

---

## **Biomassepotenziale von Energiefruchtfolgen – Szenarienberechnungen unterschiedlicher Wasserregime**

B. Wienforth<sup>1</sup>, N. Svoboda<sup>2</sup>, K. Sieling<sup>1</sup>, H. Mehrrens<sup>2</sup>, A. Hermann<sup>2</sup>, F. Taube<sup>2</sup> und H. Kage<sup>1</sup>

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, <sup>1</sup>Abteilung Acker- und Pflanzenbau,  
<sup>2</sup>Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität Kiel

### **Einleitung und Problemstellung**

Seit der Novellierung des Erneuerbare Energien Gesetzes (01. August 2004) besteht in Deutschland ein Trend zur Nutzung von Biomasse für die Biogasproduktion. Die Frage nach optimalen Energiepflanzenfruchtfolgen für die jeweiligen Standorte ist jedoch nicht ausreichend geklärt. Der Anbau von Mais in Monokultur ist derzeit, bedingt durch ein hohes Ertragspotenzial, übliche Praxis. Doch insbesondere in Schleswig-Holstein scheint eine Optimierung der Produktion über die Fruchtfolgewardahl auf Grund klimatischer Verhältnisse diskussionswürdig. So schränken vergleichsweise niedrige Jahresdurchschnittstemperaturen die Anbauwürdigkeit von Mais ein. Andererseits begünstigen hohe Jahresniederschlagssummen die Intensivierung von Energiefruchtfolgen durch Winterzwischenfrüchte als eine mögliche Alternative zur Maismonokultur. Weiterhin muss eine Umwidmung von Grünlandflächen des Futterbaus hin zur energetischen Nutzung der Biomasse als wahrscheinlich angenommen werden. Im Rahmen des Verbundprojektes BIOGAS-EXPERT (siehe Beitrag PACHOLSKI et al., 2007) soll unter anderem die Frage nach geeigneten Energiefruchtfolgen in Bezug auf deren Ertragspotentiale experimentell untersucht und zur genaueren Abschätzung modelliert werden. Für eine erste Betrachtung wurde eine Simulationsstudie (1970-2006) unter besonderer Berücksichtigung des Wasserhaushaltes durchgeführt. Im vorliegenden Beitrag werden Ergebnisse zu Ertragsleistung und Wasserhaushalt zweier Fruchtfolgen (Maismonokultur vs. Dauergrünland) auf zwei unterschiedlichen Standorten (maritim vs. kontinental) vorgestellt.

## Material und Methoden

Das verwendete Modell besteht aus Modulen zur Beschreibung des Bodenwasserhaushalts, der Evapotranspiration und des Pflanzenwachstums und wurde in die klassenorientierte Modellumgebung HUME (KAGE et al., 2001a, KAGE et al., 2001b) implementiert. Das Evapotranspirationsmodul basiert auf Ansätzen nach Penman-Monteith, das Wasserhaushaltsmodul ist ein potenzialbasiertes Schichtenmodell. Die Module zur Berechnung der Biomasseproduktion wurden aus dem Modell FOPROQ (KORNHER und TORSSELL, 1983, HERRMANN et al., 2005) abgeleitet. Für die Szenarienberechnung wurden zwei sich klimatisch deutlich unterscheidende Standorte gewählt. Die Bodenparameter dieser Standorte wurden jedoch annähernd gleich gestaltet um den klimatischen Einfluss auf die Erträge zu fokussieren. Der kontinental geprägte Standort weist eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9.2 °C bei 508 mm Niederschlag auf. Der maritime Standort ist gekennzeichnet durch eine mit 8.7 °C etwas geringere Jahresmitteltemperatur und einer deutlich höhere Jahresniederschlagssumme von 776 mm (Abb. 1). Bei den zu Grunde liegenden Bodentypen handelt es sich um eine tiefgründige Parabraunerde-Braunerde aus Geschiebemergel (maritim) oder Sandlöss (kontinental). Der Parametrisierung der Pflanzenmodule lag eine frühe Silomaisorte sowie ein intensiv bewirtschaftetes Dauergrünland mit 4-Schnittnutzung zu Grunde. Es wurde eine Durchwurzelungstiefe für Mais von 90 cm und für Grünland von 60 cm angenommen. In die Berechnung der Ertragsleistung und des Wasserhaushaltes von Dauergrünland geht ein Winteraufwuchs mit ein.

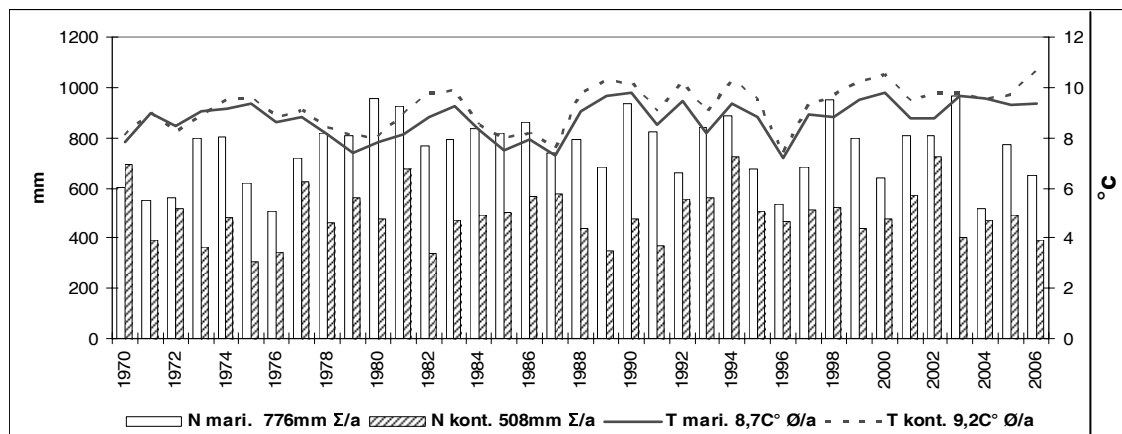


Abb. 1: Jahresniederschlagssummen und Jahresdurchschnittstemperaturen dargestellt für den kontinental (kont.) geprägten und den maritimen (mari.) Standort über 36 Jahre.

## Ergebnisse und Diskussion

Auf dem maritimen Standort erzielte Mais mit durchschnittlich 158 dt/ha die höchsten Trockenmasseerträge (Abb. 2). Grünland produzierte durchschnittlich 127 dt/ha. Auf dem kontinentalen Standort erreichte der Mais mittlere Erträge, die 27% (Grünland 21%) unter denen der entsprechenden Kulturart unter maritimen Bedingungen lagen. Während für den maritimen Standort bei beiden Kulturen ein leichter Ertragsanstieg über die Jahre festgestellt werden konnte, war dies am kontinentalen Standort nicht zu beobachten. Auch war hier die Ertragsstabilität deutlich geringer, wie aus den Variationskoeffizienten zu erkennen ist (Tab. 1). Der Vergleich beider Kulturarten belegt unabhängig vom Standort eine höhere Ertragsstabilität für Grünland. Bei den vorliegenden Berechnungen wird die Zunahme der Biomasse im Wesentlichen von den Faktoren Strahlung, Temperatur und pflanzenverfügbarem Wasser beeinflusst. Im Folgenden sollen der

Tab. 1: Variationskoeffizienten (%) der oberirdischen Trockenmasse.

	maritim	kontinental
Gras	6.9	15.5
Mais	15.0	24.3

Faktor Temperatur, aber hauptsächlich der Wasserhaushalt eingehender betrachtet werden. In Tab. 2 ist die Anzahl der Tage mit einer nutzbarer Feldkapazität (nFK) geringer 50% dargestellt. Tage mit einer nFK < 50% wurden auf dem maritimen Standort im Mittel über den Betrachtungszeitraum nur in sieben (Grünland) bzw. fünf (Mais) Monaten erreicht. Auf dem kontinentalen Standort fiel der Bodenwassergehalt an deutlich mehr Tagen pro Monat und in mehr Monaten unter 50 % nFK ab. Eine vollständige Auffüllung des Bodenwasserspeichers wurde an diesem Standort im Mittel über die Jahre nicht erreicht (nicht dargestellt).

Tab. 2: Anzahl der Tage mit einer nutz-  
baren Feldkapazität geringer 50%.

	maritim		kontinental	
	Gras	Mais	Gras	Mais
<b>Jan</b>	0	0	0	0
<b>Feb</b>	0	0	0	0
<b>Mrz</b>	0	0	7	0
<b>Apr</b>	1	0	19	2
<b>Mai</b>	13	0	30	10
<b>Jun</b>	18	0	29	14
<b>Jul</b>	15	5	30	26
<b>Aug</b>	15	10	30	29
<b>Sep</b>	8	8	30	27
<b>Okt</b>	0	0	28	21
<b>Nov</b>	0	0	19	9
<b>Dez</b>	0	0	7	1

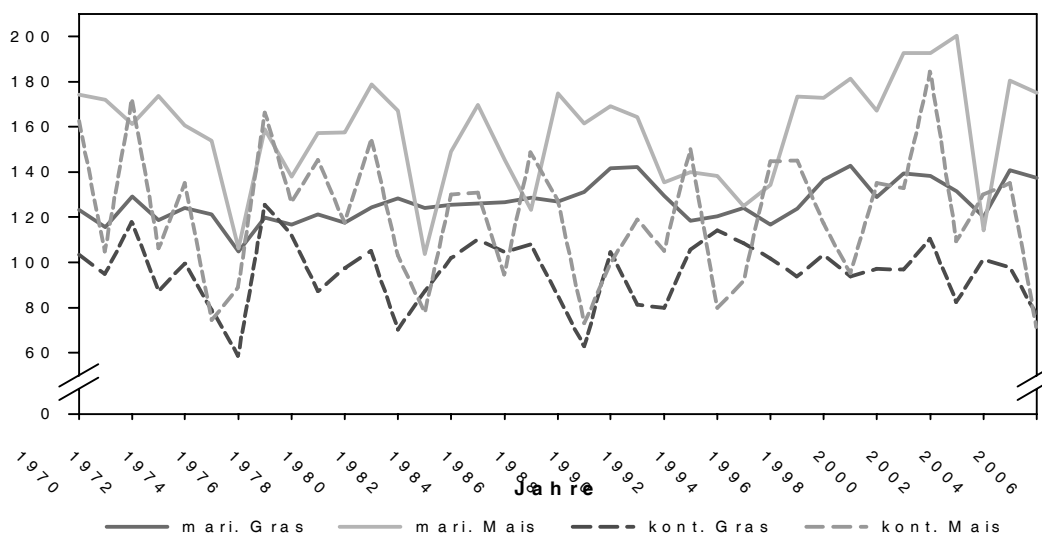


Abb. 2: Erträge dargestellt als oberirdische Trockenmasse [dt TM /ha] von Mais und Grünland auf dem kontinental (kont.) geprägten und dem maritimen (mari.) Standort.

Das Verhältnis der kumulierten aktuellen zur kumulierten potenziellen Transpiration (TR) (Tab. 3) ist eine Größe, die über die Betrachtung des Bodenwasserspeichers hinaus, einen direkten Effekt von Wassermangel auf die Pflanzen abbildet. Aus einem Rückgang der aktuellen Transpiration resultiert eine entsprechende Reduktion des zu erreichenden Ertrages. Die Kulturart Mais wies auf dem maritimen Standort mit einer mittleren TR von 0.9 gegenüber dem kontinentalen Standort mit einer mittleren TR von 0.7 geringere Differenzen zwischen aktueller und potenzieller Transpiration auf. Das Grünland verhielt sich im Vergleich der beiden Standorte ähnlich, lag aber immer unter den Werten von Mais. Die Produktivität der Evapotranspiration (PET) als Maß der Wassernutzungseffizienz tendierte im Vergleich der Kulturarten und Standorte analog zu den TR-Werten.

Tab. 3: Verhältnis von kumulierter aktueller zu kumulierter potenzieller Transpiration (TR), sowie Produktivität der Evapotranspiration (PET) für Grünland und Mais auf einem maritim und einem kontinental geprägten Standort.

	maritim		kontinental	
	Gras	Mais	Gras	Mais
<b>TR [-]</b>	0.8	0.9	0.6	0.7
<b>PET [g/l]</b>	2.9	3.6	2.4	3.2

gegenüber dem kontinentalen Standort mit einer mittleren TR von 0.7 geringere Differenzen zwischen aktueller und potenzieller Transpiration auf. Das Grünland verhielt sich im Vergleich der beiden Standorte ähnlich, lag aber immer unter den Werten von Mais. Die Produktivität der Evapotranspiration (PET) als Maß der Wassernutzungseffizienz tendierte im Vergleich der Kulturarten und Standorte analog zu den TR-Werten.

Diese Ergebnisse dokumentieren den deutlichen Effekt des Wasserhaushaltes auf die Produktivität der Kulturarten auf den unterschiedlichen Standorten. Mais als wassernutzungseffiziente C4-Pflanze mit einem größeren maximalen Wurzeltiefgang (90 cm) verglichen zum Grünland (60 cm) erzielte auf beiden Standorten höhere Erträge. Der relative Ertragsvorteil des Mais zeigte sich jedoch deutlicher auf dem kontinentalen Standort (31 vs. 25 dt/ha Mehrertrag), bedingt durch die nahezu optimale Wasserversorgung am maritimen Standort. Der Faktor Temperatur scheint bei dieser Betrachtung weniger entscheidend zu sein, da dieser sich am maritimen Standort eigentlich durch die geringeren Jahresdurchschnittstemperaturen hätte negativ auswirken müssen. Was die Ertragsstabilität betrifft, weist jedoch das Grünland an beiden Standorten Vorteile auf (Tab. 1). Hier ist die zeitliche Verteilung der Verfügbarkeit des Wassers über die Vegetationsperiode eine wichtige Größe. Der erste ertragsreiche Grünlandaufwuchs unterlag verglichen mit den Folgeaufwüchsen auf beiden Standorten einem relativ geringen Trockenstress (Tab. 3). Somit können durch den ersten Schnitt etwaige Ertragsreduktionen im laufenden Jahr ausgeglichen werden. Insgesamt traten also geringere Ertragsschwankungen bei einem geringern Ertragsniveau im Vergleich zum Mais auf. Die höhere Ertragsvariabilität beider Kulturarten auf dem kontinentalen Standort kann durch die höhere und länger andauernde Trockenheit begründet werden, da Wasser auf diesem Standort eindeutig der limitierende Faktor war.

### Schlussfolgerungen

Die Simulation von Fruchtfolgen mit dem hier eingesetzten Modell ermöglicht eine Quantifizierung von potenziellen Erträgen und Effekten auf den Wasserhaushalt. In der Weiterentwicklung wird das Modell um die Parametrisierung zusätzlicher Biomassefruchtfolgen (Mais – GPS-Weizen – Weidelgras-Zwischenfrucht) ergänzt und Aussagen zu potenziellen Umwelteffekten der Biogasproduktion (Emission von NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, N-Auswaschung) gestatten.

### Literatur

- HERRMANN, A., KORNER, A. und TAUBE, F. (2005): A reliable, low-input prognosis tool for forage maize production. *Agricultural and Forest Meteorology* 130, 95-111.
- KAGE, H., ALT, C. & STÜTZEL, H. (2001a): Predicting dry matter production of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*) under unstressed conditions II. Comparison of light use efficiency and photosynthesis-respiration based model modules. *Scientia Horticulturae* 87, 171-190.
- KAGE, H., ALT, C. & STÜTZEL, H. (2001b): Predicting dry matter production of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*) under unstressed conditions. I. Photosynthetic parameters of cauliflower leaves and their implications for calculations of dry matter production. *Scientia Horticulturae* 87, 155-170.
- KORNER, A. und TORSSELL, B.W.R. (1983): Estimation of parameters in a yield prediction model for temporary grassland using regional experimental data. *Swedish Journal of Agricultural Research* 13, 137-144.