



## **Teilflächenspezifische Aussaat von Zuckerrüben**



**Prof. Dr. Edmund Isensee**  
**Prof. Dr. Yves Reckleben**

## **Teilflächenspezifische Aussaat von Zuckerrüben**

September 2008

Prof. Dr. Edmund Isensee war Leiter des Institutes für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Christian-Albrechts-Universität Kiel.

Prof. Dr. Yves Reckleben ist Professor für Agrartechnik an der Fachhochschule Kiel, Fachbereich Agrarwirtschaft und Geschäftsführer des RKL.

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis einer von der Prof.-Udo-Riemann-Stiftung geförderten Untersuchung im Rahmen der Diplomarbeiten von Alexanker Klein und Björn Greving im Fachgebiet Agrartechnik am Fachbereich Agrarwirtschaft der Fachhochschule Kiel.

Ziel der Prof.-Udo.-Riemann-Stiftung ist angewandte Forschung und praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der landwirtschaftlichen Verfahrenstechnik zu unterstützen.

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Prof. Dr. Yves Reckleben

Am Kamp 13, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-847940, Fax: 04331-847950

Internet: [www.rkl-info.de](http://www.rkl-info.de); E-mail: [mail@rkl-info.de](mailto:mail@rkl-info.de)

Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiges Beratungsunternehmen mit dem Ziel, Erfahrungen zu allen Fragen der Rationalisierung in der Landwirtschaft zu vermitteln. Dazu gibt das RKL Schriften heraus, die sich mit jeweils einem Schwerpunktthema befassen. In vertraulichen Rundschreiben werden Tipps und Erfahrungen von Praktikern weitergegeben. Auf Anforderung werden auch einzelbetriebliche Beratungen durchgeführt. Dem RKL sind fast 1400 Betriebe aus dem ganzen Bundesgebiet angeschlossen.

Wer mehr will als andere, muss zuerst mehr wissen. Das RKL gibt Ihnen wichtige Anregungen und Informationen.

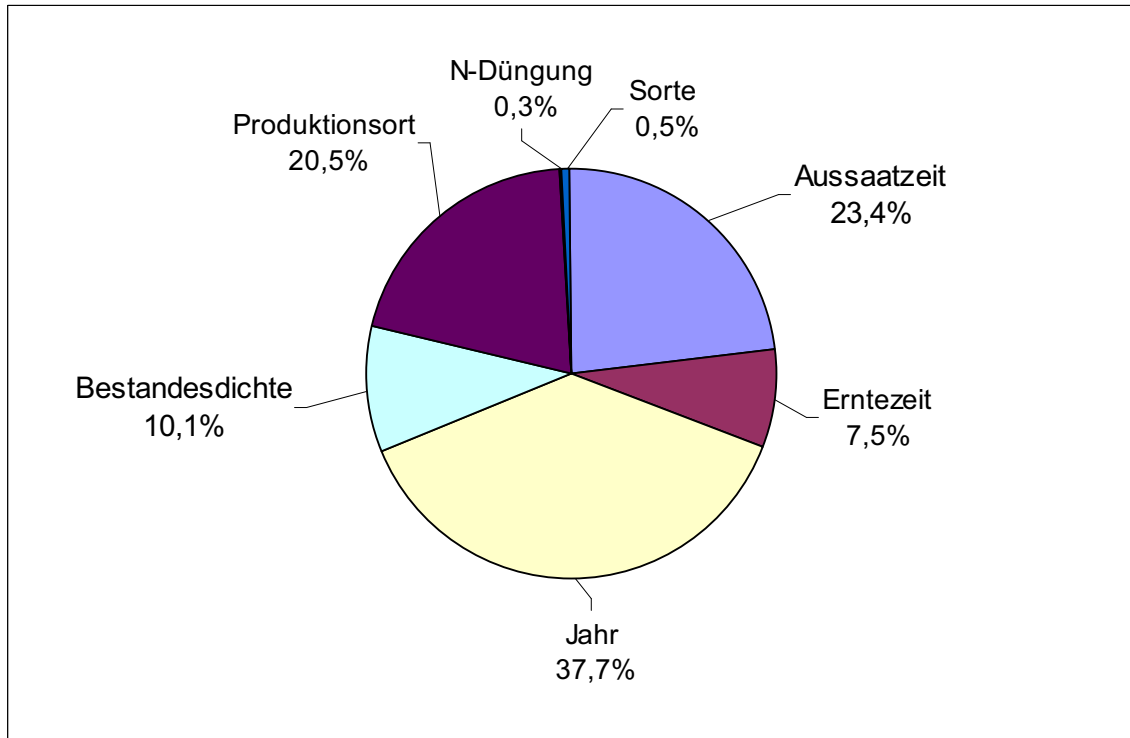
<b>Gliederung</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Einführung.....</b>	<b>421</b>
<b>2. Unterschiede im Ertrag .....</b>	<b>422</b>
<b>3. Feldaufgang, Bestand und Boden.....</b>	<b>424</b>
<b>4. Versuchsanlage .....</b>	<b>425</b>
<b>5. Ergebnisse zum Bestand .....</b>	<b>428</b>
5.1 Genauigkeit der Ablage .....	428
5.2 Feldaufgang.....	428
5.3 Optische Bonitur .....	432
<b>6. Ergebnisse zum Ertrag.....</b>	<b>435</b>
6.1 Rübenform.....	436
6.2 Zuckergehalt.....	438
6.3 Einzelrüben und Ertrag .....	439
6.4 Roden und Ertragserfassung .....	440
7.0 Ergebnisse zum Ertrag .....	442
8.0 Literatur .....	442

## **1. Einführung**

Die Technik zur GPS-Ortung und Bewirtschaftung unterschiedlicher Teilflächen ist seit langer Zeit im Getreidebau eingeführt. Welche Chancen bestehen für die Produktionstechnik der Rüben? Durch den gestiegenen Aufwand an Betriebsmitteln im Rübenanbau sind auch hier größere Effekte durch eine angepasste Intensität bei der Bewirtschaftung – speziell der Aussaatstärke – zu erwarten.

Die Rübe reagiert sensibel auf Eigenschaften des Standorts und der Witterung des Jahres. Die Abbildung 1 stellt die Faktoren, die direkt von der Verfahrenstechnik zu beeinflussen sind sowie den Jahreseffekt dar.

Der Anteil für den Produktionsort mit 20,7 % wirkt auf den Schlag verschieden, da der Boden auf einen Schlag zwischen sandigen oder lehmigen Teilflächen wechselt. Die Krumentiefe ändert sich, ebenfalls das verfügbare Wasser.



**Abb. 1:** Einfluss verschiedener Faktoren auf die Qualität (Marländer, 1991)

Die Unterschiede in der Bestandsentwicklung fallen dem Praktiker während der Vegetation auf. Wie sich dies im Ertrag äußert, belegen die Flächen die ein Roder mit Ertragsmessung geerntet hat.

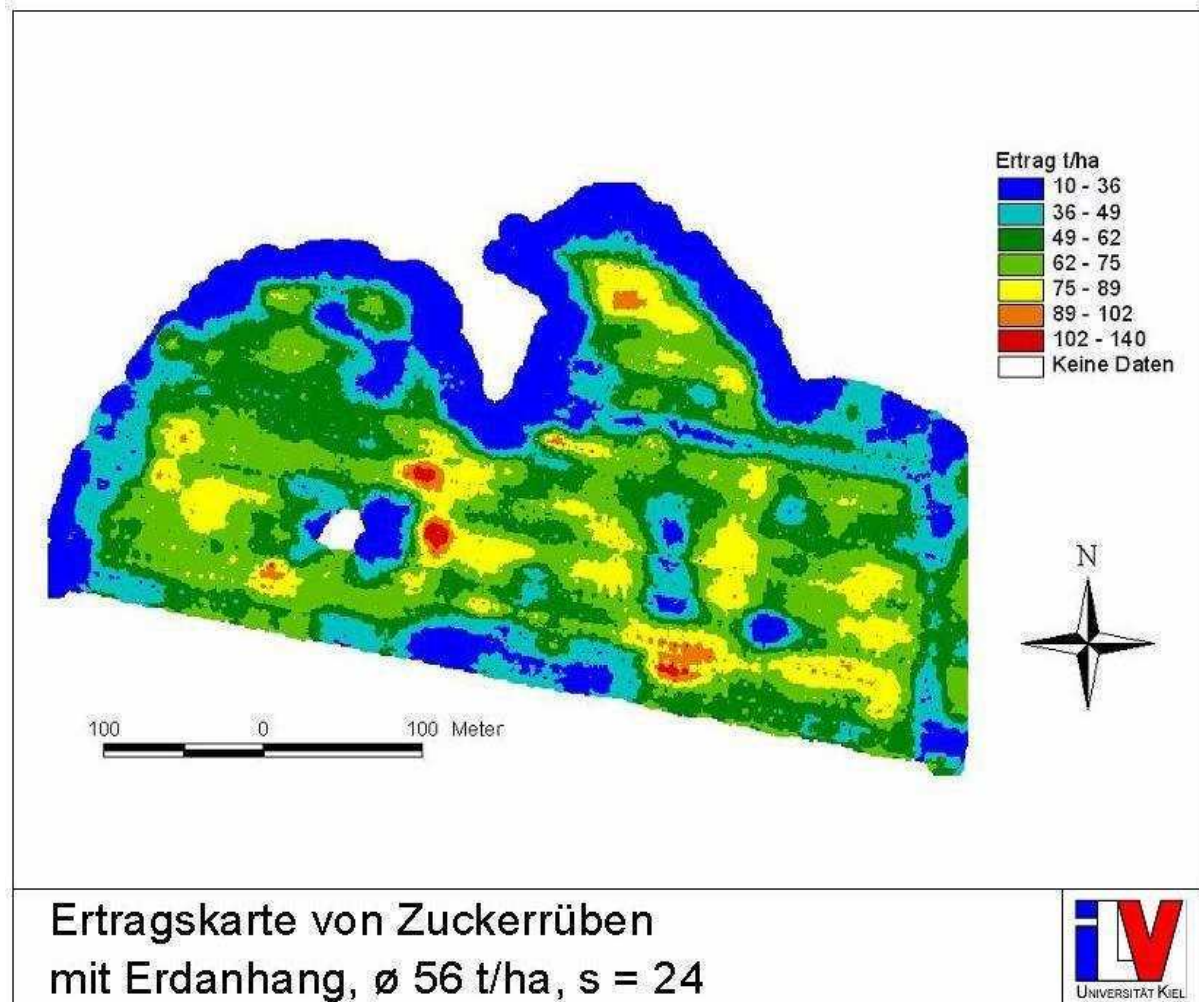
Also liegt es nahe, diese Unterschiede von Beginn an zu berücksichtigen. Dazu wurden in großtechnischer Versuchsanlage, nach den Methoden der On-Farm-Research (s. RKL-Schrift 4.1.0 S. 1327 ff) -Varianten zum Kornabstand auf wechselndem Boden untersucht.

## 2. Unterschiede im Ertrag

Aus Wissenschaft und Praxis sind die Potentiale bekannt, die „gute“ und „weniger gute“ Rübenböden bieten. Das belegen die Erträge aus den einzelnen Anbaugebieten, wie sie die Zuckerfabriken veröffentlichen. Hier gehen auch die Witterungsbedingungen, vornehmlich die Sonnenstrahlung und der Niederschlag mit ein.

Davon unbeeinflusst sind hingegen die Unterschiede auf dem gleichen Schlag. Sie können über den weiten Bereich von 20 bis 80 t/ha reichen (Abb. 2). Stets fällt der geringe Ertrag am Außenrand, meist zusätzlich vom Waldschatten oder Knick

beeinträchtigt. Das Vorgewende leidet bei zeitgemäßer Bewirtschaftung kaum noch unter Verdichtungsschäden; vielmehr reduzieren die Räder beim mehrfachen Wenden den Pflanzenwuchs und –bestand. Ein Streifen rundum von 20 bis 30 m Breite erbringt nur 20 bis 40 t/ha, und das angesichts der kleineren Rüben mit schlechterer Kopfqualität.

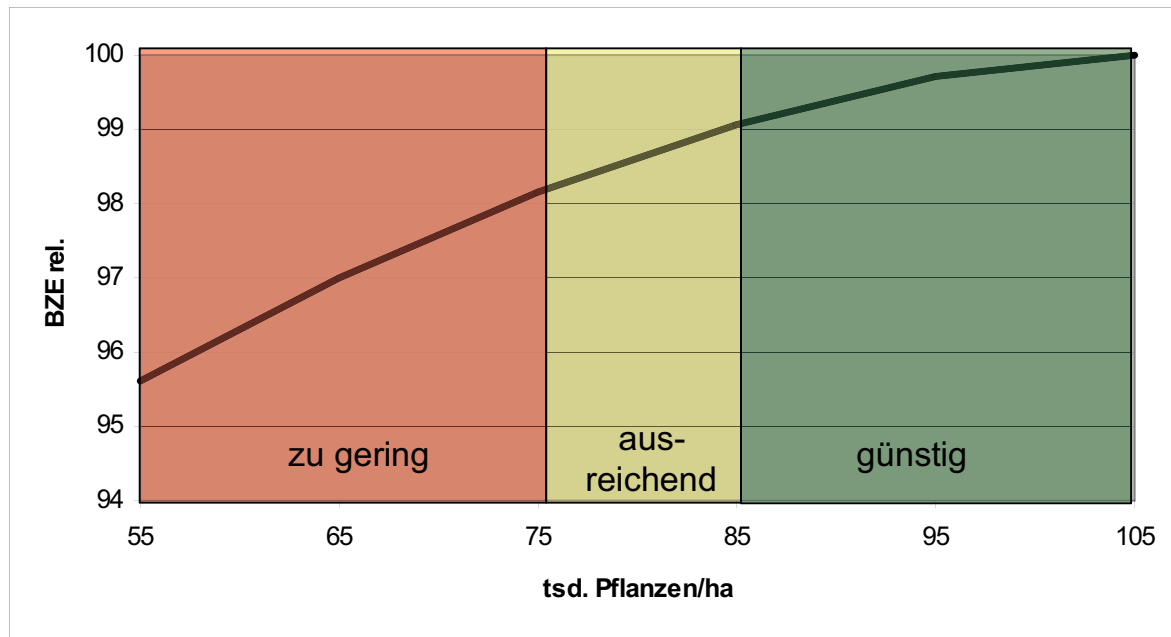


**Abb. 2:** Beispiel für eine Ertragskarte

Innerhalb des Schlages variieren die Erträge zwischen 50 bis 90 t/ha (inkl. Erdanhang). Quer durch den Schlag zieht sich eine Zone niedrigen Ertrages, verursacht von einer ursprünglich bestehenden Böschung. Die übrigen Teilflächen weisen Unterschiede auf, die unterschiedliche Ursachen haben mögen, ob Boden, Stärke der Krume, Nährstoffversorgung. Das Ausmaß der Differenzen reizt, die Faktoren zu analysieren, die die hohen Erträge erbringen. Diese wären zu fördern, die anderen zu meiden. Das wäre ein Weg, dem hohen Ziel von 80 t/ha und 18 % Zucker näher zu kommen. Aus anbautechnischer Sicht prüft die vorliegende Arbeit, ob die Sätechnik mit unterschiedlicher Ablageweite kompensatorische Wirkungen für die schwächeren Teilflächen erreicht.

### 3. Feldaufgang, Bestand und Boden

Der klassische Weg, einen hohen Ertrag zu erreichen, beruht auf der Pflanzenzahl je Hektar, also Feldaufgang und Ablageweite. Generell bieten über 80.000 Pfl./ha Aussicht auf einen ausreichenden Ertrag, anzustreben sind gemäß Abb. 3 ca. 90.000 Pfl./ha.



**Abb. 3:** Einfluss der Bestandesdichte auf den bereinigten Zuckerertrag (BZE) regionale Arbeitsgemeinschaften, IlfZ, 1996-98, n = 29

Der Aufgang unterliegt Risiken, die mit Bodeneigenschaften und der aktuellen Oberflächenstruktur zusammenhängen.

Auf tonigem Boden hinterlässt die Bearbeitung beispielsweise größere Kluten, leichter Boden dagegen ein feines Saatbett. Beide trocknen in unterschiedlichem Maße ab, beide liefern unterschiedlich das Kapillarwasser nach.

Also werden problematisch erscheinende Teilflächen doppelt bearbeitet. Die Intensität der Bearbeitung passt man über die Geschwindigkeit oder die Drehzahl angetriebener Geräte an. Die Sätechnik könnte sich wechselnden Verhältnissen anpassen, indem die Ablagetiefe jeweils verstellt wird mit dem Ziel: einerseits Anschluss an den kapillar wirksamen Horizont und andererseits die zweckmäßige Deckschicht zu gewähren.

Das Zusammenwirken von Pflanzenwachstum und Boden lässt sich über die angepasste Ablageweite berücksichtigen. Dazu bieten sich die Einzelkorn-Sägeräte an, die über eine elektrisch-elektronische Einstellmöglichkeit verfügen. Während der Fahrt wird die Ablage im vorgegeben Rahmen verstellt.

Als Voraussetzung benötigt die auf Teilflächen abgestimmte Aussaat zweierlei:

Die Flächen einzugrenzen und mit der Position der Maschine zu verknüpfen, ist Aufgabe der GPS-Ausstattung. Die Bodenart und andere ertragswirksame Parameter ergeben sich aus der Reichsbodenschätzung oder EM38-Messung.

Den realen Zustand des Bodens zu erfassen, wäre mit spezifischen Sensoren für das Mikro-Relief der Oberfläche, die Arbeitstiefe sowie den Feuchtegehalt möglich. Derartige Online-Systeme befinden sich noch im Experimentierstadium.

Das Gerät nach Abstand und Tiefe einzustellen, ist stets Sache des Landwirts aufgrund der aktuellen Einschätzung von Boden und Wetterlage. Das kann naturgemäß nicht vom Werk bzw. Hersteller aus erfolgen. Der Praktiker könnte also spezifisch für die Teilflächen Werte in den Steuerungs-Computer eingeben. Allerdings sind derzeit die entsprechenden Unterschiede noch ungewiss.

#### **4. Versuchsanlage**

Die Grundgedanken sind in einen praxiskonformen Versuch eingegangen, um das Ausmaß der genannten Faktoren erkennen zu können. Dieser Versuch wurde vom RKL organisiert; beteiligt waren die Nordzucker AG, der Lohnunternehmer Honermeier mit dem 23-reihigen Sägerät von Kverneland Monopill SF und dem Holmer-Rübenroder mit Ertragsfassung, Gut Quarnbek stellte die Fläche.

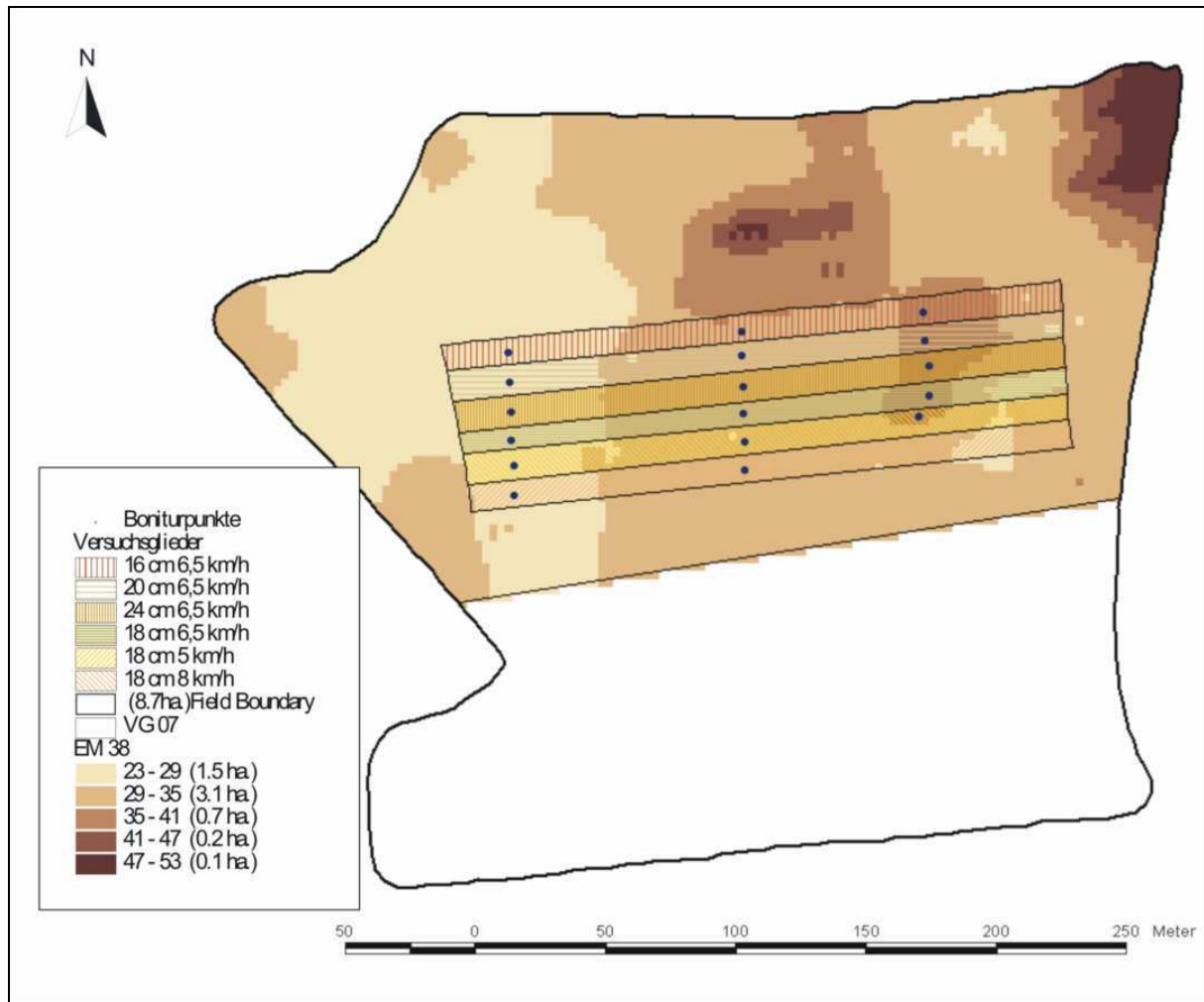
Als Versuchsfläche wurde ein Acker gewählt, der aufgrund der diluvial kuppigen Grundmoräne in Struktur und Art heterogene Teilflächen aufweist. Innerhalb des Praxisschlages von knapp 10 ha wurde die Versuchsfläche so eingemessen, dass die unterschiedlichen Böden über die vorgesehenen Varianten reichten.

Um die Unterschiede des Bodens zu messen, wurde das EM38 (vgl. RKL-Schrift 4.1.0 S. 1225 ff) eingesetzt. Dieses Messgerät erfasst kontinuierlich und flächendeckend die Leitfähigkeit des Bodens, gemittelt bis zur Tiefe von etwa 2 m. Dieser elektromagnetische Messwert (mS) korreliert mit der Textur des Bodens: geringe Werte deuten auf Sand, hohe auf Ton. Das Gesamtniveau wird vom Wassergehalt des Bodens beeinflusst – hier ohne Belang, da die Messfahrten im Frühjahr bei gesättigtem Boden durchgeführt sind. Man erhält also im Grunde nur relative Werte, nach denen steigende Leitfähigkeit höhere Feinerdeanteile bedeutet. Generalisierend lassen sich folgende Beziehungen nennen:

- unter 15 mS/m ~ Sande
- 10 - 30 mS/m ~ lehmige Sande bis sandige Lehme
- über 35 mS/m ~ Tone

Für den Versuch wurden die Messwerte in 5 Klassen von 23 bis 53 mS aufgeteilt. Deren Ausmaß wird in Abbildung 4 in verschiedenen Farben dargestellt.





**Abb. 4:** Teilflächen und Varianten der Versuchsanlage

Daraus werden drei Bodenvarianten mit leicht  
mittel  
schwer

abgeleitet. Sie reichen über alle Varianten, wie aus Abb. 4. ersichtlich ist. Diese Varianten sind als Langparzelle mit einer Breite von 24 Reihen angelegt. Das passt zur praxismäßigen Arbeitsweise, nämlich die Hin- und Rückfahrt mit dem Sägerät nicht zu unterbrechen

Aufgrund der aus den GPS-Daten erstellten Karte lassen sich die Punkte festlegen, an denen manuell Zählungen oder Beprobungen stattfinden sollen (blaue Punkte in Abb. 4).

Die Sätechnik soll die unterschiedliche Bestandesdichte erbringen. Als engste Ablage sind 16 cm vorgesehen, um die Köpf- und Rodequalität für die Ernte und die Gewichtserfassung zu sichern. Die Abstufung beträgt 4 cm, also 16 – 20 – 24 cm, damit die erwünschte Differenz größer ist als die Streuung. Allerdings ändert sich dann die zu erwartende Pflanzenzahl ebenfalls um 20 %. Im Versuch geht man mit

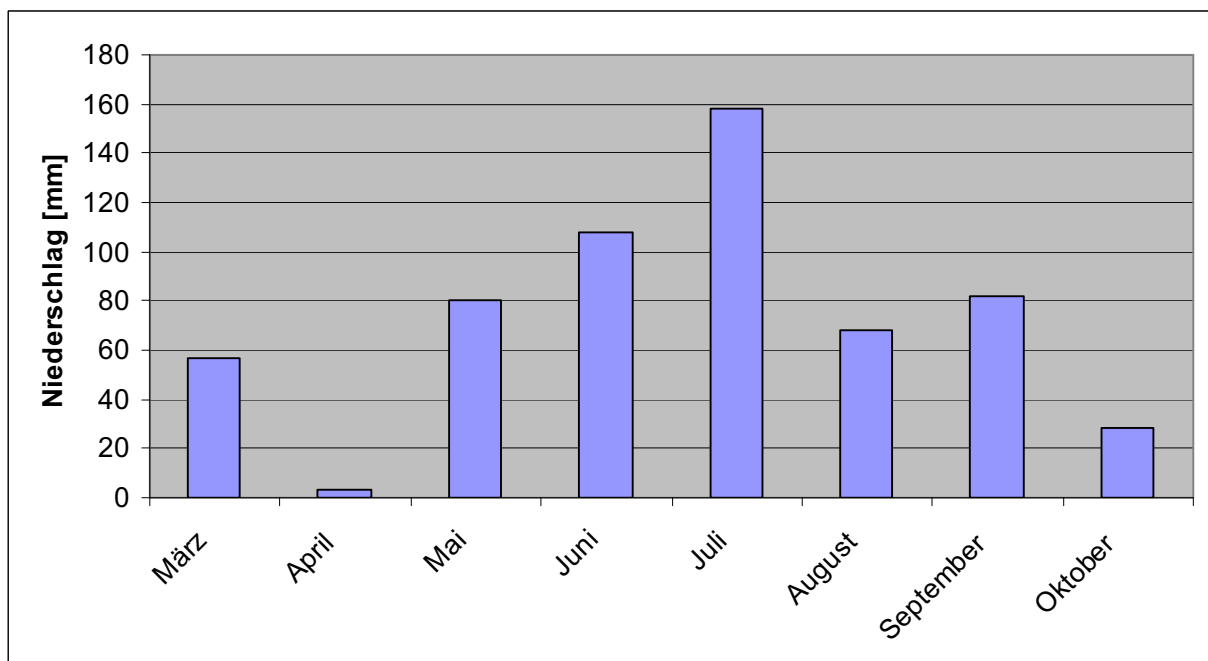


der minimalen wie maximalen Einstellung gern über den üblichen Rahmen hinaus, um deutliche Reaktionen zu erzielen. Zusätzlich bildet ein Streifen mit 18 cm die Referenz für das betriebsübliche Verfahren. Diese Variante wurde zusätzlich mit 2 Geschwindigkeiten, 5 und 8 km/h angelegt, um einen Einfluss der Geschwindigkeit zu prüfen. Die übrigen Versuche wurden in angemessener Weise einheitlich mit 6,5 km/h gefahren.

Als Sägerät wurde das elektrisch einzustellende Monopill SF von Fa. Kverneland genutzt. Damit lassen sich die gewünschten Abstände schnell einstellen – auch während der Fahrt, um Teilflächen zu berücksichtigen. Hier jedoch blieb über die Langparzelle hin die Einstellung konstant, es wechselte aber der Boden.

Der Acker war wenige Tage vor der Saat mit dem Grubber tiefgelockert, um den sehr feuchten Boden trocknen zu lassen. Die später folgende, über Wochen andauernde Trockenheit verhinderte jedoch, dass die groben Krümel auf schwerem Boden zerstört wurden. Damit blieb der teilflächenspezifische Effekt des Bodens lange wirksam.

Angesichts ihrer Bedeutung werden die Niederschläge im Verlauf der Vegetation in Abb. 5 wiedergegeben, aufgezeichnet von der nahe gelegenen Station Ostenfeld.



**Abb. 5:** Monatliche Regenmenge in 2007

Die Ergebnisse gehen kurz auf die Ablagegenauigkeit ein, ausführlich auf den Verlauf des Feldaufgangs und die daraus folgende Bedeckung. Der folgende Abschnitt umfasst die Daten zur Ernte.

## 5. Ergebnisse zum Bestand

### 5.1 Die Genauigkeit der Ablage

Der Abstand zwischen den aufgelaufenen Reihen kennzeichnet die Qualität der Ablage. Dieser Abstand sollte identisch sein mit der gewählten Einstellung. Tatsächlich wichen die Messwerte um 2 bis 3 cm voneinander ab. Diese Spannweite erscheint zu hoch, mag aber von den groben Kluten im Saatbett verursacht sein.

Ablageweite	Bodenteilflächen					
	leicht		mittel		schwer	
	MW	StabW	MW	StabW	MW	StabW
24 cm	<b>23.3</b>	1.3	<b>23.7</b>	1.6	<b>23.4</b>	2.0
20 cm	<b>20.2</b>	2.4	<b>20.0</b>	2.0	<b>20.6</b>	3.0
18 cm	<b>18.0</b>	3.0	<b>17.7</b>	2.1	<b>18.3</b>	2.9
16 cm	<b>16.7</b>	2.8	<b>16.4</b>	2.1	<b>16.6</b>	3.1

**Tab. 1:** Spannweite der Ablagegenauigkeit auf unterschiedlichen Bodenteilflächen

Die optimale Ablageweite war nach Tab. 1 die 24 cm-Variante. Hier sind die geringsten Standardabweichungen zu finden, wie auch Versuche aus Dänemark zeigen (vgl. Griepentrog et al: Seed Mapping of Sugar Beet)

Die erhöhte Geschwindigkeit beeinträchtigt entgegen der Erwartung die Ablage nicht. Das mag am guten Gerät liegen, das hohe Geschwindigkeit toleriert. Das mag von der ungünstigen Krümelstruktur überlagert sein.

Ablageweite	Geschwindigkeit	Bodenteilflächen					
		leicht		mittel		schwer	
		MW	StabW	MW	StabW	MW	StabW
18 cm	5 km/h	17.9	3.1	18.1	1.7	18.0	2.1
<b>18 cm</b>	<b>6.5 km/h</b>	<b>18.0</b>	<b>3.0</b>	<b>17.7</b>	<b>2.1</b>	<b>18.3</b>	<b>2.9</b>
18 cm	8 km/h	18.2	2.9	17.9	2.0	18.1	3.1

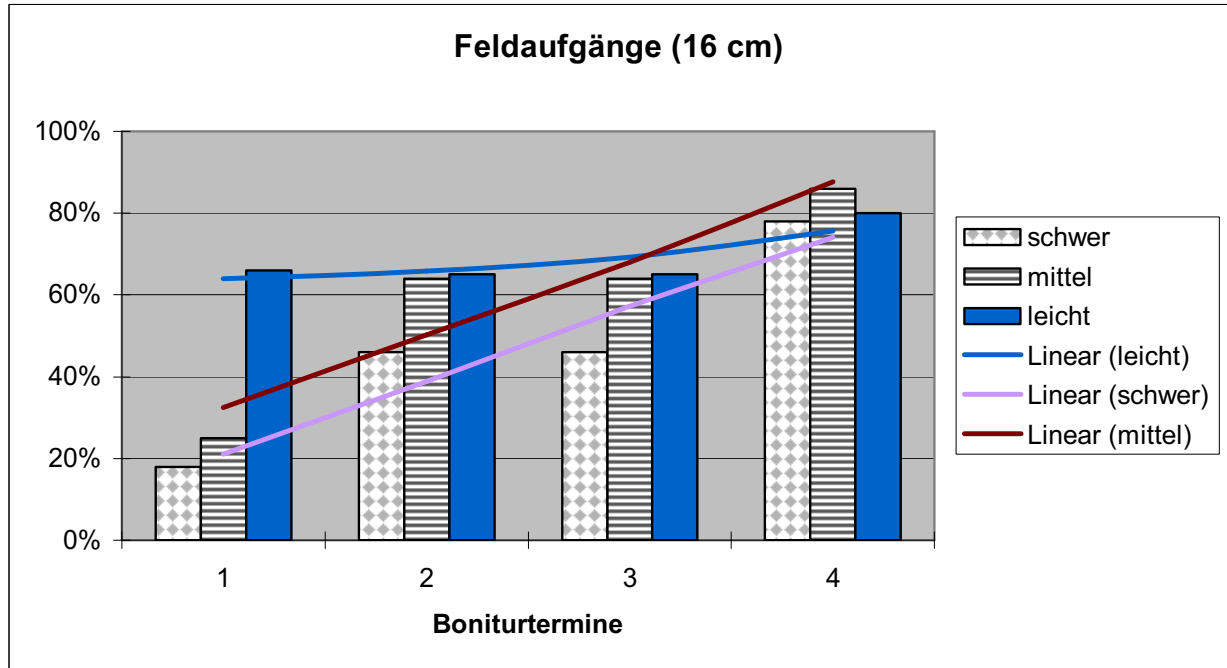
**Tab. 2:** Einfluss der Geschwindigkeit auf die Ablagegenauigkeit

### 5.2 Feldaufgang

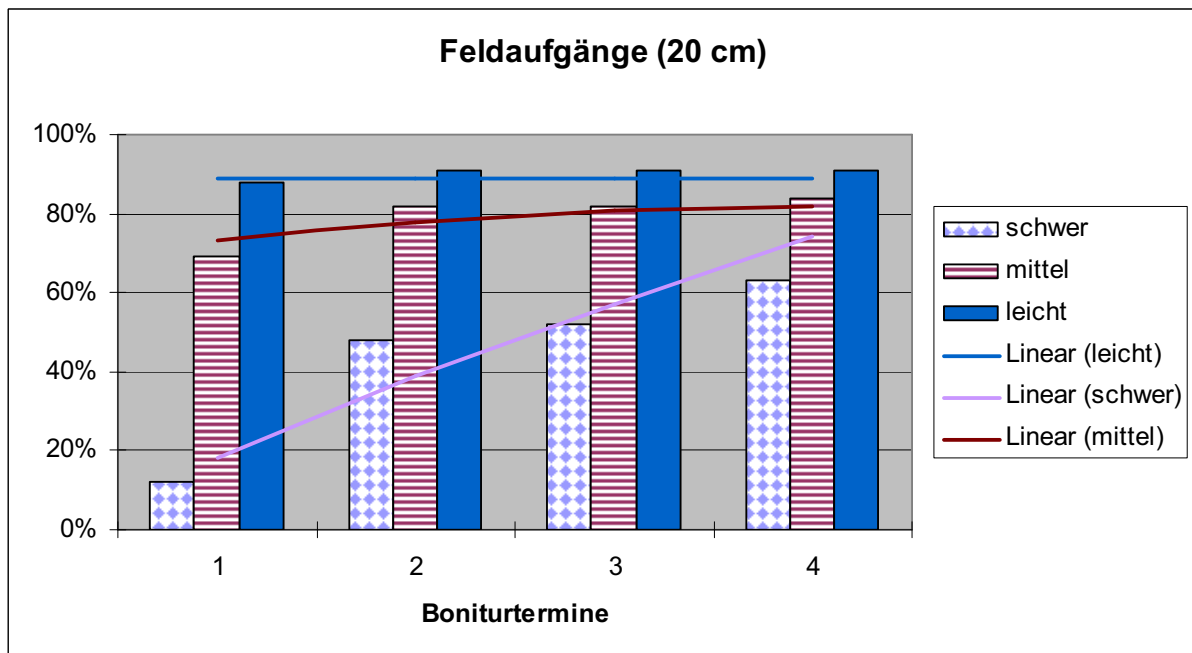
Die Pflanzen wurden an der festgelegten Boniturposition gezählt und zwar 4 Reihen mit jeweils 4 m Länge. Diese Zahl wurde auf die rechnerisch gemäß Ablageweite ermittelte Körnermenge je Fläche bezogen und in % als Feldaufgang ausgedrückt.

Die Pflanzen laufen nach und nach auf, je nach Triebkraft des Saatgutes und vor allem der Keimbedingungen rund um das Korn. Daher wurde mehrmals im Abstand von einer Woche gezählt.

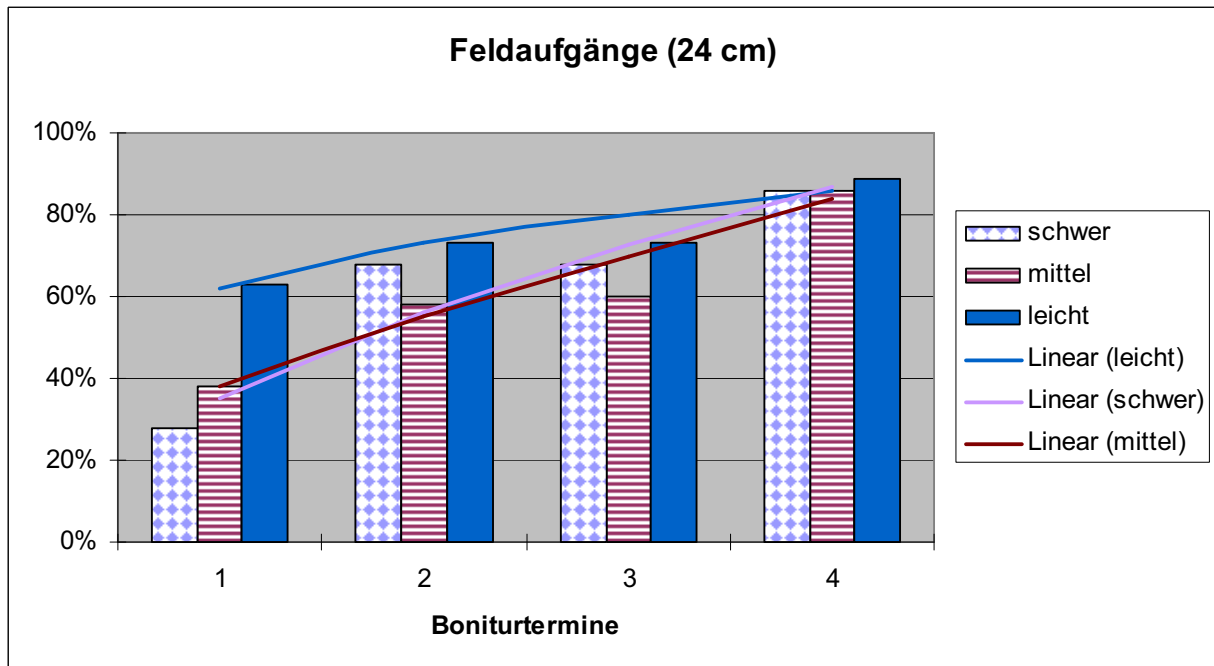
Die erste Zählung fand am 7. Mai, also 35 Tage nach der Aussaat am 4. April statt, als die ersten Rüben aufgelaufen waren. Die Ergebnisse werden als Grafik mit Säulen für die Bodenarten und mit einer Trendlinie dargestellt, die den Zugewinn über die Zeit verdeutlicht. Die Abbildungen 6, 7 und 8 für die 3 Ablagevarianten 16 – 20 - 24 cm werden gemeinsam besprochen.



**Abb. 6:** Feldaufgang bei 16 cm Ablage



**Abb. 7:** Feldaufgang bei 20 cm Ablage



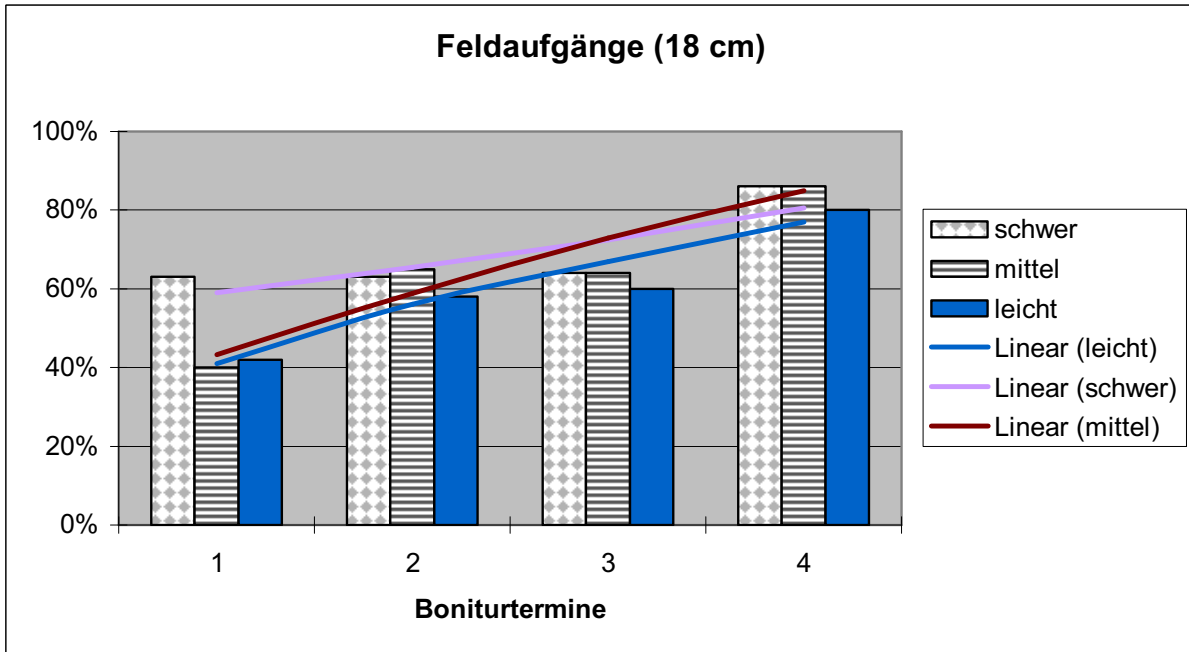
**Abb. 8:** Feldaufgang bei 24 cm Ablage

In allen Varianten erbringt der schwere Boden folgende Ergebnisse: zu Beginn mit 7 bis 25 % ein sehr niedriger Aufgang, ganz offensichtlich von der groben Oberfläche verursacht. Körner liegen zwischen den ausgetrockneten Kluten. Der folgende Niederschlag im Mai, insgesamt 80 mm, zeigt zur zweiten Bonitur am 14. Mai deutliche Effekte mit 46 bis 66 %. Gegen Ende der Zähl-Perioden erbringen alle Bodenvarianten das gleiche Niveau um 80 bis 90 % Feldaufgang.

Auf der anderen Seite steht der leichte Boden, der von Beginn an 60 bis 80 % aufweist. Der mittlere Boden hingegen liegt zunächst näher beim schweren.

Damit wird der Einfluss der Bodenart und der daraus resultierenden Bearbeitungsstruktur überdeutlich. Auf der rauen Oberfläche hätte das Sägerät tiefer arbeiten müssen, um die kapillare Zone zu erreichen. Der Praktiker hat sich zu einer mittleren, für den ganzen Schlag geeigneten Einstellung entschieden. Eine an die Gegebenheiten angepasste Tiefenstreuung wäre hilfreich gewesen.

Dieser Effekt tritt auf der betriebsüblich mit 18 cm angelegten Fläche nur geringfügig auf (Abb. 9).



**Abb. 9:** Feldaufgang betriebsübliche 18 cm Ablage

Dort setzt die problematische Variante mit 60 % sogar höher als die beiden anderen ein. Danach halten sie sich auf gleichem Niveau und enden bei 80-85 %. Die Ursache dafür mag darin liegen, dass die Parzelle und damit der Bonitурpunkt am Rand der Teilfläche liegt (in Abb. 2 dunkel gefärbt), vermutlich im Übergang zur anderen Teilfläche.

Ein Einfluss des Ablageabstands auf den Feldaufgang ist nicht nachzuweisen. Aus all den Daten stellt Tabelle 3 nur die der letzten beiden Bonituren dar, denn in dieser Phase sind die Werte einigermaßen konsolidiert.

**Tab. 3:** Feldaufgang bei Varianten der Ablageweite

Ablage cm	Feldaufgang in %					
	leicht		mittel		schwer	
	1.	2.	1.	2.	1.	2. Termin
16	67	66	65	85	46	78
20	92	92	83	85	55	67
24	75	89	60	87	66	87
18	60	80	67	86	78	86

Dennoch schwanken sie recht stark zum gleichen Termin, ohne dass eine Ursache erkennbar wäre. Die Sätechnik selbst bleibt gleich, geändert wird nur der Abstand von Korn zu Korn. Und hier kann man eigentlich keinen Einfluss auf die Pflanzenzahl erwarten.

### 5.3 Optische Bonitur

Die heterogenen Zahlen werden z. T. erklärt von dem Bild, das der Bestand bietet. Das sei an Hand von Fotos, der Einzelpflanze sowie der Blattfläche erläutert.

Die Trockenheit hatte vor allem auf schwerem Boden zu einem sehr geringen, verspäteten Feldaufgang geführt. Das veranschaulicht als extremes Beispiel die Abbildung 10.



**Abb. 10:** Rübenbestand auf schwerem Boden (24 cm) am 29. Mai 2007

Darin sind einzelne große Pflanzen zu sehen, die zu Beginn aufgelaufen waren. Sie haben das Stadium 7.2 bis 7.3 erreicht, einzelne stehen mit 8 bereits in der Hauptwachstumsphase. Die kleinen, spät nach dem Regen aufgelaufenen Pflanzen, befinden sich noch im Stadium 5 bis 6. Diese Unterschiede können sich auf die Ausbildung des Rübenkörpers und sodann auf die Qualität der Köpf- und Rodetechnik auswirken.

Die Heterogenität in den Aufgangsbedingungen und im Bestand war in anderen Teilflächen weniger ausgeprägt wie Abbildung 11 für mittleren Boden zeigt.



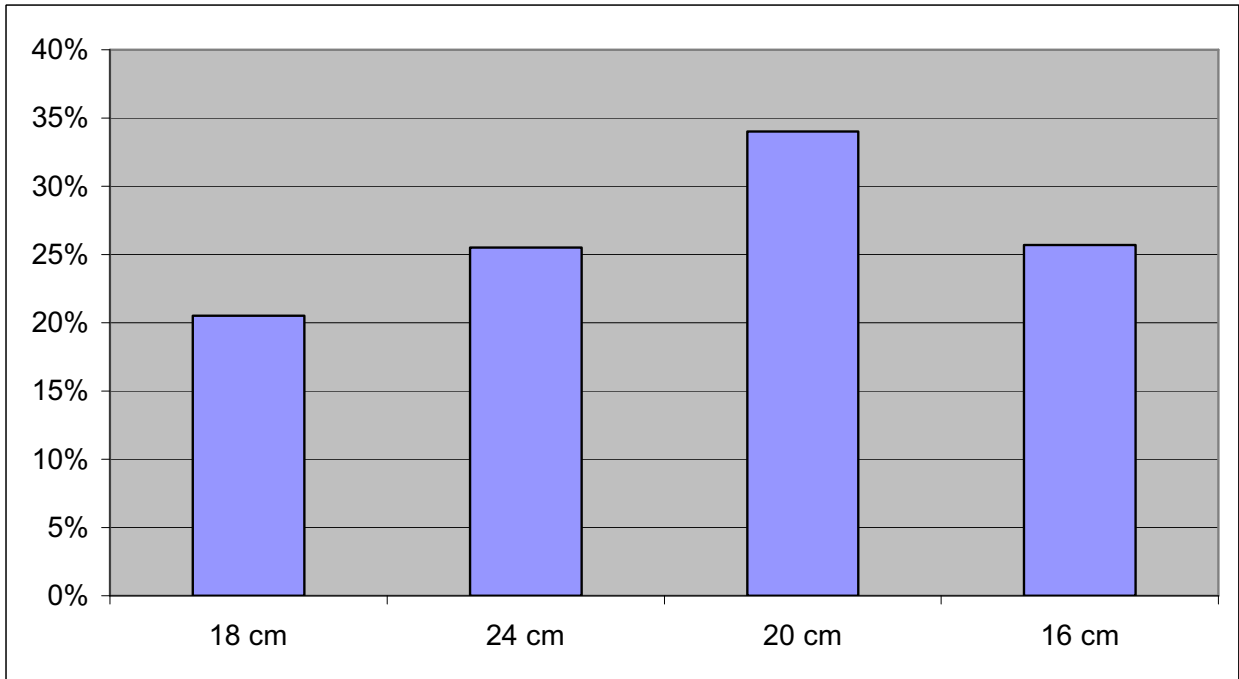
**Abb. 11: Rübenbestand (18 cm) auf mittlerem Boden am 29. Mai 2007**

Bei der Wahl den Bonitur-Positionen wurde darauf geachtet, nicht zufällig auf ein Extrem, ob Lücke oder Dichte, zu geraten.

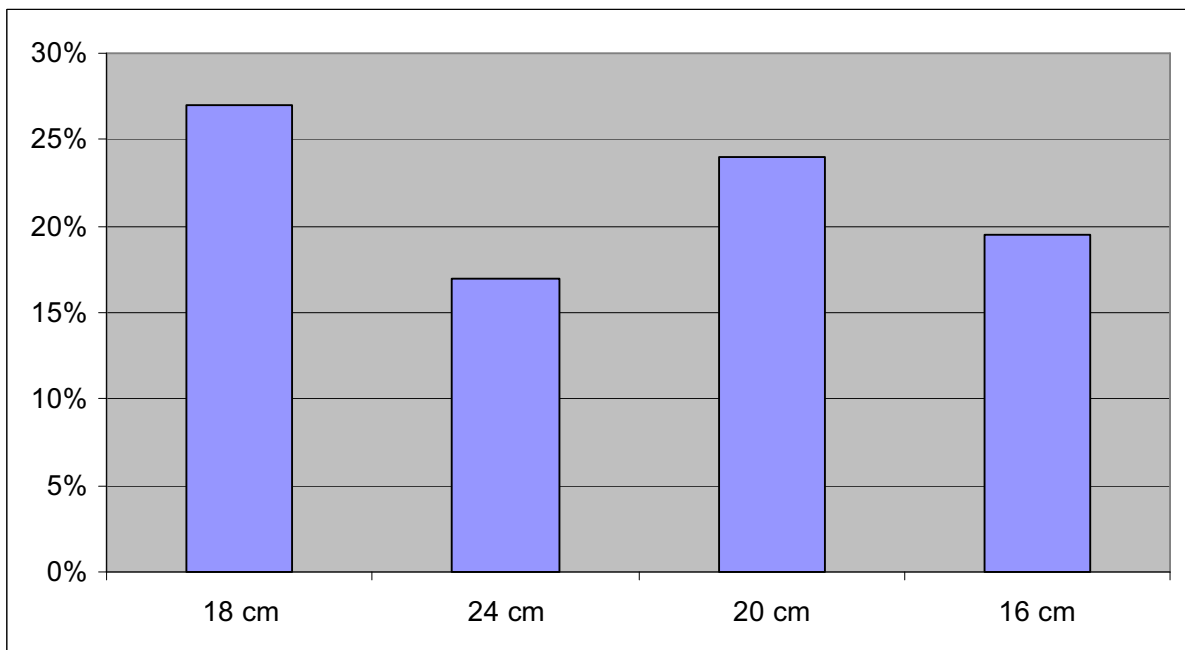
Zahl und Entwicklung der Pflanzen führen zu einer Blattfläche, die den Boden mehr oder minder bedeckt. Je mehr, desto besser wird die Sonnenenergie über die Photosynthese zum Aufbau der organischen Substanz, also letztlich Zucker genutzt. Dieser Bedeckungsgrad wird als Blattflächenindex (BFI) mit einem speziellen Gerät für einen Quadratmeter gemessen und in % ausgedrückt.

Die Messung wurde zum letzten Zähltermin durchgeführt, da der Feldaufgang abgeschlossen war. Die Ergebnisse werden für die Boden- und Ablage-Varianten in Abbildung 12, 13 und 14 zusammengefasst.

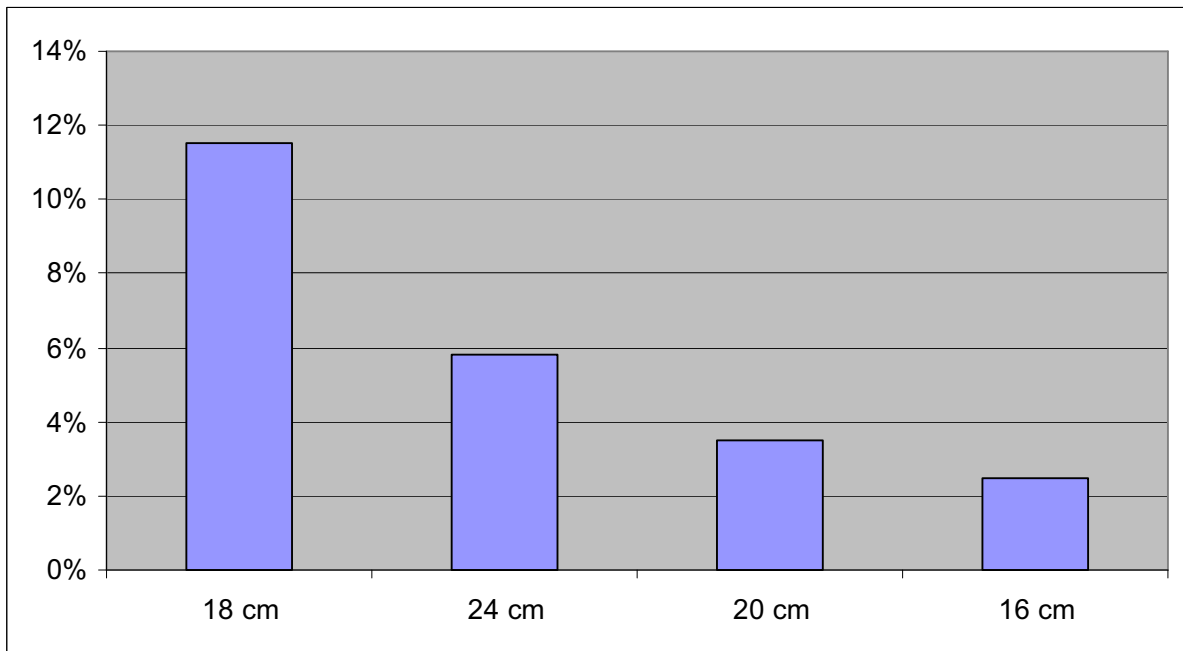




**Abb. 12:** Blattflächenindex auf leichtem Boden



**Abb. 13:** Blattflächenindex auf mittlerem Boden



**Abb. 14:** Blattflächenindex auf schwerem Boden

Der zügige Feldaufgang auf dem leichten Boden findet sich im hohen BFI wieder, die Ablageweite bzw. Pflanzenzahl bleibt praktisch ohne Einfluss. Auf mittlerem Boden liegt das Gesamtniveau niedriger, die Unregelmäßigkeit ist höher, nicht direkt von der Bestandesdichte beeinflusst. Dagegen fallen die Werte für schweren Boden stark ab als Folge des anfangs sehr geringen Aufganges. Nur die 18 cm-Variante steht besser da, wie bereits zu Abb. 9 erläutert war. Die Unterschiede deuten auf entsprechende Assimilationsleistung, müssten sich also auf den Ertrag auswirken.

Andererseits verspricht die Reihe ein gutes Ausgleichsvermögen für Lücken. Dies bestätigen die Messungen am 26. Juli. Auf allen Varianten erreichte der Bedeckungsgrad 99 %. Damit stand die gesamte Fläche mit dem Blatt für die Umsetzung der Sonnenenergie zur Verfügung.

## 6. Ergebnisse zum Ertrag

Der Ertrag wurde nach zwei Methoden ermittelt. Zu Beginn der Rodesaison wurden Einzelrüben gerodet, um die Einzelrübe nach Form und Inhaltsstoffen zu beurteilen. Außerdem lässt sich aus dem durchschnittlichen Gewicht der 20 Proberüben und der Pflanzenzahl je ha der Flächenertrag errechnen.

Zum späteren Rodetermin der gesamten Fläche hat die Messtechnik im Holmer-Rübenroder den Ertrag kontinuierlich erfasst, so dass er in der Auswertung den einzelnen Teilflächen zugeordnet werden konnte.

## 6.1 Rübenform

Unterschiede im Wuchsraum, ob systematisch durch Ablage oder zufällig durch Lücken verursacht, können sich auf Durchmesser und Form der Rüben auswirken. Daher wurden die Proberüben per Foto dokumentiert und bonitiert.

Die Rüben vom leichten Boden mit 20 cm Ablage profitieren vom guten Feldaufgang. Sie weisen, wie Abbildung 15 veranschaulicht, einen gleichmäßig mittleren Durchmesser auf. Nur wenige zeigen Beinigkeit bzw. Wurzelverzweigung, die auf Inhomogenität im Boden deuten.



**Abb. 15:** Rüben vom leichten Boden (20 cm Ablage)

Noch gleichmäßiger und mehr in die Länge entwickelten sich die Rüben angesichts der engen Ablage von 16 cm (Abb. 16).



**Abb. 16:** Gleichmäßig schlanke Form der Rüben auf leichtem Boden in 16 cm Ablage

Diesem Vorgang steht allerdings entgegen, dass die Rüben untereinander zu wenig Platz lassen für die Reaktion des Nachköpfers. Dieser Anspruch der maschinellen Ernte spielt bei der manuellen keine Rolle. Im Übrigen zeigen die Abbildungen, dass die Rüben i.d.R. zu stark geköpft sind.

Der schwere Boden hingegen erbrachte nicht die erwünschte schlanke Form, sondern das breite Spektrum von kleinen bis dicken, bauchigen Rüben, die sich weniger gut roden lassen (Abb. 17). Der Erdhang bleibt größer. Diese Unterschiede sind in dem ungleichmäßigen Feldaufgang begründet.





**Abb. 17:** Große Unterschiede in der Rübenform auf schwerem Boden  
(18 cm Ablage)

## 6.2 Zuckergehalt

Boden und Pflanzenbestand, ggf. in Wechselwirkung, beeinflussen den Zuckergehalt. In Zusammenarbeit mit der Nordzucker wurden die Proben im Fabriklabor analysiert und als bereinigter Zuckergehalt wiedergegeben. Daher gibt Tabelle 4 die Ergebnisse im Zusammenhang wieder.

**Tab. 4:** Pflanzenbestand und Zuckergehalt

Variante	schwer		mittel		leicht	
	Pfl./ha	Zucker %	Pfl./ha	Zucker %	Pfl./ha	Zucker %
24 cm	80.000	15,2	82.000	16,0	83.000	17,1
20 cm	74.000	16,3	95.000	16,8	100.000	17,0
18 cm	96.000	15,9	108.000	17,2	101.000	16,9
16 cm	107.000	16,4	118.000	16,1	115.000	17,9

Die Pflanzenzahl hatte sich aus der letzten Zählung zum Feldaufgang ergeben. Insgesamt weist der schwere Boden einen geringeren Bestand auf. Und das gilt als Einflussgröße auf den Zuckergehalt. Dessen Differenzen erscheinen noch höher. Im Durchschnitt steigt er von 16,0 über 16,5 auf 17,2 %. Den Spitzenplatz nimmt der leichte Boden mit enger Ablage ein, die gleiche Ablage mit gleichem Bestand auf mittlerem Boden erbringt aber nur 16,1 %. Insgesamt erzielten die Bestände über 80.000 Pfl./ha auf dem mittleren und leichten Boden mit ca. 17 % das gleiche Niveau. Hier fällt der schwere Boden trotz annähernd gleichen Bestands ab, wegen späteren Auflaufens und der schlechteren Pflanzenentwicklung.

### 6.3 Einzelrüben und Ertrag

Aus den Proberodungen ergibt sich aus dem Gewicht der einzelnen Rüben mit der Pflanzenzahl multipliziert der errechnete Flächenertrag. Dieser rechnerische Weg beruht allerdings darauf, dass die Stichproben der Bonituren mit ausreichender Genauigkeit die Gesamtheit des Bestandes wiedergeben. Das Ergebnis enthält Tabelle 5.

**Tab. 5:** Gewicht der Einzelrüben und errechneter Flächenertrag

Variante	schwer		mittel		leicht	
	Ø je Rübe kg	Ertrag t/ha	Ø je Rübe kg	Ertrag t/ha	Ø je Rübe kg	Ertrag t/ha
24 cm	1,05	84,0	0,93	76,3	1,09	90,5
20 cm	0,96	71,0	0,82	77,9	1,00	100,0
18 cm	0,85	81,6	0,97	104,8	1,35	136,4
16 cm	0,83	88,8	1,14	134,5	0,78	89,7
	0,92		0,97		105	
Ø Ertrag t/ha	81,4		98,4		104,2	
Ø Zucker %	15,9		16,5		17,2	
Ø Zucker t/ha	12,9		16,2		17,9	

Darin fällt zunächst auf, dass die später einsetzende Entwicklung auf schwerem Boden letztlich zu recht hohem Gewicht der Einzelrüben geführt hat mit knapp unter 1 kg. Um 130 g schwerer dagegen sind die Rüben auf dem leichten Standort geworden. Zu beachten ist allerdings die Spannweite der Daten: auf leichtem Boden weichen Minimum und Maximum um 0,5 kg ab. Dabei besteht nicht die erwartete negative Korrelation zwischen Pflanzenzahl und Gewicht.

Insgesamt hat der leichtere Boden den höchsten Ertrag erreicht. Dieser errechnete Wert wird mit dem Zuckergehalt verbunden. Daraus ergibt sich ein beachtlicher Unterschied zwischen den Varianten und ein beachtliches Niveau.

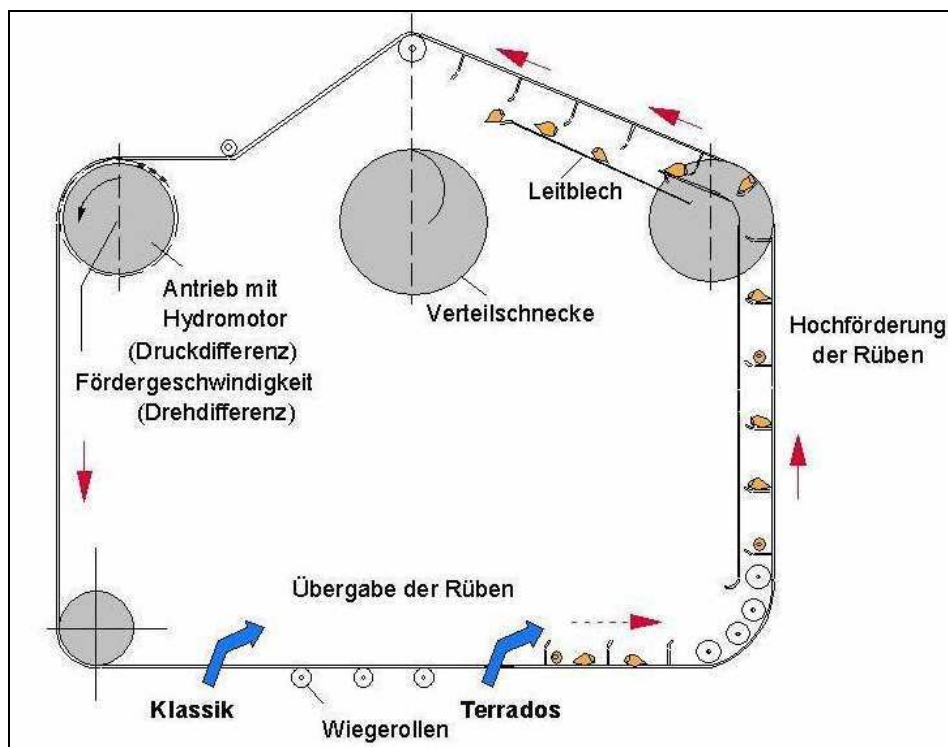
Beides, der Rüben- und der Zuckerertrag, weisen eine ungewöhnliche Größenordnung auf, rechnet man doch eher mit 60 t/ha und 17 %. Die Ursache mag in der Handernte liegen, die letztlich den Ertrag nicht als typisch wiedergibt.

## 6.4 Roden und Ertragserfassung

Die Messung des Ertrages während des Rodens gibt ein realistisches Bild: die gesamte Fläche wird praxisgerecht geköpft und gerodet, der Durchsatz kontinuierlich parallel mit der Position erfasst. Dann kann bei der Auswertung den einzelnen, gezielt bestimmten Teilflächen der Ertrag zugeordnet werden.

Im Roder der Fa. Holmer, den der Lohnunternehmer Honermeier einsetzt, wird für die Durchsatzmessung der Leistungsbedarf des hydraulischen Antriebs für den Rübenelevator genutzt: je mehr Rüben, desto höher der Druck in der Hydraulikleitung (Abb. 18). Der Messwert ist in Verbindung mit der zurückgelegten Strecke so kalibriert, dass der Ertrag je Fläche im Laptop gespeichert wird.

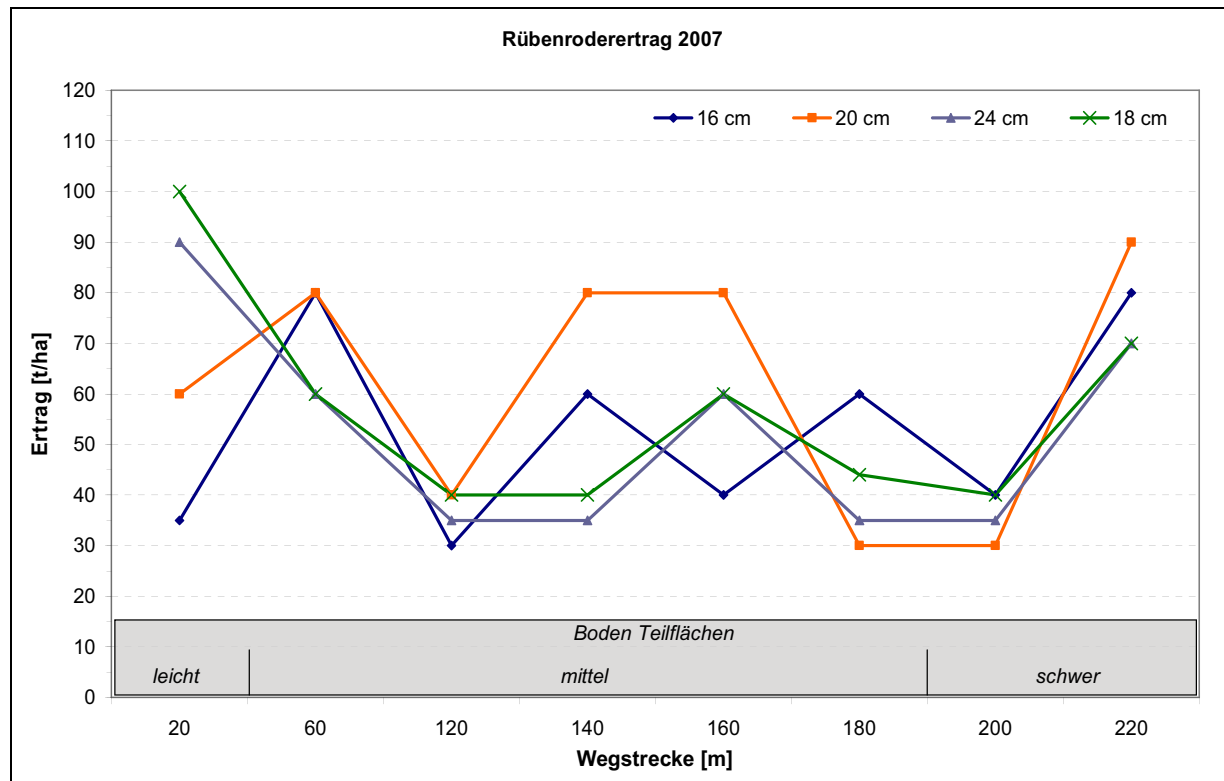
Das Ergebnis kann als Ertragskarte oder als Zahlenwert für eine definierte Position auf den Schlag bzw. der Versuchsparzelle ausgedruckt werden.



**Abb. 18:** Wiegesystem im Roder: die Druckdifferenz im Elevator-Antrieb steigt mit der Rübenmenge (inkl. Erdanhang)



Die Messung zum Ertrag erfüllte jedoch nicht die Erwartungen. Es waren während der Ernte Probleme im Messsystem aufgetreten. Sie ließen sich nur schwierig im groben Raster mit speziell angepasster Messwertemethodik kompensieren.



**Abb. 19:** Rübenroderertrag 2007

Die Abb. 19 gibt die stark geglätteten Kurven zu den Erträgen über die Schlaglänge wieder. Die Einzelwerte variierten auf Grund der mangelhaften Software arg. Insgesamt liegen die Kurven auf gleichem Niveau. Nur zu Beginn unterscheiden sich die Erträge von 18 und 24 cm stark von denen mit 16 und 20 cm Ablage. Diese Differenz kann nicht mit der Aussaat zusammenhängen. Im weiteren Verlauf hebt sich keine Kurve spezifisch von den anderen ab.

Alle Varianten reagieren stark auf der letzten Teilfläche mit schwerem Boden. Die Spannweite der Messwerte zwischen 40 und 80 t/ha erscheint recht hoch. Damit scheidet ein Vergleich mit den punktuell ermittelten Werten der Handrodung aus.

Die Kurven folgen nicht konsequent drei Teilflächen, die auf Grund der EM 38-Messung definiert sind. Das mag daran liegen, dass beide Komponenten auf stark gemittelten Werten/Daten beruhen. Ein weiterer Einwand beruht auf dem Messprinzip des EM 38. Das Gerät erfasst die Struktur bis 2 m Tiefe. Es bleibt offen, ob angesichts der extremen Witterung diese Messung das Potential des Bodens für Zuckerrüben ausreichend wiedergibt.

## 7. Ergebnisse zum Ertrag

Die starken Ertragsunterschiede auf dem Rübenacker regen dazu an, ähnlich wie im Getreideanbau Einflüsse der Produktionstechnik zu prüfen, precision farming also auch im Rübenbau zu nutzen.

Die vorliegende Untersuchung geht von Unterschieden im Boden aus, gemessen mit dem EM 38. Über diese Teilflächen werden Langparzellen mit Varianten der Saatgutablage gelegt.

Der Feldaufgang ergibt große Differenzen, der schwerere Boden weist eine grobkrümelige Oberfläche auf, die leicht austrocknet. Die wochenlange Trockenheit im Frühjahr hat die leichteren Böden bevorzugt.

Als Fazit zur Aussaat wäre eine stets angepasste Ablagetiefe von Vorteil. Ein geeigneter Sensor für die Struktur der Oberflächen und den Kapillarhorizont fehlt noch.

Mit besserer Witterung konnten die Rüben den Rückstand recht zügig aufholen. Zur Ernte war keine Einbuße nachzuweisen. Offen bleibt natürlich, wie sich die Varianten unter normalen, mittleren Bedingungen entwickelt hätten.

Insofern hat das Anliegen der Versuche unter den Extremen des Jahres 2007 gelitten.

## 8. Literatur

Böttcher U. (2005): **Programm zur Analyse von Bedeckungsgraden aus Digitalfotos**, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Kiel

Grenzdörfer G. (2004): **Hochgenaue digitale Luftbilder in Umsetzung in die Praxis**, KTBL-Schrift 419 Darmstadt

Griepentrog H.W., Nörremark M., Nielsen H., Blackmore B.S. (2005): **Seed Mapping of Sugar Beet**. Precision Agriculture 6, Wageningen, Springer Verlag, S. 157-165

Herbst R., (2004): **Erhebung von Boden- und Bestandesunterschieden in Online- und Offline- Verfahren**, Hufnagel, J. et al., 2004 (Hrsg.): **Precision Farming, Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis**, KTBL-Schrift 419, Darmstadt

- Isensee E.; W. Lieder (2004): **Ertragserfassung bei der Rübenernte**, Zuckerrübe, 53 Jg. H.5, S.231
- Isensee E., (2003): **Ertragskartierung in der Rübenernte**, Landtechnik 6/2003
- Kämmerling B. (2007): **Kann man im Rübenbau sparen?**, Zuckerrübe, 2/2007
- Ludowicy C., Schwaiberger R., Leithold P. (2002): **Precision Farming: Handbuch für die Praxis**, DLG-Verlag, Frankfurt a.M., 1. Auflage
- Märländer, B. (1991): **Zuckerrüben- Optimierung von Anbauverfahren, Züchtungsfortschritt, Sortenwahl**, Bernhardt-Pätzold-Verlag, Stadthagen
- Piotraschke H.; Leithold P. (2007): **On-Farm Research**, RKL-Schrift 4.1.0, S. 1327ff
- Pringas C. (2006): **15 t Zucker – Utopie oder schon bald Realität?**, Zuckerrübe 5/2006
- Schwark A., Reckleben Y., (2006): **Das EM 38 – System als Bodensensor für die Praxis**, RKL-Schrift, 4.1.0, S. 1225ff
- Stockfisch N., Koch H.-J. (1999): **Hohe Bestandsdichten sichern Ertrag und Qualität**, Zuckerrübe 48 Jg. H.6, S.272
- Südzucker AG (2001): **Fortschritte im Zuckerrübenbau**, Mannheim