

1. Einleitung

Die Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben stellt seit jeher eine besondere Herausforderung für jeden Anbauer dar. Galt es noch vor etwa 35 Jahren unkrautfreie Bestände mit einer möglichst günstigen Kombination aus maschineller und manueller Hackarbeit zu erstellen, so ist es heute nahezu problemlos möglich, vollständig unkrautfreie Bestände ausschließlich mit Herbiziden zu erreichen. Mit den derzeit in Zuckerrüben zugelassenen Herbiziden ist es jedoch schwierig, größere Unkräuter ökonomisch sinnvoll zu regulieren. Daher bauen alle Bekämpfungsstrategien auf einer weitgehenden Unkrautbekämpfung schon während der frühen Jugendentwicklung mit Applikationen im Keimblattstadium der Unkräuter auf.

Durch den in naher Zukunft möglicherweise anstehenden Anbau gentechnisch veränderter Zuckerrüben mit Toleranz gegenüber breitwirkenden Herbiziden könnte sich die Bekämpfungsstrategie durch Anwendung von nicht selektiven (sogenannten Total-) Herbiziden grundlegend ändern (RESCHKE 1995). Eine "umweltschonendere Unkrautbekämpfung", die zumindest zeitweilig zu einer Entwicklung von Unkraut führen könnte, erscheint durch einen späteren Einsatz von Herbiziden ebenso möglich wie durch verbesserte ökotoxikologische Eigenschaften dieser Herbizide (RESCHKE 1995). So fordert BÖTGER (1997) den oder die Bekämpfungstermine so spät wie möglich zu plazieren, um mit den ausschließlich blattaktiven Wirkstoffen auch spätkeimendes Unkraut zu erfassen. In einem solchen System erscheint es sogar möglich, Schadenschwellen, die bisher in Zuckerrüben bei der Unkrautbekämpfung kaum Beachtung fanden, zu etablieren. Eine nachhaltige Konkurrenz zwischen Unkraut und Zuckerrüben darf jedoch noch nicht eingetreten sein, um das mögliche Leistungspotential der Sorte am Standort ausschöpfen zu können.

Da erst wenige wissenschaftliche Erkenntnisse zur Wirkung von Unkraut auf die Entwicklung der Zuckerrüben vorliegen, erfolgt die Unkrautbekämpfung heute noch immer aufgrund von Erfahrungen. So sind für den Einsatz von Herbiziden im Zuckerrübenanbau bislang keine allgemein gültigen Schwellenwerte bekannt, obwohl erste Ansätze schon vor mehr als 20 Jahren erarbeitet wurden (NEURURER 1973 und 1975, DAWSON 1977). HABERLAND (1994)

erhebt noch immer die Forderung nach durchgehender Unkrautfreiheit der Zuckerrübenbestände bis zur Ernte, obwohl er an gleicher Stelle Schwellenwerte für eine tolerierbare Restverunkrautung nennt. Einerseits könnten die Bekämpfungskosten gesenkt, andererseits mögliche positive Effekte der Verunkrautung genutzt werden. ULBER (1980) ermittelte beispielsweise einen Minderbefall verunkrauteter Zuckerrüben mit Collembolen. HÄNI et al. (1990) und DUBOIS et al. (1993) stellten eine geringere Ausbreitung der virösen Vergilbung und sogar zum Teil einen höheren Ertrag auf teilweise verunkrauteten Flächen gegenüber nie verunkrauteten Flächen fest. Einen deutlichen Erosionsschutz durch eine gewisse Verunkrautung zu Beginn der Vegetationsperiode beschrieben KARCH (1979 und 1980) sowie AMMON und NIGGLI (1990). Andererseits kann vor allem die Restverunkrautung durch Ernteerschwernis und verstärkte Folgeverunkrautung deutliche, negative Auswirkungen haben.

In anderen Kulturarten kann der Einfluß pflanzenbaulicher Faktoren auf die Konkurrenzfähigkeit der Kulturpflanze gegenüber Unkraut erheblich sein (EISELE und KÖPKE 1991, CLAUPEIN und BAEUMER 1992, VERSCHWELE und NIEMANN 1992). In Zuckerrüben dagegen liegen bisher zur Konkurrenz der Kulturpflanze gegenüber Unkraut erst wenige Erkenntnisse vor. Nach den Grundsätzen der Integrierten Unkrautbekämpfung sollten jedoch die verschiedenen pflanzenbaulichen Faktoren wie Bestandesdichte, Stickstoffdüngung, Sortenwahl u.a. im Unkrautmanagement berücksichtigt werden.

Eine besondere Bedeutung kommt der Frage nach dem Zeitpunkt für den optimalen Bekämpfungstermin zu. SCOTT und MOISEY (1972) ermittelten, daß vollständiges Unkrautwachstum bis vier Wochen nach Feldaufgang der Zuckerrüben keinen negativen Einfluß auf die Rübenentwicklung hat. DAWSON (1986) definierte die vierte bis zwölfte Woche nach Feldaufgang der Zuckerrübe als "kritische Periode", in der Zuckerrüben keiner Konkurrenz durch Unkraut ausgesetzt sein dürfen. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen SCHÄUFELE und WINNER (1977) sowie HACK (1981). Alle bisherigen Erkenntnisse basieren jedoch auf Untersuchungen zur Unkrautregulierung, die zeitlich in Kalendertagen oder -wochen nach Aussaat terminiert waren.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es deshalb, Auftreten und Ursachen der Konkurrenz zwischen Unkraut und Zuckerrüben sowie Konsequenzen für die Unkrautregulierung zu bestimmen. Dazu wurden folgende Versuchsfragen definiert:

1. Ab welchem Zeitpunkt tritt erstmalig Konkurrenz zwischen Unkraut und Zuckerrüben auf?
2. Wie groß ist der Einfluß einer zeitweisen Verunkrautung während verschiedener Entwicklungsstadien auf Kulturdeckungsgrad, Ertrag und Qualität der Zuckerrüben?
3. Wie äußert sich Konkurrenz zwischen Unkraut und Zuckerrüben und wodurch wird Konkurrenz hervorgerufen?
4. Wird Konkurrenz zwischen Unkraut und Zuckerrüben durch pflanzenbauliche Maßnahmen beeinflusst?

Dazu erschien es notwendig, Untersuchungen durchzuführen, bei denen die Termine für die Unkrautbekämpfung am Entwicklungsstadium der Zuckerrüben orientiert waren. Es wurden im Gegensatz zu bisherigen Versuchen, Zwischen-ernten und ertragsphysiologische Analysen einschließlich Nährstoffaufnahme von Rübe, Blatt und Unkraut durchgeführt. Es war dafür notwendig in einem modellhaften Versuch Unkrautauftreten und -stärke exakt einzustellen.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsstandorte

Die Versuche wurden auf den zentralen Versuchsfeldern des Institutes für Zuckerrübenforschung (IfZ) im Raum Göttingen durchgeführt (Tab. 1). Sie waren Teil einer etwa fünf Hektar umfassenden Versuchsfläche, auf der ausschließlich Versuche mit Zuckerrüben durchgeführt wurden. Die Fruchtfolge des Versuchsfeldes 1991 bestand aus Winterweizen - Winterweizen - Zuckerrüben, die des Versuchsfeldes 1992 aus Winterweizen - Winterroggen - Zuckerrüben. Nach einer quer zur späteren Drillrichtung durchgeführten Herbstfurche (30 cm tief) wurde das Saatbett im Frühjahr zweimal mit einer Saatbettkombination mit Gareeggenzinken etwa 6 cm tief bearbeitet.

Tab. 1: Angaben zu Versuchsstandorten

Jahr (Schlagbe- zeichnung)	Standort (Höhe über NN)	Bodenart (Entstehung)	Boden- wert- zahl	Nährstoffgehalt			N _{min}) ² (0-90) [kg/ha]	Düngung [kg/ha]		
				pH- Wert	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1991 (Wielert)	Angerstein (155 m)	toniger Lehm (Alluvium)	80	7,3	C) ¹	A) ¹	56	104	124	200
1992 (Kuhle)	Holtensen (159 m)	sandiger Lehm (Löß)	87	6,6	E) ¹	C) ¹	27	133	-	-

)¹ Klassifikation nach Lufa Hameln

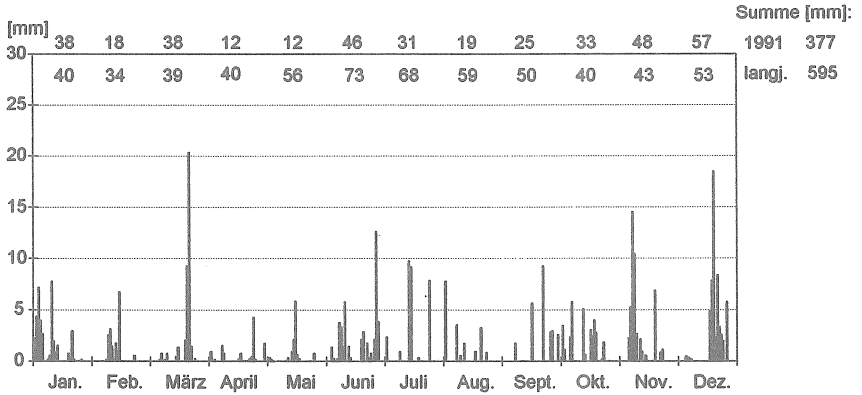
)² vor Aussaat

2.2 Witterung

Die Witterungsdaten wurden 1991 etwa 10 km von der Versuchsfläche entfernt am Institut aufgenommen, 1992 war die Wetterstation während der Vegetationsperiode direkt auf der Versuchsfläche installiert.

Das Jahr 1991 war durch eine nur geringe Niederschlagsmenge von 377 mm gegenüber dem langjährigen Durchschnitt (1952 bis 1990) von 595 mm gekennzeichnet (Abb. 1). Besonders während der Monate April bis September fiel deutlich weniger Niederschlag als üblich.

a) Niederschlag



b) Lufttemperatur in 2 m Höhe

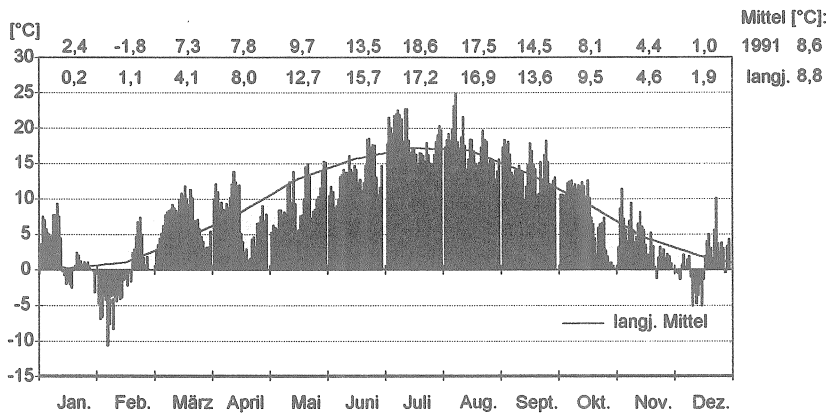
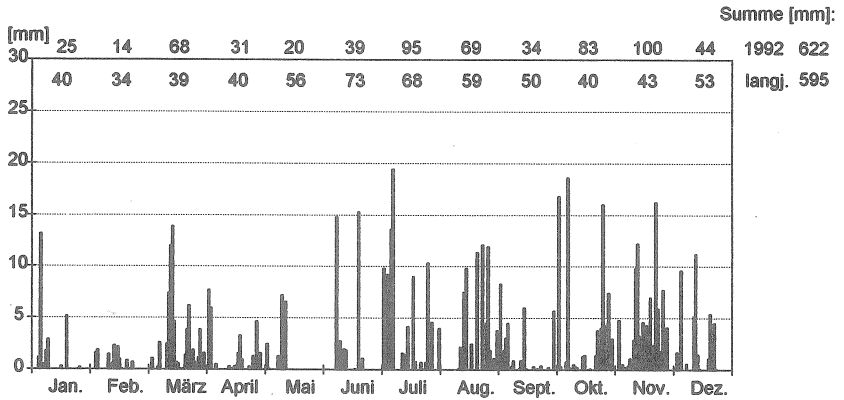


Abb. 1: Tages- und Monatssummen für Niederschlag in mm (a) und Tages- und Monatsmittel für Temperatur in °C (b) im Vergleich zum langjährigen Monatsmittel, Göttingen 1991

a) Niederschlag



b) Lufttemperatur in 2 m Höhe

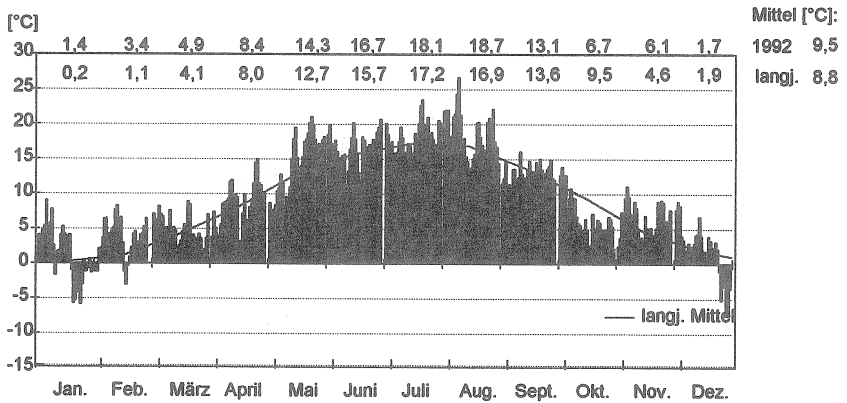


Abb. 2: Tages- und Monatssummen für Niederschlag in mm (a) und Tages- und Monatsmittel für Temperatur in °C (b) im Vergleich zum langjährigen Monatsmittel, Göttingen 1992

Die durchschnittliche Jahrestemperatur entsprach mit 8,6°C etwa dem langjährigen Mittel (8,8°C). In der Vegetationsperiode, besonders im Mai und im Juni, waren die Temperaturen jedoch deutlich niedriger als im langjährigen Mittel.

1992 war die Niederschlagsmenge mit 622 mm geringfügig höher als im langjährigen Mittel, wobei die geringen Niederschläge im Mai und Juni durch sehr hohe Niederschläge im Juli sowie im Oktober und November ausgeglichen wurden (Abb. 2). Die durchschnittliche Jahrestemperatur war, vor allem durch die relativ warmen Monate Februar sowie Mai bis September, mit 9,5°C um 0,7°C höher als das langjährige Mittel.

2.3 Versuchsglieder

In 19 Versuchsgliedern wurde die Verunkrautung terminabhängig vom Entwicklungsstadium der Zuckerrüben einreguliert. Dabei wurde die Vegetationsperiode in die fünf Wachstumsabschnitte

bis 2-Blattstadium, entsprechend BBCH Code 12 (MEIER et al. 1993)				
bis 6- bis 8-Blattstadium,	"	"	"	17
bis 12-Blattstadium,	"	"	"	19
bis Bestandesschluß,	"	"	"	39
bis Ernte,	"	"	"	49

eingeteilt und die Verunkrautung entsprechend Abbildung 3 variiert.

Es wurde ausschließlich die natürliche, am gegebenen Standort zum jeweiligen Zeitpunkt vorhandene Verunkrautung berücksichtigt. Es sollten weder zusätzliche Arten künstlich etabliert noch einzelne Arten, soweit dies der Versuchsplan nicht vorsah, eliminiert werden. Versuchsbedingt durfte in einigen Versuchsgliedern zu Vegetationsbeginn kein Unkraut wachsen, zu einem späteren Zeitpunkt sollte sich jedoch eine natürliche Verunkrautung einstellen (z.B. Versuchsglied 7, Verunkrautung ab Stadium 12). Um diese Bedingung erfüllen zu können, durfte die natürliche Verunkrautung, insbesondere die Keimbereitschaft der Unkrautsamen im Boden, nicht beeinflusst werden. Da jegliche Bodenbewegung, besonders während der ersten Wochen nach der Aussaat, zu einer Beeinflussung des Unkrautneuauflaufes hätte führen können, wurde bis

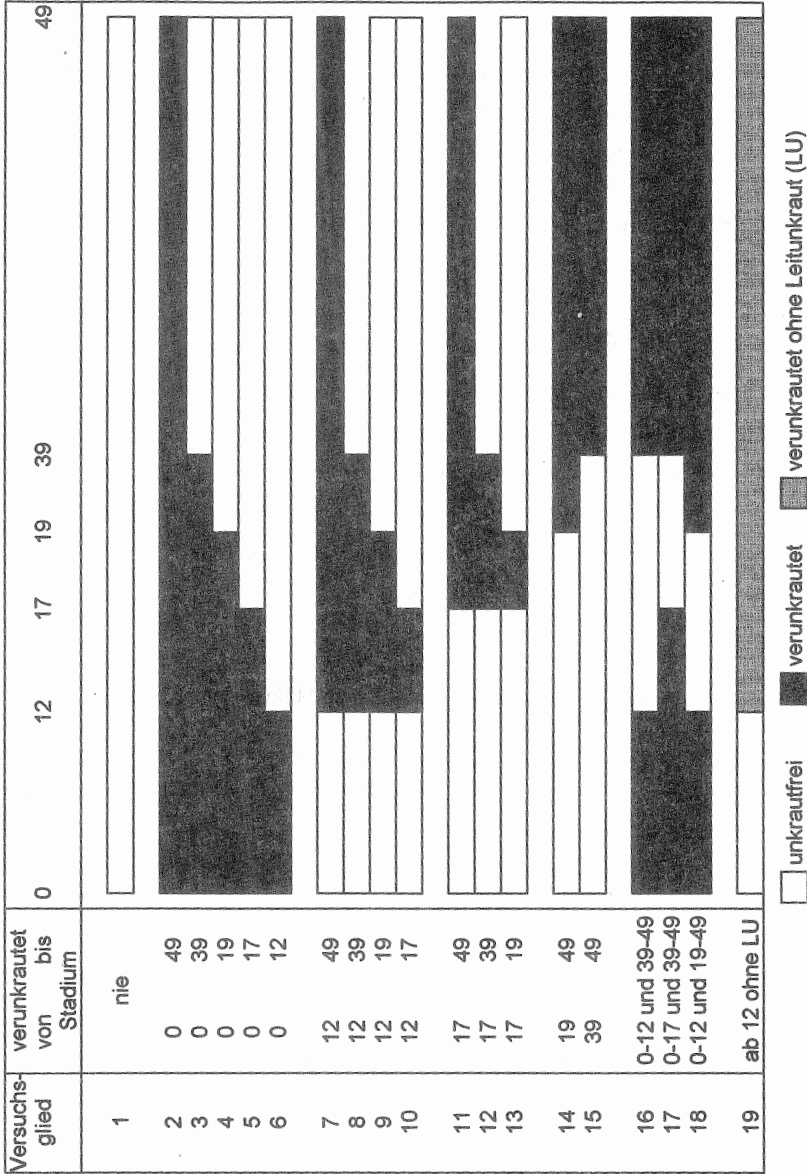


Abb. 3: Varianten des Versuches, Göttingen 1991 und 1992 (t)

Stadium 19 nicht gehackt, sämtliches Unkraut wurde vielmehr von Hand gejätet. Auch das versuchsbedingte Vereinzeln der Zuckerrüben erfolgte nicht mit einer Hacke sondern ausschließlich durch Herausziehen von Hand.

Bodenherbizide wurden nicht angewendet, da diese den Neuaufbau von Unkraut sowie das Wachstum der Zuckerrüben erheblich beeinflussen können. Zur Arbeitsvereinfachung erfolgte lediglich in den Varianten mit Verunkrautung erst ab Stadium 12 eine Herbizidanwendung mit dem ausschließlich blattaktiven sehr kulturpflanzenverträglichen Wirkstoff Phenmedipham. Der Termin wurde so gewählt, daß zwar erstes Unkraut, aber keine Zuckerrüben aufgelaufen waren. Über diese Maßnahme konnte das Unkraut aufgrund der kurzen Wirkungsdauer allerdings nur bis Stadium 12 bekämpft werden. Außerdem blieben einige Unkrautarten aufgrund der bestehenden Wirkungslücken des Herbizides unbeeinträchtigt. Deshalb wurden einige Tage nach dem Auflaufen der Zuckerrüben nicht bekämpftes bzw. später aufgelaufenes Unkraut mit einem Akku-Rasenkantenschneider (nachstehend Akku-Schneider genannt) über der Bodenoberfläche abgeschnitten.

In den Stadien 12 bis 19 wurde gemäß Versuchsplan Unkraut ausschließlich mit dem Akku-Schneider entfernt. Ab Stadium 19 wurde eine Handhacke eingesetzt. Um die versuchsbedingten Effekte ausschließlich auf dikotyle Arten zurückführen zu können, wurden sämtliche monokotyle Arten im Dreiblattstadium der Ungräser mit einem Graminizid (Fluazifop-p-butyl) ausgeschaltet.

2.4 Versuchsanlage und -durchführung

2.4.1 Allgemeine Angaben

Der Versuch wurde 1991 in fünffacher, 1992 in vierfacher Wiederholung durchgeführt. In beiden Jahren wurde ein lateinisches Rechteck konzipiert, so daß durch die Einteilung in Blöcke und Säulen der Versuchsfehler reduziert werden konnte. Im ersten Versuchsjahr entsprach der Versuch durch eine Anordnung von zwölf Parzellen (5,40 m x 8,00 m = 43,2 m²) nebeneinander und acht Parzellen hintereinander (2 m breite Zwischenwege), bei einer Größe von 64,80 m x 80,00 m, annähernd der idealen quadratischen Form einer Versuchsanlage (SCHUSTER und v. LOCHOW 1992). Im zweiten Jahr konnten

aus versuchstechnischen Gründen nur fünf Parzellen nebeneinander angelegt werden, so daß der Versuch bei 16 hintereinander angeordneten Parzellen 160 m lang, aber nur 27 m breit war; allerdings erfolgte die Anlage der Wiederholungen hintereinander, so daß diese in sich nahezu quadratisch waren.

Die Aussaat (Sorte Kawetina, Pillierung mit Fungizid TMTD und Insektizid Carbofuran) erfolgte mit praxisüblicher Drilltechnik in beiden Jahren Anfang April, einem für die Region üblichen Aussaattermin. Nach einer Ablage auf 10 cm Abstand in der Reihe wurden die Zuckerrüben durch Verziehen von Hand auf 20 cm Abstand in der Reihe vereinzelt. Anschließend wurden zufallsgemäß Lücken im Bestand verteilt (NEEB 1963), so daß bei einem simulierten Feldaufgang von etwa 73% Verhältnisse wie in Praxisflächen bei ungleichmäßiger Verteilung der Pflanzen mit einer Bestandesdichte von etwa 80.000 Pflanzen pro ha entstanden (MÄRLÄNDER 1990).

2.4.2 Entwicklung von Zuckerrüben und Unkraut

Das Erfassen aller unkrautspezifischen Daten erfolgte zu 5 Terminen im Vegetationsverlauf. Dabei wurden die Unkrautarten bestimmt, die Unkrautdichte ermittelt sowie der Grad der Bedeckung des Bodens mit Unkraut und Zuckerrüben (Unkrautdeckungsgrad, Kulturdeckungsgrad) geschätzt. Als Hilfsmittel diente ein Zähl- und Schätzrahmen mit einer Seitenlänge von 0,45 m x 0,55 m = 0,25 m², der für Zuckerrüben besser geeignet erschien als der Göttinger Zähl- und Schätzrahmen, der in Getreide und Raps eingesetzt wird (BARTELS et al. 1983, SCHULZ 1993, MÄRLÄNDER und BRÄUTIGAM 1994).

Die mittlere Unkrautdichte einer Parzelle wurde durch viermaliges Anlegen des Rahmens ermittelt. Unkraut- und Kulturdeckungsgrad wurden gleichzeitig geschätzt. Zum Schätzen des Deckungsgrades ist die Betrachtung sowohl aus näherer wie aus weiterer Distanz sinnvoll; deshalb wurden der Unkraut- und der Kulturdeckungsgrad sowohl vom Parzellenrand als auch in der Parzelle geschätzt (BBA 1985). Die dargestellten Ergebnisse sind Mittelwerte aus beiden Schätzverfahren. Dazu wurde zunächst der Mittelwert aus den vier Schätzwerten innerhalb der Parzelle ermittelt. Anschließend wurde dieser Wert mit dem Schätzwert vom Parzellenrand eins zu eins gemittelt.