

## 1 Einleitung

Es ist ein aktuelles politisches Ziel, die Versorgung der Bevölkerung mit elektrischer Energie zunehmend aus regenerativen Quellen zu bewerkstelligen. Mit dem Beschluss des EEG (Erneuerbare-Energie-Gesetz, Bundesministerium für Justiz 2008) sollen Biokraftstoffe sowie Technologien zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien gefördert werden, um so bis zum Jahr 2020 den Energieverbrauch durch Strom in Deutschland zu mindestens 30% aus erneuerbarer Energie decken zu können.

Eine Möglichkeit zur Stromerzeugung mittels erneuerbarer Energie ist durch den Einsatz nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen gegeben. Hier kann durch die Vergärung von Biomasse brennbares Gas (Methan) erzeugt werden, welches anschließend in einem Blockheizkraftwerk zur Stromerzeugung genutzt werden kann. Die wichtigste Biomassequelle für Biogasanlagen in Deutschland ist derzeit der Mais. Durch enge Fruchtfolgen wird dessen Anbau jedoch zunehmend von Schaderregern und dem Auftreten schwer bekämpfbarer Unkräuter begleitet (Hötte et al. 2010).

Die intensive landwirtschaftliche Flächennutzung ist vielfach mit hohem Einsatz stickstoffhaltiger Düngemittel verbunden. In Fruchtfolgen, in denen aus der Vorkultur bereits Überhänge aus der Stickstoffdüngung bestehen und nicht unmittelbar eine Folgefrucht angebaut wird, befinden sich unter Umständen große Mengen mineralischen Stickstoffs im Boden. Zudem können im Herbst durch Mineralisation weitere Stickstoffmengen hinzukommen. Werden diese sehr beweglichen Nährstoffe nicht gebunden, steigt die Gefahr, dass mit dem Beginn der winterlichen Sickerwasserperiode beachtliche Nitratmengen aus dem Boden ausgetragen werden. Die Eutrophierung von Gewässern sowie eine Verschlechterung der Trinkwasserqualität sind nur einige der auftretenden Risiken. Ziel muss es daher sein, die Austragung von Nitrat zu minimieren.

In Deutschland wurden hierzu juristische und politische Vorgaben formuliert. So sind in der Trinkwasserverordnung (Bundesministerium der Justiz 2001) neben anderen chemischen Substanzen auch die Grenzwerte für Nitrat ( $50 \text{ mg l}^{-1}$ ) im Grundwasser festgesetzt worden. Des Weiteren fordert die Wasserrahmenrichtlinie die Politik auf, einen guten Zustand der Grund- und Oberflächengewässer herbeizuführen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2010).

---

Somit lassen sich zwei besondere Herausforderungen politischer, ökologischer und juristischer Art benennen, die u. a. von der Landwirtschaft erfüllt werden sollen:

1. die Bereitstellung von Biomasse zur energetischen Nutzung, möglichst ohne weitere Intensivierung des Maisanbaues
2. die Reduzierung der Nitratbelastungen von Grund- und Oberflächengewässern

Ein Instrument zur Verminderung der winterlichen Stickstoffverlagerungen stellt der Anbau von Winterzwischenfrüchten dar. Im Allgemeinen werden Winterzwischenfrüchte vorwiegend zur Ackerbegrünung und zur Futternutzung angebaut (Lütke Entrup 2001). Neben der Verminderung von Sickerwasserbildung und Stickstoffverlagerung wird auch der Schutz vor Wind- und Wassererosion, die Unkrautunterdrückung, eine Förderung des Bodenlebens sowie die Lieferung energie- und eiweißreicher Futtermittel durch den Anbau von Winterzwischenfrüchten geschätzt. Doran & Smith (1991) erwähnen des Weiteren einen positiven Effekt auf Krankheits- und Schädlingsbefall durch höhere Pflanzen-Diversität.

Durch den Einbau von Stickstoff in die wachsende Pflanzenmasse wird dieser gespeichert; eine Verlagerung in tiefere Bodenschichten oder gar ins Grundwasser wird vermieden (Elers & Hartmann 1987, Lewan 1994, Vos et al. 1998, Isse et al. 1999, Lütke Entrup 2001, Thorup-Kristensen 2003). Da die Aufnahme von Nährstoffen und der Einbau in die Biomasse nur möglich sind, solange die Pflanzen (transpirativ) aktiv sind, ist es vorteilhaft, wenn die Pflanzen mineralisierten Stickstoff im Herbst möglichst rasch in die Biomasse aufnehmen. Die Aufnahme von Stickstoff setzt wiederum das Vorhandensein eines ausreichend entwickelten Wurzelsystems und das Vorhandensein von Pflanzenmasse voraus, in welche eingelagert werden kann (Thorup-Kristensen 2001). Dabei ist die Menge an Stickstoff, die gebunden werden kann, abhängig von der Wachstumsrate und der Stickstoff-Konzentration in der Pflanzenmasse (Vos et al. 1998).

In Klimazonen, in denen die Pflanzen eine Vegetationsruhe zeigen, sollte vor dieser Phase möglichst viel mineralisierter Stickstoff aus dem Boden in die Pflanze aufgenommen worden sein. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass aufgrund kürzer werdender Tageslängen mit einhergehend geringerer Einstrahlung im Herbst, die Wachstumsbedingungen häufig als nicht optimal anzusehen sind (Baeumer 1978). Dennoch wird vielfach die Stickstoff-Aufnahmefähigkeit der Winterzwischenfrüchte im Herbst nicht voll ausgeschöpft (Schröder et al. 1997). Für die effektive Speicherung des Stickstoffes über Winter ist des Weiteren eine ausreichende Winterhärte von großer Bedeutung, denn bei einem Absterben des Bestandes im frühen Winter kann es zu erneuter Freisetzung von bis zu 80% des bereits gebundenen Stickstoffs zu Vegetationsbeginn kommen (Berger et al. 1993).

---

Mit der Etablierung des Verfahrens zur Produktion von Elektrizität aus Biomasse mittels Biogasanlagen steht nunmehr neben der Nutzung als Gründüngung und Futter eine weitere Verwendungsrichtung für die Winterzwischenfrüchte zur Verfügung: die energetische Nutzung.

Als Basissubstrat zur Biogaserzeugung kommt in der Regel Flüssigmist (Gülle) zur Anwendung. Diesem Substrat werden biogene Reststoffe aus der Lebensmittelindustrie und Landwirtschaft aber zunehmend auch nachwachsende Rohstoffe zugesetzt (Kaiser et al. 2004), da durch die Mitvergärung dieser Substrate der Methanertrag deutlich erhöht werden kann (Weiland 2000). Als Gärsubstrat können grundsätzlich alle Pflanzen eingesetzt werden, jedoch dürfen sie nur eine sehr geringe Lignifizierung aufweisen (Weiland 2004). Häufig wird für die Energiegewinnung bislang als sogenanntes Koferment Silomais eingesetzt. Aufgrund seiner Ertragssicherheit und der ausgereiften Anbau- und Erntetechnik ist der Maisanbau in der landwirtschaftlichen Praxis in der Regel fest eingeplant, ein Verzicht auf den Anbau des Maises ist häufig unerwünscht.

Insbesondere in Fruchtfolgen, in denen Energiemais nach einer vorausgehenden Körnerfrucht angebaut werden soll, könnte der Winterzwischenfruchtanbau die oben dargestellten Vorzüge offenbaren und hinsichtlich der Bereitstellung von Biomasse und der Nitratkonservierung eine Schlüsselstellung einnehmen. Über das Leistungsvermögen der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen als stickstoffbindende Winterbegrünung bei gleichzeitiger Lieferung energiereicher Biomasse, ohne dabei den Ertrag der nachfolgenden Zweitkultur zu schmälern, wurde bislang nur wenig berichtet.

Ziel der im Folgenden vorgestellten Untersuchungen war es herauszuarbeiten, welche Winterzwischenfrüchte des mitteleuropäischen Anbaugebietes qualifiziert sind um

- viel mineralisierten Bodenstickstoff im Herbst zu binden und dadurch vor einer Verlagerung in größere Bodentiefen zu bewahren,
- im Winterhalbjahr eine beträchtliche Biomasse für die Verwendung in Biogasanlagen zu produzieren,
- günstige Vorfruchteffekte auf den nachfolgendem Mais auszuüben.

Es soll versucht werden, diese drei Merkmale in einem Index zu aggregieren um so die relative Anbauwürdigkeit der geprüften Winterzwischenfrüchte zu rangieren.