



Wiebke Brauer-Siebrecht (Autor)
Zuckerrüben und Silomais in Fruchtfolgen mit Winterweizen
Ertrag, Stickstoffdüngung und Pflanzenschutz

Aus dem
Institut für Zuckerrübenforschung
Göttingen

Wiebke Brauer-Siebrecht

Zuckerrüben und Silomais
in Fruchtfolgen mit Winterweizen
–
Ertrag, Stickstoffdüngung und Pflanzenschutz

53/2018

 Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7723>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>



Prolog

Biomasse als erneuerbare Energie

Die Europäische Union (EU) hat das Ziel formuliert, den Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch der EU-Länder bis 2020 auf 20 % zu erhöhen (EU, 2009a). Um dieses Ziel auch auf nationaler Ebene umzusetzen, wurden die Mitgliedsstaaten aufgefordert nationale Biomasseaktionspläne zu erstellen. Der Nationale Biomasseaktionsplan für Deutschland wurde entsprechend im Jahr 2009 veröffentlicht und fokussiert darauf, die gesetzten Ziele möglichst effizient und nachhaltig zu erreichen (BMU und BMELV, 2009). Als Kriterien werden u. a. der Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen, der Beitrag zum Erhalt der Biodiversität, Bodenfruchtbarkeit und Gewässerschutz sowie die Berücksichtigung von Nutzungskonkurrenzen, im Besonderen zur Nahrungsmittelerzeugung und der stofflichen Nutzung von Biomasse, genannt (BMU und BMELV, 2009). Im Jahr 2015 lag der Anteil des aus erneuerbare Energien erzeugten Stroms und Wärme in Deutschland bei 33 % bzw. 13 % (FNR, 2016). Die derzeitigen Ziele verfolgen eine Erhöhung des Strom- und Wärmeanteils aus erneuerbaren Energien auf 40-45 % bis 2025 (ANONYMUS, 2016) bzw. 14 % bis 2020 (ANONYMUS, 2008). Zudem soll der Anteil des Primärenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien, im Jahr 2015 noch bei 13 %, bis zum Jahr 2020 auf 18 % ansteigen (ANONYMUS, 2016; FNR, 2016).

Als erneuerbarer Energieträger nimmt – neben der Windenergie, der Solarenergie, den biogenen Abfällen, der Wasserkraft und der Geothermie – die Biomasse den größten Anteil am Primärenergieverbrauch ein (FNR, 2016). Neben dem Nationalen Biomasseaktionsplan gab es in Deutschland bereits im Jahr 2000 das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zur Förderung des Stroms aus erneuerbaren Energieträgern (ANONYMUS, 2000). Von der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien aus Biomasse wird ein Großteil durch Biogasanlagen erzeugt (FNR, 2016).



Zuckerrüben und Silomais als Biogassubstrat

Als wichtiges Kriterium eines nachhaltigen Energiepflanzenanbaus für die Biogasproduktion gilt der Flächenertrag, da die landwirtschaftliche Nutzfläche begrenzt ist (HOFFMANN und STOCKFISCH, 2010; TILMAN et al., 2002). Somit eignen sich, neben der stofflichen Zusammensetzung, besonders Kulturarten, die einen hohen Trockenmasseertrag pro Hektar generieren können. Auch die Wahl eines hoch produktiven Standortes wirkt sich positiv auf die Höhe des Ertrages und den Flächenbedarf aus. Bei Betrachtung des Gesamtanteils der nachwachsenden Rohstoffe als Substrat für Biogasanlagen betrug der massebezogene Anteil von Maissilage im Jahr 2014 73 % (DBFZ, 2015; FNR, 2016) und stellt damit das Hauptbiogassubstrat aus Biomasse dar (BAUER et al., 2010; BRITZ und DELZEIT, 2013). Die Vorteile des Silomais als Substrat für die Biogasproduktion sind der hohe Trockenmasseertrag (GRAB et al., 2013) sowie die Praktikabilität des Anbau- und Konservierungsverfahrens (SCHITTENHELM, 2008). In 2015 wurden 35 % des gesamten Maisanbaus in Deutschland als Substrat für die Biogaserzeugung verwendet (FNR, 2016). In der öffentlichen Wahrnehmung wird jedoch von einer Vermaisung der Landschaft gesprochen, da sich die Anbaukonzentration in einigen Anbaugebieten stark ausgeweitet hat. Im Fokus sind hier vor allem Anbaugebiete, in denen auch vorher schon vermehrt Silomais kultiviert wurde (HERRMANN, 2013). Die gesellschaftliche Akzeptanz dieser hohen Anbaukonzentration, verbunden mit einer Veränderung des Landschaftsbildes, ist entsprechend gering. Begründet werden kann dies unter anderem dadurch, dass aufgrund der Selbstverträglichkeit von Silomais teilweise Daueranbau mit entsprechenden Auswirkungen auf die Biodiversität auf Feldebene betrieben wird (MALÉZIEUX et al., 2009; SAUERBREI et al., 2014; WALDHARDT et al., 2011). Um dem entgegenzuwirken, werden alternative Energiepflanzen benötigt.

Als alternative Kulturart werden Zuckerrüben genannt, die einerseits einen hohen Trockenmasseertrag erreichen können und aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung hervorragend als Substrat für die Biogasproduktion geeignet sind (HARTUNG und OHL, 2012; STARKE und HOFFMANN, 2011; WEILAND, 2010). Vor allem in der landwirtschaftlichen



Fachpresse wurden diese Aspekte in der Vergangenheit vielfach positiv erwähnt (z. B. AUGUSTIN, 2008; JECHE und SCHAFFNER, 2013). Im Jahr 2014 betrug der massebezogene Anteil von Zuckerrüben am Gesamtanteil der nachwachsenden Rohstoffe in Biogasanlagen lediglich 2 % (DBFZ, 2015; FNR, 2016). Anders als Silomais werden Zuckerrüben vorrangig in Fruchtfolgen mit Wintergetreide angebaut (STOCKFISCH et al., 2013). Vor allem in solchen Anbauregionen können Zuckerrüben in Fruchtfolgen als Biogassubstrat mit positiven Auswirkungen auf die Biodiversität eine Alternative zu Silomais im Daueranbau darstellen (SIELING et al., 2013; WALDHARDT et al., 2011). In zahlreichen Studien konnte bereits die Vorzüglichkeit von Silomais als Biogassubstrat, im Hinblick auf hohe Methanhektarerträge, gezeigt werden (z. B. AMON et al., 2007; GRAB et al., 2013; SIELING et al., 2013). Weiterhin beschäftigen sich auch einige dieser Studien mit der Bewertung ganzer Fruchtfolgen (z. B. AMON et al., 2007; SIELING et al., 2013). Jedoch wurden keine belastbaren Daten bezüglich eines direkten Vergleichs der Methanhektarerträge von Zuckerrüben und Silomais in Fruchtfolgen auf hoch produktiven Standorten veröffentlicht. Somit ist bisher unklar, ob Zuckerrüben auch in Bezug auf den Methanhektarertrag eine sinnvolle Alternative zu Silomais als Biogassubstrat darstellen.

Umweltwirkungen durch Stickstoffdüngung

Für das Erreichen hoher Flächenerträge ist Stickstoff der am stärksten limitierende Nährstoff. Allerdings kann eine zu hohe Stickstoffzufuhr zu Umweltwirkungen wie der Eutrophierung und Verunreinigung von Gewässern führen, sodass auch die menschliche Gesundheit deutlich beeinträchtigt werden kann (EU, 1991; TILMAN et al., 2002). Einflussfaktoren auf die Stickstoffauswaschung sind unter anderem die Witterung, der Bodentyp und das Anbausystem (KIRCHMANN et al., 2002). Da Stickstoffauswaschungen hauptsächlich von Ende September bis Anfang April auftreten (VOS und VAN DER PUTTEN, 2004), sind insbesondere der mineralisierte Stickstoffvorrat im Boden vor Winter, beeinflusst durch Stickstoffzufuhr und -entzug der Vorfrucht, sowie der Verbleib von Stickstoff durch Ernterückstände und das C:N-Verhältnis der Ernterückstände als Einflussfaktoren zu nennen (KUMAR und GOH, 2000). Um den Forderungen der Europäischen Union bezüglich einer



Verminderung der Nitrat-Verunreinigung, dargelegt in der Nitrat-Richtlinie (EU, 1991), nachzukommen, dient in Deutschland als rechtlicher Rahmen die Düngeverordnung. Diese regelt unter anderem, dass der betriebliche Nährstoffvergleich (Stickstoffbilanz) im gleitenden Mittel von drei Düngejahren $60 \text{ kg Stickstoff ha}^{-1}$ betragen muss. Bei Einhaltung dieses Mittels kann von einer bedarfsgerechten Düngung ausgegangen werden (ANONYMUS, 2007).

Während beispielsweise der Anbau von Winterweizen oder der Zwischenfrucht Senf dazu beitragen kann, dass das Risiko von Stickstoffauswaschungen über den Winter sinkt (THORUP-KRISTENSEN und NIELSEN, 1998), erfolgt dagegen die Stickstoffdüngung bei den Reihenkulturen Zuckerrüben und Silomais zur Aussaat (BENKE, 2014; LEHRKE, 2014). Dies bewirkt, dass die Gefahr für Stickstoffauswaschungen in frühen Wachstumsphasen von Zuckerrüben und Silomais durch Starkregenereignisse steigt. Die Fruchtfolge nimmt aufgrund der Stickstoffdynamik von Vor- und Folgefrüchten daher eine besondere Rolle ein, sodass die Bewertung gesamter Anbausysteme im Kontext der Stickstoffbilanz und -auswaschung wichtig ist. Durch Modelle, wie z. B. DAISY, MONICA (Model of Nitrogen and Carbon dynamics in Agro-ecosystems) und NDICEA (Nitrogen Dynamics in Crop rotations in Ecological Agriculture), ist es möglich die Stickstoffauswaschung, auch für Fruchtfolgen, zu ermitteln (HANSEN et al., 1991; NENDEL, et al., 2011; VAN DER BURGT et al., 2006). Jedoch liegt ein direkter Vergleich auf Feldversuchsebene von Zuckerrüben und Silomais in Fruchtfolgen mit Winterweizen auf hoch produktiven Standorten bisher nicht vor.

Umweltwirkungen durch Pflanzenschutzmitteleinsatz

Neben der Stickstoffdüngung trägt auch der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel zur Ertragssicherung bei (BMEL, 2013; COOPER und DOBSON, 2007; GUMMERT et al., 2014). Dieser sollte immer unter den Gesichtspunkten des Integrierten Pflanzenschutzes vollzogen werden. Dabei wird eine Kombination von nicht-chemischen und chemischen Maßnahmen, bestehend aus biologischen, pflanzenzüchterischen und anbau- und kulturtechnischen Anwendungen gefordert (ANONYMUS, 2012). Die Fruchtfolge kann hier als wesentliche Maßnahme zur Ertragssicherung dienen (BÖHM, 2014). Weiterhin ist das Ziel, den

chemischen Pflanzenschutz auf das notwendige Maß zu reduzieren. Im Rahmen des Nationalen Aktionsplans Pflanzenschutz (NAP) steht daher im Fokus, die Risiken für Mensch, Tier und Naturhaushalt zu reduzieren. Um die Intensität des chemischen Pflanzenschutzes abzubilden, wird der Indikator Behandlungsindex verwendet (BMEL, 2013). Jedoch kann die Intensität keine Auskunft über das Umweltrisiko der applizierten Pflanzenschutzmittel geben (REINEKE et al., 2014; ROßBERG, 2013). Entscheidend bei der Applikation von chemischen Pflanzenschutzmitteln ist neben der Aufwandmenge die Toxizität der jeweiligen Wirkstoffe, sodass allein eine mengenbezogene Begrenzung als nicht sinnvoll erscheint (BMEL, 2013). Die Zulassung und Prüfung von chemischen Pflanzenschutzmitteln erfolgt unter strengen Prüfkriterien, um ein Risiko für Umwelt und Mensch zu vermeiden (EU, 2009b). Trotzdem werden erhöhte Messwerte von Pflanzenschutzmitteln in Gewässern, verbunden mit Risiken für die Biodiversität, festgestellt (BMEL, 2013; GEIGER et al., 2010). Neben Auswirkungen auf Oberflächengewässer können auch Nichtzielorganismen in Saumbiotopen oder im Umweltkompartiment Boden beeinträchtigt werden. Durch das Synoptische Bewertungsmodell für chemische Pflanzenschutzmittel (SYNOPS) kann das Umweltrisiko des chemischen Pflanzenschutzes auf aquatische und terrestrische Organismen abgebildet werden (GUTSCHE und ROSSBERG, 1997).

Das Auftreten von Krankheiten, Schaderregern und Unkräutern wird maßgeblich durch die Witterungsbedingungen, das Anbauverfahren und damit verbunden das standortspezifische Infektionsrisiko beeinflusst. Im Hinblick auf die Fruchtfolge können Zuckerrüben in getreidebetonten Fruchtfolgen als „Gesundfrucht“ dienen (SCHLÜTER et al., 2006). Durch Silomais als Vorfrucht hingegen kann es beim Anbau von nachfolgendem Winterweizen eher zu stärkerem Infektionsdruck durch Fusarien kommen (WINTER et al., 2014). Des Weiteren kann der Anbau von Silomais das Auftreten von *Rhizoctonia solani* in nachfolgenden Zuckerrüben begünstigen (BUHRE et al., 2009). Die Gestaltung der Fruchtfolge bekommt vor allem beim Auftreten von Krankheiten, die bislang nicht chemisch bekämpfbar sind, wie *Rhizoctonia solani* in Zuckerrüben in Deutschland (BARTHOLOMÄUS et al., 2016), eine



besondere Bedeutung. Weiterhin sollte dargestellt werden, wie die Integration einzelner Fruchtfolgefelder hinsichtlich Intensität und Umweltrisiko durch den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel auf die Bewertung ganzer Fruchtfolgen wirkt. Letzteres wurde bislang nur in wenigen wissenschaftlichen Studien (z. B. BUSCHE, 2008; DEIKE et al., 2008) durchgeführt.

Verbundprojekt und Struktur der Dissertation

Um die erwähnten Aspekte hinsichtlich der Erträge sowie der genannten Umweltwirkungen durch Stickstoffdüngung und den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel für Zuckerüben und Silomais in Fruchtfolgen mit Winterweizen herauszuarbeiten, wurde das vom BMEL geförderte Verbundprojekt „Die Zuckerrübe als Energiepflanze in Fruchtfolgen auf hoch produktiven Standorten – eine pflanzenbaulich/ökonomische Systemanalyse“ initiiert. Das Ziel war eine ganzheitliche Systemanalyse, um herauszustellen, ob Zuckerrüben eine nachhaltige Alternative zum Silomais als Substrat für die Biogasproduktion darstellen. Für die Herstellung von flüssiger Biomasse (z. B. Biodiesel) zur Stromerzeugung sowie der Herstellung von Biokraftstoffen wurden bereits Nachhaltigkeitskriterien formuliert (ANONYMUS, 2009a; ANONYMUS, 2009b). Dies trifft jedoch nicht für die Herstellung von Biomasse zur Erzeugung von Biogas zu. Für eine ganzheitliche Systemanalyse ist es notwendig, Fruchtfolgen zu bewerten, sodass auch Vor- und Nachfruchteffekte berücksichtigt werden. Zudem zeigten AMON et al. (2007) und ZEGADA-LIZARAZU und MONTI (2011) die Notwendigkeit auf, Energiepflanzen in vielfältigen und nachhaltigen Fruchtfolgen anzubauen, sodass eine Kombination aus Energiepflanzen und Marktfrüchten entwickelt wird. Daher wurden an den Standorten Aiterhofen, Harste und Etzdorf Fruchtfolgen mit Zuckerrüben, Silomais und der Marktfrucht Winterweizen sowie alle drei Kulturarten im Daueranbau angebaut. Dies erfolgte in drei bzw. vier Wiederholungen in den Anbaujahren 2010-2014 und jedes untersuchte Fruchtfolgefeld wurde in jedem Jahr angebaut.

In einem Teilvorhaben wurde der genannten Fragestellung mit der Systemgrenze „Feld“ nachgegangen. Die Ziele und Erkenntnisse wurden in den drei folgenden Artikeln formuliert.



Im ersten Artikel wurde untersucht, welche Trockenmasse- und Methanhektarerträge sich beim Anbau von Zuckerrüben und Silomais in Fruchtfolgen mit Winterweizen sowie im Daueranbau von Zuckerrüben, Silomais und Winterweizen (nur Trockenmasse) in den Jahren 2011-2013 ergaben. Die Ergebnisse wurden im Journal *Agronomy* unter dem Titel „Silage Maize and Sugar Beet for Biogas Production in Rotations and Continuous Cultivation: Dry Matter and Estimated Methane Yield“ publiziert.

Weiterhin wurde ermittelt, welche Unterschiede sich an den Standorten Aiterhofen und Harste hinsichtlich der Stickstoffbilanz, dem mineralischen Stickstoffvorrat im Boden vor Winter sowie der Stickstoffauswaschung im Jahresverlauf beim Anbau von Zuckerrüben und Silomais in Fruchtfolgen mit Winterweizen sowie Silomais im Daueranbau (nur Harste) in den Jahren 2012-2014 ergaben. Ferner wurden der Einfluss des Anbaus von Winterweizen und der Zwischenfrucht Senf sowie die Gestaltung der Fruchtfolge bewertet und im zweiten Artikel „Stickstoffauswaschung als umweltrelevanter Wirkungspfad beim Anbau von Silomais und Zuckerrüben in unterschiedlichen Fruchtfolgen mit Winterweizen“ in der Zeitschrift *Zuckerindustrie* veröffentlicht.

Der dritte Artikel befasst sich mit der Intensität und dem Umweltrisiko des chemischen Pflanzenschutzes beim Anbau von Zuckerrüben, Silomais und Winterweizen in verschiedenen Fruchtfolgen sowie Silomais im Daueranbau an den Standorten Aiterhofen und Harste in den Jahren 2011-2014. Der Artikel „Intensität und Risiko des chemischen Pflanzenschutzes beim Anbau von Zuckerrüben, Silomais und Winterweizen in Fruchtfolgen“ wurde vom *Journal für Kulturpflanzen* angenommen und ist in Überarbeitung.

Literatur

Amon, T., B. Amon, V. Kryvoruchko, A. Machmüller, K. Hopfner-Sixt, V. Bodiroza, R. Hrbek, J. Friedel, E. Pötsch, H. Wagentristl, M. Schreiner, W. Zollitsch, 2007: Methane production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations. *Bioresource Technology* 98, 3204-3212.

Anonymus, 2000: Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) sowie zur Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes und des Mineralölsteuergesetzes vom 20. März 2000. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2000 Teil I Nr. 13, ausgegeben zu Bonn am 31. März 2000.