von 10 auf 65 N/cm<sup>2</sup> an. Die höhere Rückverfestigung wird durch die Reifenflanken hervorgerufen, da diese genau in den Reihen laufen. Unterhalb des Ablagehorizontes verändert sich das Verhältnis und der Bereich zwischen den Scharen weist sehr hohe Werte auf. Der EW erreicht Werte von über 100 N/cm<sup>2</sup>. Die hohe Rückverfestigung in diesem Bereich wirkt sich insbesondere auf stark gelockerten Böden positiv auf die Kapillarität aus. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass sich die Rückverfestigung bei gefülltem Saatguttank mit 2.400 l noch erhöhen wird, da sich das Gewicht zum größten Teil auf der Packerwalze abstützt.

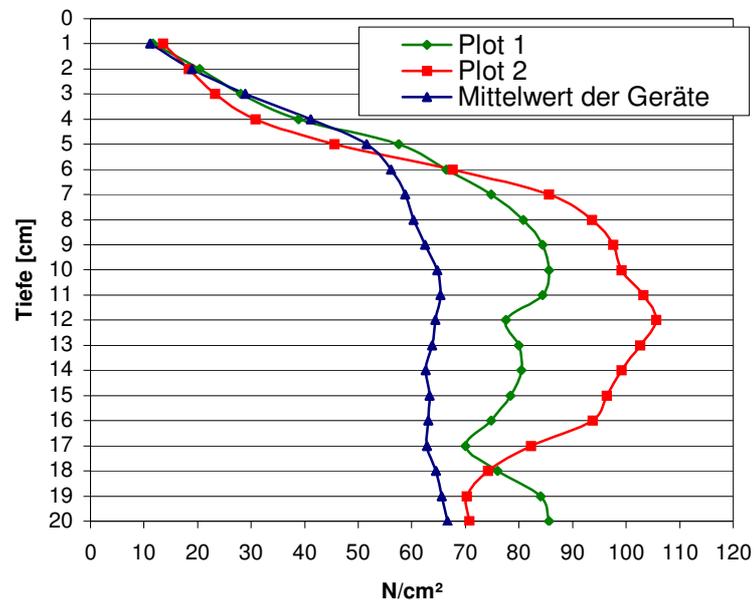


Abb. 32: Eindringwiderstand System Väderstad

## 4.1.5 Messergebnisse John Deere 750 A

### 4.1.5.1 Ablagegenauigkeit

Die Universaldrillmaschine 750 A von John Deere hat mit eine Aussaatmenge von 139 kg/ha den Vorgaben entsprochen.

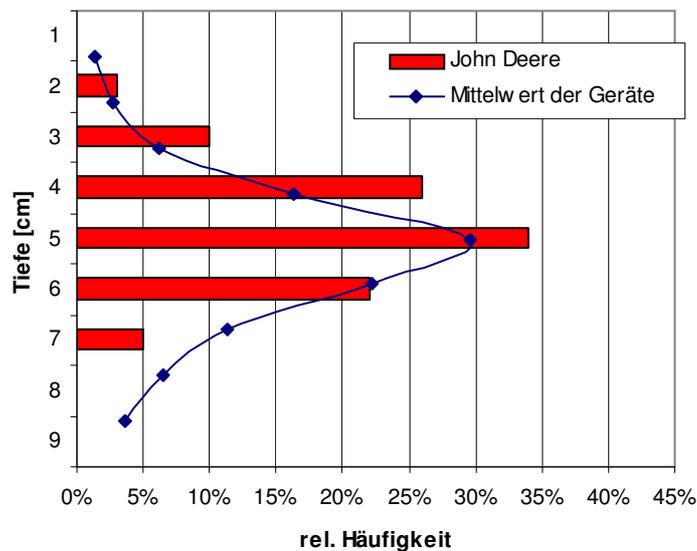
Die mittlere Ablagetiefe von 4,77 cm ist auf dem ersten Blick etwas tiefer als angestrebt, die gesamte Saatgutverteilung ist aber gegenüber dem Mittel auf einem flacheren Niveau. Die 750 A hat 50 % des Saatgutes in den Klassen von 4 bis 5 cm abgelegt. 90 % der Saatkörner liegen Bereich von 3 bis 6 cm also innerhalb von 3 cm (s. Tab. 8

und Abb. 33). Die eingesetzte Scharkombination von John Deere hinterlässt Saattrillen, die nicht durch einen Striegel oder ähnliches egalisiert werden, so dass wie auch schon bei der Horsch (siehe 4.1.1.1) beschrieben die Ablagetiefen um 1 cm nach oben korrigiert werden müssen, da die tatsächliche Saatgutbedeckung dementsprechend geringer ausfällt. Die Streuung des Saatgutes wird durch Bodenunebenheiten auf dem Versuchsfeld verursacht, da direkt in den gepflügten Acker, der eine raue Oberfläche aufwies, gedrillt wurde. Die äußerst geringe Streubreite wird durch die seitliche Führungsrolle erreicht, da sie das Schar exakt führen kann und auf Unebenheiten ortgleich reagiert.

**Tab. 8:** Mittlere Ablagetiefe und rel. Häufigkeiten der Ablagetiefen System John Deere

Tiefe [cm]	$\mu$	$\mu$ [%]	$\sigma$
1	0,00	0,000	0,0
2	0,75	0,030	1,0
3	2,50	0,100	1,3
4	6,50	0,260	2,6
5	8,50	0,340	4,1
6	5,50	0,220	4,8
7	1,25	0,050	1,3
8	0,00	0,000	0,0
9	0,00	0,000	0,0
$\Sigma$	25	1	

$\mu$  : 4,77 cm      mittlere Ablagetiefe  
 $\sigma$  : 1,14 cm      Standardabweichung (Streuung)

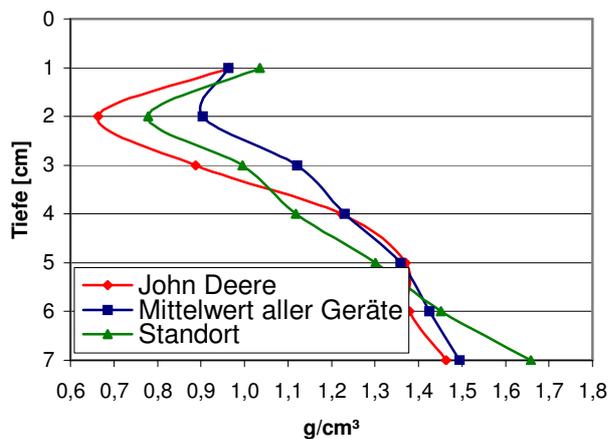


**Abb. 33:** rel. Häufigkeiten der Ablagetiefe System John Deere

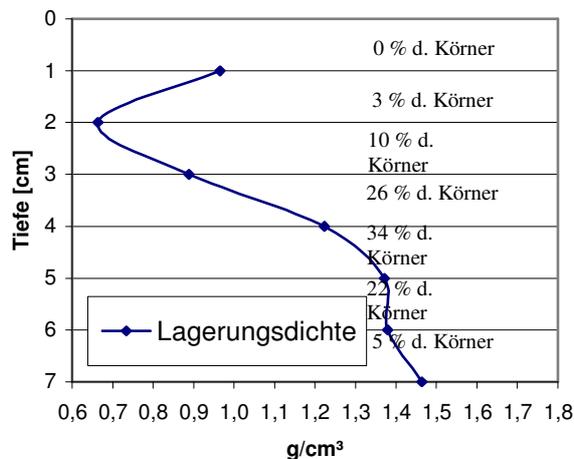
### 4.1.5.2 Lagerungsdichte und Porenvolumen

Da die Universaldrillmaschine John Deere auf jegliche Bodenbearbeitung verzichtet gibt es keinen gravierenden Unterschied in der Lagerungsdichte. Sie entspricht dem Standort. Der unterschiedliche Verlauf in Abb. 34 ist auf Standortunterschiede zurückzuführen, da die Kontrollvariante in einem anderen Bereich des Schlages entnommen wurde. Dementsprechend wird bei diesem Säverfahren die Lagerungsdichte im Saathorizont von der vorausgehenden Primär- bzw. Sekundärbodenbearbeitung, in diesem Fall den Pflug mit Untergrundpacker, beeinflusst.

Das Porenvolumen (PV) liegt aufgrund der fehlenden Saatbettbereitung auf einem hohen Niveau im Ablage-horizont von 53 % PV. Unterhalb des Saatgutes fällt das PV auf einem optimalen Wert von 48 % PV ab.



**Abb. 34:** Darstellung der Lagerungsdichte System John Deere



**Abb. 35:** Darstellung der Lagerungsdichte und der Tiefenablage System John Deere

### 4.1.5.3 Rückverfestigung

Die Penetrometermessungen entsprechen den Erwartungen. Das Säorgan von John Deere verfügt über eine seitliche Tiefenführung durch ein 144 mm breites Rad. Dieses trägt das Schar, welches mit bis zu 200 kg Druck belastet werden kann. Wird nun mit hohem Schardruck gearbeitet führt dies dementsprechend zu der stärkeren Rückverfestigung zwischen den Scharen im oberen Krumbereich. Die Werte steigen in einem Bereich von 5 bis 10 cm Tiefe auf 80 N/cm<sup>2</sup> an, fallen aber anschließend wieder ab (s. Abb. 36).

Wie hier sichtbar führt die Andruckrolle hinter dem Schar zu keiner nennenswerten Rückverfestigung, so dass beim Einsatz von diesem Säverfahren auf eine exakte Rückverfestigung bei den vorher durchgeführten Bearbeitungsgängen geachtet werden muss.

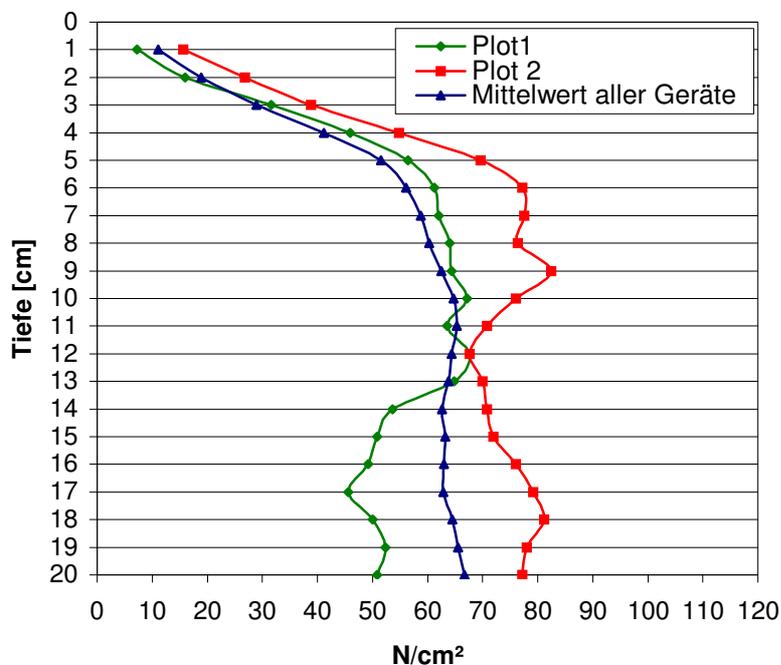


Abb. 36: Eindringwiderstand System John Deere

## Messergebnisse Rauch Venta LC 302

### 4.1.6.1 Ablagegenauigkeit

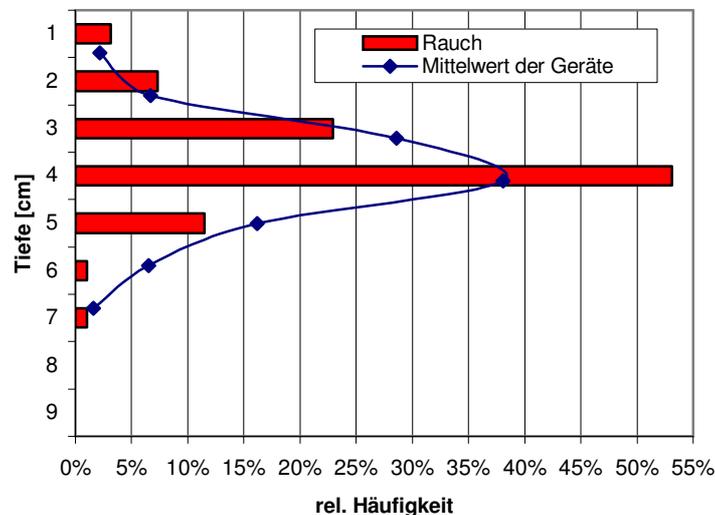
Die Rauch Venta LC 302 hat eine errechnete Aussaatstärke von 133,3 kg/ha und liegt damit nah an den vorgegebenen 140 kg/ha. Die vorgegebene Tiefenablage wurde im gewichteten Mittel mit 3,7 cm nahezu erreicht (vgl. Tab. 8). In der Ablagetiefe von 3-4 cm wurden ca. 76 % abgelegt (53 % der Körner in einer Ablagetiefe von 4 cm!), im

oberen Bodenhorizont von 1-2 cm wurden lediglich 10 % der Körner und im Bereich von 5-7 cm 14 % der Körner ermittelt. Die Ablagegenauigkeit liegt im Mittel aller Maschinen (s. Abb. 37). Die Tiefenführung der RS-Scheibenschare über die nachlaufenden Andruckrollen erweist sich als präzise.

**Tab. 9:** Mittlere Ablagetiefe und rel. Häufigkeiten der Ablagetiefen System Rauch

Tiefe [cm]	$\mu$	$\mu$ [%]	$\sigma$
1	0,75	0,031	0,50
2	1,75	0,073	1,50
3	5,50	0,229	4,51
4	12,75	0,531	8,34
5	2,75	0,115	1,50
6	0,25	0,010	0,50
7	0,25	0,010	0,50
$\Sigma$	24	1	

$\mu$  : 3,70 cm      mittlere Ablagetiefe  
 $\sigma$  : 1,001 cm      Standardabweichung (Streuung)

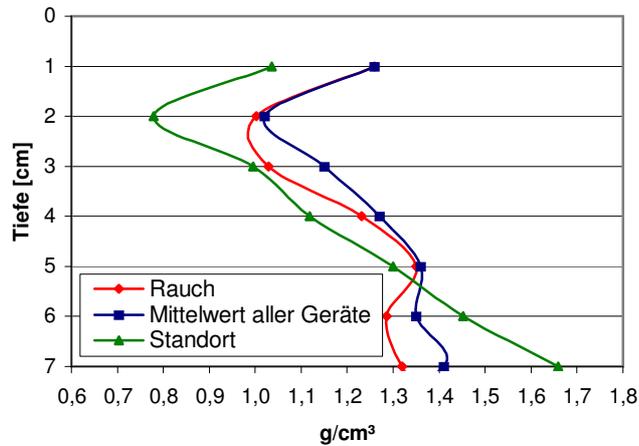


**Abb. 37:** rel. Häufigkeiten der Ablagetiefe System Rauch

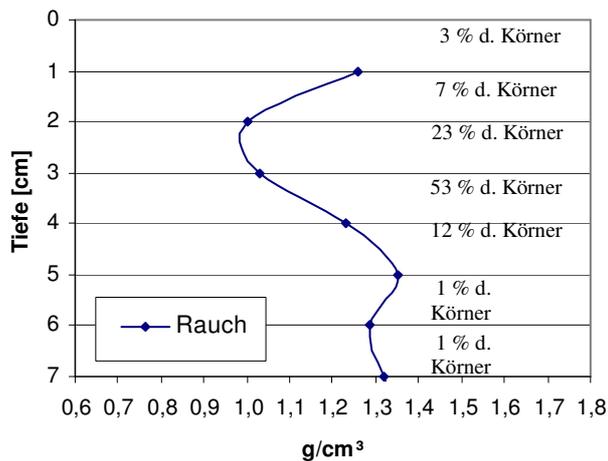
#### 4.1.6.2 Lagerungsdichte und Porenvolumen

In der Abb. 38 lässt sich erkennen, dass die ersten 3 cm durch die Scheibenege gelockert werden. Gleich nach der Ablage bei ca. 3-4 cm wird der Boden durch die Prismenwalze ganzflächig und durch die nachlaufenden Andruckrollen rückverfestigt. Es lässt sich eine gute Abgrenzung des Ablagehorizontes erkennen (s. Abb.39).

Danach steigt die Lagerungsdichte (LD) auf ca. 1,3 g/cm<sup>2</sup> an und erreicht ihr Maximum im Bereich 4-5 cm Tiefe. Dieser LD-Wert bietet gute Voraussetzungen für die Pflanzenwurzelausbildung.



**Abb. 38:** Darstellung der Lagerungsdichte System Rauch



**Abb. 39:** Darstellung der Lagerungsdichte und der Tiefenablage System Rauch

### 4.1.6.3 Rückverfestigung

Die Abbildung 31 zeigt die Eindringwiderstände in N/cm<sup>2</sup>, dabei gibt Plot 1 Messwerte direkt unterhalb des Schares an und Plot 2 Messwerte zwischen den Säscharen.

Die Scheibenegge lockert und mischt den Boden im oberen Bereich, d.h. der Eindringwiderstand geht, etwa im Zwischenscharbereich 2-3 cm leicht zurück. Im Scharbereich nimmt der Eindringwiderstand kontinuierlich zu, dies wird in erster Linie durch die Prismawalze erreicht, da sie durch die Anordnung der Walzenelemente im Scharbereich arbeiten. Im Ablagehorizont von 3-4 cm ist eine stärkere Zunahme des EW zu erkennen, welches auf einen gut rückverfestigten Furchengrund schließen lässt, hervorgerufen durch die nachlaufende Andruckrolle. Die sehr hohen Eindringwiderstand

unter dem abgelegten Saatkorn, die langsam ab der Tiefe 10 cm mit ca. 105 N/cm<sup>2</sup> stagnieren, wirken sich positiv auf die Wasserversorgung des Keimlings aus.

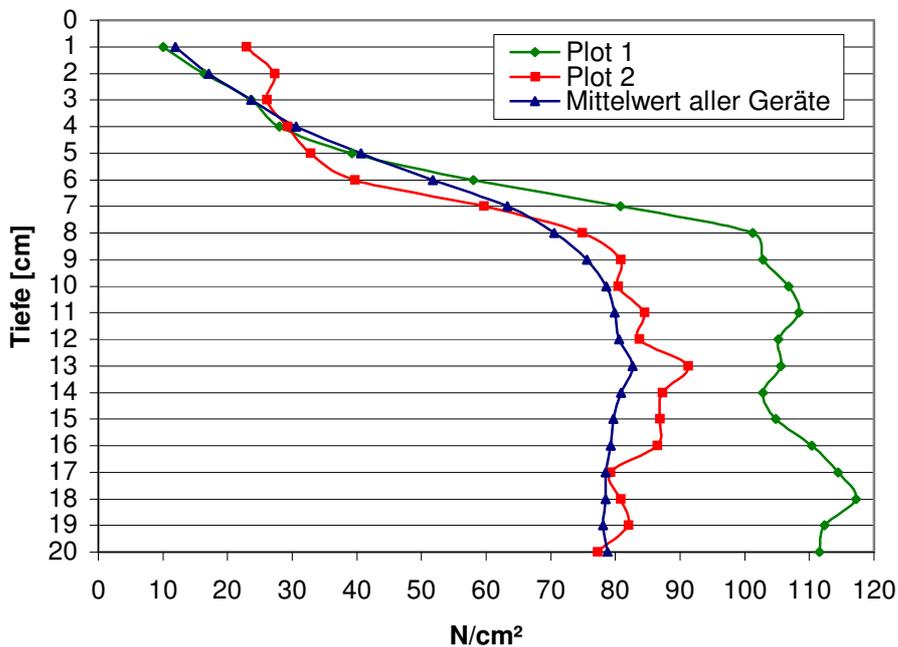


Abb. 40: Eindringwiderstand System Rauch

## AKTIVE BODENBEARBEITUNG

### 4.1.7 Messergebnisse Amazone AD-P 302 Profi

#### 4.1.7.1 Ablagegenauigkeit

Die Amazone AD-P+Avant hat eine errechnete Aussaatstärke von 116,6 kg/ha und liegt damit weit entfernt von den vorgegeben 140 kg/ha. Die gemessene Tiefenablage im gewichteten Mittel beträgt 4,88 cm, somit wurden die Körner im Mittel 1,88 cm unter den geforderten 3 cm Tiefe abgelegt. In den Klassentiefen 3-4 cm wurden ca. 30 % abgelegt, im oberen Bodenhorizont von 1-2 cm wurden 1 % der Körner gefunden. 70 % der Körner wurden tiefer als 4 cm in einem Bereich von 5–7 cm abgelegt.

Die Ablagegenauigkeit ist im Vergleich zum Mittel aller Maschinen und in Anbetracht der vorgegebenen 3 cm nicht präzise genug, die Körner wurden insgesamt zu tief abgelegt (s. Abb. 41).

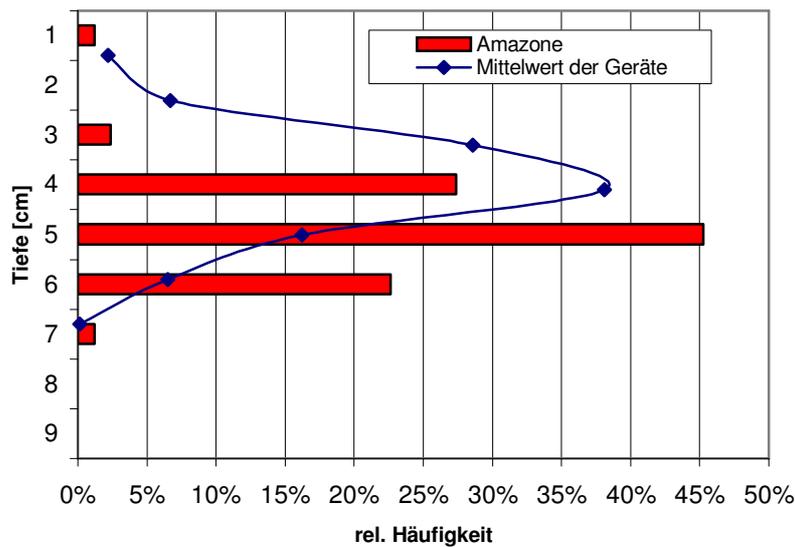
Die Systeme Amazone und Accord sind sich hinsichtlich der Streuungen der Samenablage in vertikaler Richtung sehr ähnlich. Das RoTec-Rollschar von Amazone legt 45 % der Körner in seiner Hauptablagertiefe von 5 cm ab, in 4 cm Tiefe sind es 27 % und in 6 cm Tiefe sind es immerhin noch 23 %. Die elastische Kunststoffscheibe

soll Erdanhaftungen verhindern und das Schar in der Tiefe führen. Die Abweichungen sind zum einen durch einen unruhigen Scharlauf und durch eine zu tiefe Grundeinstellung zu erklären.

**Tab. 10:** Mittlere Ablagetiefe und rel. Häufigkeiten der Ablagetiefen System Amazone

Tiefe [cm]	$\mu$	$\mu$ [%]	$\sigma$
1	0,25	0,012	0,50
2	0,00	0,000	0,00
3	0,50	0,024	0,58
4	5,75	0,274	1,71
5	9,50	0,452	5,69
6	4,75	0,226	0,96
7	0,25	0,012	0,50
$\Sigma$	21	1	

$\mu$  : 4,88 cm      mittlere Ablagetiefe  
 $\sigma$  : 0,927 cm      Standardabweichung (Streuung)



**Abb. 41:** rel. Häufigkeiten der Ablagetiefe System Amazone

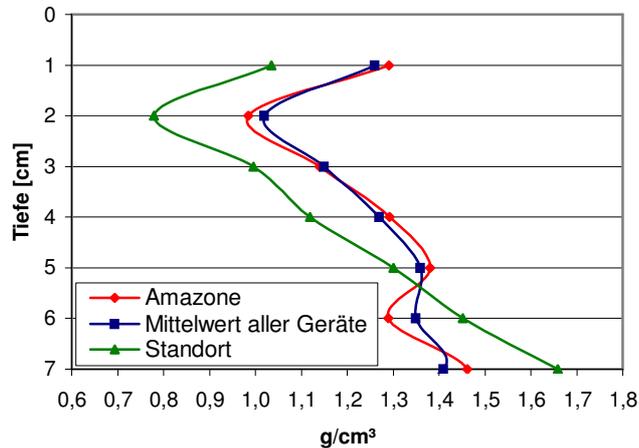
#### 4.1.7.2 Lagerungsdichte und Porenvolumen

Die Abbildung 42 zeigt, dass der Boden im Bereich 1-2 cm gut gelockert wurde. Nach der Ablage bei den vorgegebenen 3 cm wird dieser Horizont wieder sehr stark rückverfestigt, in 4 cm Tiefe bereits auf Lagerungsdichtewerte die im Bereich 1 cm Tiefe vorherrschen.

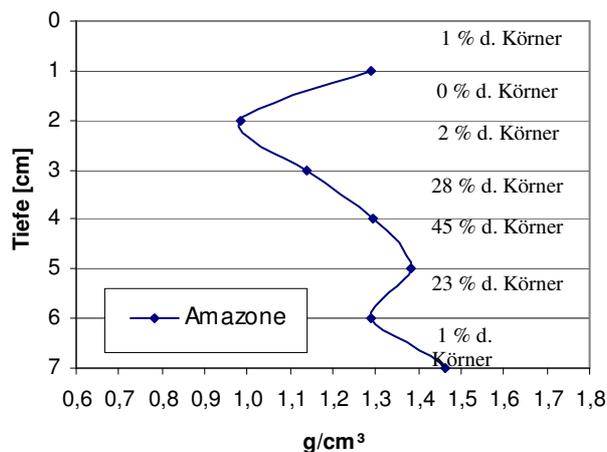
Allerdings lässt sich beim System Amazone keine scharfe Abgrenzung des Ablagehorizontes erkennen (s.e Abb. 43). Die mittlere Tiefenablage beträgt 4,88 cm, in

diesem Bereich wurden ca. 45 % der Körner abgelegt, aber die LD-Werte gehen in 5-6 cm Tiefe zurück, so dass hier der Boden unter dem Ablagehorizont nicht genügend verdichtet wird.

Ab der Tiefe 5 cm, die den zweithöchsten Dichtewert aufzeigt, nimmt das Porenvolumen wieder zu und damit nimmt die Lagerungsdichte ab. In 7 cm Tiefe erlangt der Dichtewert seinen Höhepunkt. Die Lagerungsdichtewerte des Systems Amazone entsprechen dem Mittel aller Maschinen dieser Gruppe.



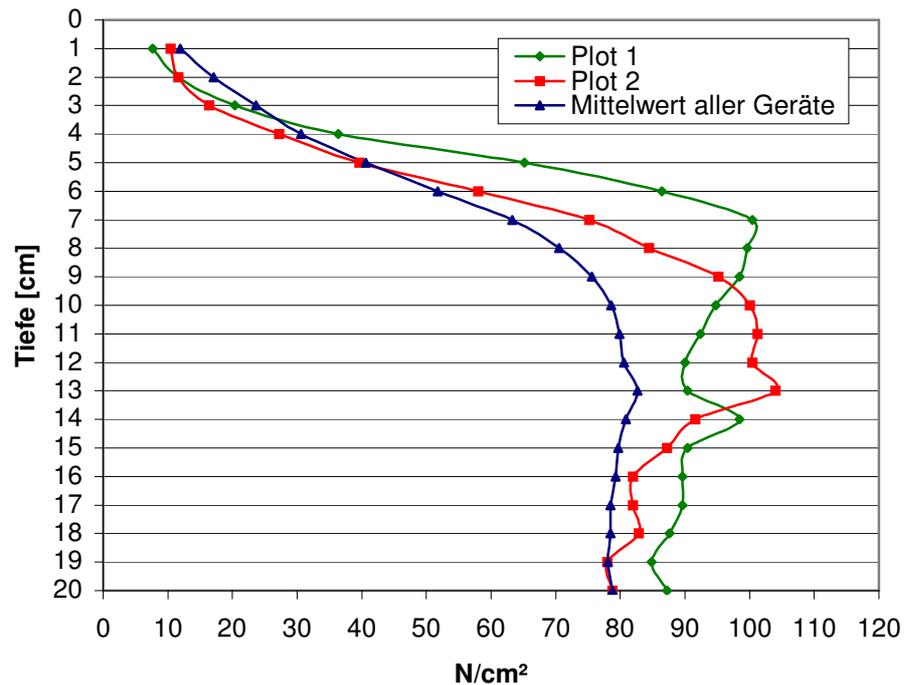
**Abb. 42:** Darstellung der LD System Amazone



**Abb. 43:** Darstellung der LD und der Tiefenablage System Amazone

### 4.1.7.3 Rückverfestigung

Auffällig sind die unterschiedlichen Eindringwiderstände im und zwischen dem Scharbereich, die durch die streifenweise Rückverfestigung mit einer Keilringwalze zu erklären ist (s. Abb. 44). Plot 1, d.h. im Scharbereich, weist immer höhere Eindringwiderstände auf, weil der Keilring immer genau vor der Säfurche rückverfestigt. Das System Amazone bietet eine gute Rückverfestigung und der Eindringwiderstand erreicht sein Maximum bei 7 cm Tiefe mit ca. 100 N/cm³ im Scharbereich.



**Abb. 44:** Eindringwiderstand System Amazone

## 4.1.8 Messergebnisse Kongskilde Power-Seeder PS 3030-32

### 4.1.8.1 Ablagegenauigkeit

Die Kongskilde Power Seeder 3030-32 hat eine errechnete Aussaatstärke von 134,7 kg/ha und liegt damit sehr nah an den vorgegebenen 140 kg/ha. Die vorgegebene Tiefenablage wurde im gewichteten Mittel mit 3,24 cm erreicht, so dass das System Kongskilde am genauesten in 3 cm Tiefe die Körner abgelegt hat (s. Abb. 45).

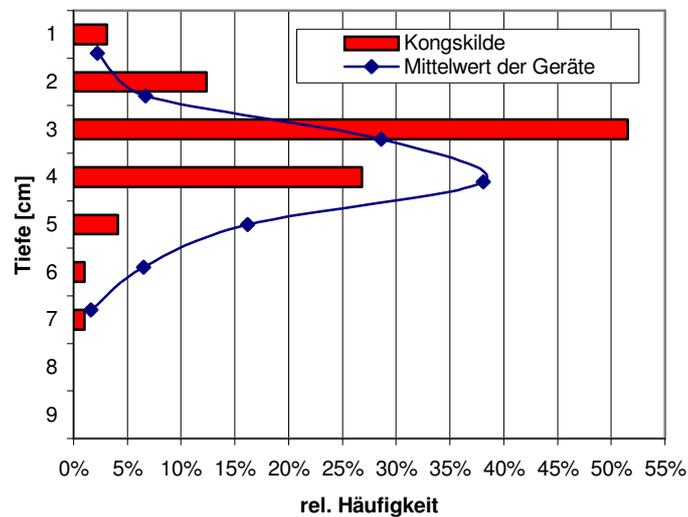
In den Klassentiefen von 3-4 cm wurden ca. 78,5 % abgelegt, im oberen Bodenhorizont von 1-2 cm wurden 15,5 % der Körner gefunden und im Bereich von 5-7 cm wurden nur 6 % der Körner abgelegt. Die Ablagegenauigkeit liegt über dem Mittel aller Maschinen.

Das System Kongskilde arbeitete mit einem Schleppschar zur Saatgutablage, entgegen aller Untersuchungen in der Literatur wurde die Saat präzise auf 3 cm Tiefe abgelegt, im Mittel auf 3,24 cm. Die Streuung der Samenablage in vertikaler Richtung ist nicht besonders groß. Die Tiefenführung erfolgt bei dem eingesetzten System ganzflächig über die Packerwalze.

**Tab.11:** Mittlere Ablagetiefe und rel. Häufigkeiten der Ablagetiefen System Kongskilde

Tiefe [cm]	$\mu$	$\mu$ [%]	$\sigma$
1	0,75	0,031	0,96
2	3,00	0,124	2,00
3	12,50	0,516	7,42
4	6,50	0,268	4,20
5	1,00	0,041	0,82
6	0,25	0,010	0,50
7	0,25	0,010	0,50
$\Sigma$	24,25	1	

$\mu$  : 3,24 cm      mittlere Ablagetiefe  
 $\sigma$  : 0,959 cm      Standardabweichung (Streuung)

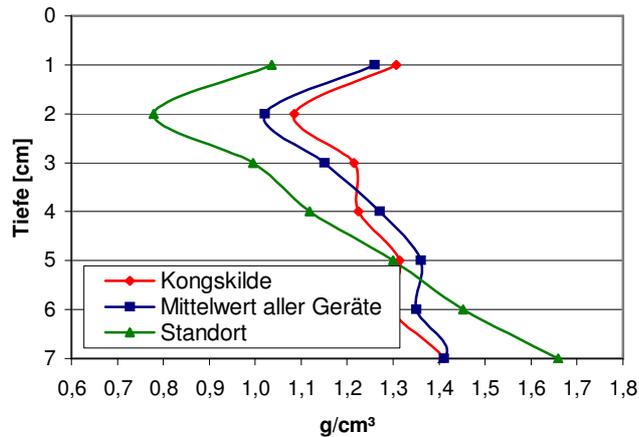


**Abb. 45:** rel. Häufigkeiten der Ablagetiefe System Kongskilde

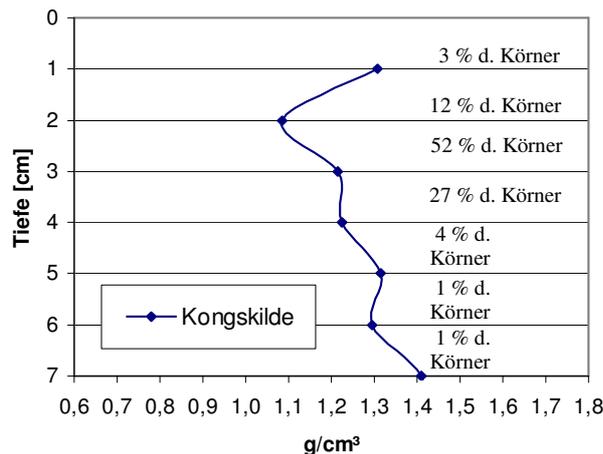
#### 4.1.8.2 Lagerungsdichte und Porenvolumen

Die Lagerungsdichte (s. Abb. 46) nimmt im oberen Bereich 1-2 cm durch die Lockerung der Kreiselegge ab, jedoch weist das System Kongskilde bis zur Tiefe 3 cm die höchsten Dichtewerte in g/cm<sup>3</sup> im Vergleich zum Mittel aller Maschinen auf. In 2-3 cm Tiefe nimmt der Wert wieder zu und stagniert zwischen 3-4 cm Tiefe bei ca. 1,2 g/cm<sup>3</sup>. Dieser Ablagebereich hat hohe PV-Werte ca. 54 %, so dass das Saatkorn auf schlecht rückverfestigtem Furchengrund liegt. Dadurch herrschen ungünstige Voraussetzungen für die Wasserversorgung und die Wurzelbildung. Bis zu 5 cm Tiefe steigt die Lagerungsdichte wieder leicht an, aber in 6 cm fällt sie wieder leicht ab und in 7 cm Tiefe hat die Dichte ihr Maximum erreicht. Im gewichteten Ablagemittel von 3,24 cm

Tiefe werden 52% der Körner abgelegt, aber die Lagerungsdichte stagniert bei  $1,2 \text{ g/cm}^3$  und lässt somit keinen abgegrenzten Ablagehorizont erkennen (s. Abb. 47).



**Abb. 46:** Darstellung der LD System Kongskilde



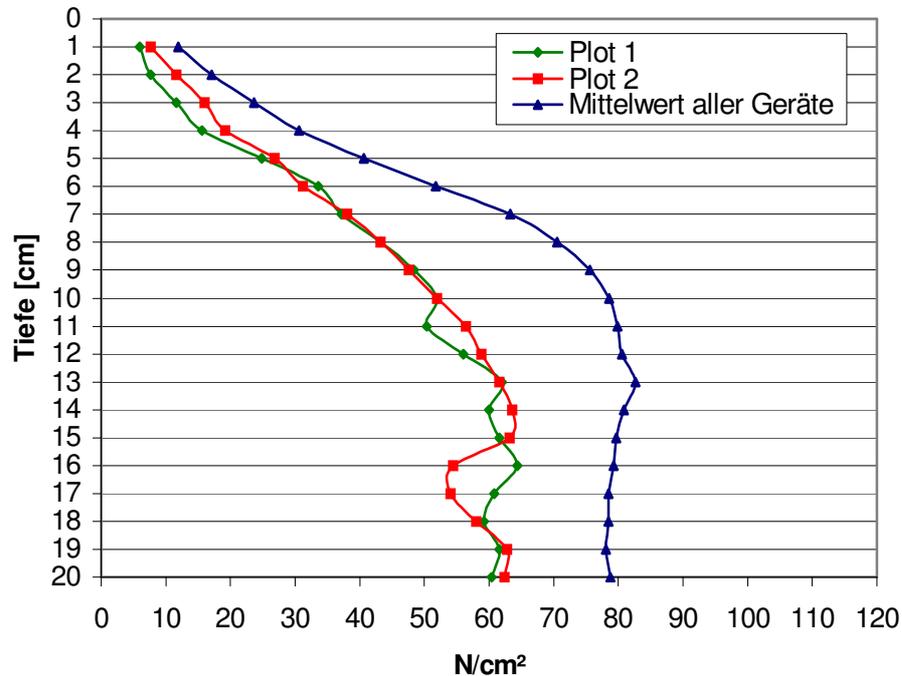
**Abb. 47:** Darstellung der LD und der Tiefenablage System Kongskilde

### 4.1.8.3 Rückverfestigung

Auffällig am System Kongskilde ist der fast gleiche Eindringwiderstand im und zwischen dem Scharbereich, welches durch eine ganzflächige Rückverfestigung der Packerwalze zu erklären ist (s. Abb. 48). Im Bereich 2-4 cm Tiefe ist der Widerstand im Scharbereich (Plot 1) leicht geringer als zwischen den Scharen. Danach nimmt der Eindringwiderstand kontinuierlich mit Zunahme der Bodentiefe zu. Jedoch lässt sich anhand der Rückverfestigungswerte und der Lagerungsdichtewerte im Bereich unter der Furchensohle lockeres Bodenmaterial vermuten. Die Rückverfestigung ist zwischen dem Schleppschar bis zu 5 cm Tiefe größer als direkt unter dem Schar. Dieser lockere Boden unter dem Samen beeinträchtigt den kapillaren Anschluss des Samens an tiefere Bodenschichten. Vor allem in trockenen Jahren wird

durch eine schlechte Ablagequalität und den fehlenden Bodenschluss die Keimsituation beeinträchtigt.

Insgesamt zeigt das System Kongskilde hier schlechte Rückverfestigungswerte auf.



**Abb. 48:** Eindringwiderstand System Kongskilde

## 4.1.9 Messergebnisse Kverneland Accord Pneumatic DA X

### 4.1.9.1 Ablagegenauigkeit

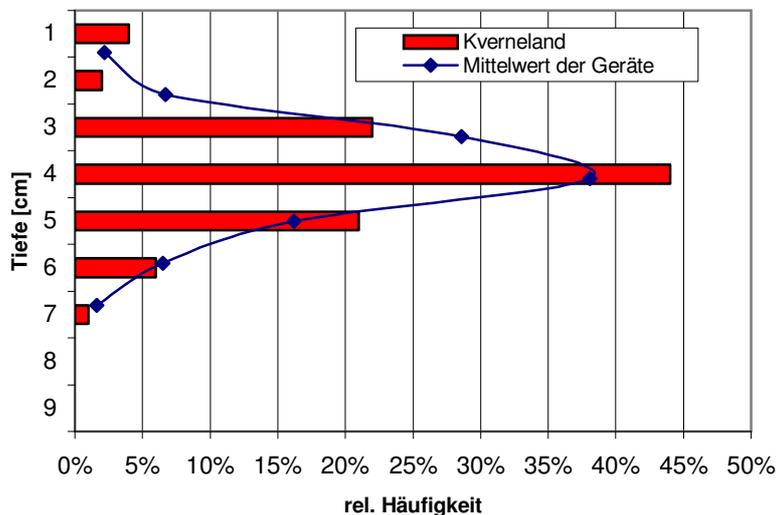
Die Kverneland Accord DA X hat eine errechnete Aussaatstärke von 136 kg/ha erreicht und somit sehr genau gearbeitet. Die gewichtete mittlere Tiefenablage beträgt 3,98 cm, damit wurden die Körner ca. 1 cm zu tief abgelegt. In den Klassentiefen 3-4 cm wurden ca. 66 % abgelegt, im oberen Bodenhorizont von 1-2 cm wurden nur 6 % der Körner gefunden und im Bereich 5-7 cm Tiefe wurden noch 28 % der Körner abgelegt. Die Ablagegenauigkeit liegt genau im Mittel aller Maschinen.

Das CX-Scheibenschar von Kverneland Accord legte 44 % der Körner in seiner Hauptablagetiefe von 4 cm Tiefe ab, in 3 cm Tiefe sind es 22 % und in 5 cm Tiefe waren es immerhin noch 21 % der Körner. Der Schwankungsbereich von 3-5 cm Ablagetiefe ist bei einer Getreideaussaat ist für eine Universaldrillmaschine zu groß.

**Tab. 12:** Mittlere Ablagetiefe und rel. Häufigkeiten der Ablagetiefen System Kverneland

Tiefe [cm]	$\mu$	$\mu$ [%]	$\sigma$
1	1,00	0,04	0,82
2	0,50	0,02	0,58
3	5,50	0,22	2,65
4	11,00	0,44	4,69
5	5,25	0,21	4,72
6	1,50	0,06	1,73
7	0,25	0,01	0,50
$\Sigma$	25	1	

$\mu$  : 3,98 cm                      mittlere Ablagetiefe  
 $\sigma$  : 1.118 cm                    Standardabweichung (Streuung)



**Abb. 49:** rel. Häufigkeiten der Ablagetiefe System Kverneland

#### 4.1.9.2 Lagerungsdichte und Porenvolumen

Die Lagerungsdichtewerte des Systems Kverneland verlaufen nahezu linear und weisen keine Schwankungen mit zunehmender Tiefe auf. Das Porenvolumen ist in 2 cm Tiefe am größten und nimmt mit größerer Tiefe stetig ab. Die Lagerungsdichte hat in 6 cm Tiefe ihr Maximum mit 1,48 g/cm<sup>3</sup> erreicht. Die Accord ist die einzige Drillmaschine bei der die Lagerungsdichtewerte nach 6 cm Tiefe abnehmen, d.h. im Vergleich zum unbearbeiteten Boden das hier noch gelockert wurde und nicht wieder ausreichend rückverfestigt.

Die Lagerungsdichtekurve verläuft fast parallel über der Mittelwertkurve aller Maschinen (s. Abb. 50)

Im Ablagebereich 3-5 cm Tiefe, in dem 87 % der Körner abgelegt wurden, nimmt die LD stetig zu (s. Abb. 51).

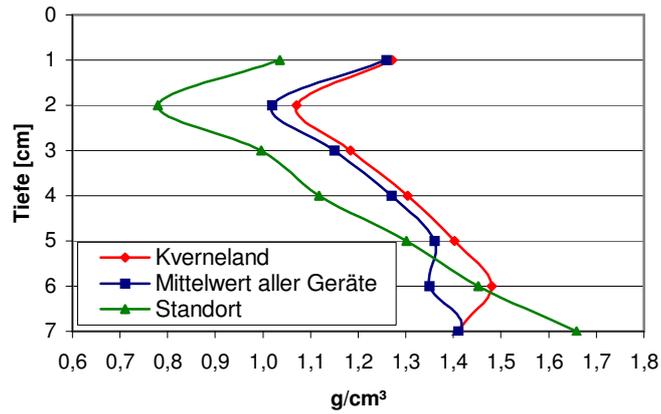


Abb. 50: Darstellung der LD System Kverneland

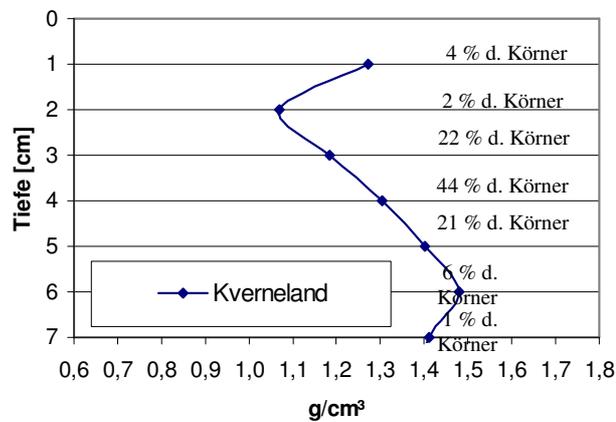


Abb. 51: Darstellung der LD und der Tiefenablage System Kverneland

### 4.1.9.3 Rückverfestigung

Der Eindringwiderstand im und zwischen dem Scharbereich verläuft fast parallel zueinander, wobei im Scharbereich höhere Widerstände und zwischen dem Scharbereich geringere Widerstände zu erkennen sind, hervorgerufen durch die eingesetzte Primsenwalze, deren Ringe genau vor den Scharen arbeiten. Die Rückverfestigung nimmt stetig bis zu einer Tiefe von 7 cm zu und stagniert dort mit kleinen Schwankungen.

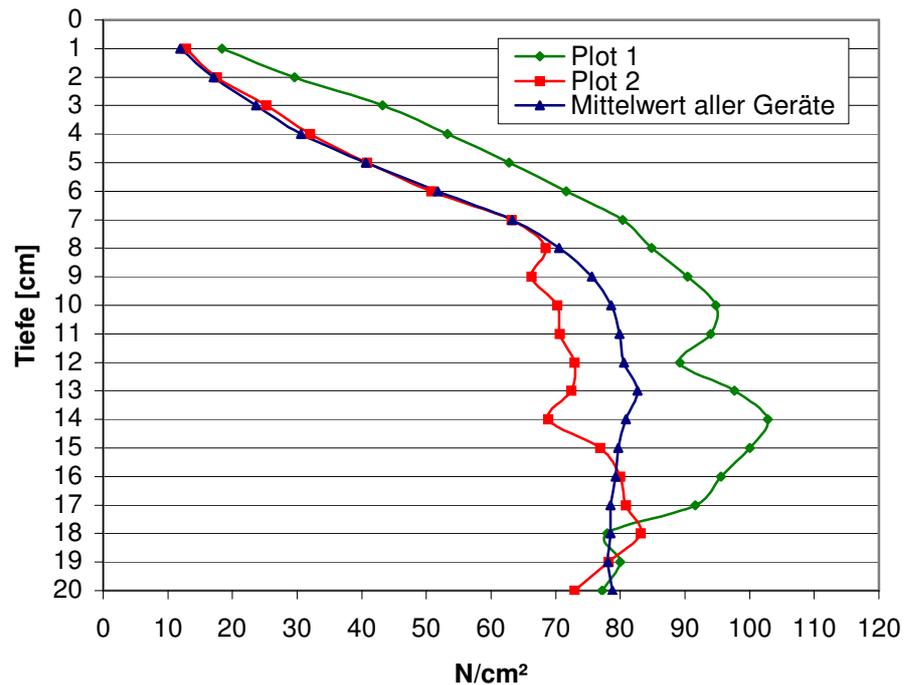


Abb. 52: Eindringwiderstand System Kverneland

#### 4.1.10 Messergebnisse Lemken Saphir 7/300 ES

##### 4.1.10.1 Ablagegenauigkeit

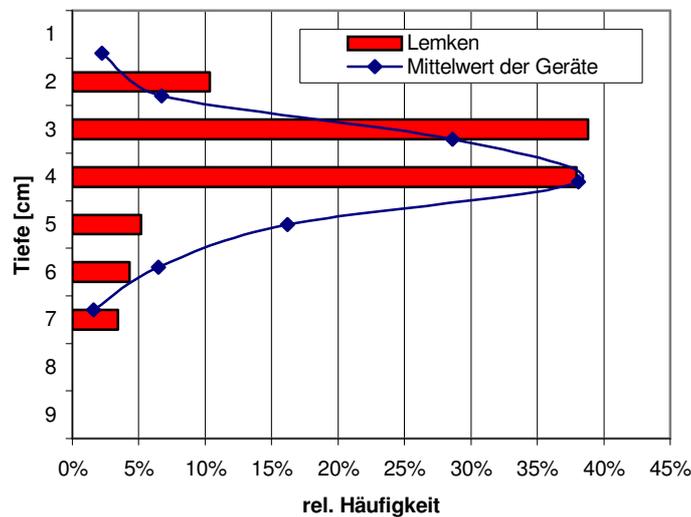
Die Lemken Saphir 7/300 hat eine errechnete Aussaatstärke von 161,1 kg/ha und hat damit 20 kg/ha zu viel ausgedrillt. Die vorgegebene Tiefenablage wurde mit 3,65 cm im Mittel etwas überschritten, aber dennoch wurden 77 % der abgelegten Körner in den Klassentiefen 3-4 cm gefunden. Im oberen Bodenhorizont 1-2 cm wurden lediglich 10 % der Körner gefunden und im Bereich 5-7 cm Tiefe nur 13%. Die Ablagegenauigkeit in anbeacht der festgelegten Richtwerte ist besser als das Mittel aller Maschinen (s. Abb. 53).

Das System Lemken hat in der Klassenbreite 3-4 cm 77 % der Körner abgelegt, aber die Streuung ist dennoch sehr hoch, ca. 39 % in 3 cm Tiefe und ca. 38 % in 4 cm Tiefe. Die Tendenz auf eine präzise Ablagetiefe zu kommen ist zu erkennen. Jedoch scheint das Einscheibenschar und deren Wölbung nicht für eine exakte Tiefenführung zu genügen.

**Tab. 13:** Mittlere Ablagetiefe und rel. Häufigkeiten der Ablagetiefen System Lemken

Tiefe [cm]	$\mu$	$\mu$ [%]	$\sigma$
1	0,00	0,000	0,0
2	3,00	0,103	3,37
3	11,25	0,388	6,55
4	11,00	0,379	3,65
5	1,50	0,052	0,58
6	1,25	0,043	0,96
7	1,00	0,035	1,15
$\Sigma$	29	1	

$\mu$  : 3,65 cm      mittlere Ablagetiefe  
 $\sigma$  : 1,12 cm      Standardabweichung (Streuung)



**Abb. 53:** rel. Häufigkeiten der Ablagetiefe System Lemken

#### 4.1.10.2 Lagerungsdichte und Porenvolumen

Die Lagerungsdichte nimmt bis zu 2 cm Tiefe ab, bedingt durch die Lockerung der Kreiselegge. Danach steigt die Dichte zwischen 2 bis 3 cm Tiefe sehr stark an, dies ist die größte Steigung der Lagerungsdichte innerhalb der Maschinen der Untersuchung (s. Abb. 54). Die Dichtewerte nehmen dann weiterhin zu und erreichen ihr Maximum bei 7 cm Tiefe mit 1,45 g/cm<sup>3</sup>.

Im Ablagebereich von 3-4 cm Tiefe werden 77 % der Körner abgelegt und es lässt sich ein deutlich abgesetzter Ablagehorizont erkennen, der gute Keimvoraussetzungen und kapillaren Wasseranschluss bietet (s. Abb. 55).

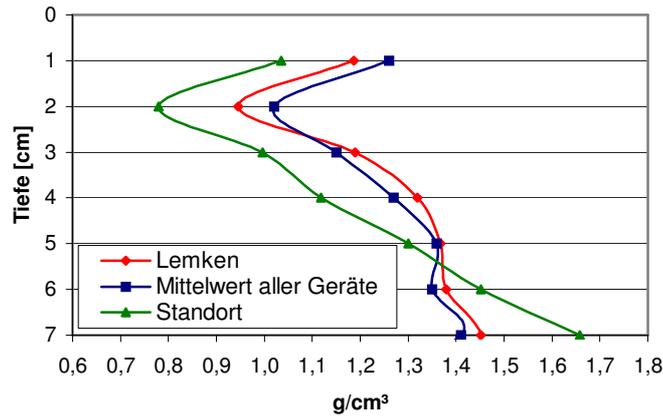


Abb. 54: Darstellung der LD System Lemken

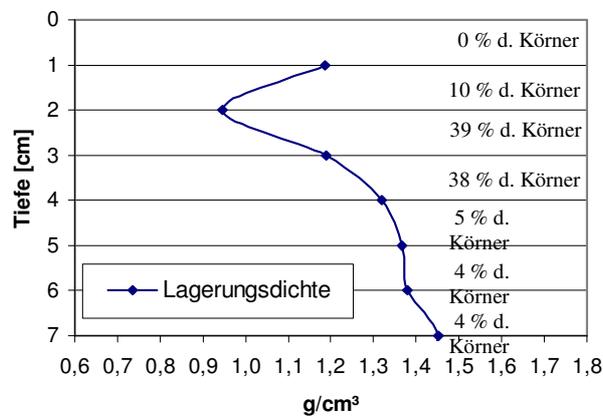
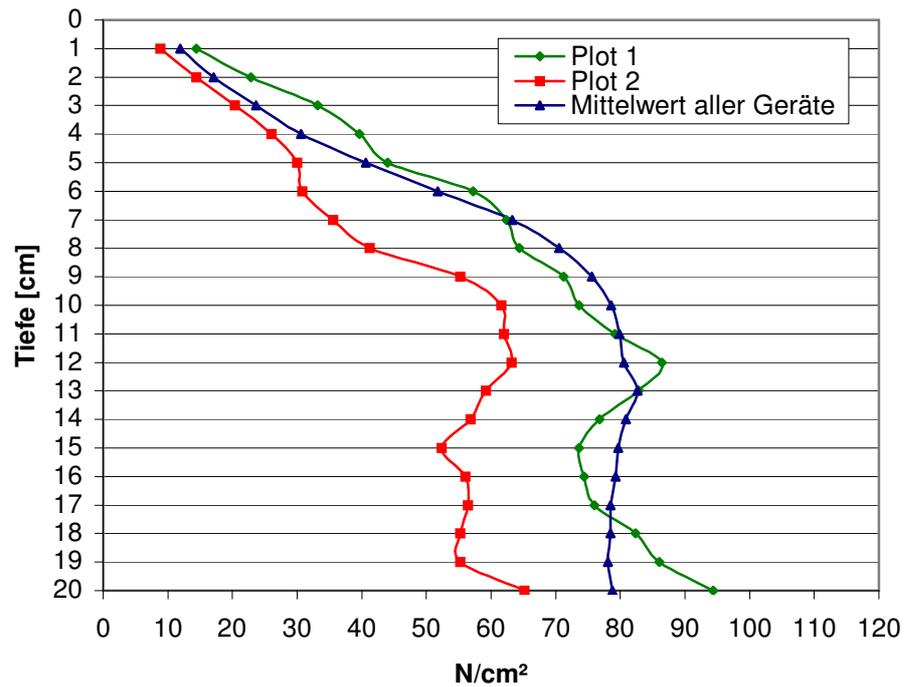


Abb. 55: Darstellung der LD und der Tiefenablage System Lemken

### 4.1.10.3 Rückverfestigung

Die Rückverfestigung zeigt einen typischen Verlauf in Abb. 56 auf, jedoch ist der Unterschied der Werte zwischen und im Scharbereich sehr groß. Die Trapezringwalze, deren Ringe genau vor dem Säschar verlaufen, hat höhere Rückverfestigungswerte als die Zwischenbereiche der Walze die zwischen dem Säschar verlaufen. D.h. der Boden unterhalb des Säschares ist deutlich fester und gewährleistet eine gute Wasserversorgung. Der lockere Boden zwischen den Scharen lässt den Niederschlag gut in den Boden infiltrieren.



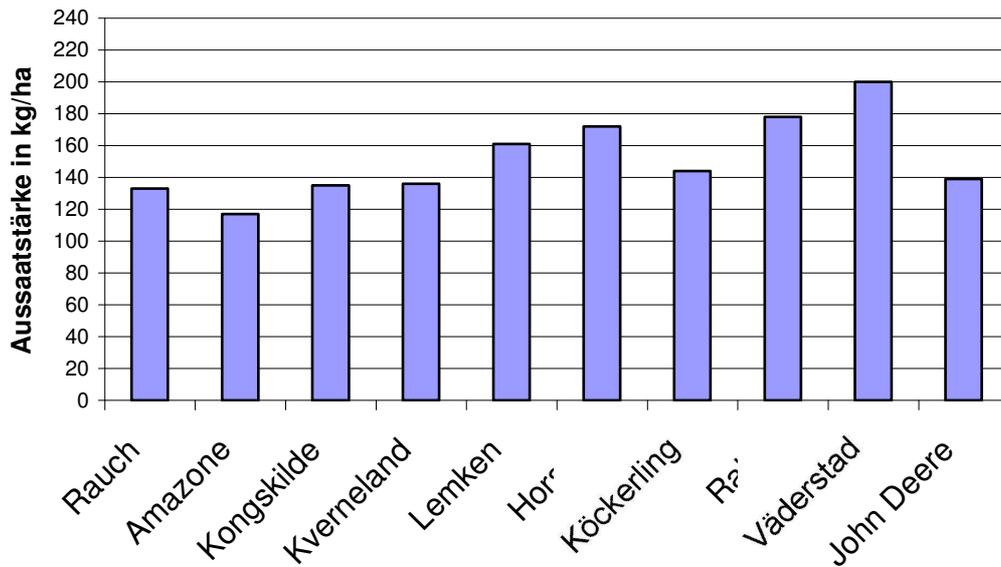
**Abb. 56:** Eindringwiderstand System Lemken

## 4.2 Vergleich der untersuchten Universaldrillmaschinen

Im folgenden Kapitel werden die untersuchten Geräte untereinander verglichen.

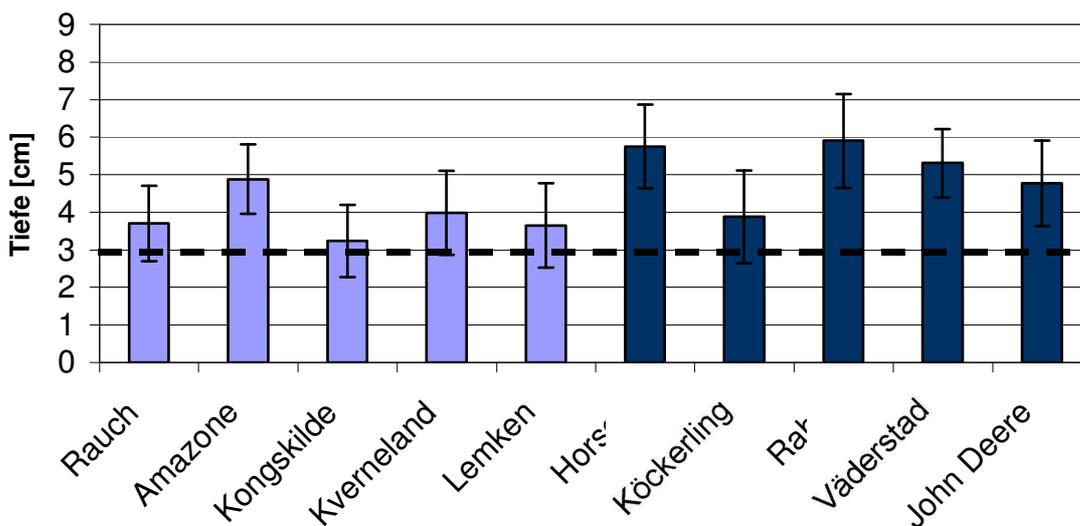
### 4.2.1 Ablagegenauigkeit

In Abb. 57 sind zusammenfassend die ermittelten Aussaatstärken der einzelnen Universaldrillmaschinen dargestellt. Von den zehn untersuchten Drillmaschinen haben fünf Hersteller die angestrebte Aussaatstärke von 140 kg/ha erreicht. Die starken Abweichungen der übrigen Geräte von z.T. 40 kg/ha kann nur durch ungenügender Sorgfalt bei der Einstellung bzw. bei der Abdrehprobe erklärt werden.



**Abb. 57:** Vergleich der erzielten Aussaatstärken

Abb. 58 gibt einen Überblick über die in dieser Untersuchung ermittelten Ablagetiefen der einzelnen Geräte. weiterhin ist zu jedem Gerät die Standardabweichung und die angestrebte Ablagetiefe von 3 cm abgetragen. Die Geräte mit einer aktiven Saatbettbereitung haben in der Tendenz auf einem flacheren Niveau abgelegt und die angestrebte Saattiefe im Mittel nahezu erreicht. Die vorgeführten Universal-Drillmaschinen mit einer passiven Saatbettbereitung haben deutlich tiefer abgelegt, was vermutlich durch eine zu tiefe Grundeinstellung für den Einsatz auf gepflügten Land hervorgerufen wurde. In Bezug zu den Standardabweichungen unterscheiden sich die Geräte kaum. Die erste Gruppe weist etwas geringere Werte auf, die Unterschiede sind aber statistisch nicht signifikant.



**Abb. 58:** Vergleich der mittleren Ablagetiefen der untersuchten Geräte

Eine genauere Beurteilung der Säorgane ist im Einzelnen nur schwer möglich. Sie müssen immer in der Kombination mit dem vorgeschalteten Werkzeug gesehen werden. Hinterlassen sie eine unebene Oberfläche kann nicht erwartet werden, dass die Schare auf einem Niveau arbeiten. Es sei noch mal ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Ablagetiefen über mehrere Saatzeilen ermittelt wurden und nicht die Bedeckung der Körner in der einzelnen Reihe, denn der Bedeckungsgrad des einzelnen Kornes entscheidet neben der Triebkraft über die Gleichmäßigkeit des Feldaufgangs. Passive und aktive Universaldrillmaschinen stellen somit hohe Ansprüche an die vorher durchgeführte Bodenbearbeitung. Hier lassen sich einige Tendenzen aus den Messergebnissen ableiten.

Die Gerätekombinationen, die mit einer Spatenrollegge ausgestattet waren (System Horsch und Rabe), zeigen einen weiten Ablagebereich auf. Bei diesen Systemen wurden über einen Bereich von 8 cm Saatgut abgelegt. Dieser weite Schwankungsbereich wird u.a. durch einen unruhigen Scharverlauf hervorgerufen, da die Spatenrollegge systembedingt eine unebene Bodenoberfläche hinterlässt. Die oben genannten Hersteller setzen in ihrer Gerätekombination eine nachlaufende Rolle als Tiefenführung der Säschar ein, die aufgrund ihres geringen Durchmessers diese Unebenheiten nicht überfahren. Der Einsatz einer Spatenrollegge in der Kombination muss standortspezifisch entschieden werden.

Der eingesetzte Scheibenvorsatz der Firma Väderstad und das nachfolgende Crossboard hinterlassen eine ebenere Oberfläche. Väderstad setzt wie Horsch und Rabe eine nachlaufende Tiefenführung ein, jedoch erfolgt bei diesem System die Tiefenführung über das Fahrwerk mit seinen großvolumigen Reifen. Dadurch wird ein ruhigerer Scharlauf erreicht. Das System von Väderstad hat das Saatgut über einem Bereich von 7 cm abgelegt, davon 97 % der Körner in einer Spannweite von 4 cm.

Köckerling setzt eine vorlaufende Scharführung (Schneidscheibe) mit einer breiten Lauffläche ein. Das Gänsefußschar läuft dadurch ruhiger. Der Ablagebereich über 7 cm wird u.a. durch die unzureichende Tiefenführung der Blattfedernivelatoren hervorgerufen (siehe 4.1.2.1).

Die seitliche Scharführung, wie sie bei John Deere eingesetzt wird, weist eine geringe Schwankungsbereite auf und dies ohne eine vorherige Saatbettbereitung. Dieses System reagiert ortgleich mit dem Ablageort und arbeitet sehr genau. Das Ergebnis von diesem Aussaatssystem wird durch die oben genannten Kritikpunkte zur Messmethode verzerrt (Messung über mehreren Reihen).

Die Genauigkeit der Ablagetiefe wird durch die Saatbettbereitung und im Wesentlichen durch das eingesetzte Scharführungssystem beeinflusst. Die seitliche Scharführung zeigt hier besondere Vorteile, wird aber konstruktionsbedingt nur von wenigen Herstellern eingesetzt. Allgemein kann gezeigt werden, dass großvolumige Tiefenführungsrollen, d.h. großer Durchmesser und breite Lauffläche, den kleinen Führungsrollen in ihrer Präzision überlegen sind.

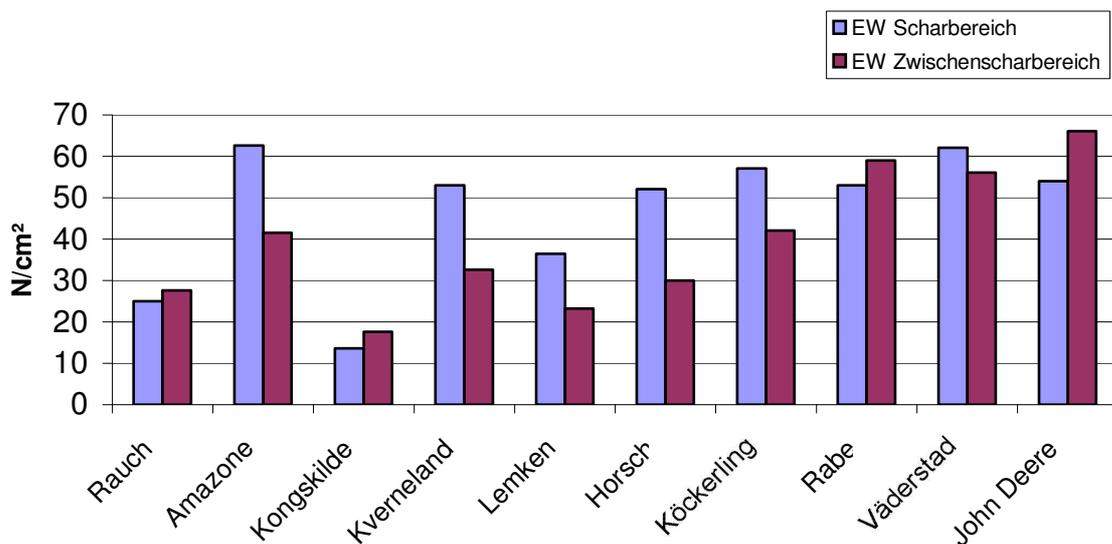
Eine genauere Aussage über die Führungsstabilität könnte z.B. mit der Erfassung von vertikalen Impulsen bei der Arbeit auf einer definierten Teststrecke getroffen werden. So

könnten systembedingte Einflüsse auf die Scharführung genauer analysiert werden. Weiterhin könnte durch eine Bonitur der Feldaufgänge nach der Aussaat die Ablagegenauigkeit der einzelnen Systeme näher analysiert werden.

Zum Bereich der Rückverfestigung lässt sich zusammenfassend zeigen, dass Systeme mit einer nachlaufenden Andruckrolle zu einer höheren Rückverfestigung im Saathorizont führen. Es zeigen sowohl die Systeme mit einer Andrückrolle, die in der Saatrille laufen, wie auch Systeme mit einem Andrückrad für zwei Reihen, wo die Reifenflanken für die verfestigende Wirkung sorgen, gute Wirkungen. Sie lassen einen klaren Ablagehorizont erkennen.

Bei einer streifenweisen Rückverfestigung mit Rillen- oder Keilringpackern werden von den einzelnen Packerringen höhere Drücke auf den Boden ausgeübt. Der Boden unterhalb des Schares ist deutlich fester und damit ist eine gute Wasserversorgung gewährleistet (z.B. System Amazone). Der lockere Boden zwischen den Packerringen lässt den Niederschlag gut in den Boden infiltrieren.

Abb. 59 zeigt einen Vergleich der Eindringwiderstände im Ablagehorizont. Geräte mit einer passiven Saatbettbereitung zeigen in der Tendenz ein höheres Niveau der Rückverfestigung im dargestellten Bereich. Die Schare dieser Drillmaschinen werden aus bereits erwähnten Gründen mit einem höheren Schardruck versehen bzw. nutzen die Andruckrollen als Fahrwerk (System Horsch, Väderstad).



**Abb. 59:** Vergleich der Eindringwiderstände im Ablagehorizont

## 5. Zusammenfassung

Im Rahmen einer Landesvorführung von Universaldrillmaschinen der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein wurden Daten zur Ablagegenauigkeit und zur Rückverfestigung erhoben.

Ziel der Untersuchung war es, systemgebundene Einflussfaktoren auf die Ablagegenauigkeit und der Saatbettgestaltung zu analysieren.

Im praktischen Einsatz von Universaldrillmaschinen werden hohe Ansprüche an die Präzision und an die Funktionssicherheit der Säorgane gestellt. Sie müssen eine genaue Ablage des Saatgutes sowohl bei einer Mulchsaat als auch nach einer wendenden Bodenbearbeitung und auch bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten (> 12 km/h) gewährleisten, d.h. sie müssen verstopfungsfrei arbeiten und genau in der Tiefe geführt werden. Die Saatbettbereitung und die Aussaat sollten u.a. aus arbeitswirtschaftlichen Gründen und somit aus der Notwendigkeit der Kosteneinsparung in einem Arbeitsgang erfolgen, so dass die eingesetzten Werkzeugkombinationen ein ausreichend gekrümeltes und rückverfestigtes Saatbett schaffen müssen. Für eine gute Arbeitsqualität der Vorwerkzeuge sind hohe Arbeitsgeschwindigkeiten erforderlich und somit hohe Zugkräfte. Schlupf und starke Spurtiefen des Zugfahrzeuges sind zu vermeiden, da sie oft nur unzureichend gelockert bzw. egalisiert werden und das Drillbild erheblich verschlechtern.

Universaldrillmaschinen sind in der Regel mit Scheibenscharen in unterschiedlichen Ausführungen ausgestattet, da sie verstopfungsfrei arbeiten und vielseitiger einsetzbar sind.

Die Säorgane müssen exakt in der Tiefe geführt werden, um eine gleichmäßige Ablagetiefe zu gewährleisten. Die Tiefenführung kann durch vorlaufende, seitliche oder nachlaufende Stützräder erfolgen. Die Einbettung des Saatkornes erfolgt durch nachlaufende Stützrollen, die das Saatkorn gezielt in der Saattrille andrücken und für den nötigen Bodenschluss sorgen. Eine abschließende Bedeckung des Samens mit Feinerde wird durch Zustreicher in Form von Exaktstriegeln erreicht.

Die Saatgutablage erfolgt im allg. auf einem rückverfestigten Bodenhorizont, damit der Anschluss des Saatkornes an Kapillarwasser gewährleistet ist. Zum Erreichen eines gleichmäßigen Feldaufganges ist u.a. eine einheitliche und der Kultur entsprechende Ablagetiefe notwendig. Unzureichende Ablagegenauigkeiten werden meist durch vertikale Scharbewegungen, schlechte Saattrillenräumung oder durch zu aggressiv eingestellte Striegel verursacht.

Die Qualität des Saatbetts kann mit Parametern wie die Lagerungsdichte und das Porenvolumen beschrieben werden, da diese beiden Kennzahlen einen großen Einfluss auf das Wurzelwachstum von den meisten Kulturpflanzen ausüben. Die Intensität der Saatbettbereitung muss Standort spezifisch erfolgen (Vermeidung von Verschlemmung, Gasaustausch).

Die Ablagegenauigkeit wurde anhand der Hobelmethode nach Breitfuss analysiert und durch entsprechende Bodenproben die Lagerungsdichte und das Porenvolumen bestimmt. Die Rückverfestigung wurde mit dem Penetrometer bestimmt.

Bei der Analyse der Ablagesysteme wird deutlich, dass neben der Scharführung auch die vorgeschalteten Bearbeitungswerkzeuge einen entscheidenden Einfluss haben. Je ebener diese die Oberfläche hinterlassen, umso genauer kann die Scharführung arbeiten. Der Einsatz einer Spatenrolle kann auf bestimmten Standorten Probleme

bereiten. Bei der Betrachtung der Scharführung zeigen Systeme mit einer seitlichen Scharführung eine höhere Präzision als nachlaufenden Stützrädern. Sind diese wiederum groß dimensioniert (Durchmesser und Breite) erhöht sich deren Führungsstabilität bzw. Genauigkeit, da sie nicht auf jede Bodenunebenheit reagieren. Zur Rückverfestigung kann festgehalten werden, dass die Scharsysteme mit einer nachlaufenden Scharführung bzw. Andrückrolle zu einer Erhöhung der Rückverfestigung im Saathorizont führen. Die Systeme unterscheiden sich durch die Breite der Andrückrolle und durch deren Ballastierung (Andrückrad = Fahrwerk). Horsch verwendet z.B. ein schmales Andrückrad je Saatrille. Bei dem System von Väderstad hingegen werden zwei Schare durch ein Führungsrad getragen. Dies ist so angeordnet, dass jeweils die Reifenflanken auf der Saatrille laufen.

## 6. Literatur

- AUERNHAMMER, H. (1998): Sätechnik für Getreide und Reihenkulturen. aid, 1368
- BOLL, E. (1988): Elektrotechnik an Drillmaschinen. KTBL-Schrift 322, Darmstadt (Diss. Kiel)
- BREITFUß, J. (1954): Untersuchung über die gleichmäßige Tiefenlage der Saat von Rübensärgäten. Landtechnische Forschung, 4 S. 82-86
- BREITFUß, J. (1955): Gleichmäßige Tiefenlage des Saatgutes. Landtechnik, 10.Jg., S. 100f
- BRINKMANN, W. (1977): Technik bei der Aussaat von Rüben und Mais. KTBL-Schrift 112, Neuzeitliche Bestelltechnik, S. 106-118
- CZERATZKI, W. (1972): Die Ansprüche der Pflanzen an den physikalischen Bodenzustand. Landbauforschung Völkenrode, 22. Jg., H.1, S. 29-36
- EHLERS, W. (1982): Bedeutung des Bodengefüges für das Pflanzenwachstum bei moderner Landbewirtschaftung. Mitteilung Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft, 34, S. 115-127
- EICHHORN, H. (1985): Landtechnik. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- ERIKSON, J., HAKANSSON, I., DANFORS, B. (1974): The Effect of soil compaction on soil structure and crop yields. Swedish Institute of Agriculture Engineering, Bulletin 354
- GRIEPENTROG, H.-W. (1994): Saatgutzuteilung von Raps. Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik. Kiel
- HEEGE, H.-J. (1973): Getreidebestellung. Bodenbearbeitung – Sätechnik – Kombination von Arbeitsgängen. DLG-Verlag, Frankfurt/Main
- HEEGE, H.-J. (1974): Tiefenablage der Körner bei der Getreidebestellung. Landtechnik, 29. Jg., H 3, S. 115-120
- HEEGE, H.-J. (1978): Getreidebestellung aktuell. DLG-Verlag, Frankfurt/Main
- HEEGE, H.-J. (1986): Anforderungen an die Saatgutablage. VDI/MEG-Kolloquium Landtechnik, Heft 3 Bodenbearbeitung und Saat, Düsseldorf

- KOPECKY (1912): Luftkapazitätsanspruch der Kulturpflanzen. In: Kuntze, H. Niemann, J. Roeschmann, und G. Schwerdtfeger 1981: Bodenkunde 2. Auflage, S. 235, Ulmer Taschenbuch Verlag, Stuttgart
- KTBL-Arbeitsgruppe (1993): Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung und Bestellung. KTBL-Schrift 0236 (überarbeitet), Sonderdruck aus Landtechnik, H. 1/2
- KTBL-Schrift 383 (1999): Sätechnik und Säverfahren, Darmstadt
- N.N. (1987): Soil Cone Penetrometer, ASAE Standard: ASAE S 312.2
- OEHMICHEN, J. (1983): Pflanzenproduktion. Band 1: Grundlagen. Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg. S. 79-88
- RADEMACHER, T. (1990) Der Einfluss von Einbettungs- und Bedeckungswerkzeugen am Zuckerrüben-Einzelkornsägerät auf den Feldaufgang und den bereinigten Zuckerertrag. Institut für Landtechnik, Bonn
- SATTELMACHER, B. (2001): Skript der Vorlesung: Grundlagen der Pflanzenernährung, S. 19, Universität Kiel
- SCHACHTSCHABEL; P.; Blume, H.-P.; Brümmer, G.; Hartge, K.H.; Schwertmann, U. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 12. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, S. 141-144; S. 180-181
- SCHMIDT, D. (1991): Vergleich verschiedener Getreidesaatgutablagetechniken für die Kombination mit einem Zinkenrotor unter besonderer Berücksichtigung der Ablage in den Erdstrom, Diss. Gießen
- TEEBRÜGGE, F. (1986): Systemvergleich unter landtechnischen Aspekten. VDI/MEG Kolloquium, Tagung Gießen, H. 3, S. 23-34
- UPPENKAMP, N. (2003) Universaldrillmaschinen als Einstieg in die Mulchsaat, DLG-Mitteilungen
- VOßHENRICH, H.-H.: Sätechnik für Körnerfrüchte und Legetechnik für Kartoffeln, S. 95-116
- Voßhenrich, H.-H. (1995): Vergleich zwischen Pflug-Kreiselegge-Drillsaat und Frässlensaat. Habil. Kiel
- WEIßBACH, M. (2002): Anforderung an die Sätechnik – Saatbettqualität und Rückverfestigung im Sähorizont. Katalog zur Landesvorführung „Universaldrillmaschinen“, Landwirtschaftskammer Schl.-Holst.
- WILLER, S-M. (1998): Auswirkung der Strohplatzierung auf das Keimverhalten von Getreide und Raps. Diss. Kiel



