

N<sub>2</sub>ON<sub>2</sub>O

# Klimaeffizienter Anbau von Energiepflanzen

Jürgen Kern, Hans Jürgen Hell

Mit dem kontinuierlichen Anstieg der Kohlendioxid-Konzentration in der Erdatmosphäre zeichnet sich ein Klimawandel ab, der heute kaum noch in Frage gestellt wird. Neben Kohlendioxid spielt vor allem Lachgas (N<sub>2</sub>O) eine besondere Rolle, dessen Treibhausgaspotenzial etwa 300mal höher ist als das von CO<sub>2</sub>. Ein erheblicher Teil des freigesetzten Lachgases stammt aus der Landwirtschaft. Durch eine angepasste Düngung von Energie liefernden Pflanzen lässt sich die Emission von Treibhausgasen verringern.

## Nachwachsende Rohstoffe – ein Weg aus der Energie- und Klimakrise?

Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen hat in den letzten Jahren neue Möglichkeiten für eine CO<sub>2</sub>-neutrale Energiebereitstellung geschaffen. Während einjährige Kulturen wie Roggen (Abb. 1), Weizen und Hanf vorwiegend stofflich und zur Biogasproduktion

genutzt werden, sind mehrjährige Gehölzkulturen wie Pappel und Weide (Abb. 2) in Form von Holzhackschnitzel oder Holzpellets vornehmlich für die thermische Verwertung bestimmt.

Entscheidend für die Frage, welche Kultur als Energielieferant ange-

Abb. 1: Winterroggen mit Begleitflora



Abb. 2: Frühlingsaustrieb bei Weide nach einjähriger Pflanzung auf neu angelegten Parzellen



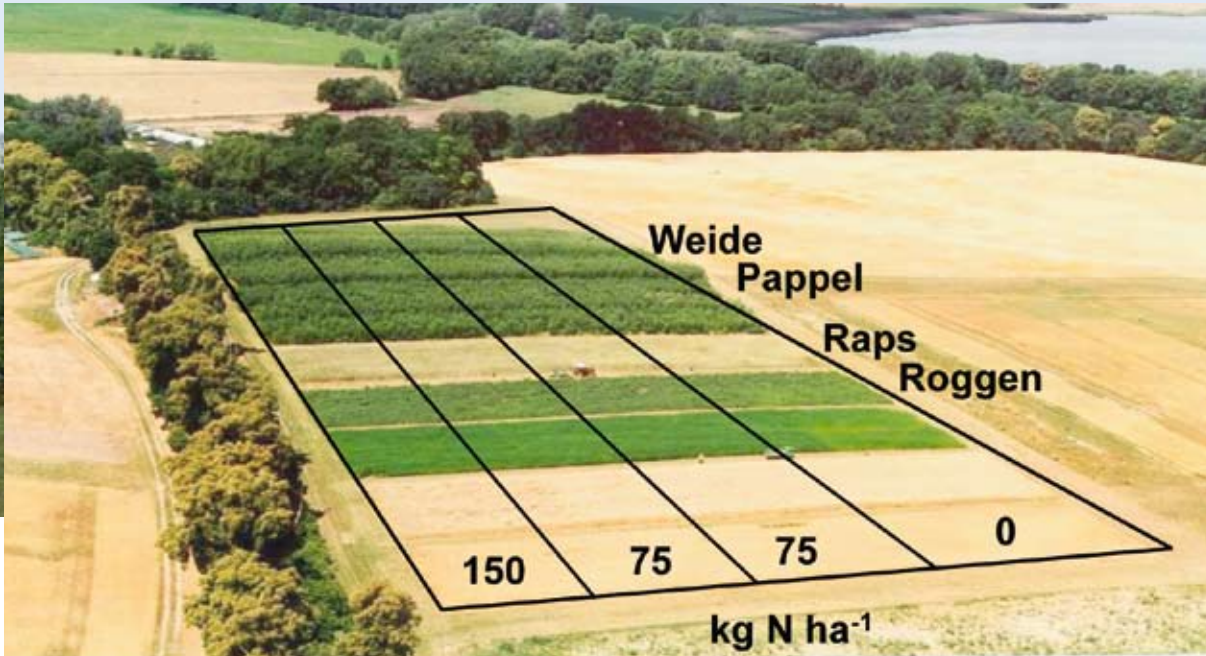


Abb. 3: Luftaufnahme der seit 1994 bestehenden Energieplantage des ATB

baut werde sollte, ist die energetische Effizienz, also das Verhältnis der gewonnenen und nutzbaren Energie zum Energieaufwand, der zur Biomasseproduktion erforderlich ist. Dies lässt sich im Rahmen einer Ökobilanzierung abschätzen, die möglichst die gesamte Wertschöpfungskette von der Flächenanlage über die Bestandesführung bis hin zur Ernte und dem Nacherntebereich abbilden sollte. Um den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen rentabel zu gestalten, arbeitet der Landwirt im Allgemeinen auf den maximalen Biomasseertrag hin. Dies kann durch den Einsatz von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln erreicht werden, zumindest für Ackerbaukulturen mit ausreichender Wasserversorgung. Dabei stellt sich aber die Frage, wann der Punkt erreicht ist, an dem die positive  $\text{CO}_2$ -Bilanz von Biofestbrennstoffen durch die mit der Düngung verbundenen direkten und indirekten Treibhausgasemissionen aufgehoben wird.

## Stickstoffdüngung und Lachgasemission

Ein wichtiger Faktor bei der Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen ist der Einsatz von mineralischen Stickstoffdüngemitteln. Schon seine Produktion im Haber-Bosch-Verfahren ist ausgesprochen energieaufwändig, führt also zur Freisetzung von  $\text{CO}_2$ . Außerdem kommt es sowohl bei der Herstellung stickstoffhaltiger Düngemittel als auch bei der Anwendung im Pflanzenbau zu direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen. Um diese Einflüsse zu beschreiben, wurde am Leibniz-Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) seit Mitte der 1990er Jahre eine der inzwischen ältesten Energieplantagen in Deutschland angelegt. Verschiedene einjährige und mehrjährige Kulturen werden

hier auf lehmigem Sandboden angebaut. In drei verschiedenen Düngungsstufen (0 kg N, 75 kg N, 150 kg pro Hektar und Jahr) wachsen auf 624 m<sup>2</sup> großen Parzellen Pappel und Weide im Kurzumtrieb sowie als Fruchtfolge Roggen, Raps und andere Getreidekulturen im jährlichen Schnitt (Abb. 3). Neben den Ertragshebungen wurde für einen Zeitraum von vier Jahren (2003–2006) die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission auf diesen Flächen gemessen (Abb. 4).



Mehrjährige Gehölzkulturen wie Pappel und Weide sind vornehmlich für die thermische Verwertung bestimmt, z. B. in Form von Holzpellets

Saisonale Effekte, die die Temperaturabhängigkeit der Bodenmineralisation widerspiegeln, führen zu verstärkten Lachgasfreisetzungen während der Vegetationsperiode. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass für einige Wochen nach der Ausbringung des mineralischen Stickstoffdüngers stark erhöhte  $N_2O$ -Emissionen auftreten können. In allen Parzellen zeichnete sich eine deutliche Abhängigkeit zwischen Düngungsintensität und  $N_2O$ -Emission ab (Abb. 5). Insgesamt höher waren die  $N_2O$ -Emissionen auf den Böden mit einjährigen Kulturen, also solchen, die einer intensiveren Bodenbearbeitung und damit einer erhöhten Mineralisation unterlagen. Nach Abzug des  $N_2O$ -Emissionswertes aus der Nulldüngung ergibt sich der so genannte düngungsinduzierte Emissionsfaktor, der in unserer vierjährigen Studie zwischen 0,5 und 1,8% lag. Vom Weltklimarat (IPCC) wird der Orientierungswert 1% angegeben, was soviel bedeutet, dass durchschnittlich 1% des applizierten Düngerstickstoffs als  $N_2O$  verloren geht. Beim Einsatz von 150 kg N pro Hektar und Jahr kam es mit Ausnahme der Weidenkultur zur Überschreitung dieses Orientierungswerts. Deshalb ist bei der Produktion von Biofestbrennstoffen grundsätzlich ein geringer Stickstoffbedarf der Kultur und somit eine niedrige Zufuhr an mineralischem Stickstoffdünger anzustreben.

## Genügsame Kurzumtriebsplantagen

Während für die überwiegende Zahl der einjährigen Energiepflanzen Untersuchungen über den Mineraldüngerbedarf vorliegen, ist der Kenntnisstand zur Düngung von Kurzumtriebsplantagen noch gering. Im Vergleich zu den Qualitätsanforderungen an Lebens- und Futtermittel – das betrifft vor allem deren Proteingehalt – werden an Energiepflanzen nur geringe Anforderungen gestellt. Das kommt dem Anbau von Kurzumtriebsgehölzen wie Pappel und Weide entgegen, denn deren Stickstoffgehalte liegen in der Regel unter denen von einjährigen Kulturen. Damit ist zusätzlich der positive Effekt verbunden, dass bei ihrer Verbrennung deutlich geringere Emissionen des Treibhausgases  $NO_x$  entstehen.

Um das Düngungsmanagement in Kurzumtriebsplantagen zu optimieren, müssen noch die Zusammenhänge zwischen Stickstoffdüngung, Holztertrag und bodenbürtiger  $N_2O$ -Emission beim Anbau der Gehölze geklärt werden. Vor diesem Hintergrund wurde im Herbst 2008 im Rahmen eines FNR-Forschungsprojekts eine neue Kurzumtriebspflanzung mit Pappel (*Populus maximoviczii* x *P. nigra*) und Weide (*Salix viminalis*) angelegt. Das Ziel ist dabei, bei reduzierten Düngemittelgaben (0, 25, 50 und 75 kg N pro Hektar und Jahr) die Ertragsentwicklung sowie die Auswirkungen auf die Umwelt zu erfassen. Neben den düngungsinduzierten Lachgasemissionen wird die Nitratauswaschung sowie der Einfluss der Mykorrhiza (Symbiose zwischen Pilzen und Feinstwurzeln) und der Begleitvegetation in einer randomisierten Blockanlage in Abhängigkeit vom Alter des Bestands untersucht.

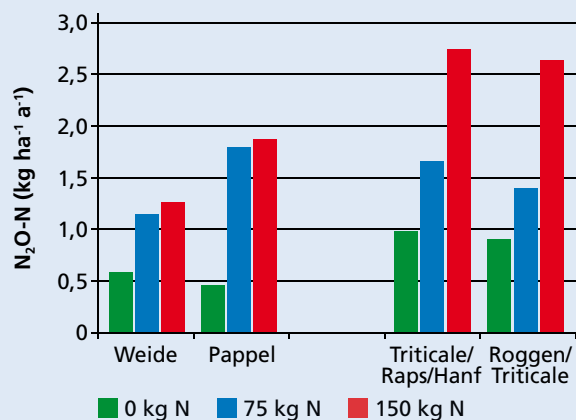
Im ersten Vegetationsjahr wurden weder bei Pappeln noch bei Weiden signifikante Wachstumsunterschiede zwischen den unterschiedlichen Düngestufen festgestellt. Hingegen wirkte sich eine verminderte Konkurrenz durch die Begleitflora deutlich positiv auf die Biomasseproduktion aus.

In den nächsten Jahren wird sich zeigen, ob die mobilisierbaren Bodennährstoffe sowie der Stoffeintrag mit dem Regenniederschlag zur Versorgung der Pappeln und Weiden mit Stickstoff ausreichen.



Abb. 4: Messhauben zur Erfassung der  $N_2O$ -Emissionen in Kurzumtriebsplantagen

Abb. 5: Mittlere Stickstoffflüsse in Form von  $N_2O$  auf der Energiepflanzung des ATB von 2003–2006



In diesem Fall könnte auf eine mineralische Stickstoffdüngung ganz verzichtet werden.

### Bewertung der CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Energiepflanzen

Durch die thermische Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen lassen sich fossile Ressourcen einsparen. Unter Berücksichtigung der vorgelagerten Prozesskette, der Produktion von Stickstoffdüngemittel sowie dem relativ unbedeutenden Einsatz von Kraftstoffen im Feld ergibt sich das günstigste Bild für Pappel und das ungünstigste für Raps (Abb. 6). Mit einer hohen Biomasseproduktion von durchschnittlich 9,1 t Trockengewicht pro Jahr, was umgerechnet 16,3 t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten entspricht, schneidet Pappel im Vergleich



Bäume können als CO<sub>2</sub>-Senken dienen.

zu den anderen untersuchten Kulturen am besten ab. Dabei ist der positive Effekt der Kohlenstofffestlegung im Boden-Wurzel-Bereich nicht einbezogen. Wenn die anbaubedingten N<sub>2</sub>O-Emissionen in die CO<sub>2</sub>-Bilanz eingehen, dann verringert sich auf der anderen Seite die CO<sub>2</sub>-Einsparung um 19–47% gemessen an der gesamten Kohlenstoffmenge, die in der pflanzlichen Biomasse festgelegt ist. Bei dieser Betrachtung handelt es sich um die wesentlichen Faktoren, die

mit der Stickstoffdüngung zusammenhängen. Die Berücksichtigung weiterer Faktoren wie zum Beispiel die Trocknung, die Lagerung und der Transport des Ernteguts führt zu weiteren Abzügen.

### Ausblick

Die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen eröffnet neue Perspektiven für die nachhaltige Nutzung von Energieressourcen. Dabei muss allerdings zwischen verschiedenen Anbausystemen und Kulturen unterschieden werden. Als besonders energieeffizient zeichnet sich für unseren Klimabereich die Produktion von verholzter Biomasse in Kurzumtriebsplantagen ab. Durch den geringen Bedarf an mineralischem Stickstoff werden nur geringe Treibhausgas-Emissionen verursacht, was das CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial von Kurzumtriebsgehölzen erhöht.

Im Vergleich zu anderen europäischen Staaten ist in Deutschland die Fläche für Kurzumtriebsplantagen mit etwa 2.000 ha noch verhältnismäßig klein. Ein Grund dafür dürfte die mittelfristige Kapitalbindung sowie die langfristige Flächenbindung sein. Für den Landwirt wird dadurch die Rentabilität im Vergleich zu ackerbaulicher Nutzung schwer kalkulierbar. Ein weiteres Hemmnis für die Etablierung von Kurzumtriebsplantagen ist die derzeitige Rechtslage: In Deutschland werden in fast allen Bundesländern Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen als Wald angesehen. Damit ist eine für den Flächeneigentümer nicht vertretbare Wertminderung seiner Fläche verbunden. Mit der bevorstehenden Novellierung des Bundeswaldgesetzes wird dieses Problem aber ausgeräumt werden. Die neu eingeführte Flächenprämie von 300 € pro Hektar für Kurzumtriebsplantagen, die auf landwirtschaftlichen Nutzflächen angelegt werden, kann weitere Impulse für dieses Anbausystem geben. ■

**ATB** Dr. Jürgen Kern, Prof. Dr. Hans Jürgen Hellebrand, Dr.-Ing. Volkhard Scholz und Antje Balasus, Leibniz-Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam. E-Mail: [jkern@atb-potsdam.de](mailto:jkern@atb-potsdam.de)

Abb. 6: Treibhausgasbilanz beim Einsatz von Stickstoffdüngemittel in Höhe von 150 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zur Produktion nachwachsender Rohstoffe (Angaben in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten)

