

Johannes Roeb und Heinz Bernhardt

Applikationsverfahren gegen die Restverunkrautung in Zuckerrüben

Auch im modernen Zuckerrübenbau kann die Bekämpfung der Restverunkrautung zum Problem werden. Ein wichtiger Grund dafür ist der sogenannte Spritzschatten. Um die Wirkung von verschiedenen Applikationsverfahren besser abschätzen zu können, wurden Feldversuche zur Zielflächenverteilung von vier Spritzgeräten durchgeführt. Die Belagsbildung wurde bildanalytisch ausgewertet. Dabei zeigte sich, dass Flächenapplikationen mit zunehmender Entwicklung des Bestands nicht mehr für die Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben geeignet sind. Hingegen lassen speziell entwickelte Unterblattspritzgeräte und Dropleg-Spritzbeine auch zu späteren Terminen eine hohe Wirkung erwarten.

Schlüsselwörter

Zuckerrüben, Restverunkrautung, Unkrautbekämpfung, Zielflächenverteilung, Applikationsverfahren, Applikationstechnik, Doppelflachstrahldüsen, Unterblattspritzung, Dropleg

Keywords

Sugar beets, remaining weeds, weed control, distribution quality, application systems, application technique, double flat fan nozzles, underleaf application, dropleg

Abstract

Roeb, Johannes and Bernhardt, Heinz

Application techniques to control remaining weeds in sugar beets

Landtechnik 68(3), 2013, pp.187–191, 2 figures, 1 table, 13 references

Even in modern sugar beet production systems the control of remaining weeds may cause problems. One important reason is the so called spray shadow. To estimate the potential performance of different application techniques, the spray distribution quality of four sprayers was investigated under field conditions. Image analysis was used for evaluation. Results show broadcast spraying is not suitable for herbicide treatments in sugar beets at advanced crop development. Purpose-built underleaf sprayers or droplegs deliver good results to a later date as well.

Die Restverunkrautung in Zuckerrüben besitzt ein erhebliches Schadenspotenzial: Dazu zählt die Verringerung der Erträge, die Beeinträchtigung von Ernte- und Verarbeitungsmaßnahmen und die Anreicherung des Bodensamenvorrats [1]. Für den Erfolg des Zuckerrübenbaus ist eine vollständige Unkrautbekämpfung erforderlich. Dazu genügen meist drei bis vier Nachauflaufbehandlungen. Besonders in trockenen Jahren, bei Besatz mit Problemunkräutern oder in lückig aufgelaufenen Beständen ist diese Vorgehensweise nicht ausreichend und muss durch weitere Maßnahmen ergänzt werden. Herbizidmaßnahmen, die erst nach dem 6-Blatt-Stadium der Zuckerrüben durchgeführt werden, verlieren mit zunehmendem Spritzschatten an Wirksamkeit [2; 3].

Applikationsverfahren gegen die Restverunkrautung

Die Pflanzenschutztechnik kann dazu beitragen, Spritzschatten zu verringern und den Wirkungsgrad der Unkrautbekämpfung zu erhöhen. Doppelflachstrahldüsen verbessern durch zwei nach vorne und hinten ausgerichteten Spritzfächer die Verteilung der Spritzflüssigkeit auf der Zielfläche [4]. Diese entspricht beim Einsatz von Herbiziden in etwa der Bodenoberfläche. Unterblattspritzgeräte, die für die späte Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben konstruiert wurden, haben sich seit vielen Jahren bewährt. Meist bestehen die Geräte aus einzelnen Spritzeinheiten, die an einem Hackrahmen befestigt werden [3; 5]. Eine alternative Möglichkeit zur Durchführung von Unterblattapplikationen bieten sogenannte Droplegs. Diese speziellen Spritzrohre wurden bisher nicht in Zuckerrüben eingesetzt, liefern aber gute Ergebnisse bei der Unkrautbekämpfung in Mais und bei der Behandlung von Gemüsekulturen [6; 7].

Messverfahren im Bestand

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Zielflächenverteilung von Herbiziden in Zuckerrüben und zur Wirkung des Spritz-

schattens auf die Applikationsqualität liegen bisher nicht vor [2]. Ein Grund dafür ist, dass die Analyse mit photo- oder fluorometrischen Verfahren für großflächige Messungen mit einem sehr großen Aufwand verbunden ist. Bei hoher Auflösung wird zudem das Volumen der einzelnen Proben stark verringert, sodass die Wahrscheinlichkeit für Messfehler zunimmt [8]. Für die Untersuchung großer Zielflächen wurde an der Swedish University of Agriculture (SLU) ein bildanalytisches Verfahren entwickelt, bei dem die Spritzflüssigkeit mit Nigrosin angefärbt und auf ein Trägermaterial aus vorgeleimter Tapete appliziert wird. Die Auswertung erfolgt mit entsprechender Software [9]. Bisher wurde diese Methode nur zur Analyse der Verteilungsqualität von Feldspritzgeräten eingesetzt und nicht zur Messung im Bestand. Bekannt ist, dass beim Vergleich verschiedener Applikationsverfahren eine relative Bewertung der Belagsbildung erfolgen muss. Diese dient als Indikator für die zu erwartende biologische Wirkung [8; 10].

Zielsetzung

Das Projekt verfolgt zwei Ziele: Bereits vor den eigentlichen Messungen wurde ermittelt, inwiefern das verwendete Messverfahren für den Einsatz unter Feldbedingungen geeignet ist. Ziel der eigentlichen Untersuchung war der Vergleich der Applikationsqualität von vier verschiedenen Spritztechniken zur Bekämpfung der Restverunkrautung in einem entwickelten Zuckerrübenbestand.

Material und Methoden

Die vier Applikationsreihen wurden in der Zeit vom 29.5.2012 bis zum 7.7.2012 am Versuchsgut Roggenstein der Technischen Universität München durchgeführt. Die Saat erfolgte mit einer Ablageweite von 22 cm und einem Reihenabstand von 50 cm. Gewählt wurde die Sorte „Sabrina KWS“. Bei hohem Feldaufgang stieg der Blattdeckungsgrad innerhalb des Versuchszeitraums von etwa 20 auf über 90 %.

Die folgenden Applikationsverfahren wurden untersucht:

- Flachstrahldüsen
- Doppelflachstrahldüsen
- Lechler Droplegs
- Schmotzer Unterblattspritze

Als Versuchsfahrzeug diente ein Fendt Geräteträger. Das Spritzgestänge für die Flächenspritzungen und die Applikationen mit den „Lechler Droplegs“ wurden in der Fronthydraulik angebracht, die „Schmotzer Unterblattspritze“ im Zwischenachsraum. Alle Applikationen wurden mit einer Fahrgeschwindigkeit von 6 km/h durchgeführt. Die Wasseraufwandmenge betrug 250 l/ha. Bei den Flächenapplikationen wurden Düsen vom Typ IDKN 120-03 und IDKT 120-03 eingesetzt. Die Spritzhöhe lag bei 60 cm, der Spritzdruck bei 3,3 bar. Die „Schmotzer Unterblattspritze“ bestand aus mehreren Spritzeinheiten, ausgestattet mit je zwei IDKS 80-02 Schrägstrahldüsen und Blatthebern, die Spritzhöhe betrug etwa 20 cm. Die „Lechler Droplegs“ wurden mit je einer Zungendüse vom Typ FT-2,0 448 bestückt. Der Zielflächenabstand von 12 bis 16 cm wurde über das Spritzgestänge geregelt. Der Spritzdruck bei diesem Verfahren lag bei 2,0 bar.

Zur Bestimmung der Zielflächenverteilung wurde die Spritzflüssigkeit mit 30 g/l Nigrosin angefärbt. Das Trägermaterial aus 40 x 60 cm großen Stücken vorgeleimter Tapete wurde zwischen den Reihen ausgelegt und der Blattdeckungsgrad vor jeder Applikation fotografisch erfasst. Nach Ausbringung der Lösung auf das Trägermaterial wurden die Spritzbilder digitalisiert und mit Adobe Photoshop CS 6 Extended ausgewertet. Dabei wurden die Abbildungen des Bestands in eine Ebene über die dazugehörigen Spritzbilder gelegt und die Messfläche in Quadrate von 2,5 x 2,5 cm unterteilt.

Die Applikationsqualität wurde über zwei Größen ermittelt: Der relative Belagsdeckungsgrad gibt an, welcher Anteil der Aufwandmenge den Boden erreicht. Berechnet wird er über den Grauwert (0-255) aller Quadrate im Messbereich im Verhältnis zum Grauwert eines definierten Standards. Da sich die Belagsbildung der verschiedenen Applikationsverfahren unterscheidet, wurde für jede Spritztechnik ein separater Vergleichswert ermittelt. Die Werte der Standardisierung sind in **Tabelle 1** zusammengefasst. Bei der Analyse der Zielflächenverteilung im Bestand kann zwischen dem Belag unter den Blättern und dem Belag zwischen den Blättern unterschieden werden. Als Maß für die Verteilungsqualität wurde, wie auch in anderen Untersuchungen zur Zielflächenverteilung üblich, der Variationskoeffizient gewählt.

Tab. 1

Standardisierung der Applikationsverfahren
Table 1: Standardization of application techniques

Applikationsverfahren <i>Application technique</i>	Belagsdeckungsgrad <i>Spray coverage degree</i>	Variationskoeffizient <i>Coefficient of variation</i>		
		gesamt <i>total</i>	quer <i>transversal</i>	längs <i>longitudinal</i>
	[%]			
Flachstrahldüsen/ <i>Flat fan nozzles</i>	48,02	8,78	2,18	5,05
Doppelflachstrahldüsen/ <i>Double flat fan nozzles</i>	39,95	9,80	1,89	7,35
Schmotzer Unterblattspritze/ <i>Underleaf sprayer</i>	56,96	28,93	27,43	5,50
Lechler Droplegs/ <i>Droplegs</i>	48,10	36,29	34,64	6,30

Ergebnisse und Diskussion

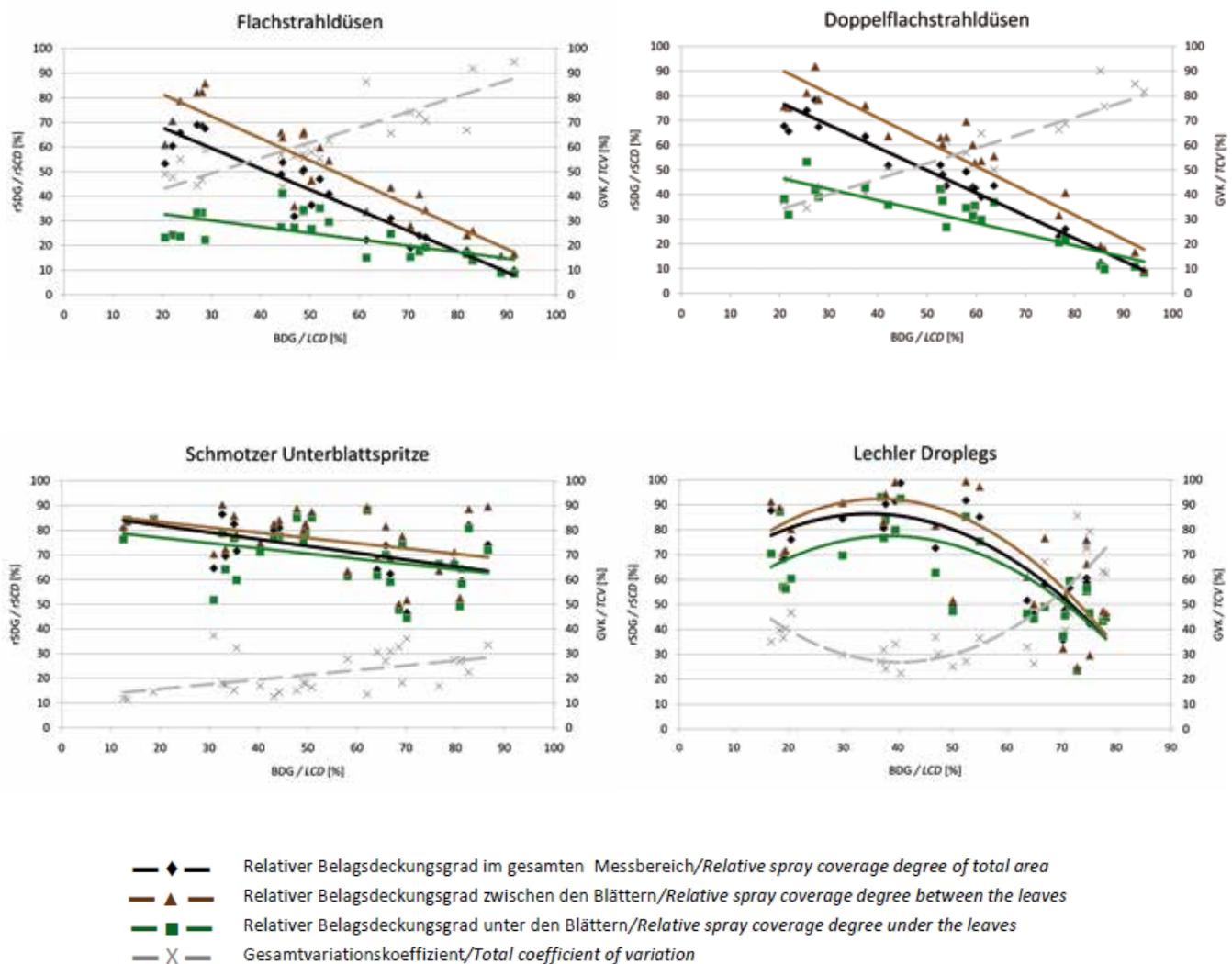
Die Untersuchungen bestätigen, dass die an der SLU entwickelte Methode auch für Feldversuche in Zuckerrüben geeignet ist. Voraussetzung dafür ist ein gut abgetrockneter Bestand. Die Zielflächenverteilung kann mit einfacher bildanalytischer Software ausgewertet werden. Zwingend erforderlich für eine objektive Analyse ist die relative Bewertung des Spritzbelags: Sowohl der Abstand zwischen Düse und Zielfläche, als auch die Größe und Geschwindigkeit der Tropfen beeinflussen den Belagsdeckungsgrad [8; 10]. Bei gleicher Aufwandmenge reicht der absolute Belag von 40% beim Einsatz von Doppelflachstrahldüsen bis hin zu 57% bei Applikationen mit der „Schmotzer Unterblattspritze“. Die Verteilungsqualität wird bei einem Raster von 2,5 x 2,5 cm gut wiedergegeben. Durch eine Anpassung der Berechnung an das Verteilungsprofil der eingesetzten

Düsen ist auch bei den Unterblattapplikationen eine Bewertung der Applikationsqualität möglich.

Insgesamt wurden über 160 einzelne Messungen durchgeführt. Die Ergebnisse zum relativen Belagsdeckungsgrad in verschiedenen Bereichen und zum Variationskoeffizienten sind in **Abbildung 1** dargestellt. Sofern vorhanden, decken sich die Resultate mit den Ergebnissen vorheriger Untersuchungen und den Erfahrungen aus der Praxis [3; 4; 6; 7; 11].

Applikationen mit Feldspritzgeräten sind, unabhängig von den verwendeten Düsen, nur bedingt für späte Bekämpfungsmaßnahmen in Zuckerrüben geeignet. Steigt der Blattdeckungsgrad der Kultur an, nimmt der Anteil der Spritzflüssigkeit, der die Zielfläche erreicht, im gleichen Maße ab [11]. Der Effekt des Spritzschattens zeigt sich besonders, wenn die Verteilung der Spritzflüssigkeit betrachtet wird: Schon bei ei-

Abb. 1



Relativer Belagsdeckungsgrad (rSDG) in drei verschiedenen Bereichen und Variationskoeffizient (GVK) der untersuchten Applikationsverfahren in Abhängigkeit vom Blattdeckungsgrad der Zuckerrüben (BDG)

Fig. 1: Relative spray coverage degree (rSCD) in three different areas and coefficient of variation (TCV) of the analyzed application techniques as a function of leaf coverage degree (LCD) of the sugar beets



Beispiel für Blattdeckungsgrad und Zielflächenverteilung bei einer Applikation mit Flachstrahldüsen
 Fig. 2: Example for leaf coverage degree and spray distribution of an application with flat-fan nozzles

nem Blattdeckungsgrad von 20 % gelangen weniger als 30 % der Aufwandmenge unter die Blätter, während die nicht von Blättern überdeckten Bereiche zunächst ausreichend dosiert werden. Dies zeigt auch **Abbildung 2**, die das Verfahren der Bildanalyse am Beispiel einer Messung mit Flachstrahldüsen darstellt. Bereits mit bloßem Auge lassen sich Spritzschatten erkennen. Der Variationskoeffizient steigt im Bestand auf 40 %, zum Bestandsschluss sogar auf bis zu 80 %. Als Grenze für eine uneingeschränkte Applikationsqualität gelten 15 %. Deutlich schlechtere Verteilungswerte können auch durch höhere Aufwandmengen nicht ausgeglichen werden [12; 13].

Der Einsatz von IDKT-Doppelflachstrahldüsen reduziert den Variationskoeffizient gegenüber Flachstrahldüsen um bis zu 30 %, beeinflusst den Belagsdeckungsgrad der Zielfläche aber kaum. Die nach vorne und hinten gerichteten Spritzfächer tragen dazu bei, den Spritzschatten in Fahrtrichtung zu reduzieren. Bei späten Applikationen während des Bestandsschlusses ist dieser Effekt aber zu gering, als dass eine ausreichende Applikationsqualität erreicht werden könnte.

Speziell für den Einsatz in Zuckerrüben entwickelte Unterblattspritzgeräte erzielen auch bei fortgeschrittener Bestandsentwicklung einen hohen Belagsdeckungsgrad. Selbst nach vollständigem Bestandsschluss gelangen mehr als 60 % der Aufwandmenge auf die Zielfläche. Unterschiede zwischen dem Belag unter und zwischen den Blättern sind kaum festzustellen. Spritzschatten werden deutlich reduziert. Wird berücksichtigt, dass die Querverteilung durch entsprechende Düsen und deren Einstellung verbessert werden kann, liegt der Variationskoeffizient stets unterhalb von 40 %. Damit leistet die Anwendung mit der „Schmotzer Unterblattspritze“ als einziges der untersuchten Spritzverfahren eine ausreichende Applikationsqualität, unabhängig vom Blattdeckungsgrad der Kultur. Durch die geringere Anlagerung der Spritzflüssigkeit an die Blätter der Zuckerrüben und insbesondere an das empfindliche

Rübenherz ist bei diesem Verfahren auch der Einsatz von nicht rübenverträglichen Herbiziden denkbar.

Auch mit den „Lechler Droplegs“ kann unter bestimmten Bedingungen eine hohe Applikationsqualität erreicht werden. Dazu zählen eine steile Stellung des Blattapparats und ein Blattdeckungsgrad von nicht mehr als 60 %. Sind diese Voraussetzungen erfüllt, werden mit dem Spritzverfahren über 80 % der Aufwandmenge auf die Zielfläche appliziert. Der Variationskoeffizient liegt unter 40 %, wird aber wie bei der Unterblattspritze durch die Wahl der Düsen beeinflusst. Besser als die hier eingesetzten Zungendüsen wären vermutlich weitwinklige Banddüsen geeignet, die über Drehgelenke zur Bodenoberfläche hin ausgerichtet werden können. Spritzschatten treten nur dann auf, wenn die Zuckerrübenblätter flach über dem Boden liegen. Dies betrifft sowohl frühe als auch späte Entwicklungsstadien. Bei einem Blattdeckungsgrad von über 60 % wird die Verteilungsqualität auch durch die Bewegungen der Droplegs im Bestand beeinflusst: Die Spritzrohre pendeln quer, bei zunehmender Blattdichte auch längs zur Fahrtrichtung. Dieser Effekt ist häufig auf das „Hängenbleiben“ der Droplegs an den Blättern der Zuckerrüben zurückzuführen. Inwiefern es an breiten Spritzgestängen möglich ist die Spritzhöhe von 16–20 cm einzuhalten wurde nicht untersucht.

Schlussfolgerungen

Das Messverfahren, das an der Swedish University of Agriculture entwickelt wurde, kann auch im entwickelten Bestand eingesetzt werden. Die Berechnung der relativen Belagsbildung ermöglicht die einfache Bewertung und den Vergleich der Applikationsqualität von verschiedenen Spritzverfahren.

Flächenapplikationen sind bei fortgeschrittener Entwicklung der Zuckerrüben nicht mehr für die Unkrautbekämpfung geeignet. Doppelflachstrahldüsen können zwar dazu beitragen, die Verteilungsqualität zu verbessern, erhöhen die Applikati-

onsqualität aber nur geringfügig. Speziell entwickelte Unterblattspritzgeräte sind unabhängig vom Entwicklungsstadium einsetzbar, ohne dass die Qualität der Unkrautbekämpfung beeinträchtigt wird. Applikationen mit den „Lechler Droplegs“ besitzen ein ähnlich großes Potenzial, das sich aber nur dann umsetzen lässt, wenn die Blattstellung der Zuckerrüben steil und der Bestandsschluss noch nicht erreicht ist.

Literatur

- [1] Haberland, R. (1994): Auftreten und Auswirkungen der Restverunkrautung in Zuckerrüben. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XIV, S. 477-486
- [2] Kobusch, H. (2003): Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben – Ermittlung der Kritischen Periode. Dissertation, Universität Hohenheim
- [3] Brockerhoff, H.; Eßer, C. (2008): Unkrautbekämpfung – Reserven konsequenter nutzen. Zuckerrübenjournal 1, S. 12-13
- [4] Knewitz, H. (2011): Doppelflachstrahldüsen als Standardausrüstung im Ackerbau? 55. Kreuznacher Wintertagung, DLR-RNH, 2.-4.2.2011, Bad Kreuznach, S. 57-62
- [5] Kifferle, G.; Stahl, W. (2001): Spritz- und Sprühverfahren in Pflanzenschutz und Flüssigdüngung bei Flächenkulturen. Norderstedt, Selbstverlag
- [6] Rüegg, J.; Eder, R.; Anerau, V. (2006): Improved application techniques: Ways to higher efficacy of fungicides and insecticides in field grown vegetables. Outlooks on Pest Management 17(2), pp. 80-84
- [7] Schulze-Ising, A. (2012): Weniger Stress im Mais. eilbote 6, S. 18-19
- [8] Wolf, P. (2002): Verteilungsqualität von Feldspritzgeräten. Dissertation, Technische Universität Braunschweig
- [9] Enfält, P.; Engqvist, A.; Alness, K. (1997): Assessment of the dynamic spray distribution on a flat surface using image analysis. Aspects of applied biology 48, pp. 17-24
- [10] Göhlich, H. (1997): Einfluß technologischer Faktoren auf Zerstäubung und Ablagerung. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XIII, S. 337-343
- [11] Becker, F. A.; Klein, A. W.; Winkler, R.; Jung, B.; Bleiholder, H.; Schmider, F. (1999): The degree of ground coverage by arable crops as a help in estimating the amount of spray solution intercepted by the plants. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 51(9), S. 237-242
- [12] Balsari, P.; Airoldi, G.; Tamagnone, M. (1994): Boom sprayer transverse distribution uniformity (as CV) and treatment effectiveness: first results. XII International Conference on Agricultural Engineering, AgEng '94, 29.8.-1.9.1994, Milano (I), 94-D-154, pp. 728-729
- [13] Enfält, P.; Engqvist, A.; Bengtsson, P. (1997): The Influence of Spray Distribution and Drop Size on the Dose Response of Herbicides, Brighton Crop Protection Conference – Weeds, BCPC, 17.-20.11.1997, Brighton (GB), pp. 281-289

Autoren

Johannes Roeb ist Bachelorabsolvent im Studiengang der Agrar- und Gartenbauwissenschaften, **Prof. Dr. Heinz Bernhardt** ist Leiter des Lehrstuhls für Agrarsystemtechnik am Wissenschaftszentrum Weihenstephan der Technischen Universität München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, E-Mail: heinz.bernhardt@wzw.tum.de

Danksagung

Der besondere Dank der Autoren gilt Herrn Dr. Robert Heinkel vom Unternehmen Lechler aus Metzingen, das unter anderem die Spritztechnik für die Versuche zur Verfügung gestellt hat.