

# **Zuckerrüben im Ökologischen Landbau**

**Heft 9  
3. Jahrgang 1998  
Schriftenreihe der  
Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft**

## Impressum

**Herausgeber:** Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
August-Böckstiegel-Straße 1  
01326 Dresden

**Autoren:** Winfried Petzold, Dr. Hartmut Kolbe  
LfL, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau  
Referat Ökologischer Landbau  
Gustav-Kühn-Straße 8  
04159 Leipzig  
Telefon 0341 - 9174 - 0

**Redaktionsschluß:** Oktober 1998

**Auflage:** 300

**Druck:** Sächsisches Druck- und Verlagshaus, Dresden

**Bezug:** LfL  
Telefon: (03 51) 26 12 - 0  
Fax: (03 51) 26 12 - 153

### Verteilerhinweis:

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Unterrichtung der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Kandidaten oder Helfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Mißbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, daß dies als Parteinahme der Herausgeber zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist es jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden. Alle Rechte, auch die der Übersetzung sowie des Nachdruckes und jede Art der photomechanischen Wiedergabe, auch auszugsweise, bleiben vorbehalten. Rechtsansprüche sind aus dem vorliegenden Material nicht ableitbar.

Loggen Sie sich ein:



SachsenOnline

<http://www.sachsen.de>

... der Freistaat Sachsen im Internet



Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Winfried Petzold, Dr. Hartmut Kolbe

## **Zuckerrüben im Ökologischen Landbau**

Einfluß von Verfahren der physikalischen Unkrautregulierung auf  
Regulierungserfolg, Handarbeitszeit und Ertrag

Untersuchungen zu Ablageweite, Bodenbearbeitung,  
Fruchtfolgestellung und Saatgutbehandlung

Heft 9, 3. Jahrgang 1998 der Schriftenreihe der  
Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>		Seite
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Zielstellung des Vorhabens</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Standortbedingungen</b>	<b>7</b>
3.1	Standorte	7
3.2	Witterungsdaten	7
<b>4</b>	<b>Einsatz von Striegel und Abflammgerät zur Unkrautregulierung im Voraufbau</b>	<b>9</b>
4.1	Literatur	9
4.2	Fragestellungen	9
4.3	Material und Methoden	9
4.3.1	Eingesetzte Maschinenteknik	9
4.3.2	Varianten und Versuchsverlauf	10
4.3.3	Erhebungskriterien und Methoden	11
4.4	Ergebnisdarstellung	12
4.4.1	Feldaufgang	12
4.4.2	Unkrautbesatz vor dem ersten Einsatz der Reihenhackgeräte	13
4.4.3	Handarbeitszeitaufwand	14
4.4.4	Rübenbestand nach der Pflegeperiode	15
4.4.5	Rüben- und Zuckererträge	17
4.4.6	Arbeits- und betriebswirtschaftliche Bewertung	18
4.5	Schlußfolgerung	20
<b>5</b>	<b>Einsatz verschiedener Geräte zur physikalischen Unkrautregulierung in wachsenden Zuckerrübenbeständen</b>	<b>21</b>
5.1	Literaturüberblick	21
5.1.1	Bestandspflege mit Scharhackgeräten	21
5.1.2	Bestandspflege mit Rollhackgeräten	22
5.1.3	Bestandspflege mit Bürstenhackgeräten	22
5.1.4	Bestandspflege mit Abflammgeräten	23
5.2	Fragestellungen	23
5.3	Material und Methoden	23
5.3.1	Varianten	23
5.3.2	Eingesetzte Maschinenteknik	23
5.3.3	Versuchsverlauf	24
5.3.4	Versuchsanlage	26
5.3.5	Erhebungskriterien und Methodenbeschreibung	26

	Seite	
5.4	Ergebnisse	26
5.4.1	Entwicklung des Unkrautbesatzes	26
5.4.2	Regulierungserfolg der verschiedenen Geräte	28
5.4.3	Handarbeitszeitbedarf	30
5.4.4	Einfluß auf den Rübenbestand	31
5.4.5	Rüben- und Zuckererträge	31
5.4.6	Arbeits- und betriebswirtschaftliche Bewertung	32
5.5	Schlußfolgerungen	34
<b>6</b>	<b>Strategien der manuellen Pflege von Zuckerrüben</b>	<b>35</b>
6.1	Fragestellung und Versuchsbeschreibung	35
6.2	Ergebnisse	35
<b>7</b>	<b>Einsatz von Scharhackgeräten quer zu den Reihen im Rahmen nicht-chemischer Unkrautregulierungsverfahren</b>	<b>36</b>
7.1	Literatur	36
7.2	Fragestellung	36
7.3	Material und Methoden	37
7.3.1	Einstellung des Gerätes für die Querhacke	37
7.3.2	Variantenbeschreibung	38
7.3.3	Standort, Versuchsanlage	38
7.3.4	Datenerfassung und Auswertung	38
7.3.5	Versuchsverlauf	39
7.4	Ergebnisse	39
7.4.1	Einfluß der Querhacke auf den Rübenbestand	39
7.4.2	Unkrautregulierende Wirkung der Querhacke	41
7.4.3	Handarbeitszeitbedarf	42
7.4.4	Rüben- und Zuckerertrag	43
7.4.5	Betriebswirtschaftliche Bewertung	43
7.5	Schlußfolgerungen	44

<b>8</b>	<b>Ablageweiten bei der Zuckerrübenaussaat</b>	<b>Seite</b> <b>44</b>
8.1	Fragestellung	44
8.2	Material und Methoden	44
8.3	Ergebnisse	45
8.4	Schlußfolgerung	46
<b>9</b>	<b>Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben</b>	<b>46</b>
9.1	Fragestellung	46
9.2	Material und Methoden	46
9.3	Ergebnisse	47
<b>10</b>	<b>Fruchtfolgestellung von Zuckerrüben</b>	<b>48</b>
10.1	Fragestellung	48
10.2	Material und Methoden	48
10.3	Ergebnisse	48
<b>11</b>	<b>Saatgutbehandlung mit alternativen Pflanzenbehandlungsmitteln</b>	<b>49</b>
11.1	Fragestellung	49
11.2	Material und Methoden	49
11.3	Ergebnisse und Diskussion	51
<b>12</b>	<b>Elemente wirtschaftlicher Anbauverfahren</b>	<b>57</b>
<b>13</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>60</b>
<b>14</b>	<b>Summary</b>	<b>62</b>
<b>15</b>	<b>Danksagung</b>	<b>63</b>
<b>16</b>	<b>Literatur</b>	<b>63</b>

## Abkürzungen

Abfl.	Abflammen	NA	Nachauflauf
Abs.	Abschnitt	Pfl.	Pflanzen
AfA	Absetzung für Abnutzung	QH	Querhacke
Akh	Arbeitskraftstunden	RH	Rollhacke
BWZ	Bodenwertzahl	SH	Scharhacke
BZE	Bereinigter Zuckerertrag	Sh	Schlepperstunden
BZG	Bereinigter Zuckergehalt	Str.	Striegeln
DB	Deckungsbeitrag	THB	Tellerhackbürste
FM	Frischmasse	TM	Trockenmasse
fMk	feste Maschinenkosten	UBA	Unterblattabflammen
GD	Grenzdifferenz	VA	Vorauflauf
ha	Hektar	Var.	Variante
HH	Handhacke	vK	variable Kosten
Lt	Toniger Lehm	vMk	variable Maschinenkosten
Lu	Schluffiger Lehm	WH	Wiederholung
mech.	mechanisch	ZF	Zwischenfrucht
MH	Maschinenhacke	ZR	Zuckerrüben

# 1 Einleitung

Nahrungsmittel, die den Zusatz von vollraffiniertem Weißzucker bedürfen, sind in der Vergangenheit auf dem Markt für Bio-Produkte nicht angeboten worden. Daher wurden auf biologisch wirtschaftenden Betrieben angebaute Zuckerrüben konventionell vermarktet oder kleinere Partien zu Zuckerrübensirup als Brotaufstrich verarbeitet. Auf diese Weise wurden in der Bundesrepublik Deutschland jährlich ca. 1000 t Zuckerrüben aus biologischem Anbau zu Zuckerrübensirup verarbeitet, die auf ca. 25-30 ha angebaut wurden (Stand 1995).

Seit einigen Jahren gibt es im Bereich der Lebensmittelherstellung Bestrebungen, bestimmte Verarbeitungsprodukte am Markt zu etablieren und damit das Angebot an Erzeugnissen aus biologischer Produktion deutlich zu erweitern. Mit der Erhöhung des Marktanteils für Öko-Produkte werden verstärkt Produkte wie Fruchtjoghurt, Marmelade, Säfte, Backwaren oder Speiseeis auf dem Biomarkt nachgefragt. Diese Produkte können meistens nur mit Weißzucker hergestellt werden, da der Einsatz alternativer Süßungsmittel (Honig, Ahornsirup u. a.) zu geschmacklichen Problemen führt. Daher besteht seitens der Verarbeitungsunternehmen ein erhöhtes Interesse an Öko-Weißzucker (HERMANOWSKI, 1995). Auf der Erzeugerseite interessieren sich vermehrt Betriebe mit Zuckerrübenkontingenten für die Umstellung auf die ökologische Wirtschaftsweise. Da Zuckerrüben einen wichtigen Einkommensfaktor darstellen, möchten viele Betriebe auch nach der Umstellung den Rübenanbau beibehalten.

Mit dem Anbaujahr 1993 haben zwei große zuckerrübenverarbeitende Unternehmen, die Südzucker GmbH sowie Pfeifer & Langen, damit begonnen, biologisch angebaute Zuckerrüben zu Weißzucker zu verarbeiten. Die Südzucker-GmbH hat 1993 mit 10 Betrieben in Thüringen und Bayern Verträge über ca. 120 ha abgeschlossen. Im Jahr 1994 betrug die Anbaufläche fast 200 ha auf 14 Betrieben, wobei erstmals auch drei Betriebe aus Sachsen vertreten waren (STOHR, 1994). Bei Pfeifer & Langen standen 1994 ca. 300 ha unter Vertrag. In den Jahren 1996 und 1997 wurden aufgrund eines Überangebotes an Öko-Weißzucker aus den vorangegangenen Jahren vorübergehend keine Öko-Zuckerrüben verarbeitet. Aufgrund wieder anziehender Nachfrage schloß die Südzucker-GmbH 1998 Ver-

träge über 140 ha Zuckerrüben auf Öko-Betrieben in Sachsen und Thüringen ab.

In den letzten Jahren kommt dem Anbau von Zuckerrüben für Betriebe des Ökologischen Landbaus eine wachsende Bedeutung zu. Die Anbauflächen werden weiter ansteigen, so daß sich auch die Einkommensmöglichkeiten der Landwirte durch den Zuckerrübenanbau erweitern lassen.

## 2 Zielstellung des Vorhabens

Da Zuckerrüben im Ökologischen Landbau bisher kaum angebaut wurden, liegen nur unzureichende Aussagen über die Wirtschaftlichkeit vor und es bestehen nur geringe Erfahrungen über Möglichkeiten zu Optimierung des Anbaues. Erfahrungen aus den Zeiten vor dem Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel sind aufgrund stark veränderter wirtschaftlicher und technischer Rahmenbedingungen kaum übertragbar. Die Entwicklung wirtschaftlicher Anbauverfahrens ist deshalb Ziel dieser Arbeit.

- Die Zuckerrübe zeichnet sich aufgrund einer langsam verlaufenden Jugendentwicklung durch eine geringe Konkurrenzkraft gegenüber allen Unkrautarten aus. Bei der Realisierung der Bestandespflege ohne den Einsatz chemisch-synthetischer Pflanzenschutzmittel ist ein hoher Arbeitsaufwand bei der Unkrautregulierung zu verzeichnen. Neben den Kosten für Saatgut sowie für die Beerntung ist die Bestandespflege als der größte Kostenfaktor des Verfahrens Zuckerrübenanbau zu betrachten. Bei den Kosten für die Unkrautregulierung nimmt die Handarbeit in der Regel einen sehr großen Anteil ein. Der Aufwand für die Handhacke ist nur sehr schwer kalkulierbar, da von Anbaujahr zu Anbaujahr starke Schwankungen, z. B. durch ungünstige Witterungsverhältnisse, auftreten können. Untersuchungen zur Möglichkeit des Einsatzes von Striegel und Abflammgerät im Voraufbau sowie zum Einsatz verschiedener reihenabhängig arbeitender Geräte zur physikalischen Unkrautregulierung in wachsenden ZR-Beständen sollten dazu dienen, Verfahren der Unkrautregulierung zu ermitteln, die durch ein günstiges Verhältnis von Aufwand und Nutzen die Erzielung angemessener Deckungsbeiträge ermöglichen.

- Mit dem Ziel der Ermittlung eines günstigen Zeitpunktes für die Handhacke wurden in weiteren Untersuchungen verschiedene Strategien der manuellen Pflege miteinander verglichen.
- Um Möglichkeiten zur maschinellen Bearbeitung in der Kulturpflanzenreihe nach dem Auflaufen der Rüben und somit zur Verringerung des Handarbeitszeitaufwandes zu ermitteln, wurde der Einsatz eines Scharhackgerätes quer zu den Rübenreihen bei verringerter Ablageweite getestet.
- Durch die Verwendung ungebeizten Saatgutes herrscht eine hohe Ungewißheit über den Feldaufgang der ZR-Saat und somit über die zu verwendende Ablageweite bei der Aussaat. Deshalb wurde die Prüfung verschiedener Ablageweiten unter Praxisbedingungen in die Untersuchungen einbezogen.
- Alternative Methoden zur Erhöhung der Aufaufrate sind bisher nicht bekannt bzw. in der Praxis nicht verbreitet. Zum Einsatz alternativer Pflanzenbehandlungsmittel bei der Saatgutbehandlung wurden Gefäßversuche durchgeführt.
- Weitere acker- und pflanzenbauliche Probleme des Zuckerrübenanbaus liegen im hohen Humusverlust, der Erosionsgefahr sowie in der Unterbodenverdichtung (KAHNT, 1986). Negative Auswirkungen auf den Boden können außerdem durch Erntearbeiten hervorgerufen werden, wenn mit schwerer Technik im Herbst nicht mehr ausreichend tragfähige Rübenäcker befahren werden. Dadurch können insbesondere im Bereich der Vorgewende schwerwiegende Strukturschäden der Ackerkrume hervorgerufen werden. Um der Erosion auf bestellten Flächen im Frühjahr entgegenzuwirken, kommen in den letzten Jahren im konventionellen Rübenbau verstärkt nichtwendende Verfahren der Grundbodenbearbeitung in Verbindung mit Mulchsaatverfahren bei Zuckerrüben zur Anwendung. Mit diesem Vorhaben sollten diesbezüglich erste Erfahrungen unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus gesammelt werden.
- Die Integration der Zuckerrübe in die Fruchtfolge biologisch wirtschaftender Betriebe bedarf einer genauen Analyse von Vorfruchtwert, Anbautechnik und Bestandesführung. Bei einer differenzierenden Bewertung des Vorfruchtwertes der Zuckerrübe muß ihre positive Bedeutung hinsichtlich der Gareförderung durch

regelmäßige Bodenlockerung sowie die lange und starke Bodenbeschattung berücksichtigt werden. Weiterhin ist die Zuckerrübe durch ihre Pfahlwurzelbildung in der Lage, tiefere Bodenschichten auch auf schwereren Böden zu erschließen, was sich wiederum positiv auf die Bodenfruchtbarkeit auswirken kann (WINNER, 1981). Rüben sind bei einem angemessenen Anbauverhältnis als Bereicherung der Fruchtfolge zu betrachten. Doch an welcher Stelle Zuckerrüben im Ökologischen Landbau am besten in die Fruchtfolge eingegliedert werden, ist noch weitgehend unbekannt. Eine im Rahmen des Vorhabens durchgeführte Demonstration verschiedener Fruchtfolgestellungen der ZR nach mehrjährigem Kleegrasanbau sollte weitere Anhaltspunkte liefern.

### 3 Standortbedingungen

#### 3.1 Standorte

Die Versuche wurden auf Praxisschlägen von zwei ökologisch wirtschaftenden Betrieben östlich der Stadt Leipzig durchgeführt. In diesem Gebiet liegt die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge bei 550 mm und die Jahresdurchschnittstemperatur bei 8,3 °C. Die Versuchsflächen weisen auf beiden Betrieben aufgrund ihrer Lage in der Niederung des Flusses Mulde ähnliche Bodenverhältnisse auf. Es handelt sich um Auenlehmstandorte mit hoher Wasserkapazität. Die Versuchsflächen am Standort Canitz waren in allen Jahren durch eine Bodenwertzahl von ca. 70 und am Standort Gruna von ca. 60 gekennzeichnet.

#### 3.2 Witterungsdaten

In der Abbildung 1 sind die Niederschlagshöhen in den Monaten März bis August in den Versuchsjahren 1994 - 1996 dargestellt worden. Die Werte für die Niederschlagshöhe wurden am Versuchsstandort Canitz gemessen. Die Werte für das langjährige Mittel entstammen den monatlichen Witterungsberichten des Deutschen Wetterdienstes und wurden in Eilenburg, 4 km vom Versuchsstandort Canitz und 6 km vom Versuchsstandort Gruna entfernt, gemessen.

In den Jahren 1994 und 1995 waren zu Beginn der Vegetationsperiode sehr feuchte Witterungsverhältnisse zu verzeichnen. Insbesondere im Jahr 1994 waren dadurch die Möglichkeiten einer intensiven Saatbettbereitung eingeschränkt. Im Jahr 1995 waren ebenfalls im Monat Juni hohe Nieder-

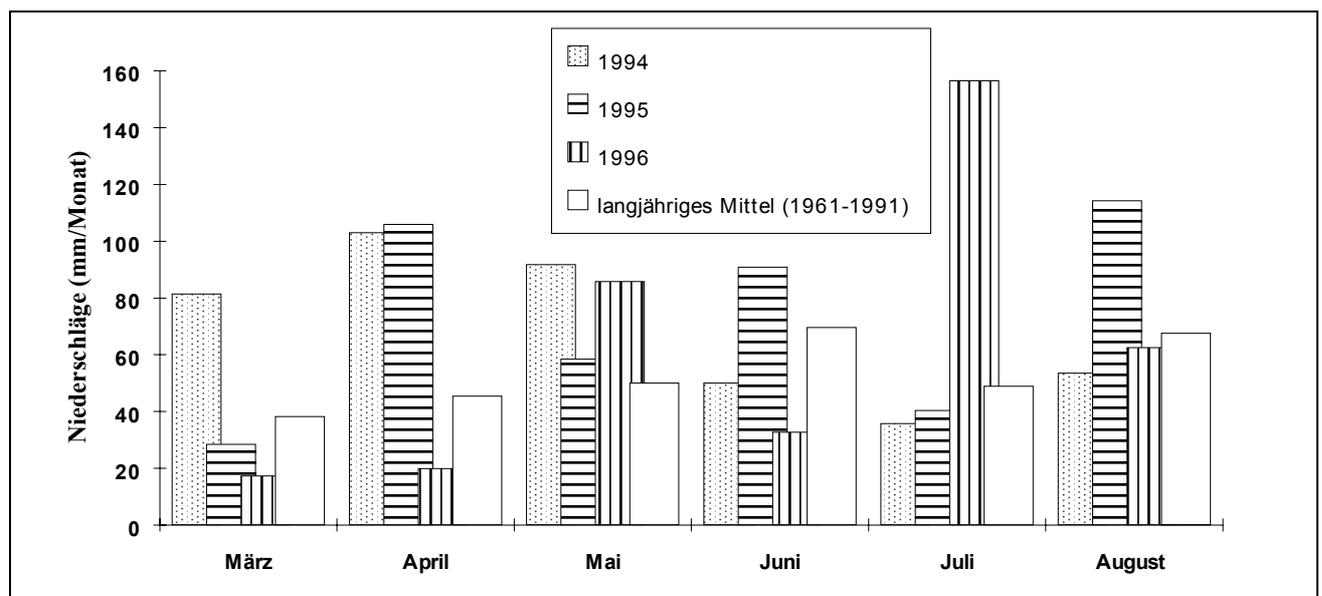
schläge zu vermerken. Da dieser Monat als Hauptperiode der physikalischen Maßnahmen zur Unkrautregulierung anzusehen war, konnten die ersten Einsätze der Hackgeräte vor allem in Canitz nicht termingerecht erfolgen. Das Frühjahr 1996 war gekennzeichnet durch insgesamt geringere Niederschläge im Vergleich zu den Vorjahren. Dies schließt auch die Hauptpflegeperiode, die wieder-

um auf den Juni fiel, ein. Dadurch konnten alle Einsätze der Hackgeräte zu günstigeren Zeitpunkten als 1995 erfolgen. Im Sommer des Jahres 1996 waren nach Abschluß der Pflegearbeiten dagegen sehr hohe Niederschläge zu verzeichnen. Dies wirkte sich positiv auf die Ertragsleistung der Zuckerrüben aus.

**Tabelle 1: Bodenart, Vorfrüchte und Nährstoffversorgung der Böden der Standorte in den einzelnen Versuchsjahren**

	Standort A: Canitz (Bodenart: Lu)			Standort B: Gruna (Bodenart: Lt)		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Vorfrucht	Wintergerste	Dinkel	Wintergerste	Roggen	Roggen	Roggen
Zwischenfrucht	Ölrettich	Gelbsenf	Gelbsenf	-	-	-
Nmin (0 -90 cm) vor Aussaat [kg/ha]	-	135	173	-	175	188
P (0 - 30 cm) [mg/100g Boden]	-	3,7	4,1	-	-	7,9
K (0 - 30 cm) [mg/100g Boden]	-	10,6	10,8	-	-	7,9
pH (0 - 30 cm)	-	5,8	5,9	-	6,5	6,8

-) keine Messung erfolgt



**Abbildung 1: Niederschlagshöhen im Zeitraum März bis August der Jahre 1994 - 1996 im Vergleich zum langjährigen Mittel**

## 4 Einsatz von Striegel und Abflammgerät zur Unkrautregulierung im Voraufbau

### 4.1 Literatur

Bei den Voraufbauverfahren handelt es sich um Maßnahmen, die zwischen der Aussaat und dem Sichtbarwerden der Kulturpflanzenkeimlinge an der Bodenoberfläche durchgeführt werden.

Für die ganzflächige mechanische Unkrautregulierung werden im ökologischen Landbau zu sehr vielen Kulturen Striegelgeräte mit verstellbarem Zinkendruck sowie teilweise Netz- und Ackereggen eingesetzt (WALTER, 1989). Unter den heutigen Bedingungen des Rübenanbaus mit stark verringerten Aussaatmengen dank präziser Einzelkornablage sowie genetischer Einkeimigkeit des Saatgutes gilt Striegeln im Voraufbau bei Rüben in der Praxis als eher unübliches Verfahren. Das Risiko eines geringeren Feldaufgangs wird allgemein als zu hoch eingeschätzt. In einer Untersuchung von BERTRAM (1966) zum Einsatz unterschiedlicher Federzinken- und Netzeggen im VA in Rübenbeständen wurde je nach Gerät und Einsatzzeitpunkt eine Verringerung des Feldaufgangs von 4 - 33 % festgestellt. Außerdem traten Verluste durch Verschleppen der Rübensamen aus der Reihe auf. Hier betrug die Verringerung des Unkrautbesatzes durch Striegeln am 3. Tag nach der Aussaat (Termin: 10.4.) 1 % und bei 5 Tage verzögerter Aussaat 18 %. Durch Striegeln mit verschiedenen Geräten am 6. Tag nach der Aussaat lag die Unkrautverringerng je nach Gerät, Standort und Aussaattermin bis zu 28 %; es gab aber auch höheren Unkrautbesatz von bis zu 8 %. Durch Striegeln am 9. Tag nach der Aussaat wurde hingegen der Unkrautbesatz um bis zu 47 % verringert. Die Auszählung der Unkräuter erfolgte 25 bis 33 Tage nach der Aussaat. SCHULZ (1993) stellte in seinen Versuchen durch Striegeln 6 Tage nach der Aussaat eine Verringerung des Feldaufgangs von 9 % fest. Die Aussaat erfolgte mit Einzelkornsäugerät in 2 cm Tiefe. Diese Untersuchung stellte auch fest, daß 20 Tage nach der Aussaat die gestriegelten Varianten einen 69 % geringeren Unkrautbesatz als die unbehandelte Variante aufwiesen.

Durch starke Verringerung des Unkrautbesatzes durch Striegeln im VA scheint eine weitergehende

Untersuchung im Rahmen nichtchemischer Unkrautregulierungsverfahren sinnvoll, wenn es gelingt, Auflaufverluste gleichzeitig zu reduzieren. Maßnahmen gegen Verluste an Rübenpflanzen könnten eine tiefere Ablage sowie eine verringerte Ablageweite sein.

Das Abflammen, als ein weiteres Verfahren zur VA-Unkrautregulierung, findet im Mais- und Gemüseanbau Verbreitung (KRESS, 1990). Gute Einsatzmöglichkeiten sind entweder bei einer verhältnismäßig langen Keimungsdauer der Kultur (z. B. Möhren) oder bei guter Kulturverträglichkeit (Mais, Zwiebeln) gegeben. Zum Einsatz von Abflammgeräten in Zuckerrüben im VA liegen noch keine Untersuchungen vor. Da die Dauer zwischen Aussaat und Aufgang bei Rüben im Vergleich z. B. zu Möhren eher geringer ist, ist die Abflammtchnik im Rübenanbau eingeschränkt möglich. Da in handarbeitsintensiven Gemüsekulturen durch das Abflammen erhebliche Zeiteinsparungen erreichbar sind (siehe GEIER, 1989), sollte diese Möglichkeit der VA-Behandlung auch Bestandteil dieser Untersuchung sein.

### 4.2 Fragestellungen

Zur Prüfung der Wirkung von Striegel und Abflammgerät im VA wurden 1994 bis 1996 auf den beiden Standorten Versuche durchgeführt. Bei der Aussaat wurde die praxisüblich sehr flache Aussaat von 1 - 2 cm auf 3 - 4 cm erhöht um eventuellen Verlusten durch die VA-Maßnahmen entgegenzuwirken. Bei dieser Versuchsanstellung sollten folgende Fragestellungen berücksichtigt werden:

1. Wie beeinflussen die Voraufbaubehandlungen den Feldaufgang der Zuckerrüben?
2. Führt der Einsatz von Striegel und Abflammgerät im VA zur Verringerung des Unkrautbesatzes vor den Maßnahmen zur Bestandespflege?
3. Kann mit dem Einsatz von Striegel und Abflammgerät im VA der Handarbeitszeitaufwand verringert werden?
4. Welche Einflüsse können auf die DB-Rechnungen erwartet werden?

In Tabelle 2 werden die eingesetzten Geräte zur VA-Behandlung im einzelnen beschrieben.

**Tabelle 2: Die Maschinentechnik zur VA-Behandlung auf den Versuchsstandorten**

	Standort Canitz	Standort Gruna
Striegelgeräte	Federzahnhackegge, Arbeitsbreite 6 m (Fa. Köckerling, Verl)	Hackstriegel, Arbeitsbreite 6 m (Fa. Reinert, Triesdorf)
Abflammgeräte	Gerät zur Bandabflammung im Frontanbau, 12-reihig, 25 cm Stabbrenner mit 7 Düsen/Brenner (Fa. Reinert, Triesdorf)	Gerät zur Bandabflammung, Anbau am Frontlader, 6-reihig, 20 cm Stabbrenner mit 5 Düsen/Brenner (Selbstbausatz Fa. Natur und Technik GmbH, Hoisbüttel)

### 4.3 Material und Methoden

#### 4.3.1 Eingesetzte Maschinentechnik

#### 4.3.2 Varianten und Versuchsverlauf

Zur Prüfung von 2 Voraufverfahren zur Unkrautregulierung kamen folgende Varianten zum Einsatz:

- 1 "Striegeln im VA" mit Federzahnhackegge bzw. Hackegge; der Einsatz der Geräte erfolgte zu dem Zeitpunkt, an dem der Keimling gerade noch nicht über den Horizont der abgelegten Saatpille gewachsen war.
- 2 "Abflammen im VA" mit bandmäßig arbeitenden Abflammgeräten; der Einsatz erfolgte zu dem Zeitpunkt, an dem der Keimling die Bodenoberfläche gerade noch nicht durchstoßen hatte.
- 3 "ohne VA-Behandlung"; es wurden keine Regulierungsmaßnahmen durchgeführt.

Die Versuchsflächen wurden im Herbst gepflügt. Am Standort Canitz wurde in den Jahren 1995 und 1996 Gelbsenf als Zwischenfrucht nach der Herbstfurche angebaut. Am Standort Gruna erfolgte kein Zwischenfruchtanbau. Die Saatbettbereitung erfolgte am Tage der Aussaat oder bis zu drei Tagen vor der Aussaat (Tab. 3). Am Standort Canitz kam dazu eine Saatbettkombination (Europack) und am Standort Gruna ein Feingrubber zum Einsatz. Am Standort Gruna erfolgte die Saatbettbereitung im Jahr 1994 mit einer Ackereggen-Cambridgewalzen-Kombination, 1995 mit einer Rollhacken-Cambridgewalzen-Kombination und 1996 mit einer Feingrubber-Cambridgewalzen-Kombination. Beim Einsatz der Rollhacke zur Bodenbearbeitung wurden die Sternpakete zu einer ganzflächigen Bearbeitung angeordnet. Vor der Saatbettbereitung erfolgte zu den einzelnen Versuchen eine unterschiedliche Anzahl zusätzlicher Bodenbearbeitungsgänge zur vorbeugenden Unkrautregulierung

(Tab. 3). Weitere anbautechnische Daten werden in Abs. 5.3 beschrieben.

Als letztmöglicher Termin für das Striegeln im VA wurde der Zeitpunkt festgelegt, bei dem der Keimling seine Keimblätter aus der Samenschale in Richtung Bodenoberfläche herausschiebt. Gestriegelt wurde mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von ca. 5 km/h. Das Abflammen sollte möglichst kurz vor dem Auflaufbeginn der Rüben erfolgen. Die Arbeitsgeschwindigkeit lag bei 1,5 bis 2 km/h. In Tabelle 3 ist der genaue zeitliche Verlauf der einzelnen Versuche dargestellt worden.

Die Versuche wurden 1994 mit zweifacher und 1995 und 1996 mit vierfacher Wiederholung durchgeführt. 1995 und 1996 wurden randomisierte Blockanlagen angelegt. Zum Wenden der Maschinen wurde zwischen jeder Wiederholung ein ca. 6 - 8 m breiter Streifen nicht bestellt. In Gruna war 1994 das Abflammen im VA nicht möglich, da starker Niederschlag einen Tag vor dem Einsatz ein Befahren des Ackers nicht zuließ. 1995 gab es hier keine Variante ohne VA-Behandlung.

Im weiteren Versuchsverlauf wurden die drei Varianten der VA-Behandlung mit unterschiedlichen Geräten zur Bestandespflege kombiniert. Für die Ermittlung des Einflusses der Varianten auf Handarbeitszeit und Ertragsleistung wurden die in Tabelle 4 aufgeführten Kombinationen ausgewertet. Ein Vergleich der benötigten Arbeitszeit für die Handhacke bei unterschiedlicher VA-Behandlung kann nur bei der Verwendung des gleichen Gerätes bei der weiteren Unkrautregulierung erfolgen. Daher ist es am Standort Canitz nur möglich, einen Vergleich der Varianten "Striegeln im VA" und "ohne VA-Behandlung" und einen Vergleich der Varianten "Striegeln im VA" und "Abflammen im VA" getrennt vorzunehmen.

**Tabelle 3: Zeitlicher Verlauf der Versuche zur VA-Behandlung von Zuckerrüben**

	Standort Canitz			Standort Gruna		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Bodenbearbeitungs- termine vor der Saat- bettbereitung	Ende März	23.4. 26.4.	17.4.	2.4. 16.4.	Ende März 22.4.	20.3. 15.4.
Saatbettbereitung	2.5.	1.5.	26.4.	24.4.	24.4.	19.4.
Aussaat	2.5.	2.5.	29.4.	24.4.	12.5.*)	19.4.
	Tage nach der Aussaat					
Striegeln im VA	4	4	5	4	8	4
Abflammen im VA	7	8	8	-	12	6
Auflaufbeginn	7	11	15	8	13	8
	Tage nach Auflaufbeginn					
1. MH	23	28	21	-	14	27
1. HH	36	39	29	-	27	32

\*) Neuansaat aufgrund zu geringem Feldaufgangs (25 %) der ersten Aussaat am 24.4.

**Tabelle 4: Schema der Kombination verschiedener VA-Behandlungen und Pflegegeräte**

Standort	Variante	Versuchsjahr 1994	Versuchsjahr 1995	Versuchsjahr 1996
		bei der Bestandespflege kombiniert mit:		
Canitz	Striegeln im VA	SH RH THB	SH RH	SH RH
	Abflammen im VA	THB	RH	RH
	ohne VA-Behandlung	SH RH	SH	SH
Gruna	Striegeln im VA	-	SH	SH
	Abflammen im VA	-	SH	SH
	ohne VA-Behandlung	-	-	SH

### 4.3.3 Erhebungskriterien und Methoden

#### Bestandeserhebungen

Der Feldaufgang sowie der Endrübenbestand wurden vor der ersten Maschinenhacke im 2-Blatt-Stadium der Rüben erhoben. Im Jahr 1994 wurde in jeder Parzelle an 4 verschiedenen Stellen jeweils eine Länge von 2 m Rübenreihe ausgezählt, gemittelt und in Rübenanzahl/ha umgerechnet. In den Versuchsjahren 1995 und 1996 wurden pro Parzelle

in 2 nebeneinanderliegenden Reihen die aufgelaufenen Rüben in einer Länge von 11,10 m gezählt. Bei einer Reihenweite von 45 cm ergibt die so ermittelte Zahl multipliziert mit 1000 die Anzahl Rüben/ha.

#### Unkrautbonituren

Der Unkrautbesatz wurde mittels eines 0,25 m<sup>2</sup> großen Zählrahmens mit Kantenlängen von 50 x 50 cm erhoben. Es wurden pro Parzelle drei Boniturstellen angelegt, so daß die mittlere Anzahl Un-

kräuter/m<sup>2</sup> in jeder Parzelle ermittelt werden konnte. Die Boniturstellen wurden durch Stäbe markiert, so daß die Bonituren immer an der selben Stelle durchgeführt wurden. Die Auszählung erfolgte so, daß eine Rübenreihe genau durch die Mitte des Boniturrahmens verlief. So wurden links und rechts der Reihe jeweils 25 cm des Zwischenreihenabstandes erfaßt. Der genaue Zeitpunkt der Auszählung der Unkräuter wird bei der Ergebnisdarstellung für jeden Versuch separat angegeben.

#### **Erfassung des Handarbeitszeitaufwandes**

Zur Ermittlung des Handarbeitszeitaufwandes wurden alle Parzellen in 4 Teile zu jeweils 4 Rübenreihen am Standort Canitz und in 2 Teile zu jeweils 6 Rübenreihen am Standort Gruna geteilt. Für jedes Teilstück wurde ein Zeitaufwand für die erste und zweite Handhacke ermittelt, indem 2 (Gruna) bzw. 4 (Canitz) verschiedene Arbeitskräfte zeitgleich die Handhacke auf einer Parzelle ausführten. Die Werte wurden minutengenau ermittelt, für jede Parzelle aus den Zeiten für die Teilstücke ein Mittelwert gebildet und in h/ha umgerechnet. Gehackt wurde mit langgestielten Hacken. Bei der zweiten Handhacke wurden hochgewachsene Unkräuter z. T. per Hand herausgezogen.

#### **Messung von Ertrag und Qualität**

Zur Ertragsermittlung wurden von den mittleren 10 Reihen jeder Parzelle 6 Reihen auf einer Länge von 5 Metern von Hand beerntet. Dazu wurden zunächst die Blätter mit einem Stieger abgetrennt und am Feldrand gewogen. Anschließend wurden die Rübenkörper mit Rübenhebern geerntet und gewogen. Von jeder Probenentnahmestelle wurden ca. 30 - 40 kg der Rübenkörper in der Analysenstrecke des Zuckerwerkes der Südzucker GmbH in Zeitz auf Besatz, sowie auf die Gehalte an Saccharose, K, Na und ###-Aminosäure-N untersucht.

#### **Datenanalyse**

Die Daten zum Unkrautbesatz und zum Feldaufgang wurden aus allen drei Versuchsjahren varianzanalytisch mit Hilfe des Rechnerprogrammes SPSS ausgewertet. Als statistischer Test wurde der LSD-Test (für  $p = 0,05$ ) angewandt. Werte, die signifikant voneinander abweichen, werden in den Abbildungen mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet. Die Werte für die Handarbeitszeit und Erträge aus den Jahren 1995 und 1996 wurden varianzanalytisch mit Hilfe des Rechnerprogrammes EFDAS (Evaluation of Field Experiment Data

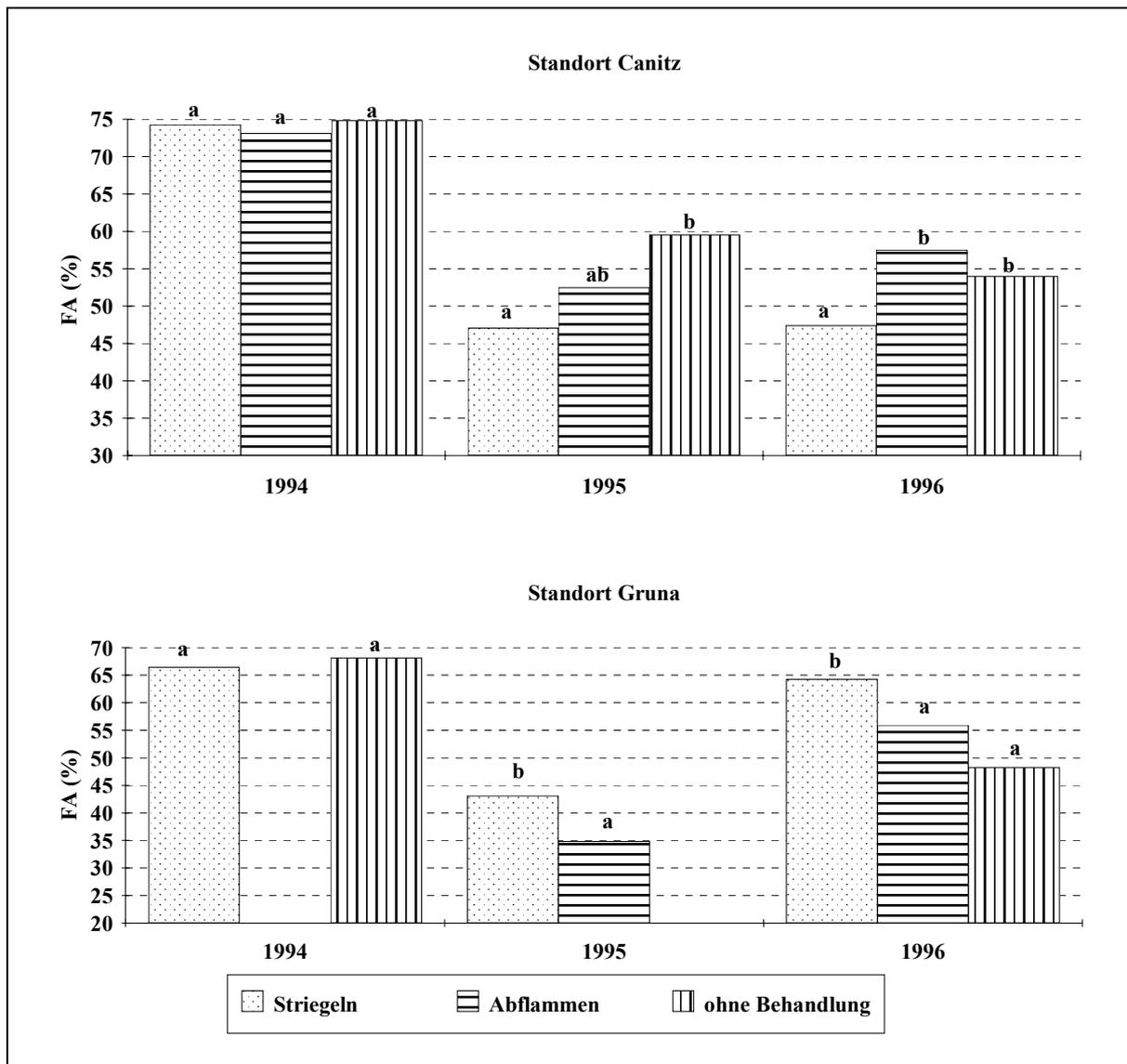
and Series of Experiments, herausgegeben vom Bundessortenamt Hannover) ausgewertet. Zur Prüfung signifikanter Unterschiede kam der t-Test zur Anwendung. Bei der Ergebnisdarstellung wird immer die GD 5 % angegeben. Die Werte für Handarbeitszeit und Erträge aus dem Versuchsjahr 1994 wurden aufgrund von nur zwei angelegten Wiederholungen nicht statistisch verrechnet.

### **4.4 Ergebnisdarstellung**

#### **4.4.1 Feldaufgang**

In Abbildung 2 werden die Ergebnisse von 6 Versuchen aus den Jahren 1994 bis 1996 dargestellt. Bei Vorlage eines insgesamt rel. hohen Feldaufgangs - wie im Jahr 1994 - waren keine Unterschiede zwischen den VA-Varianten eingetreten. Das Striegeln im VA führte in den anderen geprüften Jahren auf beiden Standorten zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich des Feldaufgangs. Am Standort Canitz führten VA-Behandlungen mit dem Striegel in den Jahren 1995 und 1996 zu einer Verringerung des Aufgangsergebnisses, was offensichtlich auf eine Schädigung der Rübenkeimlinge zurückzuführen war. Im Gegensatz dazu war am Standort Gruna in den Jahren 1995 und 1996 durch das Striegeln eine erhöhte Auflauftrate festzustellen. Auf dem sehr schweren, tonreichen Boden des Standortes Gruna (Bodenart Lt) war durch Niederschläge nach der Aussaat eine Verschlammung der oberen Bodenschicht zu beobachten. Durch das Striegeln im VA wurde der verkrustete Boden aufgebrochen, was für die Keimlinge wiederum zu besseren Aufgangsbedingungen führte.

Das Abflammen hatte am Standort Canitz keinen Einfluß auf den Aufgang der Rüben. In den Jahren 1995 und 1996 war der Feldaufgang höher als nach Einsatz des Striegels. Am Standort Gruna konnte im Jahr 1996 der Feldaufgang durch Abflammen im Vergleich zur unbehandelten Variante nicht verändert werden. In den Jahren, in denen das Abflammen im VA am Standort Gruna durchgeführt werden konnte (1995 und 1996), war im Gegensatz zum Standort Canitz der Feldaufgang der abgeflamten Variante jeweils geringer als der der gestriegelten Variante. Dies unterstützt wiederum die These, daß unter den Bedingungen des Standortes Gruna das Striegeln im VA den Feldaufgang positiv beeinflußt hat.



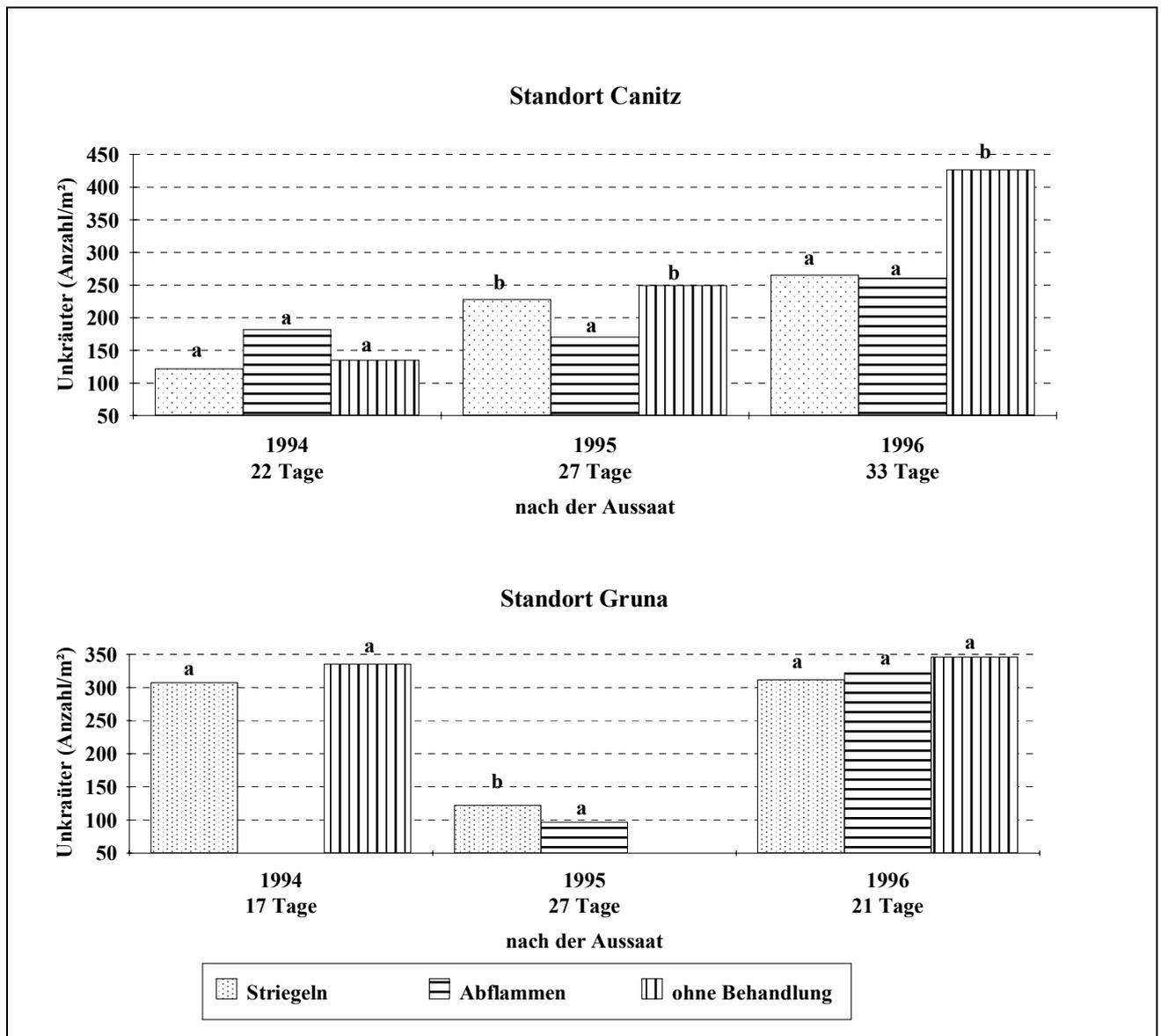
**Abbildung 2: Einfluß unterschiedlicher VA-Verfahren auf den Feldaufgang (FA) der Zuckerrüben**

#### 4.4.2 Unkrautbesatz vor dem ersten Einsatz der Reihenhackgeräte

In Abbildung 3 ist der Einfluß des Striegeln und Abflammens im VA auf den Unkrautbesatz (ohne Quecke und Ackerkratzdistel) zum Zeitpunkt zwischen 20 bis 30 Tagen nach der Aussaat dargestellt worden.

Durch das Striegeln war der Unkrautbesatz im Vergleich zur unbehandelten Variante in einem Versuch (1996, Standort Canitz) deutlich verringert. Bei diesem Versuch erfolgte das Striegeln mit 5 Tagen nach der Aussaat einen Tag später als bei allen anderen Versuchen, die einen Vergleich mit der unbehandelten Variante zulassen (siehe Tab. 4). In den anderen Versuchen bestand lediglich eine Tendenz zu einer verringerten Verunkrautung. Dies bestätigt die Feststellung von BERTRAM (1966),

daß die unkrautverringemde Wirkung des Striegeln steigt, je größer der Zeitraum zwischen Aussaat und Striegeln ist. Weiterhin ist zu bedenken, daß sowohl in den eigenen Versuchen als auch in der Untersuchung von BERTRAM (1966) der Termin für die Auszählung der Unkräuter sehr spät nach dem Striegeleinsatz gelegt wurde (17 bis 33 Tage), so daß durch das Striegeln zum Keimen angeregte Unkräuter bereits aufgelaufen waren. Eine Aussage zur direkten unkrautverringenden Wirkung des Striegeleinsatzes kann somit nicht getroffen werden, da hierzu Auszählungen der Unkräuter kurz vor sowie auch kurz nach dem Striegeleinsatz hätten erfolgen müssen. Durch das Einbeziehen der durch das Striegeln zum Keimen angeregten Unkräuter ist dafür aber eine Einschätzung der Gesamtwirkung möglich. Dies erscheint zur Beurteilung des VA-Verfahrens wich-



**Abbildung 3: Einfluß von VA-Maßnahmen auf die Verunkrautung (ohne Quecke und Ackerkratzdistel) von Zuckerrübenbeständen vor der ersten Maschinenhacke**

tiger zu sein, zumal ein Vergleich mit der unbehandelten Variante gegeben ist.

Durch das Abflammen war der Unkrautbesatz in drei Versuchen ebenfalls z. T. deutlich verringert (Abb. 3). Bei diesen Versuchen lag der Auflaufbeginn immer später als 10 Tage nach der Aussaat (siehe Tab. 3). Dies kann ein Hinweis dafür sein, daß mit dem Abflammen im VA nur eine befriedigende Wirkung zu erzielen ist, wenn eine entsprechend lange Keimungsdauer gegeben ist. So könnte die Wirkungslosigkeit des Abflammens im VA im Jahr 1994 am Standort Canitz darauf zurückgeführt werden, daß aufgrund nur eines einzigen Saatbettbereitungsganges unmittelbar vor der Aussaat so-

wie des sehr zügigen Auflaufens innerhalb von 7 Tagen zum Zeitpunkt des Abflammens wahrscheinlich kaum Unkräuter aufgelaufen waren. Starker Wind beim Abflammen im VA 1996 in Gruna könnte zur unzureichenden Wirkung beigetragen haben (Abb. 3). 1994 war in Gruna zum geplanten Abflammen die Versuchsfläche durch starken Niederschlag nicht befahrbar. Tags darauf hatte der Aufgang bereits begonnen, so daß ein Abflammen nicht mehr möglich war.

#### 4.4.3 Handarbeitszeitaufwand

Die Daten für die Handarbeit wurden nur in den Jahren 1995 und 1996 vollständig erhoben, so daß

**Tabelle 5: Einfluß des Striegeln im VA auf den Handarbeitszeitaufwand, Standort Canitz**

	1. Handhacke (Akh/ha)			2. Handhacke (Akh/ha)			Handhacke gesamt (Akh/ha)		
	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel
<b>Striegeln im VA</b>	54	79	<b>66</b>	28	39	<b>33</b>	82	118	<b>100</b>
<b>ohne VA-Behandlung</b>	76	103	<b>90</b>	37	43	<b>40</b>	112	146	<b>129</b>
GD 5 %	21	25		12	10		23	28	

**Tabelle 6: Einfluß des Abflammens im VA auf den Handarbeitszeitaufwand im Vergleich zum Striegeln im VA, Standort Canitz**

	1. Handhacke (Akh/ha)			2. Handhacke (Akh/ha)			Handhacke gesamt (Akh/ha)		
	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel
<b>Striegeln im VA</b>	52	104	<b>78</b>	24	35	<b>30</b>	77	138	<b>107</b>
<b>Abflammen im VA</b>	48	104	<b>76</b>	34	43	<b>39</b>	82	147	<b>114</b>
GD 5 %	21	25		12	10		23	28	

die Versuche des Jahres 1994 nicht ausgewertet werden konnten. Am Standort Canitz konnte eine Verringerung der gesamten Handarbeitszeit durch Voraufaufbehandlung mit dem Striegel bei nachfolgender Maschinenhacke mit einem Scharhackegerät im Jahr 1995 um 27 % und im Jahr 1996 um 19 % nachgewiesen werden (Tab. 5). Dabei war die Handarbeit bei der ersten HH im Durchschnitt der beiden Jahre um 26,5 % und bei der zweiten HH um 17,5 % verringert worden.

Dagegen zeigt der Vergleich der Varianten "Striegeln im VA" und "Abflammen im VA" keinen Vorteil einer der beiden Verfahren der VA-Behandlung (Tab. 6). Auffällig war lediglich der jeweils tendenziell erhöhte Zeitbedarf bei der 2. HH von durchschnittlich 22 % beim Abflammverfahren im Vergleich zum Striegeln.

Am Standort Gruna war der Gesamtzeitbedarf für die Handarbeit bei den Verfahren "Striegeln" und "Abflammen im VA" im Mittel der Jahre gleich hoch (Tab. 7). Dabei war der Gesamtzeitbedarf für die Handhacke nach dem Striegeln im Jahr 1995 im Vergleich zum VA-Abflammen zum 22 % erhöht, wobei keine Variante ohne VA-Behandlung angelegt wurde. Im Versuchsjahr 1996 war dagegen die Handarbeitszeit beim Striegeln im Vergleich zum Abflammen um 9 % geringer. Die Verringerung des

Handarbeitszeitaufwandes gegenüber dieser unbehandelten Variante betrug durch das Striegeln hier 13 % und durch das Abflammen 6,5 %. In Gruna waren die Unterschiede in keinem der beiden Versuchsjahre statistisch zu sichern. Der an diesem Versuchsstandort im Versuchsjahr 1995 generell sehr geringe Handarbeitszeitbedarf war auf die späte Aussaat (Neuansaat 12.5.), verbunden mit einer zusätzlichen flachen Bodenbearbeitung, zurückzuführen.

#### 4.4.4 Rübenbestand nach der Pflegeperiode

Aus den Tabellen 8 - 10 wird ersichtlich, daß die Unterschiede zwischen den Varianten hinsichtlich des Rübenbestandes nach der Pflegeperiode durch die Ergebnisse der Erhebungen des Feldaufgangs bestätigt werden können (vgl. Tab. 8). Allerdings sind die Unterschiede im Rübenbestand geringer als beim Feldaufgang und jeweils nicht mehr statistisch gesichert. Am Standort Canitz war der Bestand der gestriegelten Varianten gegenüber den Varianten "ohne VA-Behandlung" und "Abflammen im VA" tendenziell geringer. Am Standort Gruna waren die Bestandesdichten weitgehend ausgeglichen. Nur im Jahr 1996 fiel hier die Variante ohne VA-Behandlung in der Bestandesdichte etwas ab, was ebenfalls die Ergebnisse des Feldaufgangs bestätigte.

**Tabelle 7: Einfluß des Striegeln und Abflammens im VA auf den Handarbeitszeitaufwand, Gruna**

	1. Handhacke (Akh/ha)			2. Handhacke (Akh/ha)			Handhacke gesamt (Akh/ha)		
	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel
<b>Striegeln im VA</b>	46	88	<b>67</b>	8	55	<b>31</b>	54	143	<b>99</b>
<b>Abflammen im VA</b>	38	90	<b>64</b>	6	67	<b>36</b>	44	157	<b>100</b>
<b>ohne VA-Behandlung</b>		96			72			168	
GD 5 %	13	24		2	19		14	36	

**Tabelle 8: Einfluß des Striegeln im VA auf den Rübenbestand (Pfl./ha x 1000) nach der Pflegeperiode, Standort Canitz**

	1994	1995	1996	Mittel ('95 & '96)
<b>Striegeln im VA</b>	88,2	45,8	61,0	<b>53,4</b>
<b>ohne VA-Behandlung</b>	94,5	56,8	60,5	<b>58,6</b>
GD 5 %	-	15,8	12,0	-

**Tabelle 9: Einfluß des Abflammens im VA auf den Rübenbestand (Pfl./ha x 1000) nach der Pflegeperiode im Vergleich zum Striegeln im VA, Standort Canitz**

	1994	1995	1996	Mittel '95 & '96
<b>Striegeln im VA</b>	98,6	45,5	50,3	<b>47,9</b>
<b>Abflammen im VA</b>	91,7	47,7	65,0	<b>54,8</b>
GD 5 %	-	15,8	12,0	-

**Tabelle 10: Einfluß des Striegeln und des Abflammens im VA auf den Rübenbestand (Pfl./ha x 1000) nach der Pflegeperiode, Standort Gruna**

	1995	1996	Mittel
<b>Striegeln im VA</b>	54,5	53,5	<b>54,0</b>
<b>Abflammen im VA</b>	54,0	50,7	<b>52,4</b>
<b>ohne VA-Behandlung</b>	-	45,7	-
GD 5 %	13,3	16,0	-

#### 4.4.5 Rüben- und Zuckererträge

Mit dieser Untersuchung konnten keine Ertragsunterschiede (Rüben- und bereinigter Zuckerertrag) nachgewiesen werden (Tab. 11 - 13). Die tendenziell gefundenen Unterschiede zwischen den Varianten konnten lediglich als Hinweise dafür gewertet werden, daß nur eine geringe Ertragswirkung durch den Einfluß der Voraufbehandlungen auf das Aufgangsergebnis und den Endbestand an Rüben bestand.

So war am Standort Canitz zumindest im Jahr 1995 der Rüben- und Zuckerertrag der Variante "Striegeln im VA"

tendenziell geringer als bei der unbehandelten Variante. Dieser Unterschied könnte mit dem um ca. 11000 Rüben/ha geringeren Endbestand der gestriegelten Variante erklärt werden (vgl. Tab. 8 u. 11).

Am Standort Gruna wurde 1996 bei der unbehandelten Variante ein tendenziell verringerter Ertrag festgestellt (Tab. 13). Auch hier könnte ein positiver Einfluß des Striegeln auf den Rüben- und Zuckerertrag (Abb. 2) sowie auf den höheren Endpflanzenbestand (Tab. 10) als Ursache für die Ertragsunterschiede angenommen werden.

**Tabelle 11: Einfluß des Striegeln im VA auf den Rüben- und den bereinigten Zuckerertrag (BZE), Standort Canitz**

	Rüben- und Zuckerertrag (dt/ha)				BZE (dt/ha)			
	1994	1995	1996	Mittel '95 & '96	1994	1995	1996	Mittel '95 & '96
<b>Striegeln im VA</b>	491	322	550	<b>436</b>	73	48	93	<b>71</b>
<b>ohne VA-Behandlung</b>	469	377	504	<b>441</b>	70	57	86	<b>72</b>
GD 5 %	-	78	81	-	-	12	14	-

**Tabelle 12: Einfluß des Abflammens im VA auf den Rüben- und den bereinigten Zuckerertrag (BZE) im Vergleich zum Striegeln im VA, Standort Canitz**

	Rüben- und Zuckerertrag (dt/ha)				BZE (dt/ha)			
	1994	1995	1996	Mittel '95 & '96	1994	1995	1996	Mittel '95 & '96
<b>Striegeln im VA</b>	489	338	536	<b>437</b>	73	53	90	<b>71</b>
<b>Abflammen im VA</b>	499	358	577	<b>467</b>	75	54	97	<b>76</b>
GD 5 %	-	78	81	-	-	12	14	-

**Tabelle 13: Einfluß des Striegeln und des Abflammens im VA auf den Rüben- und den bereinigten Zuckerertrag (BZE), Standort Gruna**

	Rüben- und Zuckerertrag (dt/ha)			BZE (dt/ha)		
	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel
<b>Striegeln im VA</b>	443	546	<b>494</b>	68	97	<b>83</b>
<b>Abflammen im VA</b>	419	547	<b>483</b>	63	97	<b>80</b>
<b>ohne VA-Behandlung</b>	-	499	-	-	87	-
GD 5 %	81	97	-	21	18	-

#### 4.4.6 Arbeits- und betriebswirtschaftliche Bewertung

Durch Behandlungen mit Striegel und Abflammgerät entsteht ein sehr unterschiedlicher Arbeits- und Kostenaufwand (Tab. 14). Durch geringe Arbeitsgeschwindigkeiten (1,5 km/h) und Arbeitsbreiten der verfügbaren Technik beim Abflammen kommt ein sehr hoher Arbeitszeitbedarf zustande. Durch die Verwendung von Propangas entstehen außerdem hohe zusätzliche Kosten. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß die Abflammtechnik bisher nur bei bestimmten Kulturarten (Möhren, Zwiebeln, Mais, einige Heil- und Gewürzpflanzen) eingesetzt wird. Dadurch ist der Flächenumfang, auf dem Abflammtechnik eingesetzt wird, in der Regel gering, was wiederum eine hohe Festkostenbelastung bedingt.

Zur Ermittlung des Deckungsbeitrages der unterschiedlichen VA-Behandlungen wurden die Versuchsergebnisse hinsichtlich des Einflusses der VA-Behandlungen auf die Handarbeitszeit und den Ertrag herangezogen (Tab. 15). Die Werte für Ertrag und Kosten für Handarbeit wurden aus dem Durchschnitt der Ergebnisse der Jahre 1995 und

1996 vom Standort Canitz und 1996 vom Standort Gruna übernommen. Für diese Berechnung wurden außerdem die Ertragswerte um einheitlich 10 % verringert, da bei einer maschinellen Beerntung gegenüber der hier vorgenommenen Beerntung von Hand Rodeverluste zu erwarten sind. Durch die Verringerung des Handarbeitszeitbedarfes von ca. 25 h/ha durch das Striegeln und 13 h/ha durch das Abflammen sowie den etwas höheren Erträgen können hiernach bei der Anwendung von VA-Behandlungen höhere Deckungsbeiträge erzielt werden. Zwischen Abflammen und Striegeln konnten keine Unterschiede festgestellt werden, wobei die festen Maschinenkosten nicht berücksichtigt worden sind.

Unter der Voraussetzung, daß keine von der Variante ohne VA-Behandlung abweichenden Erträge zu erzielen sind, ist der Deckungsbeitrag nur noch beim VA-Striegeln höher (Tab. 16). Bei der Variante "Abflammen im VA" ist aufgrund des Gasverbrauchs und höherer vMk trotz des Kostenvorteils durch geringere Handarbeit der DB gleich dem der Variante ohne VA-Behandlung.

**Tabelle 14: Arbeitszeitbedarf und Verfahrenskosten beim Abflammen und Striegeln von Rüben (nach HOFFMANN, 1989; KTBL, 1996; eigene Berechnungen)**

		Abflammgerät <sup>1)</sup>		Striegel <sup>2)</sup>	
Arbeitsbreite	(m)	3	6	6	18
<b>Arbeitszeitbedarf (Akh/ha)</b>		<b>2,30</b>	<b>1,20</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>
vMk (DM/ha)	Gerät	12	12	2	2
	Schlepper	28	15	6	4
	<b>gesamt</b>	<b>40</b>	<b>27</b>	<b>8</b>	<b>6</b>
Gaskosten	(DM/ha)	105	105	-	-
<b>Gesamtkosten</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>145</b>	<b>132</b>	<b>8</b>	<b>6</b>

1) Bandabflammung, 1 offener Stabbrenner/Rübenreihe, Schlepper ca. 65 PS, Arbeitsgeschwindigkeit 1,5 km/h, Betriebsdruck 2 bar

2) bei Arbeitsbreite 6 m Schlepper mit ca. 65 PS, bei 18 m mit ca. 100 PS

**Tabelle 15: Einfluß verschiedener VA-Behandlungen auf den Deckungsbeitrag von Zuckerrüben**  
(nach: HOFFMANN, 1989; KTBL, 1996; eigene Berechnungen)

		Striegeln im VA	Abflammen im VA	ohne VA- Behandlung
Erträge	(dt/ha)	426	445	414
<b>Marktleistung</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>6390</b>	<b>6675</b>	<b>6210</b>
vMK VA-Behandlung	(DM/ha)	8	40	0
Gas	(DM/ha)	0	105	0
<b>Kosten für Handarbeit</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>1168</b>	<b>1286</b>	<b>1420</b>
sonstige vK*)	(DM/ha)	1332	1347	1322
Summe vK	(DM/ha)	2508	2778	2742
<b>DB</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>3882</b>	<b>3897</b>	<b>3468</b>

\*) vMk für Bodenbearbeitung und Düngung, Kosten für Bestellung, Ernte im Lohn, Saatgut, Entzug von P und K, Kalkverlust, Kosten für Beiträge an Versicherung und Verbände.

**Tabelle 16: Deckungsbeiträge von Zuckerrüben für verschiedene VA-Behandlungen bei**  
**Voraussetzung gleich hoher Erträge**

		Striegeln im VA	Abflammen im VA	ohne VA- Behandlung
Erträge	(dt/ha)	425		
<b>Marktleistung</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>6375</b>		
vMK VA-Behandlung	(DM/ha)	8	40	0
Gas	(DM/ha)	0	105	0
<b>Kosten für Handarbeit</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>1168</b>	<b>1286</b>	<b>1420</b>
sonstige vK *)	(DM/ha)	1332		
Summe vK	(DM/ha)	2508	2763	2752
<b>DB</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>3867</b>	<b>3612</b>	<b>3623</b>

\*) vMk für Bodenbearbeitung und Düngung, Kosten für Bestellung, Ernte im Lohn, Saatgut, Entzug von P und K, Kalkverlust, Kosten für Beiträge an Versicherung und Verbände.

#### 4.5 Schlußfolgerung

Die Ergebnisse der Untersuchung lassen erkennen, daß unter den Bedingungen einer tiefen Ablage der Rübenpillen (3 - 4 cm) durch VA-Behandlungen mit dem Striegel oder dem Abflamngerät die Verunkrautung und infolgedessen der Handarbeitsbedarf verringert werden kann (Tab. 17).

**Tabelle 17: Handarbeitszeitbedarf und Rüben-ertrag nach VA-Behandlungen im Vergleich zu ohne VA-Behandlung (= 100%), Durchschnitt der Versuche 1995 und 1996 in Canitz und 1996 in Gruna**

	Handarbeits- zeitaufwand	Rüben-erträge
Striegeln im VA	80 %**	102 %
Abflammen im VA	90 % *	106 %

\*) signifikant bei  $p = 0,05$

\*\*\*) signifikant bei  $p = 0,01$

Dabei wurde beobachtet, daß durch das Striegeln der Feldaufgang bei lockerem Boden um bis zu 15 % verringert, hingegen bei verkrustetem Boden um bis zu 15 % erhöht werden kann. Das Abflammen im VA hat den Feldaufgang nicht beeinflußt. Im Durchschnitt der Versuche lag der Feldaufgang mit ca. 55 % auf einem sehr niedrigen Niveau.

Als Ursachen für den geringen Aufgang können die fehlende Fungizid- und Insektizidbehandlung der Rübenpillen angesehen werden. Es konnte nicht geklärt werden, ob die gewählte hohe Ablagetiefe in diesen Versuchen ebenfalls zu den geringen Aufgangsergebnissen beigetragen hat. Allgemein muß davon ausgegangen werden, daß sich bei tiefer Ablage der Zeitraum zwischen Beginn der Keimung und dem Durchstoßen der Bodenoberfläche durch die Keimpflanzen verlängert und daher ein höheres Risiko des Ausfallens einzelner Pflanzen

gegeben ist. WINNER (1981) stellt hierzu fest, daß bei einer Saattiefe von 5 cm gegenüber einer Saattiefe von 2,5 cm je nach Zustand der Oberkrume der Feldaufgang um 10 bis 25 % geringer sein kann.

Weiterhin stellt sich die Frage, inwieweit ein Zusammenhang zwischen den niedrigen Ergebnissen im Feldaufgang und dem Zeitpunkt der ersten Maschinenhacke zu sehen ist. In den Versuchen setzte die 1. MH sehr spät (bis zu vier Wochen) nach dem Auflaufbeginn ein. Die Ursachen hierfür können neben ungünstigen Witterungsverhältnissen (nasser Boden) erfahrungsgemäß auch in den niedrigen Aufgangbeständen gesehen werden. Dies führte zu einer späten Erkennbarkeit der Rübenreihen vom Schleppersitz aus, was aber Voraussetzung für die Durchführung maschineller Hackarbeit ist. Bei den vorliegenden Versuchen ist außerdem zu berücksichtigen, daß bis auf eine Ausnahme (Standort Gruna, 1995) der Bedarf für die Handarbeit als sehr hoch eingeschätzt werden muß. Daraus muß die Frage abgeleitet werden, ob der ggf. durch geringen Feldaufgang bedingte späte Beginn der manuellen Pflege eine Ursache für den hohen Zeitbedarf der Handhacke sein kann.

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß eine für das Striegeln im VA notwendige tiefere Ablage ein hohes Risiko für den Feldaufgang der Rüben und eine termingerecht einsetzende Unkrautregulierung darstellen kann. Somit wird in der Regel die Voraussetzung zum Einsatz des Striegels im VA bei Rüben gewöhnlich nicht gegeben sein. Das Abflammen im VA kann bei langer Keimungsdauer wirkungsvoll sein, wenn genügend Unkräuter aufgelaufen sind. Da im ökologischen Rübenanbau aufgrund der hohen Krankheitsanfälligkeit der Keimpflanzen durch späten Aussattermin und flache Aussaat ein rasches Auflaufen angestrebt wird, sind diese Voraussetzungen in der Regel aber meistens nicht erfüllt. Deshalb ist das Abflammen als Notmaßnahme zu betrachten, zumal hohe Verfahrenskosten entstehen.

## 5 Einsatz verschiedener Geräte zur physikalischen Unkrautregulierung in wachsenden Zuckerrübenbeständen

### 5.1 Literaturüberblick

Bei den heute in der Praxis angewandten Maßnahmen zur mechanischen Unkrautregulierung im wachsenden Bestand werden in Reinkulturen verschiedene Hackgeräte eingesetzt (Tab. 18), die entsprechend ihrer Betriebsart in gezogene, gezogen-abrollende und zapfwellengetriebene Maschinen unterschieden werden können (WALTER, 1989; ESTLER, 1992; WEBER, 1998).

**Tabelle 18: Geräte zur mechanischen Unkrautregulierung in Reinkulturen**

Betriebsart	Gerätetyp
Gezogene Geräte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verschiedene Bauarten von Scharhackgeräten</li> </ul>
gezogen-abrollende Geräte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rollhacke</li> <li>• Sternhacke</li> <li>• Bügelhacke</li> <li>• Fingerhacke</li> </ul>
Zapfwellengetriebene Geräte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reihenhackbürste</li> <li>• Tellerhackbürste</li> <li>• Reihenfräse</li> <li>• reihenabhängig arbeitende Rüttel- und Kreiselegge</li> </ul>

#### 5.1.1 Bestandespflege mit Scharhackgeräten

Scharhackgeräte können mit sehr unterschiedlichen Zinkenformen (gefederte Zinken, starre Zinken oder Vibromesser) eingesetzt werden, die an einem Rahmen über Parallelogramme oder Teleskope aufgehängt und flach durch den Boden gezogen werden. Als Scharformen sind Winkelmesser, Gänsefußschare und verschiedene Formen von Häufelscharen bekannt. Je nach Fabrikat weisen die Geräte sehr unterschiedliche Verstellmöglichkeiten auf. Die Einstellung der Arbeitstiefe kann bei starrer Zinkenausführung und Vibro-Messern stufenlos für jedes einzelne Messer vorgenommen werden. Bei gefederten Zinken erfolgt die stufenlose Tiefeneinstellung über die Tasträder der Parallelogramme, die mit einer Spindel ausgerüstet sind. Bei Hack-

maschinen aus DDR-Produktion (Fortschritt-Kombinat) kann dieses nur über die Stützräder des Geräterahmens in Stufen erfolgen.

Bei Unkrautregulierung in Rübenbeständen mit Scharhackgeräten wird empfohlen, zur ersten Maschinenhacke, die unmittelbar nach dem Sichtbarwerden der Kulturpflanzenreihen durchgeführt werden soll, das Gerät mit Gänsefußscharen und Hohlschutzscheiben auszurüsten. Je nach Fabrikat schützen Hohlschutzscheiben in glattrandiger oder gezahnter Ausführung die jungen Kulturpflanzen vor dem Verschütten oder, insbesondere auf bindigen Böden, vor dem Abreißen der Wurzeln durch das Verschieben scholliger Krümmenbereiche. SEIFFERT (1981) empfiehlt, ab der zweiten Maschinenhacke mit Winkelmessern und zunehmend tiefer zu arbeiten.

Die Wirkung von Scharhackgeräten besteht im Abschneiden und im Verschütten der Unkrautpflanzen. Sie wird von gerätetechnischen Komponenten (Fahrgeschwindigkeit und Hacktiefe, Zinkenform und -befestigung), von den ackerbaulichen und klimatischen Rahmenbedingungen des Einsatzes (Bodenart, Bodenfeuchte und Witterung) sowie durch Art und Entwicklungsstadium der Unkräuter beeinflusst.

Da bei Scharhackgeräten in der Kulturpflanzenreihe keine direkte Bearbeitungsmöglichkeit besteht, ist der Regulierungserfolg in diesem Bereich gering. Nach Untersuchungen von ESTLER (1992) lag er in der Maisreihe in Abhängigkeit von Standort und Unkrautart zwischen 0 und 54 %, zwischen den Reihen dagegen zwischen 89 und 96 %. Eine bessere Wirkung in der Reihe kann durch die Anwendung spezieller Häufelschare zum Anhäufeln der Kulturpflanzen erreicht werden.

Zur Hacktiefe überwiegen in der Literatur die Empfehlungen, geringe Hacktiefen einzuhalten (MEIER, 1986; GEIER, 1987 zit. in WALTER, 1989). In Versuchen wurde festgestellt, daß mit zunehmender Tiefe die verschüttende Wirkung zunimmt und die schneidend-herausreißende Wirkung abnimmt (KOCH, 1964; TERPSTRA & KOUWENHOVEN, 1981). Durch zu tiefes Arbeiten werden die Unkrautwurzeln zu stark unterfahren. Die Wurzeln der Unkräuter sind dann noch mit zuviel Erde verbunden, wodurch insbesondere bei nasser Witterung die Gefahr des erneuten Anwachsens nach der Bearbeitung erhöht wird. Es wird im Gegensatz dazu aber auch die Meinung vertreten, daß mit zunehmender Hacktiefe die Wirkung gegen große Unkräuter zunimmt (WEBER, 1998). Allgemein wird davon ausgegangen, das bei hoher Ge-

schwindigkeit die Unkräuter besser reguliert werden können als bei geringer (GEYER et al., 1991).

In Bezug auf die Zinkenform wurde festgestellt, daß mit Winkelmessern enger an die Kulturpflanze heran gearbeitet werden kann (IRLA, 1986). Allerdings wird laut DLG-Prüfbericht 1984 bei Winkelmessern im Vergleich zu Gänsefußscharen der Boden nicht so gut gekrümelt, was das Risiko des Wiederanwachsens von Unkräutern erhöhen könnte.

Die Wirkung der Geräte kann durch nachlaufende Striegelkrallen, Stabwalzen und Sternkrümmler erhöht werden, da hierdurch eine bessere Enterdung der Unkrautwurzeln stattfindet und die Gefahr des erneuten Anwachsens von Unkräutern verringert wird (HABERLAND, 1989). Die Entwicklung von gefederten Zinken sowie von Vibro-Messern dient dem gleichen Zweck.

Zur Wirkung der Maschinenhacke auf die Erträge von Zuckerrüben wurden unterschiedliche Effekte festgestellt. Einige Autoren (WINNER, 1981; KÜSTER et al., 1983) kommen zu dem Ergebnis, daß Hackarbeit bei Unkrautfreiheit und guter Oberflächenstruktur keine bzw. bei mehrmaligem intensiven Hacken auch geringfügig negative Ertragswirkungen zur Folge haben kann. Die Autoren empfehlen das Hacken hingegen bei verkrusteten Böden. KÜSTER et al. (1983) konnten feststellen, daß durch das Hacken die Beinigkeit verringert werden kann.

### **5.1.2 Bestandespflege mit Rollhackgeräten**

Gezogen-abrollende Geräte zeichnen sich durch rotierende Arbeitswerkzeuge aus, die über den Boden angetrieben werden. Sie werden aus diesem Grund auch als bodenangetriebene Geräte bezeichnet. Eine Form der bodenangetriebenen Hackgeräte ist die Rollhacke, bei der schräg zur Bearbeitungsrichtung angeordnete Hacksterne im Bereich zwischen den Kulturpflanzenreihen rotieren. Durch das Schrägstellen der Sterne zur Bearbeitungsrichtung wird eine wühlende Arbeitsweise erreicht, die ein An- oder Weghäufeln ermöglicht. Ein Vorteil dieses Gerätes liegt in einer hohen Flächenleistung, da es z. B. in Mais mit Arbeitsgeschwindigkeiten von 8 bis 12 km/h eingesetzt werden kann (HOFFMANN, 1991). Um eine Vorlockerung des Bodens sowie eine schneidende Wirkung gegen tief verwurzelte Unkräuter zu erreichen, ist bei fast allen Fabrikaten der zusätzliche Einbau von Gänsefuß- oder Lockerungsscharen zur Bearbeitung vor den Sternen möglich. Stufenlose Einstellmöglichkeiten bestehen für die Schrägstellung der Sterne

zur Arbeitsrichtung und bei der horizontalen Neigung der Aggregate. Rollhacken werden in zwei verschiedenen Bauformen angeboten. Geräte bei denen alle Sterne einer Hackgruppe (Aggregat) einzeln aufgehängt sind, ermöglichen die Anpassung der Anzahl der Sterne je Aggregat und können somit unter verschiedenen Bedingungen (Damm- und Flachbau, unterschiedliche Reihenweiten) eingesetzt werden (Fa. Hatzebichler, Fa. Kress, Fa. Haruwy, Fa. Einböck). Bei der anderen Bauform besteht keine Variationsmöglichkeit der Anzahl der Sterne je Aggregat da alle Sterne einer Hackgruppe auf einer durchgehenden Welle gelagert sind (Fa. Howard, Fa. Becker). Diese Geräte können nur im Flachbau weitreihiger Kulturen (ca. 75 cm) eingesetzt werden.

Die Wirkungsweise von Rollhacken besteht im Herausreißen und Verschütten der Unkräuter. Durch den Häufeleffekt können Unkräuter in den Reihen durch Verschütten gestört werden. Untersuchungen oder Erfahrungen zum Einsatz der Rollhacke im Rübenanbau sind bisher noch nicht bekannt. Zum Maisanbau liegen hingegen zahlreiche Ergebnisse vor. In Versuchen von ESTLER (1992) lag der Regulierungserfolg im Zwischenreihenbereich von Mais sowohl bei der Rollhacke als auch bei der Scharhacke bei 80 bis 90 %. In der Reihe konnte er durch ein- bis zweimaliges Anhäufeln mit der Rollhacke 45 bis 52 % Regulierungserfolg erzielen, beim Scharhackgerät hingegen nur zwischen 20 und 42 %. Nach REIMANN (1989) ist der Einsatz der Rollhacke im Mais bei nicht zugänglichem, verhärtetem Boden sowie bei starkem Auftreten von Wurzelunkräutern problematisch.

### **5.1.3 Bestandespflege mit Bürstenhackgeräten**

Hackbürsten sind zapfwellengetriebene, reihenabhängig arbeitende Hackgeräte. Sie lassen sich in Reihenhackbürsten mit horizontal und in Tellerhackbürsten mit vertikal rotierenden Arbeitsgeräten unterscheiden. Reihenhackbürsten (Fa. Bärtschi), die auf biologisch wirtschaftenden Betrieben vor allem im Gemüsebau eine weite Verbreitung gefunden haben, sind mit unterschiedlich breiten und elastischen Kunststoffborsten ausgerüsteten Bürstenscheiben ausgestattet. Sie sind auf einer über die gesamte Arbeitsbreite durchgängigen Rotationswelle verschiebbar angebracht.

Bei Tellerhackbürsten sind pro Zwischenreihenbereich zwei über Parallelogramme höhengeführte Bürstenteller angebracht. Aufgrund der Elastizität der Borsten können diese sehr nahe an, in bestimmten Kulturstadien auch in die Kulturpflanzenreihe heran- bzw. hineingeführt werden. Der Antrieb der

Bürstenteller kann mechanisch (System Paul) über Gelenkwellen oder hydraulisch (Schwedische Ökologiemaschinen GmbH) über eine Hydraulikpumpe des Schleppers erfolgen.

Die Tellerhackbürste erscheint in Zuckerrüben interessant zu sein, da die am Markt erhältlichen Geräte zum einen nicht bearbeitete Streifen sehr gering halten und zum anderen durch die flexiblen Borsten kleine Unkräuter in der Reihe erfassen oder durch leichte Häufel effekte kleine Unkräuter auch in der Reihe verschütten können (KRESS, 1994). In Bezug auf die Kulturverträglichkeit dieser Geräte vertreten einige Autoren (FOGELBERG & JOHANSSON, 1993; ASCARD & VAN DER WEIDE, 1996) die Meinung, daß bei Zuckerrüben erst ab einer Wuchshöhe von 15 cm bzw. ab 4 bis 6 Blättern keine Ertragseinbußen zu erwarten sind.

Die Wirkung der Bürstenwerkzeuge besteht im Herausreißen der Unkräuter mit der Wurzel. Es findet eine sehr gute Enterdung der Wurzeln statt. Der Unkrauteffekt wird bei den Bürstengeräten (Reihen- sowie Tellerhackbürsten) durch die Arbeitsintensität (Quotient aus Peripheriegeschwindigkeit der Borsten und Fahrgeschwindigkeit) bestimmt (PEDERSEN, 1990; FOGELBERG & JOHANSSON, 1993).

#### **5.1.4 Bestandespflege mit Abflammgeräten**

Aus dem Bereich der Abflammtchnik können in wachsenden Reihenkulturen im Unterschied zur Behandlung im VA nur bandmäßig arbeitende Geräte eingesetzt werden. Als Vorteile gegenüber den mechanischen Reihenhackgeräten werden das Wegfallen von Lockerungseffekten genannt, wodurch bekanntlich eine Keimstimulierung von Unkrautsamen bewirkt werden kann. Weiterhin wird die verringerte Witterungsabhängigkeit angeführt, da ein Einsatz auf Böden möglich ist, die gewöhnlich für das Hacken noch zu naß sind (WASIELEWSKI, 1979 in HOFFMANN, 1989).

Bei Abflammgeräten können Regulierungseffekte auch in den Kulturreihen durch direktes Hineinflammen erzielt werden, wenn eine gewisse Hitzeverträglichkeit der Kultur gegeben ist. Es lassen sich allerdings noch keine Angaben über den frühestmöglichen Zeitpunkt der Behandlung in den

Reihen von Zuckerrübenbeständen machen. Sie erscheint allerdings aufgrund der hohen Hitzeempfindlichkeit der Rübenblätter nur möglich, wenn die Blätter unterfahren werden können. Dieser Zeitpunkt ist bei Zuckerrüben vermutlich erst kurz vor dem Reihenschluß gegeben. Die Abflammung könnte dann ein wirksames Mittel gegen eine aufkommende Spätverunkrautung sein.

## **5.2 Fragestellungen**

Zur Prüfung der Wirkung des Einsatzes verschiedener Pflegegeräte im wachsenden Rübenbestand wurden am Standort Canitz in den Jahren 1994 bis 1996 und am Standort Gruna in den Jahren 1995 und 1996 Versuche zum Einsatz verschiedener Geräte zur physikalischen Unkrautregulierung in wachsenden Zuckerrübenbeständen durchgeführt. Bei dieser Versuchsanstellung sollten folgende Fragestellungen berücksichtigt werden:

1. Welcher Regulierungserfolg ist mit verschiedenen Geräten in Zuckerrüben zu erzielen?
2. Hat die Art des Pflegegerätes Einfluß auf den Arbeitszeitbedarf für die Handhacke?
3. Sind Einwirkungen auf die Zuckerrübenenerträge beim Einsatz verschiedener Pflegegeräte festzustellen?
4. Wie verändern sich die DB-Berechnungen beim Einsatz verschiedener Pflege-Strategien?

## **5.3 Material und Methoden**

### **5.3.1 Varianten**

Folgende Varianten kamen zum Einsatz:

- 1 Maschinenhacke mit Scharhackgerät
- 2 Maschinenhacke mit Rollhacke
- 3 Maschinenhacke mit Tellerhackbürste
- 4 Abflammen im Zwischenreihenabstand.

### **5.3.2 Eingesetzte Maschinentchnik**

Die Tabelle 19 gibt einen technischen Überblick über die verwendeten Gerätetypen.

**Tabelle 19: Die verwendete Maschinenteknik auf den Versuchsstandorten**

	<b>Standort Canitz</b>	<b>Standort Gruna</b>
Scharhackgerät	Vielfachhackgerät P 473, Heckanbau mit hydraulischer Feinsteuerung, 6-reihig, starre Zinkenausführung (VEB Landmaschinen, Torgau)	Vielfachhackgerät P 440, Heckanbau mit hydraulischer Feinsteuerung, 12-reihig, gefederte Zinkenausführung (VEB Landmaschinen, Torgau)
Rollhacke	Heckanbau mit mech. Feinsteuerung und 2 Führungsrechen, 6-reihig, Vorlockerer mit Gänsefußscharen (Fa. Hatzenbichler, St. Andrä, Österreich)	
Tellerhackbürste	-	6-reihig, Heckanbau mit mech. Feinsteuerung, (Schwedische Ökologiemaschinen GmbH, Rada, Schweden)
Abflammgerät	-	Gerät zur Bandabflammung im Frontanbau, 12-reihig, 25 cm Stabbrenner mit 7 Düsen/Brenner (Fa. Reinert, Triesdorf)

### 5.3.3 Versuchsverlauf

In den Tabellen 20 und 21 sind für alle Versuche die Termine der Maßnahmen zur physikalischen Unkrautregulierung auf den Versuchsflächen nach erfolgter Aussaat dargestellt worden.

**Tabelle 20: Zeitliche Abfolge aller Maßnahmen zur physikalischen Unkrautregulierung am Standort Gruna**

<b>Versuchsverlauf 1995</b>	
Termin	Maßnahme
12.5.	Aussaat, Aussaattiefe 2 - 3 cm, Ablageweite 14 cm, Reihenweite 45 cm
20.5.	Striegeln im VA
24. 5.	Abflammen im VA
25.5.	Auflaufbeginn
8.6.	1. Maschinenhacke, Einsatz von Rollhacke (von der Reihe weghäufelnd) mit 35 cm breitem Vorlockerungsschar und Scharhacke (Gänsefußschare, Hohlschutzscheiben)
21.6.	1. Handhacke
28.6.	2. Maschinenhacke, Einsatz der Rollhacke (anhäufelnd) mit 30 cm breitem Vorlockerungsschar und Scharhacke (Winkelmesser)
19.7.	Unterblattabflammung
26.7.	2. Handhacke
<b>Versuchsverlauf 1996</b>	
19.4	Aussaat, Aussaattiefe 3 - 4 cm, Ablageweite 14 cm
23.4.	Striegeln im VA
25.4..	Abflammen im VA
27.4.	Beginn Aufgang
24.5.	1. Maschinenhacke, Einsatz der Rollhacke (weghäufelnd) mit 25 cm breitem Vorlockerungsschar (weghäufelnd) und Scharhacke (Gänsefußschare, Hohlschutzscheiben)
29./30.5.	1. Handhacke
6.6.	2. Maschinenhacke, Einsatz der Rollhacke (anhäufelnd) mit 25 cm breitem Vorlockerungsschar und Scharhacke (Winkelmesser)
28.6.	2. Handhacke

**Tabelle 21: Zeitliche Abfolge aller Maßnahmen zur physikalischen Unkrautregulierung in Canitz**

<b>Versuchsverlauf 1994</b>	
Termin	Maßnahme
2.5.	Aussaats mit Einzelkorndrillmaschine (12-reihig, pneumatisch), 18 cm Ablage, Tiefe: 3 - 4 cm
6.5.	Striegeln im VA
9.5.	VA-Abflammung
10.5.	Auflaufbeginn
30.5.	erstes Abflammen im Zwischenreihenabstand
1.-2.6.	erster Einsatz der Scharhacke (drei Gänsefußschare/Parallelogramm), Rollhacke (zwei Sterne/Aggregat), Tellerhackbürste
14.-16.6.	1. Handhacke
4.-5.7.	zweiter Einsatz der Scharhacke (drei Gänsefußschare/Parallelogramm), Rollhacke (ein Stern/Aggregat), Tellerhackbürste, Einsatz des Abflammgerätes mit zur Reihe hin gerichteten Brennern (Unterblattabflammung)
8.-12.8.	Beseitigen hochgewachsener Unkräuter von Hand
<b>Versuchsverlauf 1995</b>	
2.5.	Zuckerrübenaussaats, 12-reihig, Aussaattiefe 3 - 4 cm, Ablageweite 18 cm
6.5.	Striegeln im VA
9.5.	Abflammen im VA
12.5.	Auflaufbeginn
10.-11.6.	1. Maschinenhacke, Einsatz der Scharhacke ( Gänsefußschare, Hohlschutzscheiben), Rollhacke (weghäufelnd) mit 30 cm breitem Hackschar und Tellerhackbürste
14.6.	erstes Abflammen im Zwischenreihenabstand (Variante 5)
17.6.	zweite Maschinenhacke; Einsatz des Scharhackgerätes (Gänsefußschare, ohne Schutzscheiben) und der Tellerhackbürste, Arbeiten durch Regenschauer unterbrochen
19.6	2. Maschinenhacke; Einsatz der Rollhacke mit 30 cm breiten Hackscharen
20.6.	1. Handhacke
4.7.	3. Maschinenhacke; Einsatz der Scharhacke (Gänsefußschare), Rollhacke (anhäufelnd) mit 30 cm breiten Hackscharen und Tellerhackbürste
11.7.	zweites Abflammen im Zwischenreihenabstand (Variante 5)
12.-14.7.	2. Handhacke
<b>Versuchsverlauf 1996</b>	
29.4.	Zuckerrübenaussaats, 12-reihig, Aussaattiefe 2 - 3 cm, Ablageweite 18 cm
4.5.	Striegeln im VA
7.5.	Abflammen im VA
14.5.	Auflaufbeginn
4.6.	1. Maschinenhacke, Einsatz der Scharhacke (Gänsefußschare, Hohlschutzscheiben), Rollhacke (weghäufelnd) mit 25 cm breitem Hackschar, Tellerhackbürste
5.6.	erstes Abflammen im Zwischenreihenabstand (Variante 5)
11.-14.6.	1. Handhacke
17.6.	2. Maschinenhacke; Einsatz der Scharhacke (Gänsefußschare, ohne Schutzscheiben), Rollhacke mit 25 cm breiten Hackscharen (anhäufelnd), Tellerhackbürste und des Abflammgerätes
25.6.	2. Handhacke

### 5.3.4 Versuchsanlage

Die Versuche wurden mit vierfacher Wiederholung als randomisierte Blockanlagen angelegt. Zum Wenden der Maschinen wurde zwischen jeder Wiederholung ein ca. 6 - 8 m breiter Streifen nicht bestellt. Im Jahr 1996 hat sich am Standort Canitz die ursprünglich angelegte Anlage nach den VA-Behandlungen aufgrund des zu geringen Aufgangs der Rüben als nicht brauchbar erwiesen. Zur Durchführung der Versuche wurde ein anderes Areal auf demselben Schlag mit besserem Rübenaufgang gewählt, bei dem allerdings die zufällige Verteilung der Varianten in den Blöcken nicht mehr gegeben war.

### 5.3.5 Erhebungskriterien und Methodenbeschreibung

#### Bestandserhebungen

Der Feldaufgang wurde vor der ersten Maschinenhacke im 2-Blatt-Stadium der Rüben erhoben. Im Jahr 1994 wurden in jeder Parzelle an 4 verschiedenen Stellen jeweils zwei Meter Rübenreihe gezählt, gemittelt und in Rüben/ha umgerechnet, 1995 und 1996 wurden pro Parzelle in 2 nebeneinanderliegenden Reihen die aufgelaufenen Rüben auf einer Länge von 11,10 m gezählt. Bei einer Reihenweite von 45 cm entspricht die so ermittelte Zahl multipliziert mit 1000 der Anzahl Rüben/ha. Ebenso wurde der Bestand zum Ende der Pflegeperiode ermittelt, was im Jahr 1994 jedoch nur in Canitz erfolgte. Die Termine waren hierbei im Jahr 1994 der 22.7., 1995 auf beiden Standorten der 8.9. und 1996 ebenfalls auf beiden Standorten der 29.7..

#### Unkrautbonituren

(siehe Abs. 4.3)

Die erste Unkrautbonitur erfolgte vor dem ersten Einsatz der Reihenpflegegeräte. Es wurde angestrebt, die Unkrautbonituren zwischen jeder weiteren Pflegemaßnahme durchzuführen. Somit kann die unkrautregulierende Wirkung jeder Maßnahme, im weiteren bezeichnet als Regulierungserfolg, erfaßt werden. Die Unkräuter wurden zum ersten Boniturtermin und zu weiteren ausgewählten Terminen nach Arten getrennt erfaßt.

#### Erfassung des Handarbeitszeitaufwandes

(siehe Abs. 4.3)

### Rübenbestand, Ertrag und Qualität

Zur Ertragsermittlung wurden von den mittleren zehn Reihen jeder Parzelle 6 Reihen auf einer Länge von 5 Metern von Hand beerntet. Von jeder Probenentnahmestelle wurden ca. 30 - 40 kg der so geernteten Rübenkörper in der Analysenstrecke des Zuckerwerkes der Südzucker GmbH in Zeitz auf Besatz, Zuckergehalt sowie K-, Na- und ###-Aminosäure-N-Gehalte untersucht. Zur Erfassung des Einflusses der Hackgeräte auf den Rübenbestand wurden die so geernteten Rüben in jeder Parzelle gezählt. Außerdem wurde der Anteil beiniger Rüben festgehalten.

#### Statistische Verrechnung

Die Daten wurden varianzanalytisch mit Hilfe des Rechnerprogrammes EFDAS (Evaluation of Field Experiment Data and Series of Experiments), herausgegeben vom Bundessortenamt, Hannover, ausgewertet. Zur Feststellung signifikanter Unterschiede zwischen den Varianten wurde der t-Test ( $p = 0,05$ ) angewandt. Sofern die Verrechnung über die Jahre und Standorte als sinnvoll erschien wurde eine mehrfaktorielle Varianzanalyse mit dem Rechnerprogramm SPSS durchgeführt. Die Werte aus dem Versuchsjahr 1994 wurden aufgrund von nur zwei angelegten Wiederholungen und sehr inhomogener Versuchsflächen nicht statistisch verrechnet.

### 5.4 Ergebnisse

#### 5.4.1 Entwicklung des Unkrautbesatzes

Während der Pflegeperioden waren im Verlauf der Verunkrautung nur wenige Differenzierungen zwischen den unterschiedlichen Pflegegeräten zu erkennen (Abb. 4 u. 5). Auffällig sind im Jahr 1995 in Canitz die Ergebnisse der Abflammvariante. Hier wurde mit einer Bandabflammung zwischen den Reihen sowie einer Handhacke eine ebenso gute Verringerung des Unkrautbesatzes erreicht wie mit zwei Einsätzen der mechanischen Geräte und ebenfalls einer Handhacke. Hervorzuheben sind auch die Ergebnisse der Variante "Rollhacke" in Gruna 1996. Hier blieb der erste Einsatz des Gerätes erfolglos. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die zusätzlich angebauten Gänsefußschare ausgebaut werden mußten, da diese die jungen Rübenpflanzen stark beeinträchtigten. Bei allen früheren und späteren Einsätzen des Gerätes traten diese Probleme nicht auf.

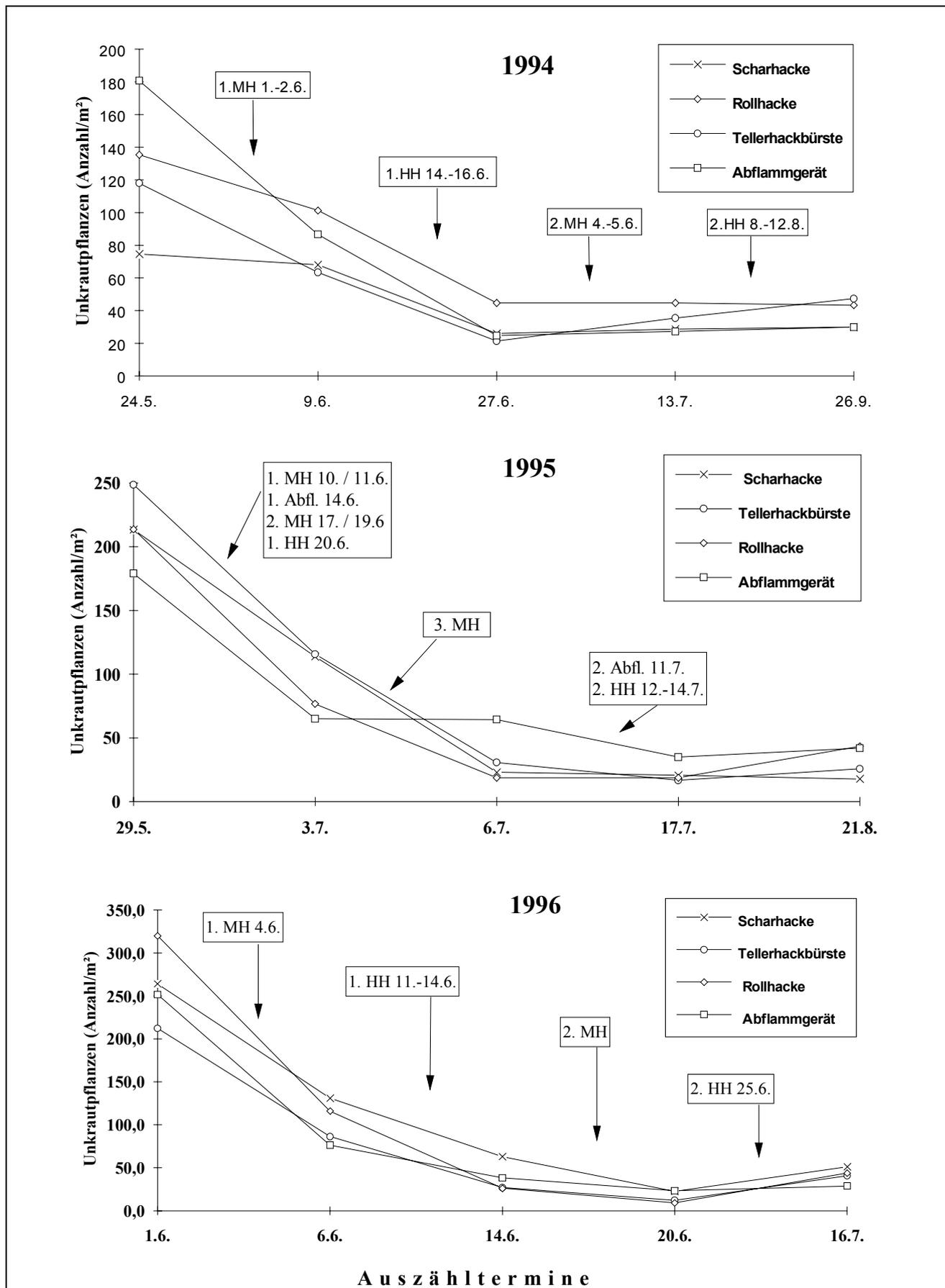


Abbildung 4: Entwicklung des Unkrautbesatzes bei verschiedenen Pflegeverfahren in Canitz

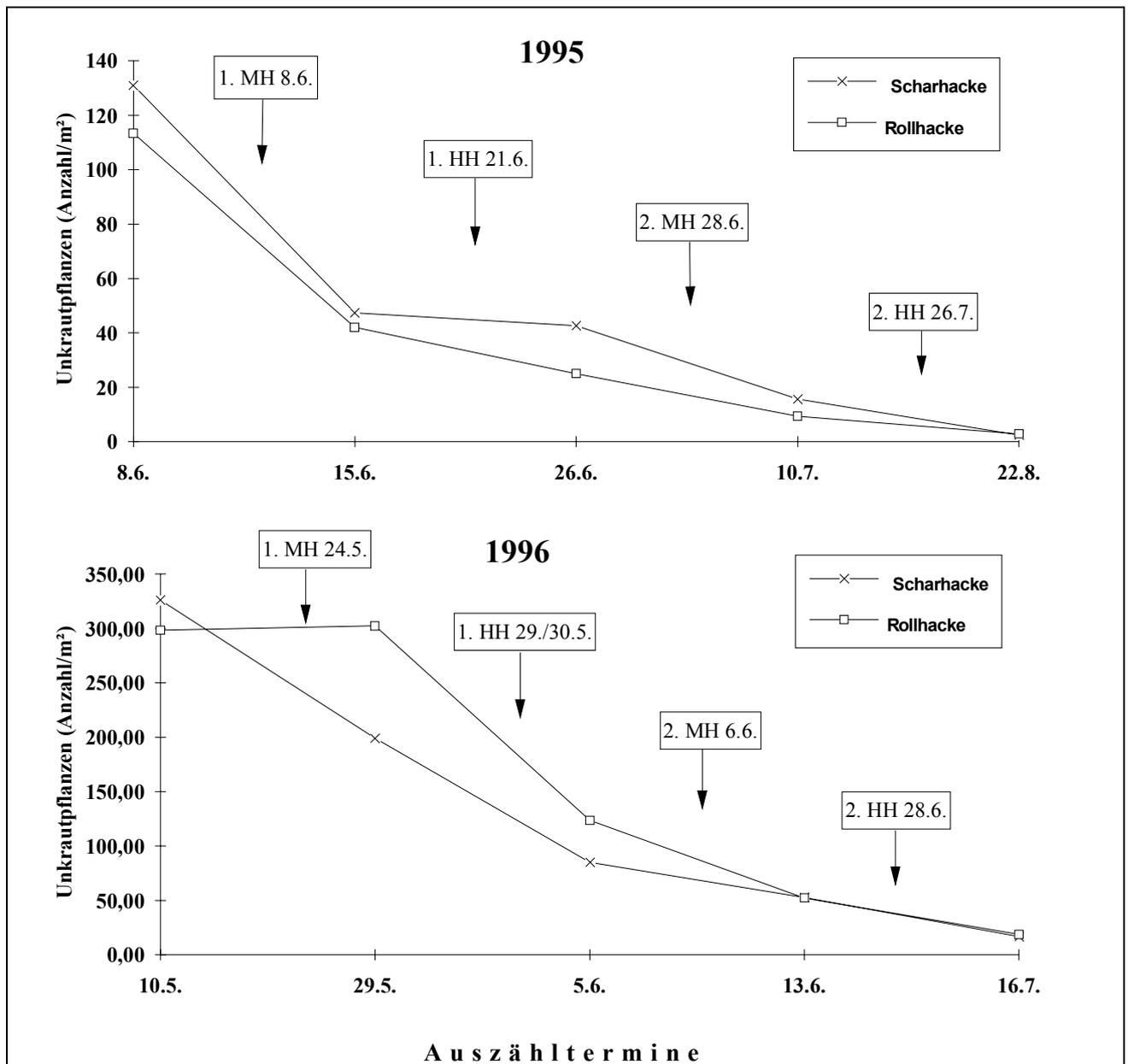


Abbildung 5: Entwicklung des Unkrautbesatzes bei verschiedenen Pflegeverfahren in Gruna

#### 5.4.2 Regulierungserfolg der verschiedenen Geräte

In den Abbildungen 6 und 7 ist der Regulierungserfolg der einzelnen Geräteeinsätze dargestellt worden. Am Standort Canitz hat sich gezeigt, daß zu den frühen Hackterminen mit dem Einsatz von Rollhacke und Tellerhackbürste im Vergleich zum Scharhackgerät hinsichtlich des Regulierungserfolges leichte Vorteile bestehen. Im Jahr 1996 war gegenüber der Scharhacke der Regulierungserfolg der 1. MH bei der Rollhacke um 14 % und bei der Tellerhackbürste um 7 % höher. Allerdings lassen sich diese Unterschiede nicht absichern. Im Jahr 1995 war am Standort Gruna die Regulierungswirkung der Rollhacke zur 1. MH gegenüber der Scharhacke nicht verschieden und im Jahr 1996

aufgrund der geschilderten Einstellungsprobleme gleich Null (Abb. 6).

Beim Einsatz des Abflammgerätes wurde deutlich, daß zur 1. MH die Regulierungswirkung im Jahr 1996 am höchsten war. Sie lag um 19 % statistisch gesichert höher als die der Scharhacke. Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben wurde, ist zu vermuten, daß im Jahr 1995 durch das erste Abflammen im Zwischenreihenbereich zum Zeitpunkt der 1. MH ebenfalls ein sehr hoher Regulierungserfolg erzielt wurde. Anhand der Beobachtungen erschien der direkte Wirkungsbereich der 25 cm breiten Brenner um ca. 5 cm geringer als der der Hackgeräte. Aufgrund der nicht getrennt erfolgten Auszählungen in der Reihe und zwischen den Reihen kann dies allerdings nicht eindeutig belegt werden.

Da direkt vor und nach der Maßnahme keine Auszählung erfolgte, kann zum tatsächlichen Unkrautregulierungseffekt des ersten Abflammens sowie der 1. und 2. MH des Jahres 1995 keine Aussage getroffen werden.

Beim Einsatz der Geräte zur 2. und 3. MH war der Regulierungserfolg der Rollhacke am Standort Canitz in beiden Jahren im Vergleich zur Scharhacke nicht verschieden. Am Standort Gruna ergab sich zur 2. MH im Jahr 1996 gegenüber der Scharhacke ein Vorteil der Rollhacke von 17 % (Abb. 7). Dage-

gen hat sich beim Einsatz der Tellerhackbürste am Standort Canitz zumindest im Jahr 1996 bei der 2. MH gegenüber Schar- und Rollhacke ein um ca. 15 % geringerer Regulierungserfolg eingestellt. Noch geringer war hier die Regulierungswirkung der Abflammung, dessen Ergebnisse gegenüber Schar- und Rollhacke um 23 % niedriger lagen. Dies zeigt, daß bei größeren Unkräutern durch das Abflammen kein befriedigender Regulierungserfolg zu erzielen ist.

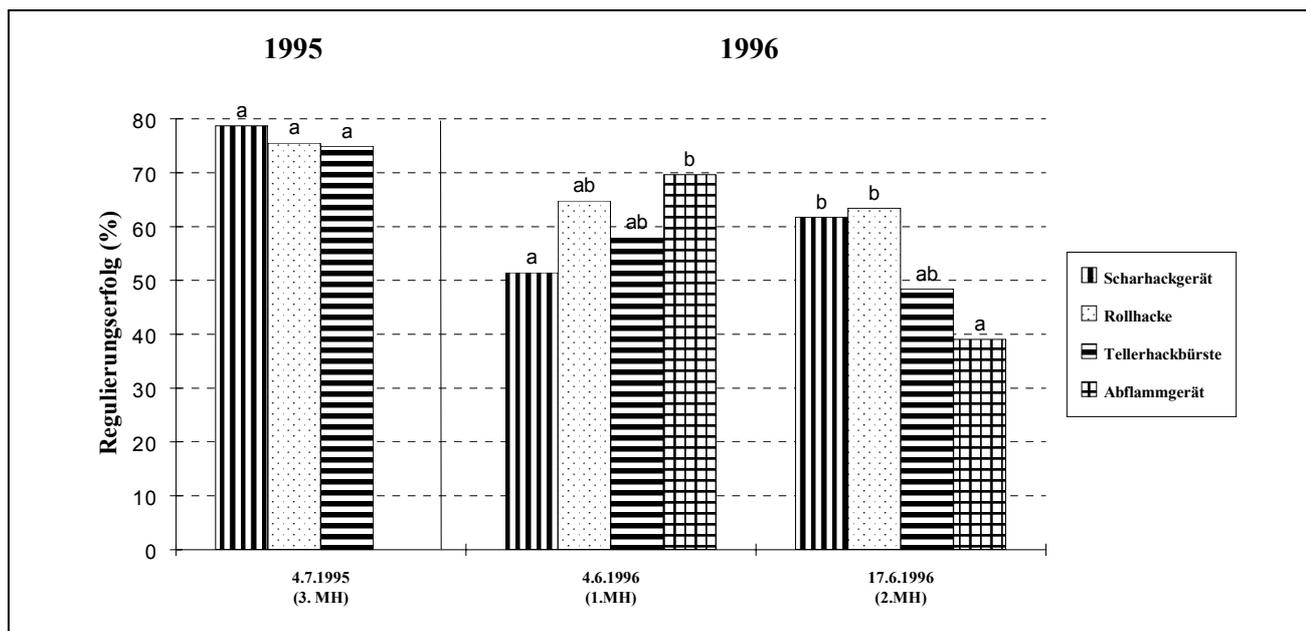


Abbildung 6: Unkrautregulierungserfolg verschiedener Hackgeräte, Canitz

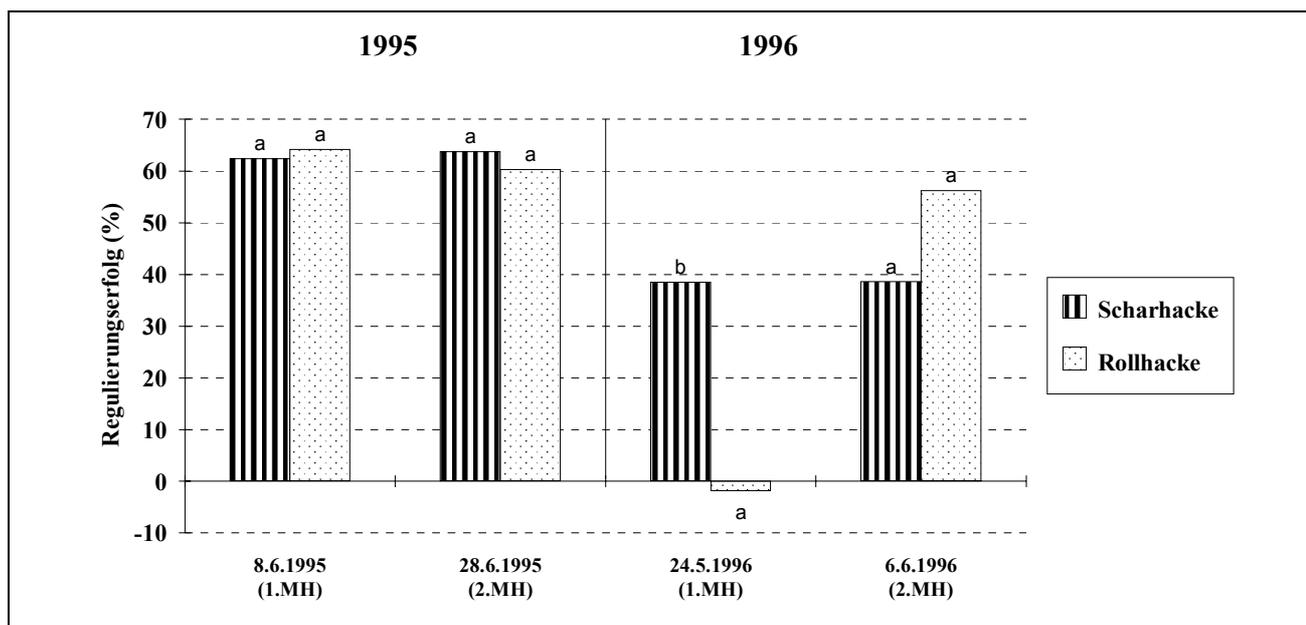


Abbildung 7: Unkrautregulierungserfolg verschiedener Hackgeräte, Gruna

### 5.4.3 Handarbeitszeitbedarf

Wie aus dem Vergleich der Handarbeitszeiten für die unterschiedlichen Gerätevarianten zu ersehen ist, war der Gesamtzeitbedarf für die Handhacke im Durchschnitt der Versuche der Jahre 1995 und 1996 in Canitz bei der Rollhacke und beim Abflammgerät um 12 % höher als beim Scharhackgerät. Bei der Tellerhackbürste war er in Canitz hingegen um 5 % geringer (Tab. 22). Am Standort Gruna, bei dem nur der Einsatz der Rollhacke mit dem der Scharhacke verglichen wurde, war der Zeitbedarf bei der Rollhacke im Durchschnitt 12 % höher, wenn auch in keinem Jahr statistisch gesichert (Tab. 23). Bei der Betrachtung der Ergebnisse aus den einzelnen Jahren wird deutlich, daß die Unterschiede im Jahr 1996, in dem der Handarbeitszeitbedarf insgesamt höher lag, besonders deutlich waren.

Bei der Rollhacke entstand in Canitz besonders bei der 1. HH ein erhöhter Zeitbedarf von 21 % gegenüber der Scharhacke, wohingegen bei der 2. HH nur geringe Unterschiede auftraten. In Gruna war der Zeitbedarf bei der 1. HH um 12 % und bei der 2. HH um 16 % erhöht. Eine Ursache für den relativ hohen Handarbeitszeitbedarf nach der maschinellen Unkrautregulierung mit der Rollhacke könnte dar-

auf zurückzuführen sein, daß durch das Weghäufeln der Hacksterne der unbearbeitete Bereich in der Rübenreihe gewöhnlich als ein kleiner Damm von bis zu 5 cm Höhe zurückbleibt. Dieser Damm wurde von den Arbeitskräften bei der Handhacke z. T. als hinderlich bewertet, da die zum Zeitpunkt der 1. HH noch kleinen Rübenpflanzen beim Hacken leicht zum Umfallen geneigt haben könnten.

Beim Abflammgerät war die Erhöhung des Zeitbedarfes von 33 % nur bei der 2. HH zu verzeichnen. Die Ursache ist der im Vergleich zu den Hackgeräten geringere Unkrautregulierungserfolg gegen weit entwickelte Unkräuter beim zweiten Einsatz des Abflammgerätes.

Bei der Tellerhackbürste war bei der 1. HH in beiden Jahren eine Verringerung des Zeitbedarfs von durchschnittlich 9 % festzustellen. Bei der 2. HH war die Handarbeitszeit in dieser Variante im Jahr 1995 gegenüber dem Scharhackgerät erhöht, hingegen 1996 verringert. Eine Ursache für die Ergebnisse im Jahr 1995 könnte in den anhaltend stark feuchten Bodenverhältnissen zu sehen sein. Es war zu beobachten, daß die Bürstenteller nicht so gut in den Boden eindringen konnten, was hingegen bei dem trockeneren und lockeren Boden des Jahres 1996 nicht auftrat.

**Tabelle 22: Handarbeitszeitbedarf in Canitz**

	1. Handhacke (Akh/ha)				2. Handhacke (Akh/ha)				Handhacke gesamt (Akh/ha)			
	1994	1995	1996	Mittel ('95 & '96)	1994	1995	1996	Mittel ('95 & '96)	1994	1995	1996	Mittel ('95 & '96)
Scharhacke	102	54	77	<b>66</b>	81	28	39	<b>34</b>	182	82	117	<b>100</b>
Rollhacke	105	60	100	<b>80</b>	107	28	36	<b>32</b>	212	88	136	<b>112</b>
Tellerhackbürste	72	48	71	<b>60</b>	57	38	31	<b>35</b>	128	87	102	<b>95</b>
Abflammgerät	97	52	84	<b>68</b>	25	37	50	<b>44</b>	122	89	134	<b>112</b>
GD 5 %	-	21	30	-	-	12	11	-	-	24	32	-

**Tabelle 23: Handarbeitszeitbedarf in Gruna**

	1. Handhacke (Akh/ha)			2. Handhacke (Akh/ha)			Handhacke gesamt (Akh/ha)		
	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel
Scharhacke	46	88	<b>67</b>	8	55	<b>31</b>	54	143	<b>99</b>
Rollhacke	50	100	<b>75</b>	8	64	<b>36</b>	107	115	<b>111</b>
GD 5 %	13	24	-	2	19	-	14	36	-

#### 5.4.4 Einfluß auf den Rübenbestand

Der Rübenbestand war zur Ernte bei den mechanischen Pflegegeräten im Durchschnitt der Jahre 1995 und 1996 am Standort Canitz in etwa gleich hoch (Tab. 24). In Gruna war der Bestand beim Hacken mit der Rollhacke um ca. 7 % geringer (Tab. 25). Bei der Variante "Abflammgerät" war der Pflanzenbestand im Durchschnitt um ca. 10000 Pflanzen/ha (20 %) höher. Dies läßt vermuten, daß der Rübenbestand durch das Hacken generell stärker vermindert wurde als durch das Abflammen. Die Werte für den Rübenbestand schließen allerdings die Wirkung aller Pflegemaßnahmen insbesondere die der Handhacke ein und lassen nur bedingt einen Rückschluß auf die Wirkung des Einsatzes der verschiedenen Geräte zu.

#### 5.4.5 Rüben- und Zuckererträge

In Tabelle 26 und Tabelle 27 sind die Rüben- und der bereinigte Zuckerertrag nach dem Einsatz der verschiedenen Pflegegeräte dargestellt worden. Bis auf die Variante "Tellerhackbürste" waren die Erträge im Durchschnitt rel. gleich hoch. Nur die Erträge nach Einsatz der Tellerhackbürste waren tendenziell geringer. Beim Einsatz der Bürste konnten jedoch keinerlei negative Beeinträchtigungen der Rüben beobachtet werden. Die Ergebnisse zei-

gen insgesamt, daß an beiden Standorten durch den Einsatz verschiedener Hackgeräte weder die Rüben- noch die bereinigten Zuckererträge deutlich beeinflusst worden sind.

**Tabelle 24: Zuckerrübenbestand (Pfl./ha x 1000) zur Ernte, Standort Canitz**

	1995	1996	Mittel
Scharhacke	41,7	56,8	49,3
Rollhacke	40,8	55,1	48,0
Tellerhackbürste	38,3	58,8	48,6
Abflammgerät	60,2	55,8	58,0
GD 5 %	10,9	16,8	-

**Tabelle 25: Zuckerrübenbestand (Pfl./ha x 1000) zur Ernte, Standort Gruna**

	1995	1996	Mittel
Scharhacke	59,1	52,0	55,6
Rollhacke	57,4	45,0	51,2
GD 5 %	16,5	8,0	-

**Tabelle 26: Rüben- und bereinigter Zuckerertrag, Anbauort Canitz**

	Rüben-ertrag (dt/ha)				BZE (dt/ha)			
	1994	1995	1996	Mittel (95 & 96)	1994	1995	1996	Mittel (95 & 96)
Scharhacke	471	322	550	436	72	48	93	71
Rollhacke	487	349	536	443	73	52	89	71
Tellerhackbürste	606	301	520	411	90	44	88	66
Abflammgerät	586	344	530	437	86	52	91	72
GD 5 %	-	78	81	-	15	12	14	□-

**Tabelle 27: Rüben- und bereinigter Zuckerertrag, Anbauort Gruna**

	Rüben-ertrag (dt/ha)			BZE (dt/ha)		
	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel
Scharhacke	443	546	494	68	97	83
Rollhacke	464	525	495	66	91	79
GD 5 %	81	97	-	21	18	-

#### 5.4.6 Arbeits- und betriebswirtschaftliche Bewertung

Die Kosten, die beim Einsatz der Geräte zur Unkrautregulierung entstehen, werden durch die Flächenleistung (Arbeitsgeschwindigkeit) sowie durch die jährlich anfallenden festen Maschinenkosten bestimmt. Bei den Untersuchungen wurden die Geräte mit folgenden Arbeitsgeschwindigkeiten eingesetzt:

- Scharhacke 3 bis 4 km/h
- Rollhacke 6 bis 8 km/h
- Tellerhackbürste 1,5 bis 2 km/h
- Abflamngerät 1,5 bis 2 km/h.

Tabelle 28 zeigt die Verfahrenskosten (ohne feste Kosten) der maschinellen Unkrautregulierung mit

den verschiedenen Geräten. Es wird deutlich, daß aufgrund geringer Arbeitsgeschwindigkeiten die vMk für die Schleppernutzung sowie die Kosten der Arbeitserledigung beim Einsatz der Tellerhackbürste und des Abflamngerätes mit 3 m Arbeitsbreite gegenüber den anderen Geräten um ca. das Doppelte ansteigen. Durch den Gasverbrauch (3 Behandlungen) steigen die Kosten für ein rein thermisches Pflegeverfahren in Zuckerrüben gegenüber herkömmlichen mechanischen Verfahren (Scharhacke) in etwa um das Vierfache an.

Die Anschaffungspreise und die daraus resultierenden jährlichen Festkosten der Geräte sind in Tabelle 29 dargestellt worden. Die Höhe der Festkosten je Hektar richten sich nach dem Einsatzumfang des Gerätes.

**Tabelle 28: Verfahrenskosten<sup>1)</sup> beim Einsatz verschiedener Geräte zur physikalischen Unkrautregulierung (nach HOFFMANN, 1989; KTBL, 1996; eigene Berechnungen)**

		Scharhacke	Scharhacke	Rollhacke	Tellerhackbürste	Abflamngerät	Abflamngerät
<b>Arbeitsbreite</b>		<b>3 m</b>	<b>6 m</b>	<b>3 m</b>	<b>3 m</b>	<b>3 m</b>	<b>6 m</b>
<b>Arbeitszeitbedarf <sup>2)</sup></b>	<b>(Akh/ha)</b>	6,60	3,54	3,90	10,00	6,90	3,60
<b>Schlepperstunden</b>	<b>(Sh/ha)</b>	3,30	1,77	1,95	5,00	6,90	3,60
vMk Pflegegerät	(DM/ha)	11	11	11	33	9	9
vMk Schlepper	(DM/ha)	37	30	33	56	77	40
<b>vMk gesamt</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>48</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>89</b>	<b>86</b>	<b>49</b>
<b>Gaskosten</b>	<b>(DM/ha)</b>	-	-	-	-	315	315
<b>Arbeitskosten <sup>3)</sup></b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>99</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>150</b>	<b>104</b>	<b>54</b>
<b>Verfahrenskosten (ohne fMk)</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>147</b>	<b>94</b>	<b>103</b>	<b>239</b>	<b>504</b>	<b>418</b>

1) drei Behandlungen, mechanische Verfahren mit zwei Personen (Schlepperfahrer, Feinsteuerung)

2) incl. Arbeitszeit der zweiten Person zur Feinsteuerung

3) 15,- DM/Akh

**Tabelle 29: Preise und Festkosten von Pflegegeräten (n. KTBL, 1996; eig. Berechnungen)**

	Gerät	Scharhackle	Scharhackle	Rollhackle	Tellerhacklebürste	Abflammgerät	Abflammgerät
	Arbeitsbreite	3 m	6 m	3 m	3 m	3 m	6 m
Anschaffungskosten	(DM)	8900	19100	11500	29000	12000	24500
feste Maschinenkosten <sup>1)</sup>	(DM/Jahr)	1068	2292	1380	4640	1440	2940

<sup>1)</sup> AfA 8 %, Zinsen 8 % des halben Anschaffungspreises

**Tabelle 30: Deckungsbeiträge von Zuckerrüben bei unterschiedlichen Pflegeverfahren (nach HOFFMANN, 1989; KTBL, 1996; eigene Berechnungen)**

	Standort Canitz				Standort Gruna	
	Scharhackle	Rollhackle	Tellerhacklebürste	Abflammgerät	Scharhackle	Rollhackle
Arbeitsbreite (m)	6 m	3 m	3 m	6 m	3 m	3 m
Erträge (dt/ha)	392	399	360	386	445	446
Marktleistung <sup>1)</sup> (DM/ha)	<b>5886</b>	<b>5980</b>	<b>5400</b>	<b>5791</b>	<b>6669</b>	<b>6682</b>
vMK Pflegeverfahren (DM/ha)	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>89</b>	<b>49</b>	<b>48</b>	<b>44</b>
Gas (DM/ha)	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>315</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Kosten für Handarbeit (DM/ha)	<b>1000</b>	<b>1120</b>	<b>950</b>	<b>1120</b>	<b>990</b>	<b>1110</b>
sonstige vK <sup>2)</sup> (DM/ha)	1288	1293	1263	1283	1305	1306
Summe vK (DM/ha)	<b>2329</b>	<b>2457</b>	<b>2301</b>	<b>2768</b>	<b>2343</b>	<b>2460</b>
DB (DM/ha)	<b>3557</b>	<b>3523</b>	<b>30995</b>	<b>3024</b>	<b>4326</b>	<b>4223</b>
DB bei gleichen Erträgen (385 dt) (DM/ha)	<b>3467</b>	<b>3344</b>	<b>3469</b>	<b>2980</b>	-	-

<sup>1)</sup> 15 DM/dt

<sup>2)</sup> vMk für Bodenbearbeitung und Düngung, Kosten für Bestellung, Ernte im Lohn, Saatgut, Entzug von P und K, Kalkverlust, Kosten für Beiträge an Versicherung und Verbände

Zur Ermittlung der Deckungsbeiträge für die unterschiedlichen Unkrautregulierungsverfahren wurden die Versuchsergebnisse hinsichtlich des Einflusses der Pflegegeräte auf die Handarbeitszeit und den Ertrag herangezogen (Tab. 30). Für diese Berechnung wurden die Ertragswerte um einheitlich 10 % verringert, da bei einer maschinellen Beerntung gegenüber der hier vorgenommenen Beerntung von Hand Rodeverluste zu erwarten sind. Die Deckungsbeiträge bei den Varianten Scharhackle und Rollhackle sind im Durchschnitt der Versuche nicht

verschieden hoch. Am Standort Canitz schneidet die Tellerhacklebürste aufgrund der etwas geringeren Erträge, und das Abflammgerät aufgrund der hohen Kosten um ca. 500 DM/ha geringer ab.

Bei Voraussetzung einer Ertragsgleichheit bedeutet dies, daß durch den Einsatz der verschiedenen mechanischen Pflegegeräte nur sehr geringe Unterschiede im Deckungsbeitrag entstehen. Durch den etwas höheren Handarbeitszeitbedarf ist der DB der Variante "Rollhackle" dann um ca. 100 DM/ha gegenüber dem Einsatz der Scharhackle und der Tel-

lerhackbürste geringer. Der DB der Variante "Abflammen" bleibt gegenüber den Hackgeräten unverändert um ca. 500 DM/ha niedriger.

### 5.5 Schlußfolgerungen

Die in den Versuchen eingesetzten mechanischen Pflegegeräte haben sich hinsichtlich ihres Effektes bei der Unkrautregulierung nicht unterschieden. Das Abflammen führte bei frühem Einsatz im Vergleich zur mechanischen Unkrautregulierung zu einem höheren und beim späteren Einsatz zu einem geringeren Erfolg.

Der Handarbeitszeitaufwand lag nach dem Einsatz der Rollhacke und des Abflammergerätes gegenüber dem Scharhackgerät im Durchschnitt der Versuche um 11 % höher (Tab. 31). Ursache für dieses Ergebnis könnte trotz des nicht unterschiedlichen Unkrautregulierungserfolges die Form des Oberflächenprofils nach dem Einsatz der Rollhacke sein. Der erhöhte Handarbeitszeitbedarf beim Abflammergerät ist auf die geringe Wirkung gegen Unkräuter im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium zurückzuführen. Daher war besonders beim zweiten Handhacketermin der Zeitaufwand erhöht. Durch den Einsatz der Tellerhackbürste wurde die Höhe des Handarbeitsaufwandes nicht beeinflusst.

Unterschiedliche Ertragswirkungen der Geräte konnten nicht festgestellt werden. Bei der Tellerhackbürste wurde tendenziell eine Ertragsverminderung von 6 % im Vergleich zum Scharhackgerät festgestellt.

**Tabelle 31: Handarbeitszeitaufwand und Ertragswirkung nach verschiedenen Pflegegeräten im Vergleich zum Scharhackgerät (= 100 %)**

	Handarbeitszeitaufwand	Rübenenertrag
Rollhacke	111 **	103
Tellerhackbürste	98	94
Abflammergerät	111 *	101

\*) signifikant bei  $p=0,05$

\*\*) signifikant bei  $p=0,01$

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß gegenüber der Scharhacke keines der anderen geprüften Geräte entscheidende Vorteile gezeigt hat, so daß die Scharhacke als Standardverfahren auch weiterhin empfohlen werden kann.

Der Einsatz der Rollhacke erscheint aufgrund der hohen Flächenleistung kostengünstig zu sein, jedoch aufgrund einer zu befürchtenden Erschwerung der ersten Handhacke ist ein Einsatz im Rübenanbau bereits zur ersten Maschinenhacke nicht empfehlenswert. Ein weiterer Vorteil des Gerätes könnte aber die Möglichkeit des Anhäufelns zu einem späteren Kulturstadium der Rüben sein, was aber hier nicht untersucht wurde.

Die Tellerhackbürste ist beim alleinigen Einsatz im Rübenanbau aufgrund des hohen Anschaffungspreises derzeit unwirtschaftlich, zumal zumindest auf schweren Böden keine deutliche Abnahme des Handarbeitszeitbedarfes zu erwarten ist. Außerdem ist das Gerät aufgrund der geringen Arbeitsgeschwindigkeit nicht für den großflächigen Einsatz geeignet. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß aufgrund der intensiven Bearbeitung das Bürstengerät den Oberboden sehr feinkrümelig hinterläßt, was die Erosionsgefahr erhöhen kann. Es ist aber zu prüfen, ob durch den Einsatz der Tellerhackbürste auf leichteren Böden ein höherer Wirkungsgrad gegen die Verunkrautung besonders an der Kulturpflanzenreihe erzielt werden kann. Hier könnten die Unkräuter ggf. besser erfaßt und herausgezogen werden als unter schweren Bodenverhältnissen, auf denen Probleme beim Einzug der Bürstenteller in den Boden auftreten können.

Bei rein thermischen Verfahren der Unkrautregulierung mit reihenabhängig arbeitenden Geräten und einer Wirkungsbreite von 25 cm je Zwischenreihenbereich wird die Verunkrautung an der Kulturpflanzenreihe nicht ausreichend gestört. Dies führt zu erhöhtem Handarbeitszeitaufwand. Außerdem ist das Verfahren durch den hohen Energieverbrauch sehr teuer. Die Wirkung des Abflammens mit offenen Brennern kann durch Wind beeinträchtigt werden, weshalb nur geringe Arbeitsgeschwindigkeiten erreichbar sind. Bei schlecht abgetrockneten Böden kann im Vergleich zu mechanischen Verfahren unter der Voraussetzung, daß die Unkräuter selbst trocken sind, ein höherer Regulierungserfolg erzielt werden.

## 6 Strategien der manuellen Pflege von Zuckerrüben

### 6.1 Fragestellung und Versuchsbeschreibung

Ein wesentlicher Kostenfaktor beim Rübenanbau stellt der zeitliche Aufwand für die Handhacke dar. Diesen Versuchen lag die Überlegung zugrunde, ob zur Reduktion des Handarbeitsaufwandes generell auf eine Handhacke verzichtet werden kann und ob dann diese verbleibende Handhacke eher "früh" oder "spät" erfolgen sollte.

Hierfür wurden 1995 und 1996 in Canitz 3 unterschiedliche Handhack-Strategien geprüft:

H1: (= Standard)  
1 x Handhacke 4-5 Wochen nach dem Auflaufen (früh) und  
1 x Handhacke 6-8 Wochen nach dem Auflaufen (spät)

H2: 1 x Handhacke früh (4 - 5 Wochen n. d. Auflaufen)

H3: 1 x Handhacke spät (6 - 7 Wochen n. d. Auflaufen).

In den Versuchen zur Prüfung der VA-Behandlungen und der Pflegegeräte wurden die Parzellen von zwei Varianten ("Striegeln im VA/Scharhacke" und "Abflammen im VA/Rollhacke") in drei Teile geteilt. Die Varianten wurden vierfach wiederholt angelegt.

### 6.2 Ergebnisse

Wie aus Tabelle 32 zu ersehen ist, führte das Weglassen der zweiten Handhacke zu gleich hohen Rüben- und Zuckererträgen wie bei der praxisüblichen Strategie mit 2 x Handhacke. Dagegen führte die Strategie mit nur einer späten Handhacke zu deutlichen Ertragseinbußen. Die Rüben können aufgrund der hohen Unkrautkonkurrenz den erlittenen Wachstumsrückstand nach dem späten Handhacketermin nicht mehr ausgleichen. Außerdem konnte bei dieser Strategie kaum Handarbeit eingespart werden, da die hochgewachsenen Unkräuter die Handarbeit deutlich erschwerten. Das Weglassen der zweiten Handhacke führte dagegen zu einer teilweise starken Restverunkrautung. Diese Strategie erscheint deshalb aus der Sicht des langfristigen Unkrautmanagements als problematisch, da es zu einer starken Samenbildung durch hochwachsende Unkräuter (Weißer Gänsefuß, Ackersenf, Breitblättriger Ampfer etc.) kommen kann.

**Tabelle 32: Aufwand für Handarbeit, Rüben-ertrag sowie bereinigter Zucker-**

**ertrag bei unterschiedlichen Handhackstrategien 1995 und 1996**

Handhacke (Akh/ha)			
Var.	1995	1996	Mittel
H 1	81,5	169,2	125,4
H 2	53,8	119,5	86,7
H 3	82,0	131,2	106,6
GD 5 %	12,2	14,0	
Rüben-ertrag (dt/ha)			
Var.	1995	1996	Mittel
H 1	315	504	410
H 2	318	505	412
H 3	323	341	332
GD 5 %	72	205	
Bereinigter Zuckerertrag (dt/ha)			
Var.	1995	1996	Mittel
H 1	47,2	86,0	66,6
H 2	47,8	85,0	66,4
H 3	48,2	58,0	53,1
GD 5 %	11,0	33,9	

Unter Berücksichtigung der Handarbeit und des Rüben-ertrages werden deutliche Unterschiede bei den berechneten Deckungsbeiträgen zwischen den unterschiedlichen Handhack-Strategien sichtbar (Tab. 33). Die Strategie der einmaligen frühen Handhacke führte sowohl in den einzelnen Versuchsjahren als auch im Versuchsdurchschnitt zu den besten Ergebnissen. Es ergibt sich bei dieser Strategie ein um 350 DM höherer Deckungsbeitrag je Hektar. Die Strategie einer einmaligen späten Handhacke verursacht hingegen starke Ertragsverluste und einen hohen Handarbeitszeitaufwand und ist damit nicht praktikabel.

**Tabelle 33: Deckungsbeiträge (DM/ha) bei unterschiedlichen Handhackstrategien (1 Akh = 10 DM, 1 dt Rüben-ertrag = 15 DM, sonstige variable Kosten 1250 DM/ha)**

Var.	1995	1996	Mittel
H1	3030	4620	3825
H2	3010	5140	4075
H3	2610	2555	2583

## 7 Einsatz von Scharhackgeräten quer zu den Reihen im Rahmen nicht-chemischer Unkrautregulierungsverfahren

### 7.1 Literatur

Bei den üblichen Verfahren der mechanischen Unkrautregulierung in Reihenkulturen wird der Bereich in der Kulturpflanzenreihe weitgehend ausgespart. Dieser Sicherheitsabstand liegt z. B. im Rübenanbau nur selten unter 10 cm. Dies bedeutet, daß ca. 20 % der Ackerfläche nicht maschinell bearbeitet werden. Bei Nichtanwendung von Herbiziden muß die Unkrautregulierung in diesem Bereich in der Regel durch zwei Handarbeitsgänge (Handhacke) erfolgen. Die manuelle Pflege stellt bei vielen Reihenkulturen einen Hauptkostenpunkt dar. Es stellt sich daher die Frage, ob diese sehr hohen Arbeitsaufwendungen durch geeignete maschinelle Maßnahmen reduziert werden können.

Möglichkeiten der maschinellen Beseitigung von Unkräutern auch in der Kulturpflanzenreihe können unter folgenden Gesichtspunkten zusammengefaßt werden:

- **Einsatz von ganzflächig arbeitenden Geräten (Eggen und Striegel)**

Mit dem Einsatz von Monogerm-Saatgut und dem Aufkommen der Einzelkornaussaat hat der Einsatz von Netzeggen zur maschinellen Ausdünnung von Rübenbeständen seine Bedeutung verloren. Zum Einsatz von modernen Striegeln im Rübenanbau wird in der Literatur angegeben, daß erst ab dem 2-Blatt-Stadium der Rüben bei vorsichtigem Einsatz (geringe Fahrgeschwindigkeit, Einstellung auf Zug) die Kultur eine Behandlung ohne größere Schädigungen übersteht (NEURURER, 1977; STÖPPLER-ZIMMER & DIERAUER, 1994). Da unter diesen Bedingungen keine ausreichende Wirkung gegen die Verunkrautung zu erwarten ist, haben diese Maßnahmen praktisch keine Bedeutung erlangt.

- **Anhäufeln in die Kulturpflanzenreihe mit geeigneten Hackgeräten (speziell ausgerüstete Scharhackgeräte sowie Rollhacken)**

Auch hierbei kann vermutet werden, daß zu dem für eine erfolgreiche Unkrautregulierung entscheidenden Zeitpunkt die Rüben sehr empfindlich gegenüber solchen Maßnahmen reagieren können und Ausfälle zu befürchten sind. Unter-

suchungen speziell zu Rüben fehlen jedoch bisher.

- **Einsatz von sensortechnisch gesteuerten Hackgeräten, deren Arbeitswerkzeuge auch in der Kulturpflanzenreihe arbeiten**

Praxisreife Geräte fehlen bisher am Markt. Erste Prototypen wurden bereits entwickelt und in speziellen Kulturen erprobt (HILKER, 1992; HOFFMANN, 1994; BUNDESUMWELTSTIFTUNG, 1997).

- **Verringerung des Sicherheitsstreifens**

Dazu werden derzeit zwei verschiedene Strategien verfolgt. Auf der einen Seite soll durch Geräte mit neuen Wirkungsmechanismen (Tellerhackbürste, Fingerhacke) ein engeres Heranfahren an die Kulturpflanzenreihe erreicht werden (FOGELBERG & JOHANSSON, 1993). Andererseits soll der Anteil der bearbeiteten Fläche durch Hackgeräte mit automatisch gesteuerter Sensor- oder Lasertechnik erhöht werden (LOHUIS, 1991; ANON., 1994).

- **Einsatz von Hackgeräten quer zur Kulturpflanzenreihe**

Hierfür müssen die zu bearbeitenden Kulturen im Quadrat- oder Rechteckverbund angebaut werden oder die Aussaatdichte muß so hoch gewählt werden, daß Verluste toleriert werden können. Ein Anbau im Quadrat- oder Rechteckverbund kann mit der derzeit in der Praxis üblichen Aussaat- und Pflorgetechnik für Rüben nicht realisiert werden (KOUWENHOVEN, 1989; ESTLER, 1996). Dagegen ist eine Verringerung des Ablageabstandes auch auf Distanzen von unter 10 cm problemlos realisierbar.

### 7.2 Fragestellung

Zu Verfahren des Querhackens bei Einzelkornaussaat mit verringertem Ablageabstand gibt es bisher keine Erfahrungen. Bedeutung könnte diesem Verfahren zukommen, wenn es gelingt, die Kosten für die Handarbeit soweit zu reduzieren, daß trotz höherer Saatgut- und Maschinenkosten die Gesamtkosten gegenüber den herkömmlichen Verfahren verringert werden können.

Ziel der Untersuchung war es daher, Möglichkeiten der Kostenersparnis durch Verfahren des Querhackens im Ökologischen Zuckerrübenanbau abzuschätzen.

## 7.3 Material und Methoden

### 7.3.1 Einstellung des Gerätes für die Querhacke

Zur Verfahrensgestaltung stellt sich dabei die Frage, wie die drei Komponenten

- Ablageabstand,
- Reihenabstand beim Querhacken, sowie
- Sicherheitsabstand beim Querhacken (Breite der verwendeten Messer)

zu wählen sind.

Diese drei Komponenten müssen so aufeinander abgestimmt werden, daß

- die Saatgutkosten so gering wie möglich gehalten werden,
- eine ausreichende Bestandessicherheit gegeben ist sowie
- ein größtmöglicher Anteil des bei der Maschinenhacke parallel zu den Reihen ausgesparten Sicherheitsstreifens zusätzlich bearbeitet wird.

Dabei wird durch den Reihenabstand beim Querhacken im wesentlichen der spätere Abstand zwischen den Kulturpflanzen in der Reihe bestimmt. Die Sicherheit, daß in den Reihen jeweils in den vorgesehenen Abständen Kulturpflanzen stehenbleiben, kann durch den Ablageabstand bei der Aussaat sowie der Größe des Sicherheitsabstandes beim Querhacken technisch beeinflusst werden. Ausfälle können allerdings durch evtl. beim Querhacken und der Handhacke zuviel weggehackter Rüben sowie durch einen ggf. lückigen Aufgang bedingt sein.

Um Auswirkungen des Querhackens mit einem Scharhackgerät auf die Bestandesbildung, die Verunkrautung sowie den Handarbeitszeitaufwand und Ertrag zu überprüfen, wurden 1995 und 1996 Vergleiche bei variierendem Ablageabstand und Sicherheitsabstand durchgeführt. Der Reihenabstand beim Querhacken wurde nicht variiert.

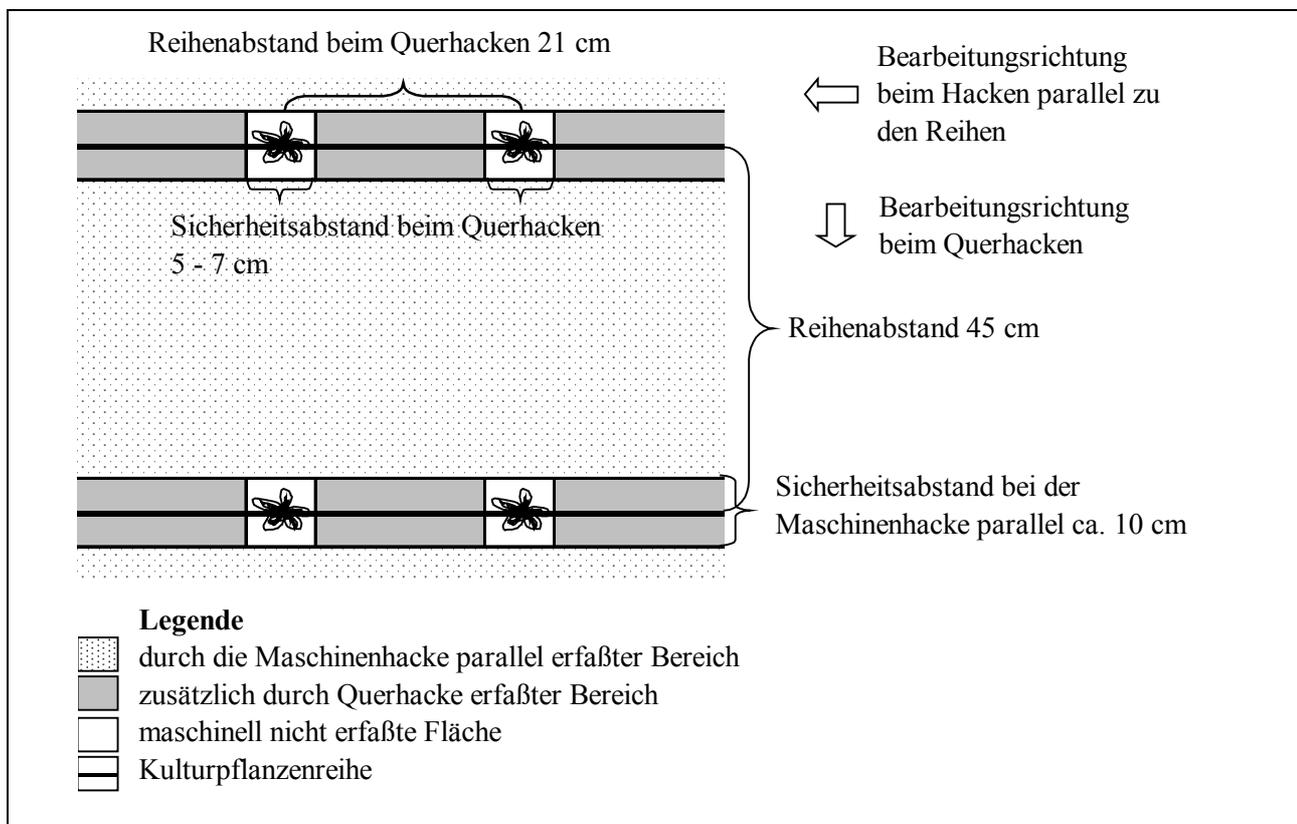


Abbildung 8: Schema des Bearbeitungsbildes beim Einsatz eines Scharhackgerätes quer zu den Reihen bei Zuckerrüben (nicht maßstabsgerecht)

Ausgehend von den Überlegungen zur Bestandesbildung wurde für die Querhacke ein Reihenabstand von 21 cm festgelegt. Hierzu wurde an einem Scharhackgerät im Abstand von 21 cm Parallelogramme mit jeweils einem Messer montiert. In der Schlepperspur wurde ein Reihenabstand von 35 cm gewählt. Bei einem Reihenabstand von 45 cm errechnet sich so ein theoretischer Rübenbestand von ca. 105.000 Pflanzen/ha. So konnte zunächst davon ausgegangen werden, daß bei Ausfällen von bis zu 30 % noch eine vertretbare, wenn auch nicht optimale Anzahl an Rübenpflanzen verbleibt. Für das Querhacken wurden 14 und 16 cm breite Gänsefußschare verwendet. Der unbearbeitete Streifen war bei 14 cm breiten Scharen 7 cm und bei 16 cm breiten Scharen 5 cm breit. Das Gerät hatte 4,9 m Arbeitsbreite und war mit Spurreißern ausgerüstet. Dadurch konnten Bearbeitungslücken und Doppelbearbeitungen weitestgehend eingeschränkt werden. Die maschinell nicht bearbeitete Fläche wird mit diesem Verfahren des Querhackens bei Verwendung von 14 cm breiten Scharen auf ca. 7 % und bei Verwendung von 16 cm breiten Scharen auf ca. 5 % verringert. Das so entstandene Bearbeitungsbild kann Abbildung 8 entnommen werden.

### 7.3.2 Variantenbeschreibung

In Tabelle 34 sind die Varianten der Querhackverfahren aufgeführt worden.

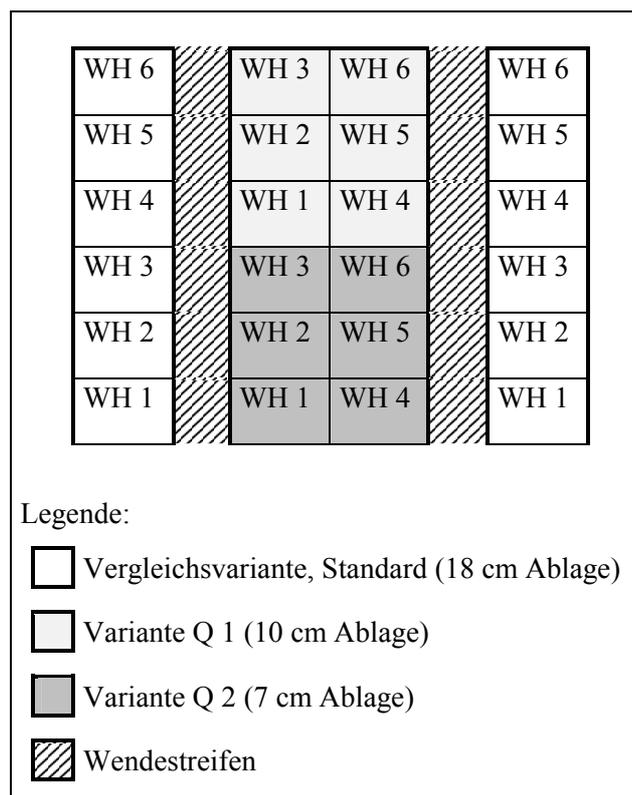
**Tabelle 34: Varianten der Querhacke**

Varianten	Ablageweite (cm)	Messerbreite (cm)	Sicherheitsabstand (cm)
Q1	10	14	7
Q2	7	14	7
Q3	5	16	5

Bei der zusätzlichen Vergleichsvariante wurden die Rübenpillen in 18 cm Abstand ausgesät. Hier erfolgte keine Querhacke. Es wurde pilliertes, ungebeiztes Saatgut der Sorte Kawetina eingesetzt. In beiden Versuchsjahren wurde die Vergleichsvariante mit einem pneumatischen Einzelkornsäugerät (Fa. Kleine) für 12 Reihen und die Querhack-Varianten mit engerer Ablage mit einem 6-reihigen, pneumatischen Einzelkornsäugerät (Aeromat, Fa. Becker) durchgeführt.

### 7.3.3 Standort, Versuchsanlage

Der Versuch wurde auf dem Auenlehmstandort Canitz (Bodenart Lu, BWZ ca. 70) durchgeführt. Als Versuchsanlage wurde eine abgewandelte Langparzellenanlage gewählt. Die Vergleichsvariante wurde als Standard (5,4 m Breite) zu beiden Seiten der Versuchsanlage angelegt. Zwischen Standard und Querhackvarianten (10,8 - 13,5 m Breite) wurde jeweils ein 6 m breiter Wendestreifen angelegt (Abb. 9).



**Abbildung 9: Versuchsplan einer Langparzellenanlage, Versuchsjahr 1996**

### 7.3.4 Datenerfassung und Auswertung

#### Bestandserhebungen

In jeder Parzelle wurden in 2 nebeneinanderliegenden Reihen die aufgelaufenen Rüben auf der gesamten Parzellenlänge gezählt. Im Versuchsjahr 1996 konnte nur ein eingeschränkter Versuchsumfang ausgezählt werden, da vermutlich aufgrund schlechter Bodenstruktur ein zu geringer Rübenbestand aufgelaufen war.

#### Auszählung der Unkräuter

Der Unkrautbesatz wurde mittels eines 0,25 m<sup>2</sup> großen Zählrahmens mit Kantenlängen von 50 x 50 cm erhoben. Pro Parzelle wurden die Unkräuter an

einer Stelle ausgezählt. Die Erhebungsstellen wurden durch Stäbe markiert, so daß im Verlauf des Versuches die Auszählungen immer an derselben Stelle durchgeführt wurden. Die Auszählung erfolgte so, daß eine Rübenreihe genau durch die Mitte des Zählrahmens verlief. So wurden links und rechts der Reihe jeweils 25 cm des Zwischenreihenabstandes erfaßt.

### Erfassung des Handarbeitszeitaufwandes

Hierzu wurden die Standards sowie die Prüfvarianten abweichend von der Parzelleneinteilung in jeweils drei bzw. vier gleich große Stücke geteilt. Entsprechend dieser Einteilung kamen im Jahr 1995 3 und 1996 4 Arbeitskräfte zeitgleich auf einer Variante zum Einsatz. Die einzelnen Varianten wurden so nacheinander durch immer die selben Arbeitskräfte gehackt. Für jedes dieser Stücke wurde zur ersten und zweiten Handhacke der Zeitbedarf minutengenau ermittelt. Gehackt wurde mit langgestielten Hacken mit einer Hackblattbreite von 12 cm. Bei der zweiten Handhacke wurden hochgewachsene Unkräuter z. T. per Hand herausgezogen. Bei der zweiten Handhacke des Jahres 1995 wurde für jede Variante nur ein Wert ermittelt.

### Messung von Ertrag und Qualität

Zur Ertragsermittlung wurden die mittleren beiden Reihen jeder Parzelle auf der gesamten Parzelllänge von Hand beerntet. Von jeder Probenentnahmestelle wurden ca. 30 - 40 kg der so geernteten Rübenkörper in der Analysenstrecke des Zuckerwerkes der Südzucker GmbH in Zeitz auf Besatz, Gehalte an Saccharose und Melassebildnern untersucht. Aufgrund des geringen Aufganges und nachfolgender Wachstumsprobleme im Versuchsjahr 1996 wurden für einen Teil des Versuches keine Werte ermittelt.

### Statistische Verrechnung

Die Feldunterschiede wurden vor der statistischen Analyse anhand eines Vergleichs der Werte der Standardteilstücke aufgedeckt und rechnerisch ausgeglichen (LOCHOW & SCHUSTER 1992). Die Daten wurden varianzanalytisch mit Hilfe des Rechnerprogrammes EFDAS ausgewertet.

### 7.3.5 Versuchsverlauf

Der genaue Ablauf der Versuche der Jahre 1995 und 1996 kann aus Tabelle 35 entnommen werden.

**Tabelle 35: Verlauf der Querhackversuche der Jahre 1995 und 1996**

Termin	Maßnahme
<b>Versuchsverlauf Anbaujahr 1995</b>	
2.5.	Aussaat
10.6.	1. Maschinenhacke mit Scharhacke (parallel)
12.6.	Querhacke bei 5 cm Ablage (Kultur im 4 - 6-Blattstadium)
16.6.	Querhacke bei 7 cm Ablage (Kultur im 4 - 6-Blattstadium)
19.6.	2. Maschinenhacke mit Rollhacke (parallel)
28.6. - 1.7.	1. Handhacke
04.07.	3. Maschinenhacke mit Scharhacke (parallel)
12. - 14.7.	2. Handhacke
<b>Versuchsverlauf Anbaujahr 1996</b>	
29.04.	Aussaat
31.05.	1. Maschinenhacke mit Scharhacke
05.06.	Querhacke (Kultur im Keimblatt - 2-Blattstadium)
12. - 14.06.	1. Handhacke
17.06.	2. Maschinenhacke (Standard mit Scharhacke, andere Var. mit Tellerhackbürste)
04.07.	2. Handhacke

### 7.4 Ergebnisse

#### 7.4.1 Einfluß der Querhacke auf den Rübenbestand

Die Ergebnisse der Veränderung des Zuckerrübenbestandes der Anbaujahre 1995 und 1996 sind in Tabelle 36 zusammengefaßt worden.

Die Werte für die relative Veränderung des Bestandes durch die Querhacke im Jahr 1996 ergeben sich aus der Anzahl Rüben/ha vor der ersten Maschinenhacke (1. MH) parallel zu den Reihen sowie nach dem Querhacken. Dabei muß berücksichtigt wer-

den, daß hierdurch nicht erfaßt wird, inwieweit die noch vor der Querhacke stattgefundenen 1. MH zu dieser Reduzierung beigetragen hat. Da sich allerdings bei der Variante ohne Querhacke keine Bestandesreduzierung ergeben hat, ist davon auszugehen, daß die Reduzierung des Bestandes im wesentlichen auf die Querhacke zurückzuführen ist. Bei 7 cm Ablageweite betrug die Reduzierung durch die Querhacke ca. 50 % und bei 10 cm Ablage ca. 44 %. Die Erhöhung des Rübenbestandes im Jahr 1996 bei der Vergleichsvariante ist durch weitere Rübenaufgänge zwischen den beiden Erhebungsterminen (24.5. & 10.6.) zu erklären. Vermutlich lag aus diesem Grund die tatsächliche Verringerung des Rübenbestandes durch die Querhacke noch etwas höher. Durch die 1. HH wurde der Rübenbestand einheitlich um ca. 20 % reduziert.

Die Gesamtreduzierung der beiden Maßnahmen (Querhacke und 1. HH) wurde anhand der Er-

gebnisse der Auszählungen vor der 1. MH und nach der 1. HH errechnet. Es ist zu sehen, daß die Verringerung der Rübenanzahl um so größer war, je dichter der Ablageabstand gewesen ist (Tab. 36).

Der Verlauf der Bestandesentwicklung in den beiden Versuchsjahren (Abb. 10 u. 11) zeigt, daß bei einem generell sehr niedrigen Feldaufgang (1995 ca. 40 % und 1996 50 - 60 %) trotz einer starken Ausdünnung der eng abgelegten Rüben durch das Querhacken der Endbestand dieser Varianten immer um ca. 10 000 bis 20 000 Pflanzen/ha höher lag als bei der Vergleichsvariante. Das Erreichen eines Durchschnittbestandes kann durch die Querhack-Varianten eher gewährleistet werden als bei einer Ablageweite von 18 cm (Standard).

**Tabelle 36: Veränderung des Zuckerrübenbestandes durch Querhacke sowie der 1. Handhacke (Anzahl vor der jeweiligen Maßnahme = 100 %)**

Varianten	1995 <sup>1)</sup>	1996			Mittel
	gesamt (%)	Querhacke (%)	1. HH (%)	gesamt (%)	gesamt (%)
Standard (ohne Querhacke)	-26,1	+9,2	-19,2	-12,9	-19,5
Querhacke (Ablage 5 cm)	-75,6	-	-	-	-
Querhacke (Ablage 7 cm)	-68,9	-49,8	-21,6	-60,8	-64,8
Querhacke (Ablage 10 cm)	-	-44,1	-18,6	-54,6	-

<sup>1)</sup> Der Versuch im Jahr 1995 läßt nur eine Auswertung der Gesamtreduzierung zu, da zwischen Querhacke und Handhacke keine Auszählung erfolgte.

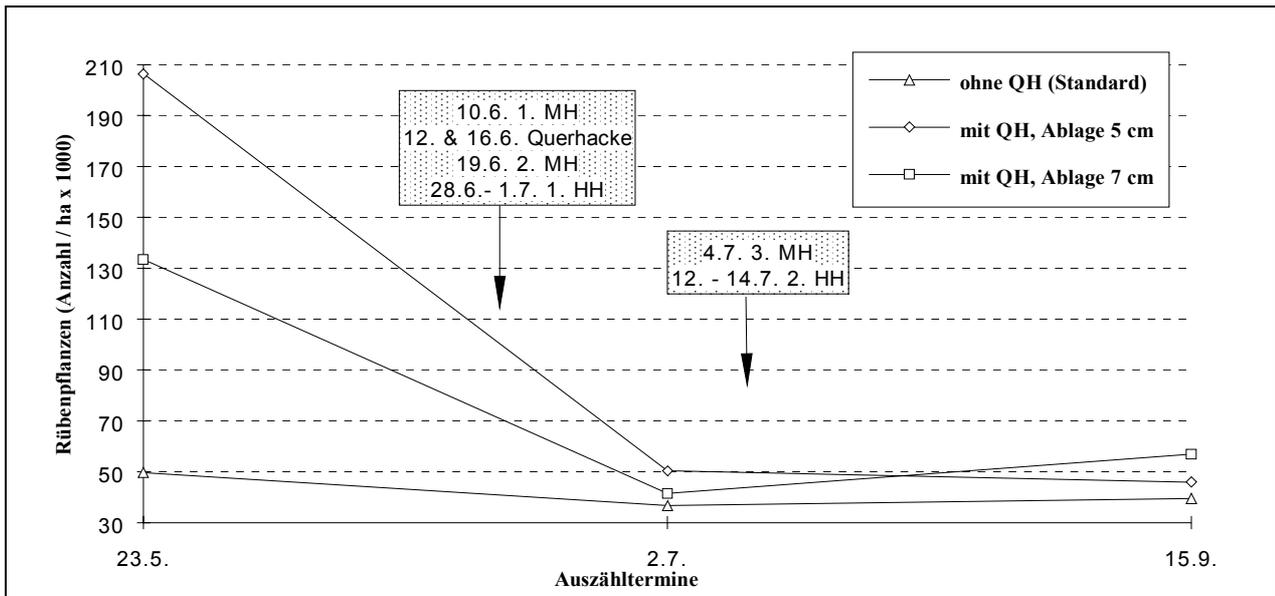


Abbildung 10: Entwicklung der Rübenbestände im Querhack-Versuch des Jahres 1995

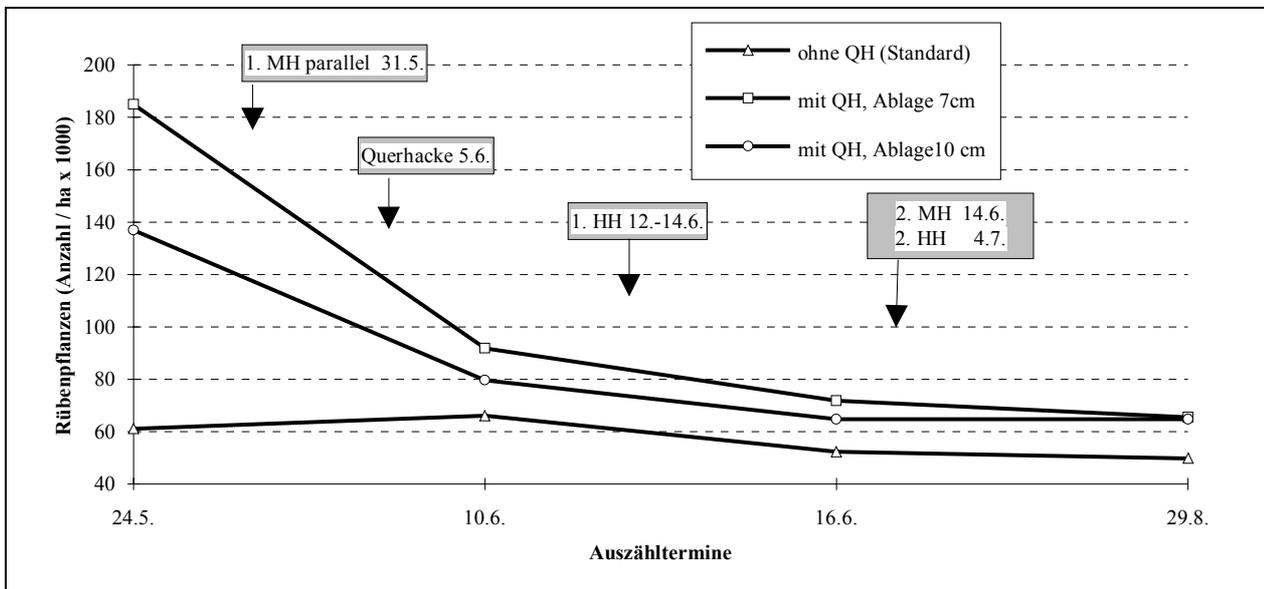
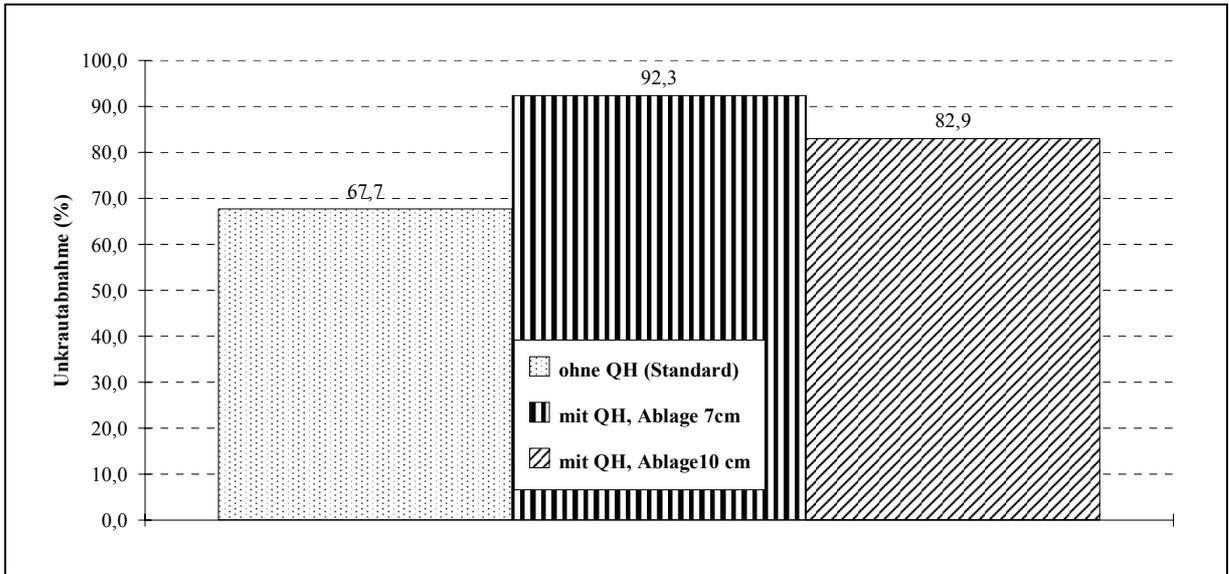


Abbildung 11: Entwicklung der Rübenbestände im Querhackversuch des Jahres 1996

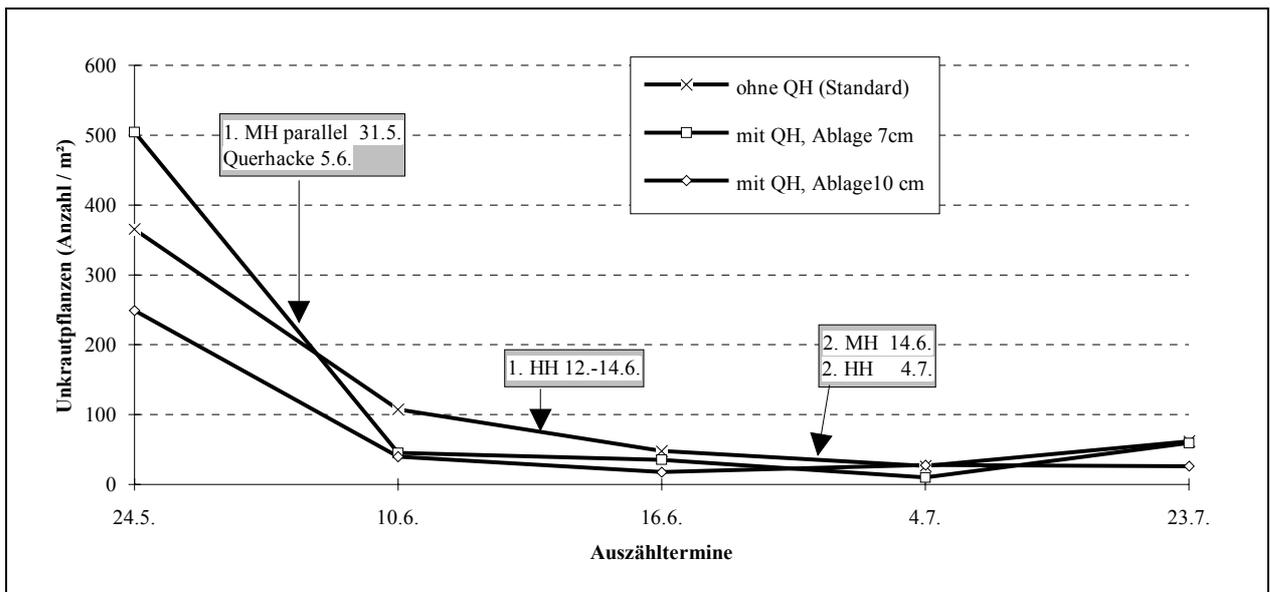
#### 7.4.2 Unkrautregulierende Wirkung der Querhacke

Im Jahr 1996 hat die Auszählung der Unkräuter ergeben, daß durch das zusätzliche Querhacken der Regulierungserfolg um 23,3 % (7 cm Ablage) bzw. um 16,6 % (10 cm Ablage) höher lag als im Vergleich zur Variante ohne Querhacke (Abb. 12). Aus dem Jahr 1995 liegen keine Werte zum Unkrautregulierungserfolg vor.

Aus der Entwicklung des Unkrautbesatzes im Verlauf der Vegetation des Jahres 1996 geht ebenso hervor, daß der Unkrautbesatz durch die Querhacke wesentlich stärker reduziert worden ist als in der Standardvariante (Abb. 13). Es ist aber auch zu erkennen, daß diese Unterschiede insbesondere durch die folgende 1. HH weitgehend wieder ausgeglichen worden sind. Zu den späteren Erhebungs-terminen sind dann keine deutlichen Differenzierungen mehr zu erkennen.



**Abbildung 12: Verringerung des Unkrautbesatzes (%) im Querhack-Versuch des Jahres 1996 (GD 5 % = 10,9 %)**



**Abbildung 13: Einfluß des Querhackens auf den Unkrautbesatz im Vegetationsverlauf 1996**

### 7.4.3 Handarbeitszeitbedarf

In Tabelle 37 sind die Ergebnisse des Handarbeitszeitaufwandes zusammengefaßt worden. Im Vergleich zum Standardverfahren wurde der Handarbeitsaufwand bei Ablageweiten von 7 cm und 10 cm durch die Querhacke z. T. deutlich reduziert, bei 5 cm Ablageweite hingegen erhöht. Bei 7 cm Ablageweite trat im Durchschnitt der beiden Jahre eine Arbeitersparnis von 22 % ein. Besonders deutlich war die Reduzierung im Jahr 1996, in dem mit einem Ablageabstand von 10 cm eine Verringerung von 35 % erreicht wurde.

In beiden Versuchsjahren war der relative Arbeitsaufwand für die Handhacke nicht nur beim zweiten sondern auch beim ersten Handhacketermin deutlich verringert worden. Aus den Ergebnissen geht hervor, daß die Querhacke durch das Erfassen von Unkräutern in der Kulturpflanzenreihe zu einer langanhaltenden Verringerung des Unkrautbewuchses und des Handarbeitszeitbedarfs führt. Bei zu enger Ablage der Rübensamen entsteht allerdings zusätzlicher Arbeitsbedarf für die Vereinzelnung zu eng stehender und durch die Querhacke nicht ausreichend vereinzelter Rüben.

Dies könnte auch als Ursache für den im Jahr 1995 bei 5 cm Ablage um 11 % erhöhten Zeitbedarf für die Handhacke angesehen werden. Da bei diesem Versuch die Bestandesstärke nach der Querhacke nicht erfaßt wurde, kann jedoch nur vermutet wer-

den, daß der erhöhte Zeitbedarf bei dieser Variante auf einen höheren Aufwand durch das Weghacken von Rüben per Hand zurückzuführen war.

### 7.4.4 Rüben- und Zuckerertrag

Die Frischmasseerträge an Rüben und die bereinigten Zuckererträge sind in Tabelle 38 dargestellt worden. In fast allen Versuchen sind bei den querhackten Varianten tendenziell höhere Erträge als bei der Vergleichsvariante festzustellen. Dies könnte vor allem auf die höheren Endrübenbestände dieser Varianten zurückgeführt werden.

### 7.4.5 Betriebswirtschaftliche Bewertung

Ein Kostenvergleich der in den beiden Jahren durchgeführten Querhackverfahren zeigt, daß bei Ablageweiten von unter 10 cm aufgrund der hohen Saatgutkosten die Gesamtkosten über denen des Vergleichsverfahrens liegen (Tab. 39). Bei 5 cm Ablage betragen die Mehrkosten sogar 835 DM/ha, bei 7 cm Ablage waren die Kosten im Jahr 1995 um 85 DM/ha geringer und im folgenden Jahr um 295 DM/ha höher. Eine Kostenersparnis von 260 DM/ha war lediglich im Jahr 1996 bei 10 cm Ablageweite zu verzeichnen.

Bei der Abschätzung der Kosteneinsparungen bei diesen Berechnungen muß berücksichtigt werden, daß aufgrund des geringen Feldaufgangs des Saatgutes eine Verringerung der Ablageweite bei dem

**Tabelle 37: Handarbeitsaufwand in den Querhack-Versuchen der Jahre 1995 und 1996**

	1. Handhacke (Akh/ha)			2. Handhacke (Akh/ha)			Handhacke gesamt (Akh/ha)		
	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel
Standard (ohne Querhacke)	109	86	<b>98</b>	45	44	<b>48</b>	154	130	<b>146</b>
Querhacke (Ablage 5 cm)	126	-	-	45	-	-	171	-	-
Querhacke (Ablage 7 cm)	75	82	<b>79</b>	30	37	<b>35</b>	105	120	<b>114</b>
Querhacke (Ablage 10 cm)	-	53	-	-	31	-	-	84	-
GD 5 %	26	41	-	-	11	-	-	32	-

**Tabelle 38: Ertragsleistungen von Zuckerrüben nach unterschiedlichen Querhackstrategien**

	Rüben ertrag (dt/ha)			BZE (dt/ha)		
	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel

Standard (ohne Querhacke)	398	587	<b>493</b>	60	97	<b>79</b>
Querhacke (Ablage 5 cm)	415	-	-	62	-	-
Querhacke (Ablage 7 cm)	496	563	<b>530</b>	75	94	<b>85</b>
Querhacke (Ablage 10 cm)	-	622	-	-	104	-
GD 5 %	100	-	-	15	-	-

**Tabelle 39: Kostenvergleich verschiedener Querhackstrategien**

Verfahren		Querhacke		Standard
1995	Ablageweite	5 cm	7 cm	18 cm
Saatgut (205 DM/U)	(DM/ha)	910	650	255
Kosten für Handarbeit (10 DM/h)	(DM/ha)	1710	1050	1540
sonstige variable Kosten *)	(DM/ha)	1105	1105	1105
<b>Summe Kosten</b>	(DM/ha)	<b>3735</b>	<b>2815</b>	<b>2900</b>
<b>Kostendifferenz im Vergleich zu Standard</b>	(DM/ha)	<b>+835</b>	<b>-85</b>	-
1996	Ablageweite	7 cm	10 cm	18 cm
Saatgut (205 DM/U)	(DM/ha)	650	455	255
Kosten für Handarbeit (10 DM/h)	(DM/ha)	1200	840	1300
sonstige variable Kosten*)	(DM/ha)	1105	1105	1105
<b>Summe Kosten</b>	(DM/ha)	<b>2955</b>	<b>2400</b>	<b>2660</b>
<b>Kostendifferenz im Vergleich zu Standard</b>	(DM/ha)	<b>+295</b>	<b>-260</b>	-

\*) vMk, Aussaat und Ernte im Lohn, Nährstoffzüge, Versicherung, Beiträge, Reinigung, Verladung

Standard-Verfahren auf z. B. 14 cm empfohlen werden müßte. Dadurch würden sich die Saatgutkosten von 255 DM auf 325 DM/ha erhöhen und Querhackverfahren entsprechend günstiger zu kalkulieren sein. Außerdem dürften dann auch keine unterschiedlichen Erträge für die DB-Berechnung der Verfahren anzusetzen sein.

### 7.5 Schlußfolgerung

Bei den Versuchen in den Jahren 1995 und 1996 auf einem Auenlehmstandort war der Feldaufgang mit 40 - 60 % sehr gering. Bei Ablageweiten der Querhack-Varianten von 5, 7 und 10 cm lag der

Endrübenbestand im Vergleich zur Standard-Variante ohne Querhacke mit 18 cm Ablageabstand um 10 000 bis 20 000 Pflanzen/ha höher. Dadurch wiesen die quer gehackten Varianten einen tendenziell erhöhten Ertrag auf, wobei mit Verringerung des Ablageabstandes der Ertragsvorteil geringer wurde. Durch den Einsatz eines Scharhackgerätes quer zu den Reihen konnte in Zuckerrüben die un bearbeitete Fläche von ca. 20 % auf 5 - 7 % verringert werden. Der Handarbeitszeitbedarf bei den quer gehackten Varianten war gegenüber der Vergleichsvariante bei einer Ablageweite von 5 cm jedoch um 11 % erhöht, bei 7 cm dem gegenüber um durchschnittlich 22 % und bei 10 cm um 35 %

verringert. Dadurch konnte nur bei einem Ablageabstand von 10 cm gegenüber einem Verfahren mit 18 cm Ablageabstand ein Kostenvorteil von ca. 260 DM/ha berechnet werden. Aufgrund des unzureichenden Aufgangs müßte die Ablageweite bei dem Verfahren ohne Querhacken noch deutlich verringert werden. Dadurch würde sich der Kostenvorteil durch das Querhacken noch entsprechend erhöhen.

## **8 Ablageweiten bei der Zuckerrüben-Aussaart**

### **8.1 Fragestellung**

In diesen Versuchen wurde der Zusammenhang zwischen verschiedenen Ablageweiten bei der Rübensaat und dem Aufwand an Handarbeit und den Rübenerträgen untersucht. Weiterhin war die Entwicklung des Rübenbestandes und des Unkrautbesatzes bei verschiedenen Ablageweiten von Interesse.

## 8.2 Material und Methoden

Am Standort Gruna wurden Varianten mit 14, 18 und 22 cm Ablageweite der Rübenpillen in der Reihe in den Jahren 1995 und 1996 geprüft. Als Anlageform wurde eine Langparzellenanlage mit 6 Wiederholungen gewählt, wobei die Variante mit 18 cm Ablageweite als Standard doppelt angelegt wurde (LOCHOW & SCHUSTER 1992). Die Ermittlung des Handarbeitszeitaufwandes wurde nur in 4facher Wiederholung durchgeführt. Die Breite der Parzellen betrug 2,7 m und entsprach bei einem Reihenabstand von 45 cm der Arbeitsbreite der Einzelkornsämaschine (6-reihig, Fa. Becker, Aeromat). Aussaattermine waren im Jahr 1995 der 12.5. und 1996 der 24.4.. Die manuellen Hackarbeiten wurden mit langgestielten Hacken mit 12 - 16 cm breiten Hackblättern ausgeführt.

## 8.3 Ergebnisse

Aus Abbildung 14 ist die Entwicklung des Rübenbestandes in Abhängigkeit zu den drei Ablageweiten zu entnehmen. Die Variante mit 14 cm Ablageweite wies in beiden Jahren vor dem Einsetzen der manuellen Pflege die höchsten Bestandeszahlen auf. Im Jahr 1995 blieb dieser Vorsprung bis zum Ende der Pflegeperiode erhalten, 1996 haben sich dagegen die Bestände aller Varianten angeglichen.

In Tabelle 40 wurden weitere Ergebnisse dieses zweijährigen Versuches zusammengefaßt. Es ist der Zusammenhang zu erkennen, daß der Handarbeitsaufwand mit zunehmender Ablageweite um fast 20 h/ha geringer wurde. Eine Ursache hierfür kann das unterschiedliche Verhalten der Arbeitskräfte bei dichteren und weiteren Ablageweiten sein. Bei weiteren Ablageweiten verläuft die Handhacke gewöhnlich einfacher und damit schneller, da die gestielte Hacke ohne Beeinträchtigung der Rüben zwischen zwei benachbarten Pflanzen geführt werden kann.

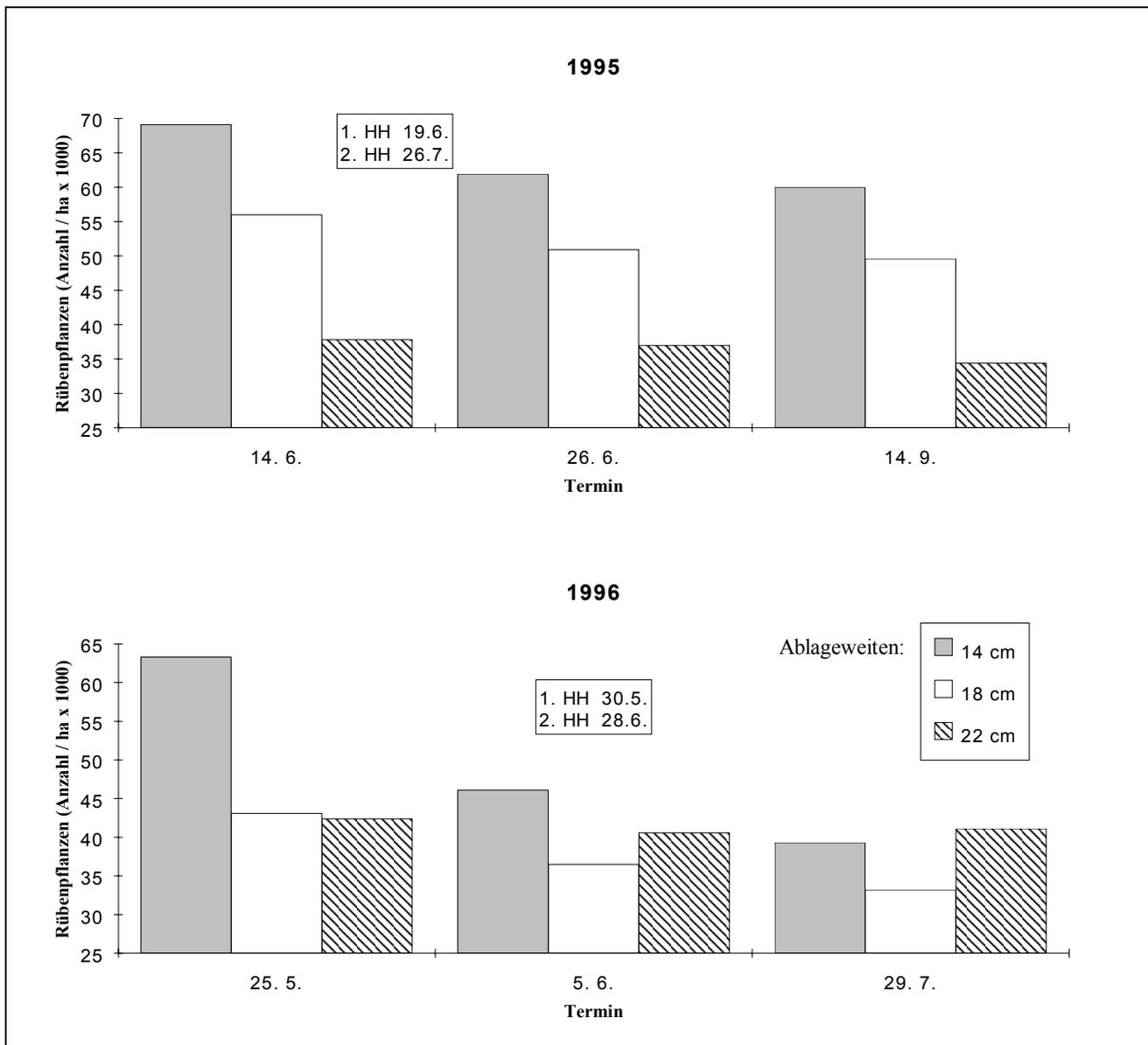


Abbildung 14: Entwicklung des Rübenbestandes bei unterschiedlichen Ablageweiten

**Tabelle 40: Handarbeitsaufwand, Rübenendbestand und Rübenerträge bei drei Ablageweiten**

Var.	Ablage- weite (cm)	Handarbeitsaufwand (Akh/ha)			Rübenbestand (Anz./ha x 1000)			Ertrag, FM (dt/ha)		
		1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel	1995	1996	Mittel
1	14	42,7	158,0	100,4	60,0	40,9	50,5	399	431	415
2	18	42,0	140,0	91,0	49,5	33,3	41,4	376	337	357
3	22	29,1	135,0	82,1	34,5	39,5	37,0	425	414	420
GD 5 %		12,7	29,4	-	9,5	13,0	-	61	54	-

Auch der Rübenbestand, der aufgrund geringer Feldaufgänge im Versuchsdurchschnitt in beiden Jahren sehr niedrig lag, fällt mit ansteigenden Ablageweiten ab. Die Rübenerträge lagen in den Varianten mit 14 und 20 cm Ablageabstand deutlich über dem Ergebnis der 18 cm-Ablage, wenn auch der Unterschied nur im Jahr 1996 gesichert war.

#### 8.4 Schlußfolgerung

Obwohl die Versuche ergeben haben, daß bei einer Verringerung der Ablageweiten eine Zunahme des Handarbeitsaufwandes zu erwarten ist, wird aufgrund des unsicheren Feldaufganges der Vereinzlungsanbau notwendig. So ist ein möglichst hoher Feldaufgang Voraussetzung für die termingerechte Durchführung der 1. Maschinenhacke und daraus abgeleitet auch der 1. Handhacke. Da bei den vorliegenden Versuchen extrem niedrige Feldaufgänge erzielt wurden (35 - 45 %), kann aus den eigenen Versuchsergebnissen keine genauere Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Ablageweite und Handarbeitszeit abgeleitet werden.

## 9 Bodenbearbeitung zu Zuckerrüben

### 9.1 Fragestellung

Die Grundbodenbearbeitung auf schweren Böden ist im ökologischen Landbau nicht optimal gelöst. Eine Frühjahrsfurche kommt nicht in Frage. So bleibt bisher für Sommerkulturen wie Zuckerrüben nur eine Bodenbearbeitung im Herbst. In diesem Untersuchungsabschnitt galt es daher zu klären, ob auch reduzierte oder nicht wendende Verfahren als Alternative in Frage kommen. Besonders die Unkrautentwicklung und den Handarbeitszeitbedarf galt es hierbei zu beobachten.

### 9.2 Material und Methoden

Nachfolgend aufgeführte Varianten der Grundbodenbearbeitung kamen an den Orten Gruna und Canitz (Standortverhältnisse siehe Abs. 3.1) zum Einsatz und wurden streifenweise nebeneinander angelegt:

#### Versuchsort Gruna (nur 1995):

1. wendend: 3 x Stoppelbearbeitung (2 x Grubber, 1 x Rollhacke ganzflächig), ohne Zwischenfrucht, Pflugfurche im Herbst 25 cm tief
2. nicht-wendend: 3 x Stoppelbearbeitung (Grubber, Rollhacke ganzflächig), ohne Zwischenfrucht.

#### Versuchsort Canitz (1995 u. 1996):

1. wendend: 1 x Stoppelbearbeitung mit Scheibenegge, Pflügen, Zwischenfrucht Gelbsenf, Pflugfurche im Herbst 25 - 30 cm tief
2. nicht-wendend: 1 x Stoppelbearbeitung mit Scheibenegge, danach Einsatz der DUTZI-Kombination (Lockerrungsschare 25 - 30 cm tief, Zinkenrotor; Fa. Dutzi, Ubstadt-Weiher) im Jahr 1995 ohne und 1996 mit gleichzeitiger Zwischenfruchtausbringung (Gelbsenf).

Im Frühjahr wurden die Schläge entsprechend der betriebsüblichen Vorgehensweise (Abschleppen, dann 1 bis 3 mal Bearbeitung mit Grubber oder Kombination) für die Aussaat vorbereitet.

Die Erhebungen zur Verunkrautung, zum Feldaufgang und zum Ertrag erfolgten je Variante am Standort Canitz mit 6 und am Standort Gruna mit 4 hintereinanderliegenden Wiederholungen. Die Versuchspartellen waren 10 m lang und 5,4 m breit (12 Rübenreihen).

### 9.3 Ergebnisse

Die nicht statistisch verrechneten Ergebnisse dieser Versuche können der Tabelle 41 entnommen werden. In allen Versuchen war der Feldaufgang der nicht gepflügten Flächen höher als bei den Pflugvarianten. Der durchschnittlich sehr geringe Feldaufgang kann durch die verhältnismäßig tiefe Ablage von 3 - 4 cm verursacht worden sein. Die Ursachen für den höheren Feldaufgang der nicht gepflügten Variante könnten darin bestehen, daß durch ein etwas gröberes Saatbett und bessere Durchlüftung der Schädlinge- und Krankheitsdruck (z. B. Wurzelbranderreger, Collembolen) abgenommen hat. Weiterhin wäre denkbar, daß aufgrund der Aufrechterhaltung der natürlichen Bodenschichtung eine bessere Wasserleitfähigkeit erreicht wurde. Gerade auf den schweren Böden der Versuchsstandorte könnte dies den Feldaufgang positiv beeinflusst haben.

Der Unkrautbesatz der nicht gepflügten Variante war vor dem Beginn der Hackarbeiten bei den Versuchen in Canitz deutlich höher als beim Pflugeinsatz. Im Versuch in Gruna konnten diesbezüglich keine Unterschiede festgestellt werden. Hier wurde aufgrund einer sehr intensiven Stoppelbearbeitung (3 mal) im Herbst und häufigen Bodenbearbeitungsgängen vor der Aussaat im Frühjahr (3 mal) bei beiden Varianten gleichermaßen der Unkrautdruck stark reduziert. Bei allen Versuchen, die in den ungepflügten Varianten eine erhöhte Ausgangsverunkrautung zeigten, wurde auch immer ein höherer Handarbeitszeitaufwand ermittelt. Der Unterschied betrug im Durchschnitt der Versuche 50 Akh/ha bzw. 33 %. Hierdurch würden sich pfluglose Verfahren deutlich verteuern. Deswegen kann die nichtwendende Grundbodenbearbeitung zu Rüben und anderen handarbeitsintensiven und konkurrenzschwachen Kulturen im ökologischen Landbau nur in Kombination mit häufigen flachen Bodenbearbeitungsgängen zur vorbeugenden Unkrautunterdrückung angewendet werden.

Bei dieser Untersuchung schwankten die Rüben- und bereinigten Zuckererträge bei den geprüften Verfahren sehr stark. Im Durchschnitt der Versuche waren kaum Differenzen in den Erträgen und in der Beinigkeit der Rüben festzustellen (Tab. 41).

**Tabelle 41: Einfluß unterschiedlicher Grundbodenbearbeitung auf einige Merkmale beim Zuckerrübenanbau an den Orten Gruna und Canitz**

Variante	Felddaufgang (%)	Unkrautbesatz (Pfl./m <sup>2</sup> )	Handarbeit (Akh/ha)	Beinigkeit (%)	Rüben-ertrag (dt/ha)	BZG (%)	BZE (dt/ha)
<b>Versuchsjahr 1995 - Anbauort Gruna</b>							
1. Pflug	57,5	105	54,4	33,8	473	15,5	70
2. Grubber	63,8	113	58,4	43,3	433	15,0	65
<b>- Anbauort Canitz</b>							
1. Pflug	33,6	307	119,8	68,8	316	14,7	46
2. DUTZI	46,3	463	208,0	68,5	486	15,1	73
<b>Versuchsjahr 1996 - Anbauort Canitz</b>							
1. Pflug	53,6	264	132	17,9	587	16,5	97
2. DUTZI	60,2	410	191	18,2	504	17,2	87
<b>Mittelwerte</b>							
1. Pflug	48,2	225	102	40,2	459	15,6	71
2. DUTZI/ Grubber	56,8	329	153	43,3	474	15,8	75

## 10 Fruchtfolgestellung von Zuckerrüben

### 10.1 Fragestellung

Zur Stellung der Zuckerrübe in Fruchtfolgen des ökologischen Landbaus sollte im Rahmen dieses Vorhabens der Frage nachgegangen werden, ob Zuckerrüben auch ohne Qualitätsverluste direkt nach mehrjährigen Leguminosen gestellt werden können, oder ob diese Fruchtart erst im zweiten Jahr nach Leguminosen angebaut werden sollte.

### 10.2 Material und Methoden

Die in Tabelle 42 aufgeführten Fruchtfolgeglieder wurden am Standort Canitz im Rahmen einer Demonstration ohne Wiederholungen (Teilstückgröße: 0,12 ha) und am Standort Roda in einem Feldversuch mit 4-facher Wiederholung geprüft.

**Tabelle 42: Fruchtfolgeglieder zur Prüfung der Fruchtfolgestellung der Zuckerrübe**

Versuchsort Canitz (Bodenart: Lu)			
Variante	1993/94	1995	1996
A	Kleegras	Sonnenblumen	Zuckerrüben
B	Kleegras	Zuckerrüben	Sonnenblumen
C	Kleegras	Zuckerrüben	Weizen
D	Kleegras	Weizen	Zuckerrüben
Versuchsort Roda (Bodenart: IU)			
E	Luzernegras	Zuckerrüben	
F	Wintergerste	Zuckerrüben	

Der Umbruch des Kleegrases erfolgte Anfang Oktober 1994, anschließend wurde auf den Parzellen A - C Gelbsenf und auf Variante D Weizen eingesät. Nach der Pflugfurche im Frühjahr 1995 erfolgte Einsaat von Zuckerrüben um den 1. Mai. Die Versuchsanlage wurde in Roda durch Bodennässe beeinträchtigt.

### 10.3 Ergebnisse

Zur Charakterisierung der N-Nährstoffversorgung kann aus Tabelle 43 der Verlauf der  $N_{\min}$ -Werte zu fünf Terminen im Boden des Versuchsortes Canitz eingesehen werden. Am Versuchsort Roda (erstes Umstellungsjahr!) wurden keine  $N_{\min}$ -Werte ermittelt. Aus Tabelle 44 können die Erträge und die Qualität der geernteten Rüben von beiden Versuchsorten entnommen werden.

**Tabelle 43: Verlauf der  $N_{\min}$ -Werte (kg N/ha, 0 - 90 cm Tiefe) auf den Versuchsgliedern am Ort Canitz**

Variante	17.10. 1994	20.03. 1995	15.11. 1995	10.04. 1996	02.12. 1996
A	82	96	105	126	26
B	145	116	51	89	74
C	55	83	104	128	71
D	30	97	49	110	27
Mittelwert	78	98	77	113	50

Aus allen vergleichbaren Versuchsteilen sind ähnliche Ergebnisse abzuleiten: Erfolgt direkt nach Kleegras die Zuckerrübe, so werden tendenziell etwas geringere Rübenerträge ermittelt. Darüber hinaus werden bestimmte Inhaltsstoffe (K, Amino-N) in ihren Gehalten angehoben, so daß die Auskristallisation des Zuckers und somit der bereinigte Zuckergehalt (BZG) und auch der bereinigte Zuckerertrag (BZE) etwas herabgesetzt werden können.

Die Untersuchungen bestätigen im wesentlichen Ergebnisse aus der konventionellen Landwirtschaft mit steigender mineralischer oder organischer N-Versorgung. Warum beim Anbau von Zuckerrüben nach mehrjährigen Leguminosen jeweils auch die Rüben- und Blatterträge zurückgegangen sind, könnte auch auf den Einfluß des Versuchsjahres zurückzuführen sein. Auf jeden Fall wird durch diese Fruchtfolgegestaltung auch die Qualität sowie besonders die geerntete Zuckermenge negativ verändert, so daß nach diesen ersten Ergebnissen aus Öko-Versuchen von einer Stellung der Zuckerrübe direkt nach Leguminosen abzuraten ist.

**Tabelle 44: Rübenerträge und Qualität des Erntematerials der Versuche zur Fruchtfolgestellung der Zuckerrübe an den Standorten Canitz und Roda**

Variante	Blätter (dt/ha FM)	Rüben	Zucker (°S)	Kalium	Natrium	Amino-N	BZG (%)	BZE (dt/ha)
<b>Canitz</b>								
A	455,6	545,8	19,1	3,15	0,44	0,97	17,3	94,5
B	416,8	489,5	16,9	4,01	0,84	0,83	15,0	73,4
C	420,4	462,9	16,7	3,99	0,90	0,90	14,8	68,3
D	432,4	544,4	18,6	2,97	0,46	0,73	16,9	91,9
<b>Roda</b>								
E	-	282,9	17,4	2,76	0,43	1,01	14,9	42,4
F	-	321,4	17,2	3,67	0,42	0,16	15,3	49,0
GD-Roda (5 %)		≈34,6	≈0,5				≈1,0	≈5,4

## 11 Saatgutbehandlung mit alternativen Pflanzenbehandlungsmitteln

### 11.1 Fragestellung

Im ökologischen Landbau sind chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel weitgehend verboten, dazu gehört auch die Beizung mit chemischen Mitteln. Aufgrund des rel. schwachen Saatgutes der Zuckerrübe kommt es bei unbehandeltem Saatgut zu einer deutlichen Verminderung des Auflaufersfolges besonders in rel. ungünstigen Jahren mit tiefen Temperaturen, Verschlammung des Saatbettes etc.

Methoden und Anwendung von Saatgutbehandlungen werden von HEYDECKER & COOLBEAR (1977) eingehend beschrieben. Saatgutbehandlungen wie z. B. Quellung mit Wasser (u. anderen Mitteln) haben auch bei Zuckerrüben den Sinn, Keimhemmstoffe abzubauen und das Saatgut in Keimstimmung zu bringen, so daß nach der Aussaat diese Pflanzen schneller und gleichmäßiger auflaufen (ANON., 1996). Maßnahmen dieser Art, auch "Priming" genannt, sind inzwischen patentiert worden. In Großbritannien wird derart behandeltes Zuckerrübensaatgut im Handel angeboten (HALMER, 1993). Ergebnisse von Versuchen waren unter konventionellen Bedingungen aber bisher nicht eindeutig verlaufen (STEINER, 1984; WOLFF, 1995). Zwar wird oft ein schnelleres Auflaufen bei Zuckerrüben unter ungünstigen Witterungsbedingungen und bei Frühsaat ermittelt, doch sind sowohl Rübenertrag als auch der bereinigte Zuckerertrag gar nicht oder nur leicht höher als in unbehandelten Varianten, so daß kaum eine Wirt-

schaftlichkeit des Verfahrens gegeben ist (BÜRCKY et al., 1997).

Zur Klärung dieser Frage unter dem Gesichtspunkt der Verwendung ungebeizten Saatgutes ist in einem dreijährigen Gefäßversuch der Frage nachgegangen worden, ob durch Saatgutbehandlungen mit alternativen Mitteln eine Verbesserung des Auflaufersfolges bei Zuckerrüben erreicht werden kann.

### 11.2 Material und Methoden

Versuchsaufbau, Versuchsglieder sowie geprüfte Mittel können den Tabellen 45 - 47 entnommen werden. Im Jahr 1994 wurden alle Mittel nur ohne Pillierung angewendet.

**Tabelle 45: Versuchsaufbau für alternative Saatgutbehandlungsmittel**

Versuchsart:	Gefäßversuch (7-l-Mitscherlich)	
Bodenart:	1994	Sl
	1995	S
	1996	S
Pflanzenart:	Zuckerrüben, Sorte: Hilma	
Saatgut:	15 (1994) bzw. 20 (1995-96) Rübensamen/Gefäß	
Wiederholg.:	4	
Versuchsjahre:	1994 - 1996	
Standort:	Leipzig-Möckern	

**Tabelle 46: Versuchsglieder zur Prüfung von Saatgutbehandlungen bei Zuckerrüben**

Var.Nr.	Pillierung	Behandlungsmittel	Anwendung
1	ohne	ohne	
2	mit	ohne	
3	mit	chemische Beizung	praxisüblich
4	ohne	Wasser	Besprühen, 2 h Einwirkzeit, rüctrocknen
5	mit	VPBS (flüssig)	in der Pilliermasse, 2 % der beim Pillierungsprozeß eingesetzten Flüssigkeitsmenge
6	ohne	VPBS (flüssig)	mit 2 %-iger Lösung besprühen, 2 h Einwirkzeit, rüctrocknen
7	mit	Saatbehandlungsmittel SBM	in der Pilliermasse, 300 g/kg Saatgut
8	ohne	Saatbehandlungsmittel SBM	mit 5 %-iger Lösung besprühen, 2 h Einwirkzeit, rüctrocknen
9	mit	Bio-algeen	in der Pilliermasse, 0,2 % der beim Pillierungsprozeß eingesetzten Flüssigkeitsmenge
10	ohne	Bio-algeen	mit 0,2 %-iger Lösung besprühen, 2 h Einwirkzeit, rüctrocknen
11	mit	Kompostextrakt	in der Pilliermasse, 100 % der beim Pillierungsprozeß eingesetzten Flüssigkeitsmenge (vor Anwendung aufschütteln)
12	ohne	Kompostextrakt	unverdünnt besprühen, 2 h Einwirkzeit, rüctrocknen
13	mit	Selobra	in der Pilliermasse, 400-500 g je dt Saatgut
14	ohne	Selobra	trocken, 400 g/dt Saatgut

**Tabelle 47: Beschreibung der geprüften Saatgutbehandlungsmittel**

Mittel	Zusammensetzung/Hersteller	Mittel	Zusammensetzung/Hersteller
• Chemische Beizung	Thiram	• Bio-algeen	Algenextrakt: "Bio-algeen S90 plus 2" Firma: Schulze & Hermesen, Dahlenburg
• Bio-Sin	kalk- und silikatreiche Mineralien, Hefe, Heilkräuterauszüge (Brennnessel, Knoblauch, Ackerschachtelhalm), Firma: Gebr. Schaette KG, Bad Waldsee	• Kompostextrakt	Filtrat von 1:10 mit Wasser angesetztem Bioabfallkompost
• VPBS	kalk- und silikatreiche Mineralien, Hefe, Heilkräuterauszüge (Brennnessel, Knoblauch, Ackerschachtelhalm), Firma: Gebr. Schaette KG, Bad Waldsee	• Selobra	Braunkohlenpulver, Huminsäuren als Hauptbestandteil, Spurenelemente (vor allem Selen), Firma: C. Dormeier Nachf., Harsum
• SBM	Kräuterauszüge (u.a. Meerrettich) Firma: Gebr. Schaette KG, Bad Waldsee	• Pillierung	Zusammensetzung der Pilliermasse: Gesteinsmehle, Torf- und Holzmehl, Bindemittel Firma: SUET GmbH, Eschwege
		• Rücktrocknung	Trocknung bei 30-40 °C, ca. 5-6 h

Folgende Prüfmerkmale wurden erfasst:

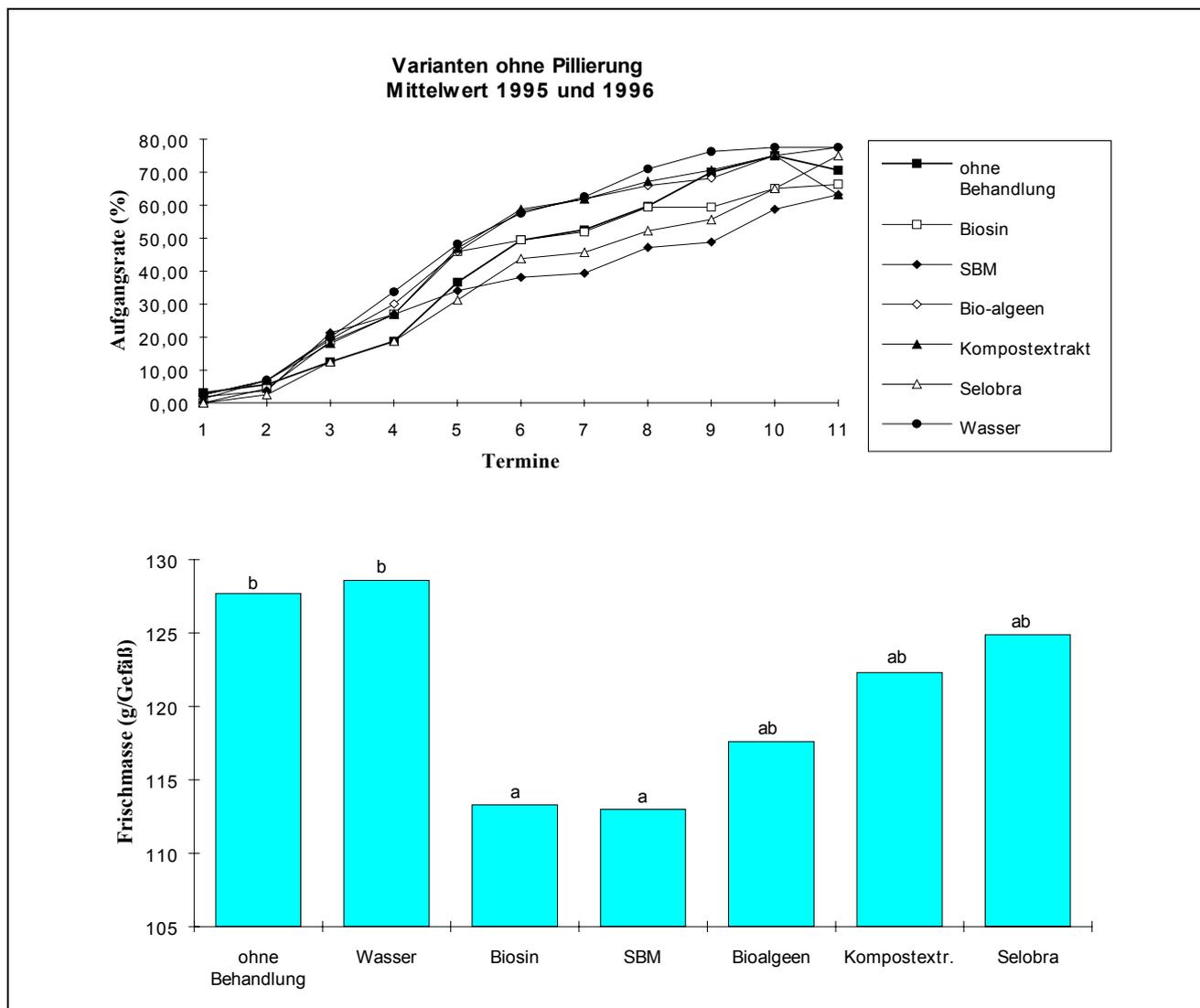
- Anzahl aufgelaufener Pflanzen/Gefäß an mehreren Terminen im Verlauf der Auflaufphase
- Anzahl Pflanzen/Gefäß nach Abschluß des Auflaufens
- Anzahl Pflanzen/Gefäß mit erstem Laubblattpaar
- Grünmasseertrag nach Versuchsende (ca. 2 Monate Vegetationszeit).

### 11.3 Ergebnisse und Diskussion

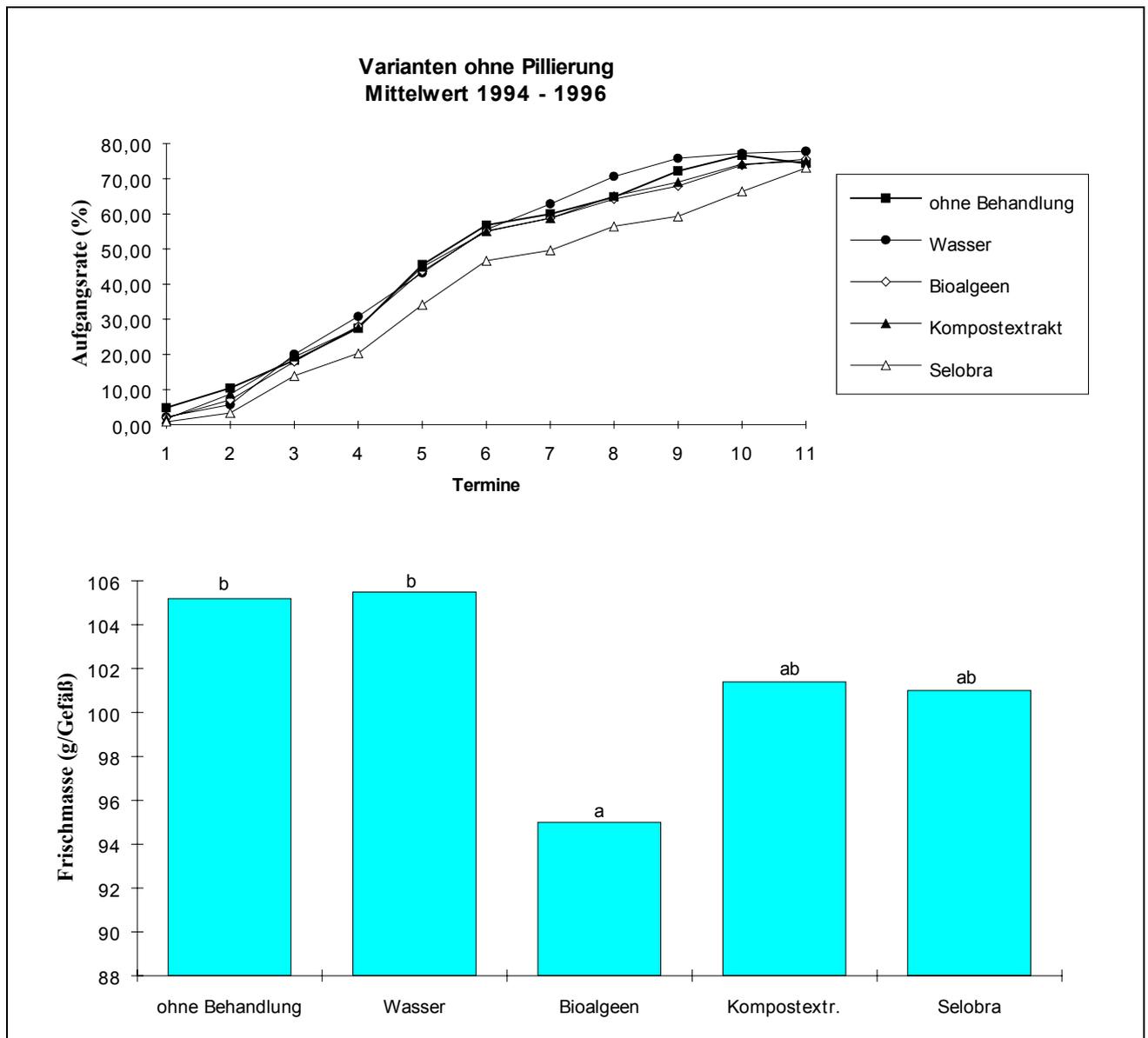
Die im zwei- bzw. dreijährigen Durchschnitt verrechneten Ergebnisse über den Auflaufenerfolg von Zuckerrüben nach verschiedenen Vorsaatgutbehandlungen bei unpilliertem Saatgut sind in den Abbildungen 15 und 16 zusammengefaßt worden. Lediglich einfache Wasserbehandlungen führten zu

geringfügig vorverlegten sowie höheren endgültigen Aufgangsraten und gleich hohen Frischmasseerträgen im Vergleich zu keiner Behandlung. Alle weiteren Behandlungsmittel haben jedoch zur Verringerung der Auflaufraten und Erträge beigetragen. Dies ist auch deutlich sichtbar geworden bei den behandelten pillierten Varianten (Abb. 17). Hier führte lediglich die chemische Behandlung zu einem zunächst zwar verzögerten Auflaufen, im Endeffekt wies diese Variante aber die höchsten Auflaufraten und Frischmasseerträge auf.

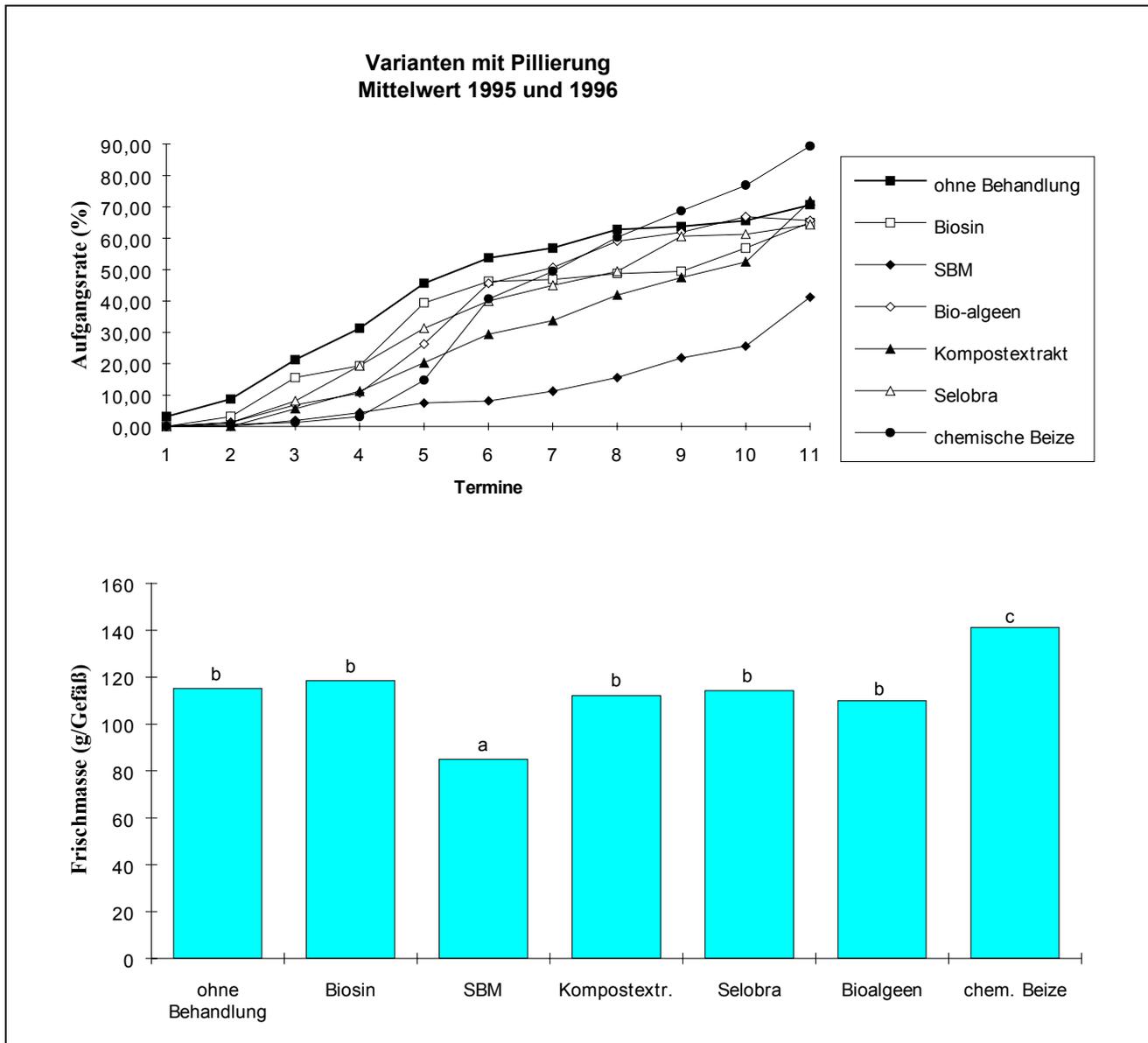
Besonders negativ wirkte dagegen das Mittel SBM, in den Varianten ohne Pillierung auch Biosin und Bioalgen, auf die Frischmasseerträge nach ca. zweimonatigem Wachstum. Diese Mittel enthalten entweder Kräuterauszüge (SBM, Biosin) oder Algenextrakt (Bioalgen) als Wirksubstanzen.



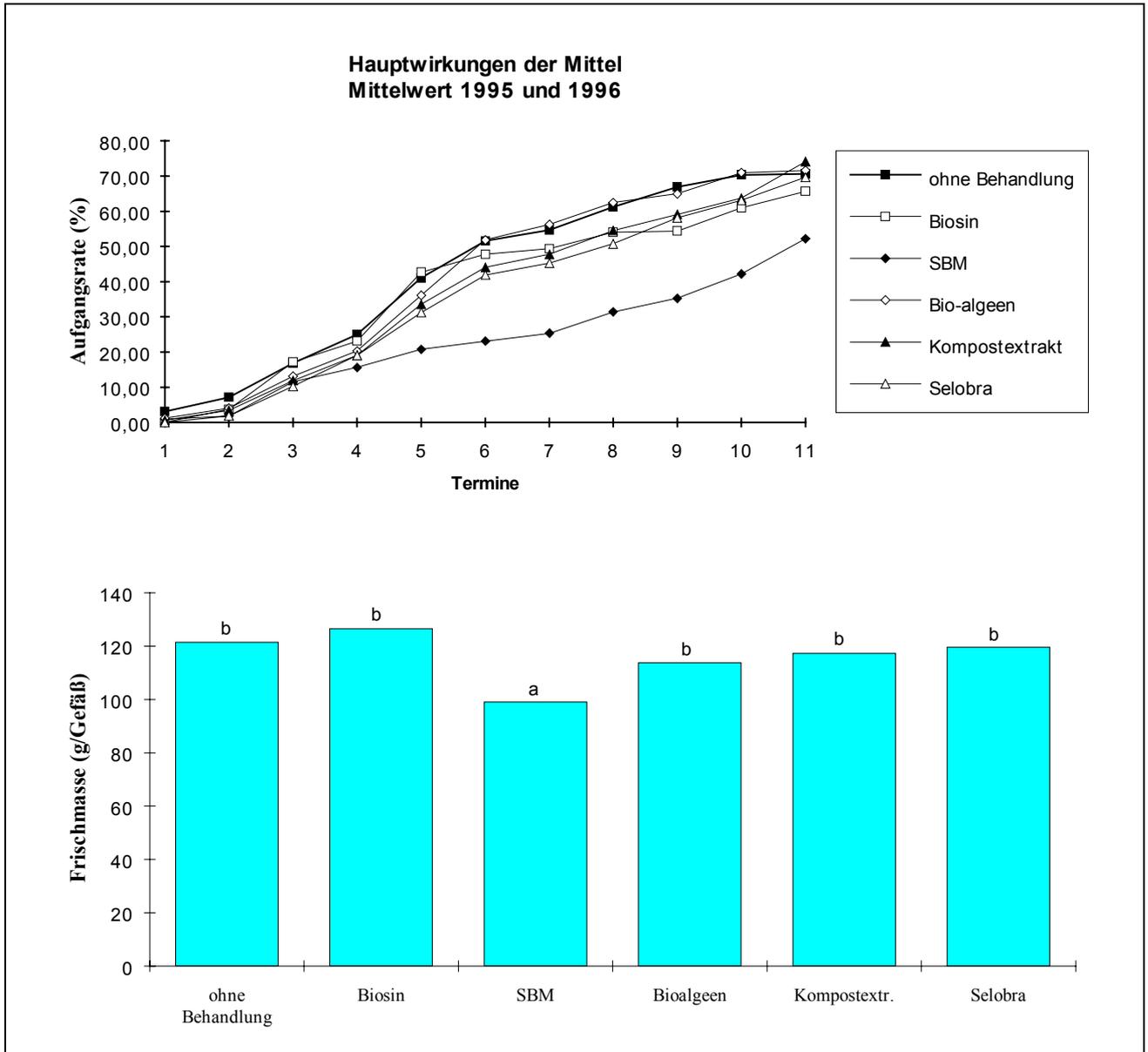
**Abbildung 15: Einfluß von Saatgutbehandlungen ohne Pillierung auf Aufgangsrate und Frischmasse von Zuckerrüben (Mittelwerte von 2 Versuchsjahren)**



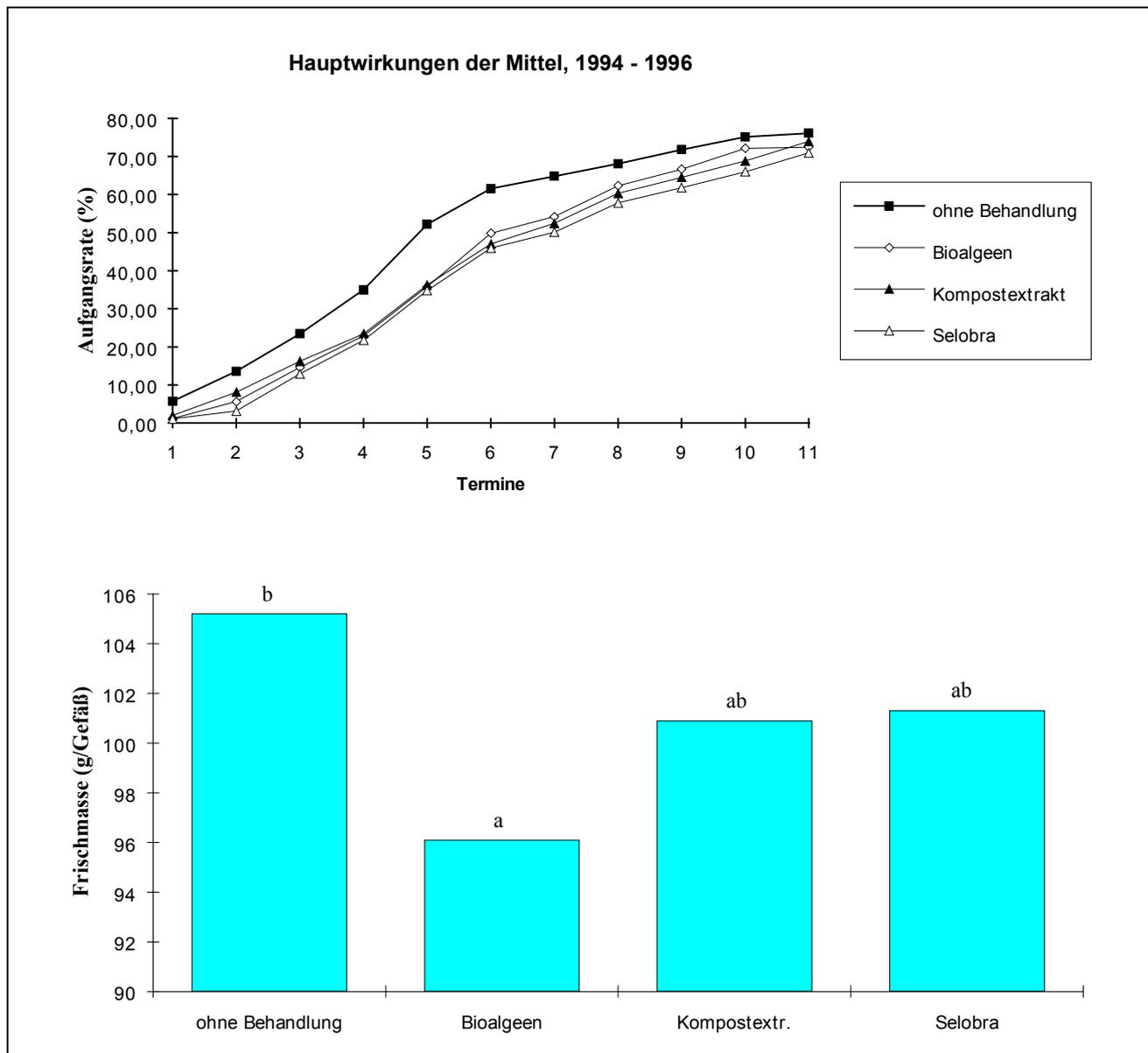
**Abbildung 16: Einfluß von Saatgutbehandlungen ohne Pillierung auf Aufgangsrate und Frischmasseerträge von Zuckerrüben (Mittelwerte von 3 Versuchsjahren)**



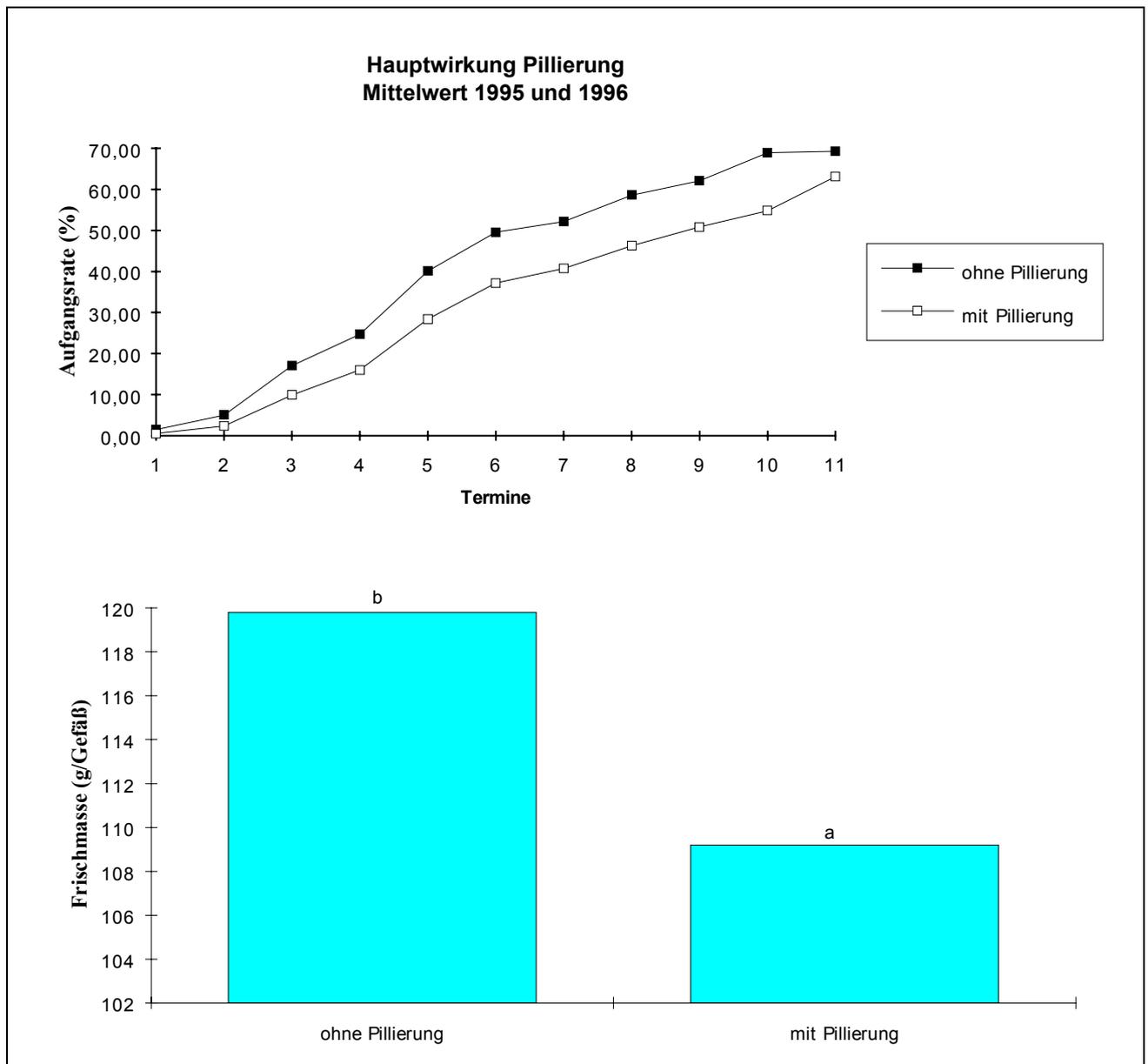
**Abbildung 17: Einfluß von Saatgutbehandlungen mit Pillierung auf Aufgangsrate und Frischmasseerträge von Zuckerrüben (Mittelwerte von 2 Versuchsjahren)**



**Abbildung 18: Wirkung der Saatgutbehandlung (Hauptwirkungen der Mittel) auf die Auflauftrate und Frischmasseerträge von Zuckerrüben (Mittelwerte von 2 Versuchsjahren)**



**Abbildung 19: Wirkung der Saatgutbehandlung (Hauptwirkungen der Mittel) auf die Aufgangrate und Frischmasserträge von Zuckerrüben (Mittelwerte von 3 Versuchsjahren)**



**Abbildung 20: Wirkung der Pillierung nach Saatgutbehandlungsmaßnahmen auf Aufgangsrate und Frischmasseerträge von Zuckerrüben (Mittelwerte von 2 Versuchsjahren)**

Aus den Abbildungen 18 und 19 geht hervor, daß alle geprüften Mittel mehr oder weniger zu einer Verringerung der Auflauftrate geführt haben. Besonders deutlich ist dies bei den Mitteln SBM, Biosin und Selobra sichtbar, während das Algenpräparat Bioalgeen zu den geringsten negativen Wirkungen geführt hat. Im Vergleich zu unbehandeltem Saatgut haben alle Vorsaatbehandlungen entweder zu keinen Abweichungen in den Frischmasseerträgen oder zu niedrigeren Erträgen (Bioalgeen, SBM) beigetragen.

Die meisten geprüften Mittel scheinen nach diesen Ergebnissen eine mehr oder weniger starke Verzögerung der Entwicklung und des Massenwachstums zu verursachen. Lediglich der Algenextrakt hat of-

fenbar ein etwas gesteigertes Streckenwachstum der Keimlinge bewirkt, weil ähnlich hohe Aufgangsraten aber geringere Erträge zu verzeichnen waren.

Im Gegensatz zu anderen Kulturarten, bei denen durchaus positive Wirkungen zu verzeichnen waren (siehe KOLBE & BLAU, 1998), ist es nach diesen dreijährigen Ergebnissen für Zuckerrüben nicht anzuraten, eine Saatgutbehandlung mit den geprüften Mitteln durchzuführen. Anstelle der pflanzenstärkenden und -schützenden Eigenschaften sind bei dieser Kulturart eher gegenteilige Wirkungen zu erwarten.

Ein weiteres Problemfeld stellt die Saatgutpillierung dar (Abb. 20). Nach diesen eindeutigen Ergebnissen ist die Pillierung von Zuckerrübensaatgut ebenfalls ungeeignet. Sie führt im Vergleich zu unpilliertem Saatgut sowohl zu einer Verzögerung des Auflaufens und zu einer geringeren Auflauftrate der Zuckerrübenpflanzen als auch zu deutlich reduzierten Frischmasseerträgen nach zweimonatigem Wachstum. Deshalb muß für den Zuckerrübenanbau im ökologischen Landbau die Verwendung unpillierten Saatgutes unter Feldbedingungen geprüft werden. Außerdem müssen Untersuchungen zur Eignung der marktüblichen Einzelkornsämaschinen für unpilliertes Rübensaatgut angestellt werden. Hierfür kämen allerdings nur pneumatische Geräte in Betracht, für die eine runde Samenform nicht Voraussetzung ist. Vielleicht ist auch eine andere Pilliermasse für ökologische Anbaubedingungen von Vorteil.

## 12 Elemente wirtschaftlicher Anbauverfahren

In diesem Abschnitt sind zunächst Standard-Deckungsbeiträge für den Zuckerrübenanbau auf Öko-Betrieben (Tab. 48) sowie Maschinenkosten und Arbeitszeitbedarf (Tab. 49) zusammengestellt worden. In diese Standardwerte sind bereits Erfahrungen und einige Ergebnisse der eigenen Untersuchungen mit eingeflossen. Für die Berechnung des Preises der Öko-Rüben wurden eine Vermarktung zum A-Rübenpreis von 9,08 DM zuzüglich 5 DM Öko-Zuschlag und 1,32 DM Polarisations- und Qualitätszuschlag (17,5 % Saccharose) zugrunde gelegt. Nicht berücksichtigt wurden anfallende Transportkosten, die allerdings je nach Betriebslage aufgrund der zentralen Verarbeitung stark unterschiedlich hoch sein können und von den Vereinbarungen mit dem Verarbeitungsunternehmen über die Transportkostenübernahme abhängen.

Die rel. hoch angesetzten Rübenenerträge im ökologischen Landbau können als repräsentativ angesehen werden. Sie unterscheiden sich nicht sehr stark von denen, die unter konventionellen Bedingungen erzielt werden, weil Zuckerrüben heute aus Qualitätsgründen mit einer rel. geringen N-Versorgung angebaut werden.

Aus Tabelle 48 geht zunächst hervor, daß Öko-Preisauflagen für einen wirtschaftlichen Zuckerrübenanbau notwendig sind, da bei konventionellen Erzeugerpreisen in den meisten Fällen keine angemessenen DB erzielt werden können. Das trifft besonders für Grenzstandorte mit niedrigem Ertrags-

niveau zu, während bei sehr hohem Ertragsniveau von 400 - 450 dt/ha auch DB um 1.000 DM bei konventioneller Vermarktung möglich sind.

Wie aus den eigenen Ergebnissen abgeleitet werden kann, ist zur Erzielung eines hohen Ertragsniveaus, neben der Auswahl von Flächen und Standorten mit entsprechend günstigen Bodenverhältnissen, auch eine richtige Einordnung der Zuckerrübe in die Fruchtfolge zu beachten. Stellungen an zweiter oder dritter Position nach Leguminosen haben sich als vorteilhafter erwiesen als ein Anbau direkt nach Leguminosen. In dieser Fruchtfolgestellung werden sowohl hohe Erträge als auch eine hohe Zuckerausbeute erzielt und die Erzeugung wirtschaftlicher Konkurrenzprodukte, wie z. B. der Anbau von Backweizen, ist meistens nicht gegeben.

Aus Gründen des festgestellten unsicheren Feldaufganges ist den Kosten für Saatgut ein Ablageabstand von 12 cm (Reihenabstand 45 cm) zugrunde gelegt worden (Tab. 48). Der Feldaufgang wird entscheidend von bodeneigenen Faktoren (insbesondere Wasserführung) und von der Sorgfalt der Saatbettbereitung beeinflusst. Aus den eigenen Ergebnissen geht weiterhin hervor, daß am besten unpilliertes Saatgut verwendet wird, wenn die technischen Möglichkeiten zur Aussaat vorhanden sind und wenn dieses Saatgut unter Umständen sogar kostengünstiger erstanden werden kann. Unter günstigen Bedingungen (Standorte mit vorteilhafter Wasserführung, unpilliertes Saatgut etc.) sind dann auch erhöhte Ablageweiten von 14 - 18 cm möglich. Hierdurch würden sich die Saatgutkosten um ungefähr 50 - 130 DM reduzieren lassen. Außerdem kann ebenfalls eine Abnahme des Handarbeitsaufwandes von bis zu 20 % möglich werden, so daß hierfür entsprechend geringere Kosten zu berücksichtigen wären. Unter entsprechend günstigen Bodenverhältnissen mit hohem Versorgungsgrad an Phosphat und Kali können die Entzugswerte an Nährstoffen entsprechend verringert werden, da diese Böden langfristig diese Nährstoffe nachliefern. Hierdurch können die Kosten für die P- und K-Düngung ab Bodengehalten der Gehaltsklasse C entsprechend (z. B. um 50 %) reduziert werden oder bei sehr hohen Gehalten ganz entfallen, wodurch Einsparungen von 120 - 250 DM angesetzt werden können.

Die Ausgaben für die Handarbeit ergeben bei einem Zeitbedarf von 70 - 120 Akh/ha einen Anteil an den variablen Kosten von 30 - 50 % und stellen das größte Einsparpotential dar (Tab. 48). Zunächst muß angemerkt werden, daß dieser Posten bei entsprechend ungünstigen Bedingungen auch auf dop-

pelt so hohe Beträge anwachsen kann. Der betriebswirtschaftliche Erfolg des Rübenanbaus hängt in hohem Maße davon ab, ob es gelingt, die Kosten für Handarbeit so niedrig wie möglich zu halten. Besonders stark betroffen wird der Rübenanbau, wenn relativ früh eine hohe Unkrautkonkurrenz auftritt. So kann aus den eigenen Versuchsergebnissen abgeleitet werden, daß der DB um bis zu 30 % sinken kann, wenn z. B. die erste Handhacke zu spät erfolgt oder sogar ausfällt. Obwohl dadurch die Gesamtkosten für die Handhacke um ca. 15 % abgenommen hatten, war der niedrigere DB zustande gekommen, weil die Rüben- und Zuckererträge stark abgesunken waren. Somit ist die Auswahl von Flächen mit möglichst geringem Unkrautdruck, eine nicht zu frühe Saat und besonders eine frühzeitige Durchführung der Regulierungsmaßnahmen von besonderer Wichtigkeit.

Bei sorgfältiger Durchführung der ersten Handhacke sowie günstigen Voraussetzungen (z. B. kaum Auftreten einer Spätverunkrautung) kann die 2. Handhacke eventuell ausgelassen werden. Hierdurch kann der Handarbeitszeitaufwand um bis zu 30 % reduziert werden, was entsprechend dem Standarddeckungsbeitrag 300 DM/ha an Kosteneinsparung und bei gleichen Ertrags- und Qualitätserwartungen einen um 10 % höheren DB bringen kann (Tab. 48).

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung des Handarbeitsaufwandes ist die Durchführung von geeigneten VA-Maßnahmen zur Unkrautregulierung. Eine VA-Maßnahme mit dem Striegel ist z. B. sehr kostengünstig durchzuführen (vgl. Tab. 49). Es ist allerdings hinzuzufügen, daß hierdurch besondere Anbaumaßnahmen (z. B. eine relativ tiefe Aussaat) notwendig werden, wodurch wiederum der Auflaferfolg reduziert werden kann. Bei gutem Gelingen des VA-Striegels kann ebenfalls der spätere Handarbeitsaufwand um bis zu 20 % ver-

ringert werden. Hierdurch kann der DB um ca. 200 DM ansteigen (Tab. 48).

Bei der Prüfung von NA-Verfahren der mechanischen oder thermischen Unkrautregulierung hat sich demgegenüber gezeigt, daß gegenüber der langbewährten Scharhacke weder eine Reduzierung der Handarbeitszeit noch eine Erhöhung der DB durch alternative Geräte zu erreichen ist. Gegenüber dem Einsatz der Scharhacke fielen die DB beim Einsatz der Tellerhackbürste oder des Abflammgerätes, wegen der hohen Kosten, die mit diesen Verfahren verbunden sind, sogar um bis zu 15 % ab.

Dagegen führten Versuche mit Querhackverfahren über eine deutliche Erhöhung der insgesamt durch Maschinen bearbeiteten Fläche zu einer Reduzierung des Handarbeitsaufwandes um bis zu 35 %. Unter Einbeziehung der Kosten für eine verringerte Ablageweite der Rübensamen auf 10 cm konnten die Gesamtkosten des Verfahrens um ca. 10 % verringert werden. Entsprechend den in Tabelle 48 angegebenen Kosten im Standard-DB wären das ca. 240 DM. Insgesamt gesehen sind die bisher zu veranschlagenden Kostenreduzierungen durch Anwendung des Querhackens nicht besonders groß, zudem sind diese Verfahren noch nicht als praxisreif anzusehen.

Zusammenfassend kann ausgesagt werden, daß sich unter der Bedingung der Öko-Vermarktung des Zuckers durch den Zuckerrübenanbau durchaus mit anderen Kulturarten vergleichbare DB erwirtschaften lassen. Entscheidende Vorteile bieten sich für gute Zuckerrübenstandorte, während marginale Standorte deutlich von Nachteil sind. Die Auswahl von Flächen mit möglichst geringem potentiellen Unkrautbesatz sowie eine ausgeklügelte Strategie zur mechanischen Unkrautregulierung sind Voraussetzung, um den mit hohen Kosten verbundenen Handarbeitsaufwand möglichst gering zu halten.

**Tabelle 48: Deckungsbeitragsrechnung für Zuckerrüben auf Bio-Betrieben bei Öko-Preisauflschlag im Vergleich zu konventioneller Vermarktung (nach KTBL, 1996; eigene Berechnungen)**

		Öko-Preis			konv. Preis
<b>Ertrag</b>	<b>(dt/ha)</b>	<b>300</b>	<b>350</b>	<b>400</b>	<b>350</b>
Preis	(DM/dt)	15,40	15,40	15,40	8,50
<b>Leistungen</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>4650</b>	<b>5425</b>	<b>6200</b>	<b>2975</b>
<b>Kosten</b>	<b>(DM/ha)</b>				
Saatgut (215.- DM/U) 1,85 U/ha		398	398	398	398
<b>Entzug, Nährstoffwerte</b>	<b>kg/dt</b>   <b>DM/kg</b>				
P (Thomasphosphat)	0,05   2,89	43	51	58	51
K (Patentkali)	0,25   2,24	168	196	224	196
Kalkverlust (3 dt/ha)		25	25	25	25
<b>Drillen im Lohn</b>		80	80	80	80
<b>Kosten für Handarbeit (10 DM/h)</b>					
1. Handhacke (70 h/ha)		700	700	700	700
2. Handhacke (30 h/ha)		300	300	300	300
<b>variable Maschinenkosten</b>		163	163	163	163
<b>Ernte im Lohn</b>		450	450	450	450
<b>Hagelversicherung</b>		19	22	25	12
<b>Beiträge</b>					
• ZR-Anbauverband (0,03 DM/dt)		9	11	12	11
• Öko-Anbauverband		20	20	20	20
<b>Summe Kosten</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>2376</b>	<b>2416</b>	<b>2456</b>	<b>2406</b>
<hr/>					
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>(DM/ha)</b>	<b>2244</b>	<b>2974</b>	<b>3705</b>	<b>569</b>

**Tabelle 49: Kalkulation von Maschinenkosten (DM/ha) und Arbeitskraftstunden (Akh/ha) für den Anbau von Zuckerrüben im Ökologischen Landbau (5 ha Parzelle) (nach KTBL, 1995)**

<b>Bestellung, Ernte</b>	<b>v.Mk.</b>	<b>f.Mk.</b>	<b>Akh</b>
<b>Bodenbearbeitung</b>			
Pflügen	42	51	1,1
Saatbett (3x)	29	48	1
<b>Stalldung streuen (200 dt/ha)</b>	45	44	2,6
<b>Pflege</b>			
Striegeln im VA	4	7	0,42
Hacken mit Scharhackgerät (3x)	23	44	1,77
<b>Dünger streuen (1/3)</b>	2	9	0,07
<b>Rübenblatt einarbeiten</b>			
Grubbern	18	22	0,47
<b>Summen</b>			
<b>variable Maschinenkosten (DM/ha)</b>	<b>163</b>		
<b>feste Maschinenkosten (DM/ha)</b>		<b>225</b>	
<b>Arbeitskraftstunden (Akh/ha)</b>			<b>7,43</b>

### 13 Zusammenfassung

Zur Optimierung der Anbauverfahren von Zuckerrüben wurden auf zwei Betrieben des Ökologischen Landbaus Feldversuche in den Jahren 1994 - 1996 auf Auenlehmstandorten (Bodenarten Lu u. Lt; 550 mm Niederschläge je Jahr) östlich von Leipzig in Sachsen durchgeführt. Bei allen Hauptversuchen wurde ungebeiztes, pilliertes Saatgut mit 2 - 4 cm Tiefe, 14 - 18 cm Ablageabständen und 45 cm Reihenweiten ausgesät. Die Versuche (als randomisierte Blockanlagen bzw. Langparzellenanlagen mit 2 - 4 Wiederholungen) brachten folgende Ergebnisse:

Als **Vorauflauf-Verfahren der Unkrautregulierung** wurde der Einsatz des Striegels (Federzahnhackegge, Hackstriegel, 6 m Arbeitsbreite) und der Bandabflämmung (20 und 25 cm Stabbrenner, 6- und 12-reihig) im Vergleich zu keiner VA-Behandlung getestet.

Unter Voraussetzung einer tiefen Aussaat von 3 - 4 cm und rel. geringen Auflaufraten führte das Striegeln bei Vorlage eines lockeren Bodens zu einer Verringerung und bei verkrustetem Boden zu einer Erhöhung des Feldaufgangs um 15 %. Infolge verringerten Unkrautaufwuchses konnte der Arbeitsaufwand für die Handhacke nach VA-Striegeln

um 20 % und nach VA-Abflämmen um 10 % im Vergleich zu keiner VA-Behandlung verringert werden. Die Rübenenerträge waren durch diese Maßnahmen tendenziell etwas erhöht worden. Unter diesen Voraussetzungen konnte für das VA-Striegeln eine Erhöhung des berechneten DB um 12 % und bei Ertragsgleichheit noch von fast 7 % ermittelt werden, während das VA-Abflämmen wegen der hohen Gaskosten keine Vorteile gegenüber keiner VA-Behandlung mehr brachte.

Zur Prüfung von **Nachauflauf-Verfahren der physikalischen Unkrautregulierung** wurden der zwei- bis dreimalige Einsatz einer Scharhacke (Vielfachhackgeräte, 6- und 12-reihig), Rollhacke (6-reihig, Vorlockerer mit Gänsefußscharen), Tellerhackbürste (6-reihig, mech. Feinsteuerung) und eines Abflämmgerätes (Bandabflämmung, 25 cm Stabbrenner, 12-reihig) miteinander verglichen.

Zwischen den Geräten konnten keine wesentlichen Unterschiede im Grad der Unkrautregulierung und in den Rübenenerträgen festgestellt werden. Gegenüber dem Einsatz der Scharhacke bzw. dem der Tellerhackbürste lag dennoch der Aufwand an Handarbeitszeit nach dem Einsatz von Rollhacke und Abflämmgerät um 11 % höher. Bei den berechneten DB ergaben sich weder unter den gemessenen Rübenenerträgen noch unter gleich hohen Er-

trägen Vorteile durch den Einsatz alternativer Geräte gegenüber der Scharhacke. Besonders die DB für den Einsatz der Tellerhackbürste fielen um 3 - 13 % und die für den Einsatz der Abflammung um ca. 15 % ungünstiger aus als die DB-Werte der Scharhacke.

Ein wesentlicher Kostenfaktor beim Zuckerrübenanbau stellt der **Aufwand an Arbeitszeit für die Handhacke** dar. In der Absicht, diesen Aufwand zu reduzieren, wurde das Standardverfahren mit einer frühen und einer späten Handhacke jeweils mit einem Verfahren nur mit früher und einem Verfahren nur mit später Handhacke verglichen. Gegenüber dem Standardverfahren reduzierte das Weglassen der späten Handhacke die Arbeitszeit um 31 %. Die Rübenenerträge wurden nicht verändert und es konnte ein um 7 % höherer DB berechnet werden. Die Gefahr einer Spätverunkrautung kann allerdings ansteigen. Durch Weglassen des frühen Handhacktermines wurde zwar die Arbeitszeit um 15 % reduziert. Dieses Verfahren führte aber aufgrund hoher Unkrautkonkurrenz zu 19 % niedrigeren Rübenenerträgen und zu einem um 32 % geringeren DB.

Um den mechanischen Regulierungserfolg in der Reihe zu erhöhen und damit Handarbeitszeit zu reduzieren, wurde der einmalige Einsatz einer speziellen Scharhacke (14 u. 16 cm breite Gänsefußschare mit 21 cm Abstand) in drei **Querhackverfahren** (Saatgut-Ablageweiten 5, 7 und 10 cm) mit dem Standardverfahren (ohne Querhacke, 18 cm Ablageweite des Rübensaatgutes) verglichen. Im Vergleich zum Standard wurden durch die Querhackverfahren deutlich höhere Endrübenbestände und etwas höhere Rübenenerträge ermittelt. Das Querhacken reduzierte die unbearbeitete Fläche von 20 auf 5-7 %. Dadurch wurden der Handarbeitsaufwand bei 10 cm Ablageabstand um 35 % und die Verfahrenskosten um 10 % verringert. Bei 7 cm Ablageweite wurde die Arbeitszeit noch um 22 % verringert, bei 5 cm jedoch um 11 % erhöht, so daß die Verfahrenskosten dieser Variante um 29 % angestiegen waren.

Eine Verringerung der **Ablageweiten des Rübensaatgutes** von 22 cm auf 14 cm führte zu einem Anstieg der Rübenendbestände um 35 % auf 50.500 Pflanzen/ha. Ein Ablageabstand von 14 cm ist bei den sehr geringen Auflauferten in diesen Versuchen daher als noch nicht optimal anzusehen. Eine Verringerung der Ablageweite hatte allerdings auch eine Erhöhung der Handarbeitszeit (Hacke mit 12 - 16 cm breiten Hackblättern) um 18 % und eine

entsprechende Erhöhung der Kosten für die Aussaat und die Handarbeit zur Folge.

Ein Verzicht auf die Pflugfurche im Herbst als Standard der **Bodenbearbeitung** zu Rüben (= 100 %) zugunsten des Einsatzes eines Grubbers oder anderer nichtwendender Verfahren, Einsatz einer abfrierenden Zwischenfrucht und gewöhnliche Saatbettbereitung im Frühjahr auf allen Varianten hatte folgende Ergebnisse: Feldaufgang +18 %, Unkrautbesatz +46 %, Handarbeitsaufwand +50 % und Rübenenerträge +3 %.

Aus Versuchen zur **Fruchtfolgestellung** der Zuckerrübe konnte ermittelt werden, daß die Stellung der Zuckerrübe direkt nach (mehrjährigem) Leguminosengras im Vergleich zu einer Stellung im 2. Jahr nach Leguminosen als ungünstig anzusehen ist, da die Rübenenerträge und die Gehalte an Saccharose um rel. 7 % abgenommen haben und aufgrund höherer Gehalte an Melassebildnern die bereinigten Zuckergehalte um rel. 10 % und die Zuckererträge sogar um durchschnittlich 22 % abgefallen waren.

In mehrjährigen Gefäßversuchen wurden Wirkungen von **Saatgutbehandlungen** auf die Auflauferte und auf die Frischmasseerträge nach zwei Monaten Wachstum geprüft. Als Saatgutbehandlungen kamen bei Verwendung unpillierter Rübensamen Quellverfahren (Besprühen, 2 h Einwirkzeit, Rücktrocknung) mit Wasser, Algenextrakt, Kompostextrakt, einem Braunkohlenprodukt sowie verschiedenen Produkten mit Kräuterauszügen (inkl. silikatreichen Mineralien, Hefe) im Vergleich zu keiner Behandlung bzw. einer konventionell chemischen Beizung zur Anwendung. Bei pillierten Rübensamen wurden die Pflanzenbehandlungsmittel in die Pilliermasse eingearbeitet. Im Vergleich zu keiner Behandlung konnten lediglich durch reine Wasserbehandlungen etwas höhere Aufgangsraten und gleich hohe Frischmasseerträge erzielt werden. Alle anderen geprüften Mittel führten zu mehr oder weniger deutlich verringerten Aufgangswerten und Erträgen. Auch pilliertes Saatgut hatte im Vergleich zu keiner Pillierung eine Reduzierung der endgültigen Auflauferten und Frischmasseerträge um ca. 10 % zur Folge. Die Saatgutpillierung sowie die geprüften Mittel erscheinen daher als Saatgutbehandlungsverfahren beim ökologischen Zuckerrübenanbau ungeeignet zu sein.

In einem abschließenden Abschnitt wurden anhand von Deckungsbeitragsberechnungen Elemente wirtschaftlicher Zuckerrübenanbauverfahren für den ökologischen Landbau zusammengestellt.

## 14 Summary

On two organic farms, field trials were carried out to optimize the techniques for sugar beet cultivation on loamy riverside soils (soil types Lu and Lt, 550 mm annual precipitation). The trials took place to the east of the city of Leipzig in the State Saxony, Germany.

In the main field trials with 2 - 4 replications, sugar beets were sown as pelleted and undressed seeds in 2 - 4 cm soil depths, with 14 - 18 cm seed spacing and 45 cm row spacing. The following results were obtained:

The use of the finger weeder (spring-tooth harrow, harrow comb, 6 m width) and the flameweeder (20 - 25 cm tubular burner for 6 - 12 rows) were tested in comparison to no treatment, as **pre-emergence techniques for weed control**. Under conditions of 3 - 4 cm sowing depth and relatively low emergence rates, harrowing on loosened soils led to a decrease, and on compacted soils to an increase of the seed emergence rates of 15 %. Due to decreased weed growth, the working hours for hand hoeing were 20 % lower after pre-emergence harrowing and 10 % lower after pre-emergence flaming compared to no pre-emergence treatment. The sugar beet yields tended to be higher through these treatments. Therefore, about 12 %, and under equal yields nearly 7 %, higher variable gross margins could be calculated for the pre-emergence harrowing, while pre-emergence bandflaming showed no favourable values compared to no treatment, because of the high gas costs.

The usual twice repeated use of the steerage hoe (multi-purpose implement for 6 - 12 rows), roller-type mechanical hoe (for 6 rows with duckfoot pre-sweeps), plate brush weeder (for 6 rows with mechanical steerage) and a flame weeder (bandflaming, 25 cm tubular burner for 12 rows) were compared as **post-emergence inter-row mechanothermal implements for weed control**. Between the tested cultivation implements no significant differences could be established in terms of the degree of weed destruction and sugar beet yields.

Compared to the use of the steerage hoe and plate brush weeder, the manual working hours were about 11 % higher after the use of roller-type of mechanical hoe and the implement for flaming. Neither for the measured yields, nor for equalized yields were favourable variable gross margin values calculated. The variable gross margin values of the plate brush weeder use especially were reduced by 3 - 13 %, and the values for the flame weeder were

decreased by about 15 % compared to the values of the steerage hoe use.

An important cost factor of sugar beet cultivation is the **manual working hours for hand hoeing**. In order to reduce working hours, the standard treatment with one early and one late hand hoeing was compared to treatments with only one early or one late hand hoeing. Compared to the standard procedure, the omission of the late hand hoeing decreased the working hours by 31 % but increased the occurrence of late weed infestation, leading to equally high sugar beet yields, and a 7 % higher variable gross margin could be calculated. Omission of the early period of hand hoeing reduced the working hours by 15 %, leading to 19 % lower beet yields and to 32 % lower variable gross margins, because of high weed competition.

In order to reduce manual working hours by increasing the technical input for weed control in the inter-row space, three **crossway hoeing methods** were tested (5, 7 and 10 cm seed spacing). The use of a special modified steerage hoe (14 and 16 cm wide duckfoot sweeps with 21 cm spacing) was compared with the standard treatment (without crossway hoeing, 18 cm seed spacing). Through the use of crossway hoeing implements, a distinct increase of the final beet number, a fair increase of beet yields were obtained and the uncultivated area was reduced from outgoing 20 % to about 5 - 7 %. Therefore, the manual working hours were decreased by 35 % and the cultivation costs were reduced by 10 % in the case of 10 cm seed spacing. With seed spacing of 7 cm, the manual working hours were still reduced by 22 %. However, with seed spacing of 5 cm, manual working hours were increased by 11 %, so that the total cultivation costs were increased by 29 %.

The reduction of the **seed spacing** from 22 cm to 14 cm led to an increase of the final beet number of more than 35 % (up to 50.500 plants/ha). Therefore, due to very low emergence rates in these trials, even seeding spaces of 14 cm appeared not to be optimal. An increase of the manual working hours (long-handled weeding hoe, 12 - 16 cm wide) by 18 % and a corresponding increase of the costs for sowing and manual working hours were also caused by reduction of the seed spacing.

The omission of autumn ploughing (standard in sugar beet **soil cultivation** on heavy soils = 100 %) for the benefit of using the cultivator or other non soil-turning implements, sowing of a freezing intercrop and conventional seed bed cultivation in spring for all variants led to the following results:

emergence rate +18 %, weed covering +46 %, manual working hours +50 % and beet yields +3 %.

From field trials concerning the **crop rotation position** of sugar beets, it has been established, that the position of sugar beets directly after (several-year) legume-grass cropping seems to be unfavourable, because the beet yields decreased by a certain extent, the sucrose contents were reduced by 7 % (rel.) and, due to higher contents of Amino-N, K and Na, the adjusted sucrose contents were reduced by 10 % (rel.). Therefore, the adjusted sugar yields were decreased by 22 %, compared to sugar beet cultivation in the second year after legumes.

In several-year pot trials, the effects of sugar beet **seed-treatments** were demonstrated for the rates of emergence and freshmatter yields after 2 months of growth. Pre-sowing hydration (spraying, 2 h residual action, dehydration) with pure water, seaweed

extract, compost extract and products of lignite, minerals, yeast and herb extracts were compared to no seed treatment or conventional chemical seed dressing.

Compared to no treatment, only slightly higher emergence rates and equally high fresh matter yields could be determined for pure water treatments. All other tested products led to varyingly pronounced decreasing rates of emergence and fresh matter yields. In addition, pelleted seeds compared to no pelleting reduced the final emergence rates and fresh matter yields by about 10 %. Therefore, seed pelleting and the tested products have to be rejected as potential alternative seed treatments in organic sugar beet cultivation. In a final chapter, elements of profitable sugar beet cultivation methods were combined by means of variable gross margin calculations.

## 15 Danksagung

Das Projekt wurde mit Mitteln des Sächsischen Staatsministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten gefördert.

## 16 Literatur

- ANONYM, 1994: Hacke mit Steuerautomatik. DLZ - Deutsche Landwirtschaftszeitung Nr. 4, 74 - 75
- ANONYM, 1996: Rübensaatgut vorkeimen lassen? DLG-Mitteilungen Nr. 2 6
- ASCARD, J. and VAN DER WEIDE, R., 1996: Mechanical and integrated in-row weed control in sugar beets. EWRS-MSA "Physikal Weed Control" Newsletter Nr.2, 54
- BERTRAM, H.-H., 1966: Untersuchungen über die ganzflächige mechanische Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben. Dissertation, Universität, Bonn
- BUNDESUMWELTSTIFTUNG, 1997: Jahresbericht 1996, Osnabrück, 71
- BÜRCKY, K., BAUER, H. u LEHNERT, J., 1997: Priming - was bringt das? Zuckerrübenzeitung Nr. 1, 5
- DLG-Prüfbericht, 1984: Schmotzer-Hackautomaten, Nr. 3544, Frankfurt a. M.
- ESTLER, M., 1992: Entwicklung und Erprobung neuer mechanischer Verfahren zur umweltgerechten Unkrautbekämpfung. Schriftenreihe "Gelbes Heft", 45, Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München
- ESTLER, M., 1996: Ruhig aus der Reihe tanzen. DLG-Mitteilungen Nr. 3, 82 - 83
- FOGELBERG, F. und JOHANSSON, T., 1993: Mechanische Unkrautbekämpfung - Bürsten in den Reihen bei Gemüse und Zuckerrüben. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Lantbruksmekanik, Rapport 172, Uppsala
- GEIER, B., 1989: Systeme der Abflammtchnik und mögliche Arbeitersparnis. - In: HOFFMANN, M. und GEIER, B. (Hrsg.): Beikrautregulierung statt Unkrautbekämpfung. Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 143 - 149
- GEYER, M., WITTRÖCK, J. und MEIER, J., 1991: Mechanische Unkrautbekämpfung im Gemüsebau. Ztschr. Deutscher Gartenbau 45 (15), 942 - 945
- HABERLAND, R., 1989: Untersuchungen zur mechanischen Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR 8, 183 - 187
- HALMER, P., 1993: Priming treatments for sugar beet seed to advance germination and field emergence. Proceedings Biennial Meeting Agriculture, Am. Soc. Sugar Beet Technol. 27, 95
- HERMANOWSKI, R., 1995: "Öko-Weißzucker" in der Diskussion. Ökologie & Landbau Nr. 3, 38 - 40
- HEYDECKER, W. und COOLBEAR, P., 1977: Seed treatments for improved performance - survey and attempted prognosis. Seed Sci. and Technol. 5, 353 - 425
- HILKER, A., 1992: Untersuchung der Einsatzmöglichkeit von Sensoren zur Positionserfassung und Identifizierung von Reihenkulturpflanzen in Hinblick auf eine vollmechanische Beikrautregulierung. Semesterarbeit, Gesamthochschule Kassel
- HOFFMANN, M., 1989: Abflammtchnik. KTBL-Schrift 331, Darmstadt
- HOFFMANN, M., 1991: Mechanische Unkrautbekämpfung. Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung 4.1.1.3.1. Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft, Kiel
- HOFFMANN, M., 1994: Sensorgesteuerte Unkrautbekämpfung. Ztschr. Pflanzenkrankheiten Pflanzenschutz, Sonderh. 14, 289 - 294
- IRLA, E., 1986: Hackgeräte für den Maisanbau. Ztschr. Der Landfreund, Tänikon, Schweiz
- KAHNT, G., 1986: Biologischer Pflanzenbau. Ulmer-Verlag, Stuttgart
- KOCH, W., 1964: Unkrautbekämpfung durch Eggen, Hacken und Meißeln im Getreide. Z. Acker- und Pflanzenbau 120, 365 - 382
- KOLBE, H. und BLAU, B., 1998: Wirkung von Pflanzenstärkungsmitteln auf verschiedene Kulturarten. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 3, Heft 5

- KÜHLE, J., 1995: Abflammgeräte im Test. bio-land Nr. 4, 11 - 13
- KÜSTER, H.-J., KRÜGER, K.-W. und LANFERMANN, M., 1983: Untersuchungen zum Einfluß der Maschinenhacke auf Ertrag und Qualität von Zuckerrüben. Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde 28, 169 - 178
- KOUWENHOVEN, J. K., 1989: Rüben: Mechanische Bekämpfung durch Quadratverband? Pflanzenschutz-Praxis 4, 34 - 36
- KRESS, W., 1990: Mechanische und thermische Beikrautregulierung. - In: HEILMANN, H. und ZIMMER, U. O. (Hrsg.): Ökologischer Feldgemüsebau. Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 100 - 105
- KRESS, W., 1994: Vorstellung eine Tellerhackbürste bei einer Maschinenvorführung der Firma Kress & Co. GmbH. Haaghof, Harthausen-Gochsen
- KTBL, 1995: Betriebsplanung 1995/96, Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft, 14. Auflage. KTBL, Darmstadt
- KTBL, 1996: KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft, Daten für die Betriebskalkulation in der Landwirtschaft, 18. Auflage. KTBL, Darmstadt
- LOCHOW, J. von und SCHUSTER, W. H., 1992: Anlage und Auswertung von Feldversuchen. Verlag Alfred Strothe, Hamburg
- LOHUIS, H., 1991: High-Tech für die Hackmaschine. Pflanzenschutz-Praxis Nr. 3, 20 - 23
- MEIER, T., 1986: Die Hackbürste im biologischen Möhrenanbau im Vergleich zur herkömmlichen Hacktechnik. Diplomarbeit, Gesamthochschule Kassel
- NEURURER, H., 1977: Mechanische Unkrautbekämpfung mit modernen Hackeggen. Proc. EWRS Symp. Methods of Weed Control and their Integr., Bundesanstalt für Pflanzenschutz, Wien, 65 - 70
- PEDERSEN, B. T., 1990: Test der Rübenhackbürste. In: Bundesanstalt für Agrarbiologie (Hrsg.): III. Internationale Konferenz zu Aspekten der nicht-chemischen Beikrautregulierung. Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Agrarbiologie, Linz, 109 - 125
- REIMANN, W., 1989: Die mechanische Pflege von Getreide- und Maisbeständen. In: HOFFMANN, M. und GEIER B. (Hrsg.): Beikrautregulierung statt Unkrautbekämpfung. Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 51 - 63
- SCHULZ, K., 1993: Bekämpfung von Unkräutern in Zuckerrüben durch flache Bodenbearbeitung vor und nach praxisüblich früher und verzögerter Aussaat kombiniert mit gezielten Herbizidspritzungen. Diplomarbeit, Universität, Göttingen
- SEIFFERT, M., 1981: Drusch- und Hackfruchtproduktion. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- STEINER, M., 1984: Erfahrungen mit Vorsaatbehandlungen bei Rübensaatgut. Zuckerrübenzeitung Nr. 7
- STOHR, M., 1994: Südzucker GmbH, Zeitz, persönliche Mitteilung
- STÖPPLER-ZIMMER, H. u DIERAUER, H.-U., 1994: Unkrautregulierung ohne Chemie. Ulmer, Stuttgart
- TERPSTRA, R. and KOUWENHOVEN, J. K., 1981: Inter-row and intra-row weed control with a hoe-rider. J. agric. Engng Res. 26, 127 - 134
- WALTER, S., 1989: Nicht-chemische Unkrautregulierung. SÖL-Sonderausgabe 27, Stiftung Ökologischer Landbau, Bad Dürkheim
- WEBER, H.-J., 1998: Geräte- und Verfahrenstechnische Optimierung der mechanischen Unkrautregulierung in Beetkulturen. Dissertation, TU, München
- WINNER, C., 1981: Zuckerrübenbau. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- WOLFF, A., 1995: Aktiviertes Saatgut - Aktiveres Saatgut? Zuckerrübe 44, 180 - 182