

2 Anbau von Winterackerbohnen als Zwischenfrucht für die Biogasproduktion

Einleitung

Die Erzeugung von Biogas und damit die Anzahl der Biogasanlagen ist in Deutschland in den letzten Jahren nicht nur im konventionellen, sondern auch im ökologischen Landbau stark angestiegen (ANSPACH & MÖLLER 2009). Etwa 5% aller Biogasanlagen befinden sich auf ökologisch bewirtschafteten Betrieben (ANSPACH & MÖLLER 2008). Da Silomais hohe Flächenerträge ermöglicht und standortübergreifend die Fruchtart mit dem höchsten Methanhektarertrag ist, hat er sich als wichtigste rohstoffliefernde Pflanze für die Biogasproduktion etabliert (GÖDEKE ET AL. 2007). Die Maisanbaufläche in Deutschland betrug 2008 insgesamt 2,19 Mio. ha. Nur ca. 13 000 ha davon wurden ökologisch bewirtschaftet (SCHMIDT & BURGER 2010). Durch Anbauprobleme wie z.B. unzureichende Stickstoffversorgung oder Schwierigkeiten bei der Unkrautregulierung und Umweltgefährdungen wie z.B. Bodenerosion oder Nährstoffaustrag ist der Maisanbau im ökologischen Landbau nicht sehr weit verbreitet, stellt aber auch dort ein wichtiges Substrat für die Vergärung in Biogasanlagen dar (ANSPACH & MÖLLER 2007). Abfrierende Zwischenfrüchte vor Mais ermöglichen eine Bodenbedeckung über Winter und können den Stickstoffaustrag reduzieren (NEUBAUER & KOHLS 1994). Nach dem Abfrieren kann der in der Pflanzenmasse enthaltene Stickstoff wieder mineralisiert werden und unterliegt damit erneut der Auswaschungsgefahr (LÜTKE ENTRUP & ZERHUSEN 1992). Diese Freisetzung ist bei winterharten Zwischenfrüchten nicht gegeben. Setzt die Mineralisation des Stickstoffs im Boden ein, was im Winter schon ab 1°C der Fall ist, nehmen die Winterzwischenfrüchte diesen auf und verhindern so eine Auswaschung (AUFHAMMER ET AL. 1996). Winterzwischenfrüchte ergeben in Kombination mit Zweitfrüchten wie Mais das sogenannte Zweikulturnutzungssystem (VETTER 2007). Dieses Anbausystem beruht auf der Ernte von zwei Kulturen pro Jahr, die nur möglich ist, da die Winterzwischenfrucht als Erstkultur vor der Reife geerntet wird und somit der Zweitkultur noch genügend Zeit zur Entwicklung bleibt (SCHEFFER 2000). Durch Bodenbedeckung über den gesamten Winter verhindert dieses Anbausystem nicht nur die Stickstoffauswaschung sondern ermöglicht durch Ausnutzung der gesamten Vegetationsperiode bis zu 19% höhere TM-Erträge als alleiniger Hauptfruchtanbau (STÜLPNAGEL 2007, TOEWS ET AL. 2008).

Im ökologischen Landbau spielt die Optimierung der Nährstoffversorgung der Pflanzen mit Stickstoff eine zentrale Rolle, da die Düngemittelzufuhr von außen limitiert ist (MÖLLER 2003). Der Nitratstickstoffgehalt im Boden wird hier vor allem durch die Fruchtfolge stark beeinflusst (GRUBER ET AL. 2003). Mais stellt mit einem Stickstoffbedarf von über 100 kg N/ha für 300-600 t Frischmasse hohe Anforderungen an die Fruchtfolge, da bei unzureichender Stickstoffversorgung nicht in ausreichender Mengen Biomasse produziert werden kann (GRASS 2003). Bei der Verfolgung des primären Ziels, mit dem Zweikulturnutzungssystem möglichst hohe Flächenerträge zu erzielen,

muss im ökologischen Landbau deshalb darauf geachtet werden, dass keine zu starke Konkurrenz zwischen Winterzwischenfrucht und Mais um den knappen Faktor Stickstoff entsteht. BECKMANN (2000) empfiehlt deshalb den Anbau von Leguminosen vor Mais. Durch ihr Stickstoffbindungsvermögen stellen winterharte Leguminosen als Zwischenfrüchte vor spät gesäten Zweitfrüchten wie Mais eine Produktionsreserve für die Stickstoffzufuhr im ökologischen Landbau dar (HAAS 2003). Auch KARPENSTEIN-MACHAN & STÜLPNAGEL (2000) bestätigten die positiven Stickstoff- und Fruchtfolgeeffekte des Leguminosenanbaus vor Mais. Neben der Nährstoffbereitstellung durch die Fruchtfolgegestaltung für den Mais sollte jedoch die Problematik der Nährstoffverluste vor und über Winter nicht in den Hintergrund geraten. Der Absenkung der N_{\min} -Gehalte im Boden im Herbst und Winter sollte besondere Bedeutung zugemessen werden (BECKMANN & KOLBE 2000), um Nährstoffausträge ins Grundwasser zu verhindern (KOLBE ET AL. 2004). Winterzwischenfrüchte vor Mais im ökologischen Landbau sollen somit neben möglichst hohen Flächenerträgen zwei weiteren Anforderungen gerecht werden: Zum einen sollen sie Stickstoff für die Nachfrucht bereitstellen, zum anderen ein hohes Stickstoffaufnahmevermögen vor Winter besitzen, damit die Belastung des Grundwassers weitgehend vermieden werden kann (SCHMIDTKE 1997). Anhand der Feldversuche in Göttingen in den Jahren 2007/08 und 2008/09 sollte herausgefunden werden, ob diese Ziele mit Leguminosenreinsaaten als Winterzwischenfrüchte in einem Zweikulturnutzungssystem erreicht werden können, oder ob ein Anbau mit dem Gemengepartner Roggen vorteilhaft ist.

Das Anliegen der vorliegenden Arbeit ist es, die Erzeugung von Energie aus ökologisch unbedenklich nachwachsenden Rohstoffen mit einem neu entwickelten Fruchtfolgeausschnitt für Biogasfruchtfolgen zu unterstützen und zu fördern. Bei der Entwicklung dieses neuen Fruchtfolgeausschnittes werden mehrere Ziele verfolgt:

1. Die durch Maisanbau oft nicht auszuschließende Umweltgefährdung soll minimiert werden. Ganzjährige Bodenbedeckung durch Winterzwischenfrüchte vor Energiemais soll für Boden- und Erosionsschutz sorgen und den Nährstoffaustrag durch Absenkung des mineralischen Stickstoffgehalts im Boden zu auswaschungsgefährdeten Zeiten verringern.
2. Das landwirtschaftliche Einkommen und der Gewinn sollen gewährleistet bleiben, indem der Methanhektarertrag mindestens so hoch wie bei herkömmlichen Anbausystemen ist.
3. Die Nährstoffversorgung für die Zweitfrucht Mais soll ohne mineralische Stickstoffdüngemittel optimiert werden, indem Stickstoff durch die symbiotische Fixierung bereitgestellt werden. Hierdurch soll ein Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz geleistet werden.
4. Die Biodiversität soll durch Auflockerung der Fruchtfolge erhöht werden, indem Winterackerbohnen als bisher kaum verbreitete Leguminose in das Zweikulturnutzungssystem zur Biogasnutzung etabliert wird.

Um diese Ziele so gut wie möglich zu erreichen, wurde ein Zweikulturnutzugssystem mit Winterackerbohnen als legume Komponente in Reinsaat oder Gemenge entwickelt. In mehrjährigen Feldversuchen am Standort Göttingen wurde das System hinsichtlich der optimalen Kombination aus Saat- und Ernteterminen der Winterzwischenfrüchte, deren Bestandesdichte und Vorfruchteffekte auf den nachfolgenden Mais, Trockenmasse- und Methanerträge und mineralisiertem Stickstoff im Boden untersucht.

Material und Methoden

Standorteigenschaften und Witterung

Die zweijährigen Feldversuche wurden in den Versuchsjahren 2007/08 und 2008/09 am Versuchsstandort Göttingen auf dem Kloostergut Reinshof (51°32'N, 9°56'E) durchgeführt. Die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur in Göttingen beträgt 8,7°C, der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 650 mm. Die Versuche wurden auf den Schlägen „Garte Nord“ (2007/08) und „Kamp“ (2008/09) angelegt, die 160 m ü. NN. im Leinetalgraben lagen. Der Bodentyp war ein Gley-Kolluvium im nördlichen und ein Parabraunerde-Kolluvium im südlichen Bereich der „Garte Nord“ (STOCKFISCH 1997), sowie ein Auenlehm auf dem „Kamp“. Die Bodenarten konnten als toniger Schluff (Ut3) auf „Garte Nord“ und schwerer Lehm (LT1Al) auf „Kamp“ angesprochen werden. Der Boden-pH wurde jeweils zu Beginn der Versuche erfasst und betrug 6,8 (Garte Nord) und 7,3 (Kamp). Bei Voruntersuchungen wurden auch die Phosphor-, Kalium- und Magnesiumumgehalte und der Humusgehalt analysiert (Tab. 1). Vorfrucht aller Versuche war in beiden Jahren Winterweizen. Die Saatbettbereitung vor der Winterzwischenfruchtsaat erfolgte mit einer Kreiselegge, vor der Maissaat mit der Fräse. Um die Zwischenfruchtauswirkungen nicht zu maskieren, wurde in allen Versuchen auf Stickstoffdüngung verzichtet. Damit wurde ein wesentlicher Aspekt des ökologischen Landbaus abgebildet.

Tab. 1: Bodenchemische Kennwerte der Versuchsfelder „Garte Nord“ 2007/08 und „Kamp“ 2008/09.

	Garte Nord 2007/08	Kamp 2008/09
ph	6,8	7,3
Phosphor [mg P ₂ O ₅ /100g TS]	9,0	14,3
Kalium [mg K ₂ O/100g TS]	15,8	12,0
Magnesium [mg/100g TS]	9,0	16,0
Humus [%]	2,2	3,0

Versuchsdesign

Hauptversuch

Im sogenannten „Hauptversuch“ wurden zwei Genotypen der Göttinger Winterackerbohne (B) in Gemenge und Reinsaaten mit verschiedenen Winterzwischenfrüchten (F) untersucht. Die Winterzwischenfrüchte wurden in beiden Jahren (J) an zwei Saatterminen (S) gesät und an drei Ernteterminen (E) geerntet. Jeweils im Anschluss an die Winterzwischenfruchternte wurden die Parzellen gefräst und die Zweitfrucht Mais mit 12,8 Korn/m² gesät.

In beiden Versuchsjahren wurde das Zweikulturnutzungssystem in einer vierstufigen Spaltanlage mit Großteilstückfaktor Winterzwischenfruchternten (E), Mittelteilstückfaktor I Saattermine der Winterzwischenfrüchte (S), Mittelteilstückfaktor II Winter-

zwischenfrüchte (F), Kleinteilstückfaktor Winterackerbohnen-Genotypen (B) (Tab. 2) und mit n = 2 Wiederholungen angelegt.

Tab. 2: Hauptfaktoren, Faktorstufen, Beschreibungen und Abkürzungen der Spaltanlage des Hauptversuchs

Faktor, Faktorstufen	Beschreibung (Abkürzung)
Jahre J = 2	2007/08 (J1), 2008/09 (J2)
Winterackerbohnen-Genotypen B = 2	WAB98-21, WAB98-98, WAB98-267 (B1), W:Beob, Gö Karl, Dhsn (B2)
Winterzwischenfrüchte F = 5	Winterackerbohne, doppelte Saatstärke* (Bd), Winterackerbohne, einfache Saatstärke* (Be), Winterackerbohnen-Wintererbsengemenge* (BE), Winterackerbohnen-Winterroggengemenge, doppelte Saatstärke Winterackerbohne* (BRd), Winterroggengemenge, einfache Saatstärke Winterackerbohne* (BRe)
Saattermine Winterzwischenfrüchte S = 2	09.10.2007, 10.10.2008 (S1), 22.10.2007, 20.10.2008 (S2)
Erntetermine Winterzwischenfrüchte / Saattermine Mais E = 3	28.04./02.05.2008, 21.04./04.05.2009 (E1), 13.05./19.05.2008, 05.05./26.05.2009 (E2), 26.05./29.05.2008, 19.05./26.05.2009 (E3)

*siehe Tab. 3

Tab. 3: Abkürzungen und Informationen über die Winterzwischenfrüchte (F) des Hauptversuchs

Abkürzung	Winterzwischenfrucht	Saatstärke
Bd	Winterackerbohne	70 Korn/m ²
Be	Winterackerbohne	35 Korn/m ²
BE	Winterackerbohne + Wintererbse	26 Korn/m ² 53 Korn/m ²
BRd	Winterackerbohne + Winterroggen	53 Korn/m ² 225 Korn/m ²
BRe	Winterackerbohne + Winterroggen	26 Korn/m ² 225 Korn/m ²

Bei allen Varianten der Spaltanlage wurden Trockenmasseerträge (TM) der Zwischen- und der Zweitfrüchte und mineralisierter Bodenstickstoff (N_{min}) zu verschiedenen Zeitpunkten erhoben.

Biogasversuch

Biogas-, Methan-, Schwefel- und Stickstoffanalysen der beiden Versuchsjahre 2007/08 und 2009/09 konnten nicht an allen, sondern nur an ausgewählten Varianten des Hauptversuchs durchgeführt werden (Tab. 4). Für diese Analysen wurden die im Hauptversuch nicht auftretende Versuchsvariante der Winterroggenreinsaat (R), sowie die jeweils dritte Wiederholung ausgewählter Varianten aus einem auf dem gleichen Schlag liegenden Versuch verwendet. Die Versuchsanlage entsprach einer Blockanlage mit $n = 3$ Wiederholungen.

Tab. 4: Abkürzungen und Informationen ausgewählter Varianten (V) des Hauptversuchs

Variante/ Abkürzung	Winterzwischenfrucht (F)	Saattermin (S)	Erntetermin (E)	Saatstärke Winteracker- bohne
Standard	Winterackerbohne	S1*	E2*	35 Korn/m ²
BE	Winterackerbohne + Wintererbse	S1*	E2*	26 Korn/m ² 53 Korn/m ²
BRd	Winterackerbohne + Winterroggen	S1*	E2*	53 Korn/m ² 225 Korn/m ²
BRe	Winterackerbohne + Winterroggen	S1*	E2*	26 Korn/m ² 225 Korn/m ²
d	Winterackerbohne	S1*	E2*	70 Korn/m ²
E1	Winterackerbohne	S1*	E2*	35 Korn/m ²
E3	Winterackerbohne	S1*	E3*	35 Korn/m ²
R	Winterroggen	S1*	E2*	300 Korn/m ²
s	Winterackerbohne	S2*	E2*	35 Korn/m ²

*genaue Daten der beiden Versuchsjahre können Tab. 2 entnommen werden.

Zusatzversuch I: Ertrag und Inhaltstoffe von Winterackerbohnen in Abhängigkeit vom Erntetermin

Ergänzend zum Hauptversuch wurde ein zweijähriger (2007/08 und 2008/09) Versuch einer Winterackerbohnenreinsaat angelegt. Ziel des Blockversuchs mit $n = 2$ Wiederholungen war es, ergänzende Daten zur Standardvariante Winterackerbohnenreinsaat (Standard, Tab. 4) des Hauptversuches zu ermitteln. Winterackerbohnen wurden analog zum zweiten Saattermin (S2) mit 35 Korn/m² gesät. Vom 4. April bis 11. Juli wurden in beiden Jahren in regelmäßigen Abständen neun Ertragsschnitte durchgeführt und Trockenmasseertrag, Trocksubstanz-, Stickstoff- und Kohlenstoffgehalt, Stickstoff- und Kohlenstoffertrag, das C/N-Verhältnis und mineralisierter Bodenstickstoff (N_{\min}) bestimmt.