

1. Prolog

Die Anbaufläche sowie die Erlöse im Zuckerrübenanbau sinken infolge der Umsetzung der Reform der europäischen Zuckermarktordnung. Nach Verordnung (EG) Nr. 318/2006 wurde der Mindestpreis für Zuckerrüben von 46,72 € t⁻¹ für A-Rüben auf nur 29,80 € t⁻¹ im Zuckerwirtschaftsjahr 2007/2008 abgesenkt (ANONYM 2006). Eine Verwendung freigelegener Anbaufläche zum Anbau von Zuckerrüben zur Bioethanolproduktion ist aufgrund der hohen europäischen Produktionskosten nur für zuckerfabriknahe Standorte (NOLTE und GRETHE 2008) und unter der Aufrechterhaltung von EU-Schutzzöllen gegenüber Bioethanolimporten eine Alternative. Ein weiterer Anteil der zurückgehenden Zuckerrübenanbaufläche wird zunehmend durch Industrierüben ersetzt, deren Preis jedoch unter dem für Quotenrüben liegt und regional stark schwankt (DNZ 2008, VSZ 2008). Parallel zu dieser Entwicklung wurden in 2007 sehr hohe Preise von bis zu 280 € t⁻¹ für Weizen und 420 € t⁻¹ für Rapssaat erzielt (SCHUMACHER und STRIEWE 2008) und dadurch die Anbauwürdigkeit dieser Kulturen enorm gesteigert. Auch in Anbetracht der aktuell wieder stark rückläufigen Preisentwicklung für Getreide und Ölfrüchte geht die bisher überdurchschnittlich hohe Attraktivität des Zuckerrübenanbaus zurück und andere Blattfrüchte wie Raps und Mais ersetzen teilweise oder völlig die Zuckerrübe in der Fruchtfolge. Die Ausschöpfung des standortspezifischen Ertragspotenzials ist vor diesem Hintergrund von besonderer Bedeutung. Neben dem züchterischen Fortschritt und einer verbesserten Düngungs- und Pflanzenschutzstrategie kann ein optimiertes Anbauverfahren dazu beitragen, den Ertrag zu erhöhen. Für den Zuckerrübenanbau könnte der Anbau im Damm einen Beitrag dazu leisten, dieses Ziel zu erreichen.

In Norddeutschland wurden bei ersten Anbauvergleichen des standorttypischen Flächanbaus von Zuckerrüben mit dem Dammanbau Mehrerträge von bis zu 10 % erreicht (SCHLINKER et al. 2007). Um langfristig einen höheren Ertrag durch den Dammanbau erzielen zu können, ist die Kenntnis der wachstumsfördernden Mechanismen und wann diese wirksam werden sowie deren gezielte Nutzung durch die Anbaugestaltung von entscheidender Bedeutung.

Jedoch ist der Einfluss von Dammformung und -anbau auf wachstumsrelevante Bodenparameter und deren Auswirkung auf den Verlauf des Zuckerrübenwachstums derzeit weitgehend unklar.

Der Anbau von Zuckerrüben im Damm ist in Deutschland noch weitgehend unbekannt. Dementsprechend wenige Kenntnisse und Erfahrungen liegen für die standortangepasste Anbaugestaltung vor. Bislang ist der Dammanbau hierzulande vor allem für Kartoffeln, Spargel und Möhren von Bedeutung. Der Anbau landwirtschaftlicher Kulturen im Damm ist weltweit verbreitet und weist vielfältige Formen auf. In den USA ist der Dammanbau als eine Form der konservierenden Bodenbearbeitung zu Mais und Sojabohne etabliert (ECKERT 1990, REEDER 1990, UNGER und MUSICK 1990, PIKUL JR. et al. 2001). In anderen Ländern ist besonders die Konservierung von Bodenwasser (HULUGALLE 1990, JONES und STEWART 1990) und der Schutz vor Winderosion (LIU et al. 2006) von großer Bedeutung. In der ökologischen Landwirtschaft erleichtern Dammkulturen die Durchführung von Maßnahmen der mechanischen Unkrautregulierung (LAL 1990, QUINTERN 2005). Der Dammanbau von Zuckerrüben war bis zur Aufgabe des Zuckerrübenanbaus in Irland weit verbreitet. Momentan wird der Dammanbau von Zuckerrüben vor allem in Kalifornien angewendet, wo der Wasserbedarf der Pflanzen über Furchenbewässerung kostengünstig gedeckt wird (HILLS et al. 1995, SCHWARTZ 1996).

In den in Deutschland bisher durchgeführten Praxisvergleichen wurde festgestellt, dass Keimung und Feldaufgang im Dammanbau zügiger einsetzen und dadurch die Jugendentwicklung gefördert wird. Vermutlich erhöht die infolge der Dammformung vergrößerte Bodenoberfläche (SHARRATT et al. 1992) und der günstigere Einfallswinkel der Sonnenstrahlung an den Dammschenkeln die Strahlungsabsorption und beeinflusst damit den Wasser- und Temperaturhaushalt im Damm (BENJAMIN et al. 1990). Ein weiterer Einfluss auf die thermischen Eigenschaften im Boden ist von der intensiven Bodenlockerung während der Dammformung zu erwarten, bei der die räumliche Verteilung und die volumenbezogenen Anteile von Wasser, Luft und festen Bodenpartikeln verändert werden (LEXANDER 1993,

USOWICZ et al. 1996). Luft besitzt eine vielfach geringere Wärmekapazität als Wasser und trägt damit zur schnelleren Erwärmung des Bodens bei (GUÉRIF et al. 2001). Zudem ist bekannt, dass hohe Bodentemperaturen und intensive Bodenbearbeitung die N-Mineralisation und damit das Pflanzenwachstum anregen (HASSINK 1992, SILGRAM und SHEPHERD 1999). Diese komplexen Zusammenhänge könnten ursächlich für die beobachteten Ertragssteigerungen im Dammanbau sein, wurden jedoch bislang nicht detailliert beschrieben.

Die höchste photosynthetisch aktive Strahlung wird im Jahresverlauf zwischen April und September erreicht. Jedoch kann die Zuckerrübe aufgrund einer relativ späten Aussaat, der langsamen Jugendentwicklung und geringen Blattfläche im Frühjahr diese Strahlung nicht ausreichend für die Ertragsbildung ausschöpfen (SCOTT und JAGGARD 1978, KENTER et al. 2006). Eine zeitige Aussaat der Zuckerrübe im Frühjahr und eine zügige Jugendentwicklung kann dazu beitragen, den optimalen Blattflächenindex von etwa 4 möglichst schnell zu erreichen und die Strahlungsabsorption besser zu nutzen (SCOTT und JAGGARD 1993, RÖVER 1995). Eine Aussaat nach dem standortspezifisch optimalen Saattermin ist mit einer Zunahme der Verluste des Bereinigten Zuckerertrages verbunden (MÄRLÄNDER 1991).

Zur Aussaat im Frühjahr müssen die nach dem Winter nassen Böden eine hinlängliche Abtrocknung aufweisen, um Bodenverdichtungen während der Saatbettbereitung zu verhindern und ein günstiges Bodengefüge für die Keimung der Zuckerrübenpillen zu gewährleisten. Die optimale Bodenfeuchte zur Aussaat ist im Dammanbau, aufgrund der intensiveren Abtrocknung des Bodens nach der Dammformung, vermutlich höher als bei Flachanbau. Dennoch birgt eine Aussaat bei hoher Bodenfeuchte das Risiko von Verdichtungen inner- und unterhalb des Saathorizontes (KOOISTRA 1989, RICHARD et al. 1999) mit möglicherweise ertragsmindernder Wirkung (JAGGARD 1977). Bei bereits stark abgetrockneten Böden und warm-trockener Witterung besteht die Gefahr, dass der Damm nach der Dammformung austrocknet. Die Wasserversorgung der Samen für Quellung und Keimung und schließlich die Bestandesetablierung kann dadurch beeinträchtigt werden

(AKESON et al. 1980, SCHLINKER et al. 2007). Die Wahl des Anbauverfahrens Flach oder Damm könnte daher einen entscheidenden Einfluss auf den ortsspezifisch optimalen Saattermin der Zuckerrübe und die damit verbundene Ausnutzung des Ertragspotenzials ausüben.

Als Ursache für Ertragsunterschiede beim Vergleich der Anbauverfahren Flach und Damm in unterschiedlichen Regionen Deutschlands wurde von SCHLINKER et al. (2007) der Einfluss von Klima und Standort vermutet. In den Regionen Ostwestfalen und Uelzen-Holstein konnte der Ertrag durch den Dammanbau erhöht werden, während im Rheinland kein Mehrertrag erzielt wurde. Das Rheinland ist durch höhere Temperaturen und geringere Niederschläge als die nördlicher gelegenen Regionen Ostwestfalen und Uelzen-Holstein gekennzeichnet und möglicherweise konnten die Zuckerrüben im Damm daher nicht von den Effekten des Dammanbaus profitieren. Zusätzlich könnte auch die Bodenart die Eignung eines Standortes für den Dammanbau von Zuckerrüben wesentlich beeinflussen. Eine geringe Feldkapazität, niedrige Wasserleitfähigkeit und ein hoher Grobporenanteil im Boden könnten unter trockenen, warmen Bedingungen die Austrocknung des Dammes begünstigen und das Pflanzenwachstum beeinflussen.

Die vielfältigen Aspekte und Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Dammanbau von Zuckerrüben wurden in einem zweijährigen Feldversuch auf einem Sand- und einem Lössstandort in Norddeutschland (Region Uelzen) untersucht. Im Mittelpunkt stand dabei die Frage, wie die Anbauverfahren Flach und Damm sowie die Aussaat bei unterschiedlich feuchten Bodenbedingungen wichtige Bodeneigenschaften und den Verlauf der Ertragsbildung beeinflussen. Es wurde geprüft, welche Faktoren Ertragsunterschiede bewirken und wann diese gebildet werden. Weiterhin wurde der Frage nachgegangen, ob der optimale Saattermin im Dammanbau früher als bei Flächenbau liegt.

Die Ergebnisse werden nachfolgend in drei Artikeln vorgestellt. Der erste Artikel „Yield formation of sugar beet cultivated on ridges at sandy and loessial sites in Northern Germany“ wurde in der Zeitschrift „Zuckerindustrie/Sugar Industry 133, 689-698“ veröffentlicht. In

deutscher Sprache erfolgte die Publikation unter dem Titel „Ertragsbildung von Zuckerrüben bei Dammanbau auf Sand- und Lössböden in Norddeutschland“ in einem Sonderdruck der Zeitschrift „Zuckerindustrie/Sugar Industry 133, 75-85“ zur 8. Göttinger Zuckerrübenagung 2008. Gegenstand dieses Artikels ist der Einfluss des Anbauverfahrens auf Ertrag und Qualität der Zuckerrübe. Zusätzlich wird aufgezeigt, wie sich die Aussaat zu Terminen mit unterschiedlicher Bodenfeuchte sowie die Bodenart auf Bodenstruktur und Ertragsparameter auswirken. Die Ergebnisse zeigen, dass der Dammanbau die Bodentemperatur während des Feldaufgangs und der Jugendentwicklung der Zuckerrübe erhöhte und die Bodenfeuchte verringerte. Bei für Zuckerrüben üblicher Aussaat Ende März/Anfang April und einer Bodentemperatur unter 10 °C beschleunigte der Dammanbau den Feldaufgang und erhöhte den relativen Mehrertrag im Herbst um 7-8 % gegenüber dem Flachanbau. Eine Aussaat Anfang Mai unter deutlich höherer Temperatur förderte das Zuckerrübenwachstum im Dammanbau nicht. Die Qualität der Zuckerrübe blieb durch das Anbauverfahren weitgehend unbeeinflusst. Ein ertragswirksamer Einfluss der Bodenfeuchte bei der Aussaat auf die Bodenstruktur und das Pflanzenwachstum in den Anbauverfahren Flach und Damm konnte nicht festgestellt werden, ebenso unterschieden sich Sand- und Lössböden nicht in ihrer Ertragsreaktion.

Im zweiten Artikel mit dem Titel „Analysis of yield formation of sugar beet under ridge and flat cultivation“, eingereicht beim „European Journal of Agronomy“, erfolgt eine detaillierte Wachstumsanalyse der Zuckerrübe zu verschiedenen Entwicklungsphasen. Die Wirkungen der Anbauverfahren Flach und Damm auf wachstumsrelevante Bodenparameter kann im Verlauf der Vegetationsperiode variieren und die Ertragsbildung beeinflussen. Die Ertragsentwicklung der Zuckerrübe wurde untersucht und der für eine Entwicklungsphase maßgeblich prägende Bodenparameter herausgestellt. Höhere Wachstumsraten im Damm als im Flachanbau wurden während der Jugendentwicklung bis zum Reihenschluss im Juni festgestellt, dagegen traten in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode bis zur Ernte im Oktober keine signifikanten Unterschiede auf. Grundlage für den um 8,4 % höheren

Endertrag im Dammanbau waren die höheren Wachstumsraten bis zum Reihenschluss, verursacht durch eine höhere Bodentemperatur und eine günstigere Bodenstruktur im Damm.

Den Artikeln folgt im Epilog eine weitere Untersuchung zum Anbau von Zuckerrüben im Herbstdamm als eine Variation des zuvor thematisierten Dammanbaus im Frühjahr. Es wird geprüft, inwieweit die Vorverlegung der Dammformung in den Herbst dazu beitragen kann, die derzeitige geringe Effizienz des Verfahrens zu steigern und dennoch die ertragserhöhende Wirkung des Dammanbaus zu nutzen. Im Mittelpunkt der Betrachtungen steht der Einfluss einer frühen (September) und einer späten (November) Formung des Herbstdammes auf die Bodentemperatur, den Feldaufgang und den Ertrag im Vergleich zum Verfahren Flach und dem Dammanbau im Frühjahr. Eine Erhöhung der Bodentemperatur und ein zügigerer Feldaufgang in den im Herbst sowie im Frühjahr gezogenen Dämmen gegenüber der flachen Bodenoberfläche wurde festgestellt. Der Ertragsunterschied zwischen den Varianten zur Endernte im Oktober war nicht eindeutig signifikant, jedoch war der Bereinigte Zuckerertrag im Verfahren Herbstdamm ähnlich dem bei Dammanbau im Frühjahr und lag im Mittel um 6,8 % über dem Ergebnis des Flachbaus. Die Veröffentlichung der einjährigen Ergebnisse in einer praxisnahen Zeitschrift ist vorgesehen und soll dazu beitragen, die Bekanntheit und Verbreitung des Dammanbaus von Zuckerrüben in Deutschland zu steigern und Anpassungsmöglichkeiten des Verfahrens aufzuzeigen.

In einem abschließenden Fazit werden die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit vorgestellt. Wachstumsfaktoren, die zum Erzielen eines höheren Ertrages bei Damm- gegenüber dem Flachanbau nötig sind, werden definiert und die für die Bildung des Mehrertrages entscheidenden Entwicklungsphasen eingegrenzt. Die aktuelle Verbreitung und Perspektive des Dammanbaus von Zuckerrüben in Deutschland wird besprochen.