

LANDTECHNIK

AGRICULTURAL ENGINEERING

66. Jahrgang

2.2011



- Schwerpunkt
Pflanze und Technik
- Arbeitszeitbedarf in der Mastschweinehaltung
- Schmalblättrige Wasserpest
(*Elodea nuttallii*) als Cosubstrat für Biogasanlagen

Contents in English on:

www.LANDTECHNIK-online.eu

Das Wissenschaftsjournal für die Agrartechnik



LANDTECHNIK AGRICULTURAL ENGINEERING

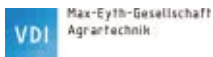
Die LANDTECHNIK ist die agrartechnische Zeitschrift auf wissenschaftlichem Niveau für den deutschsprachigen Raum. Renommierte Autoren und aufstrebende Nachwuchskräfte aus den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen wissenschaftlicher Institute und landtechnischer Herstellerfirmen finden hier eine fundierte Plattform für ihre Fachbeiträge. Hier werden aktuelle Themengebiete und Trends aufgezeigt und zur Diskussion gestellt. Inhaltlich sind alle relevanten landtechnischen Bereiche vertreten.

Die Leser der LANDTECHNIK sind hauptsächlich Führungskräfte aus Wissenschaft, Industrie, Verbänden, Beratung, Praxis und Verwaltung. Die Zeitschrift erreicht als zweisprachige Version im Internet Fachleute in Deutschland, Europa und weltweit.

Printausgabe und Online-Portal gehören zusammen.

Abonnieren Sie die Zeitschrift und nutzen Sie gleichzeitig das Online-Portal der Landtechnik.

Herausgeber



Bitte beachten Sie, dass die Printausgabe der Zeitschrift ausschließlich auf deutsch erhältlich ist.

Redaktion

Dr. Isabel Benda

Tel.: +49 6151 7001-127

E-Mail: landtechnik@ktbl.de

Abonnementservice

Bartningstraße 49

64289 Darmstadt

Tel.: +49 6151 7001-119

Fax: +49 6151 7001-123

E-Mail: abonnement@ktbl.de

Abonnement

Kombi-Jahresabonnement

Ein Kombi-Jahresabonnement der LANDTECHNIK (6 Printausgaben und die Online-Version) kostet 162,60 Euro im Inland, 165,- Euro im Ausland (einfacher Postweg).

Die Mindestlaufzeit für ein Abonnement beträgt 12 Kalendermonate (Bezugsjahr) und verlängert sich automatisch um ein weiteres Bezugsjahr; eine Kündigung ist jeweils zum Ende eines Bezugsjahres unter Einhaltung einer Frist von 2 Wochen möglich.

Alle Preise inklusive der gesetzlichen Mehrwertsteuer.

Probe-Abonnement

Ein Probe-Abonnement der LANDTECHNIK (2 Printausgaben) kostet 35,- Euro im Inland, 37,- Euro (einfacher Postweg) im Ausland.

Das Probe-Abonnement endet automatisch.

Alle Preise inklusive der gesetzlichen Mehrwertsteuer.

Studenten-Abonnement

Ein Studenten-Jahresabonnement der LANDTECHNIK (6 Printausgaben und die Online-Version) kostet 81,30 Euro im Inland, 82,50 Euro im Ausland (einfacher Postweg). Bitte schicken Sie uns eine Kopie Ihres Studentenausweises.

Die Mindestlaufzeit für ein Studenten-Abonnement beträgt 12 Kalendermonate (Bezugsjahr) und verlängert sich automatisch um ein weiteres Bezugsjahr; eine Kündigung ist jeweils zum Ende eines Bezugsjahres unter Einhaltung einer Frist von 2 Wochen möglich.

Alle Preise inklusive der gesetzlichen Mehrwertsteuer.

Campuserlaubnisse werden ab 2011 angeboten.

LANDTECHNIK

Das neue Wissenschaftsportal
für die Agrartechnik

Andreas Zehnsdorf, Ulrich Korn, Jürgen Pröter, Dirk Naumann, Michael Seirig, Helmut Rönicke und Bernd Pieper

Schmalblättrige Wasserpest (*Elodea nuttallii*) als Cosubstrat für Biogasanlagen

Die Schmalblättrige Wasserpest (*Elodea nuttallii*) vermehrt sich in deutschen Gewässern rasant und schränkt dadurch vielerorts deren touristische Nutzung stark ein. Deshalb wird diese Wasserpflanze inzwischen häufig geerntet und anschließend als Bioabfall entsorgt. Alternativ wäre es möglich, die geerntete *Elodea*-Biomasse in Biogasanlagen zu verwenden. Da eine Monovergärung der schmalblättrigen Wasserpest in einer Laborbiogasanlage zu einer Reduzierung des Biogasertrages um mehr als 50 % führte, wurde das Pflanzenmaterial zusammen mit Maissilage eingesetzt. Eine Mischung aus 30 % *Elodea* und 70 % Maissilage erreichte einen Biogasertrag von 580 Normlitern pro Kilogramm organischer Trockenmasse. Zudem ließ sich die Wasserpflanze mit Mais gut silieren, wurde dadurch lagerfähig und über längere Zeit verfügbar.

Schlüsselwörter

Wasserpest, Biogas, Substrat

gas yield of 580 standard litres per kilogram of organic dry matter. In addition, the aquatic plant and maize were readily ensilable, which made it easy to store and ensured that it was ready to use over a longer period of time.

Keywords

Waterweed, biogas, substrate

Abstract

Zehnsdorf, Andreas; Korn, Ulrich; Pröter, Jürgen; Naumann, Dirk; Seirig, Michael; Rönicke, Helmut and Pieper, Bernd

Western waterweed (*Elodea nuttallii*) as a co-substrate for biogas plants

Landtechnik 66 (2011), no. 2, pp. 136-139, 2 figures,
3 tables, 5 references

Western waterweed (*Elodea nuttallii*) grows vigorously in bodies of water in Germany and hinders in many places their recreational use. For this reason, this aquatic plant is now often harvested and subsequently disposed of as organic waste. As a possible alternative use, the harvested *Elodea* biomass can also be used as co-substrate in biogas plants. As the digestion of western waterweed alone in a laboratory biogas plant led to a reduction of the biogas yield of over 50 %, *Elodea* was used in combination with maize silage. A mix of 30 % *Elodea* and 70 % maize silage produced a bio-

■ Während sich die bereits 1836 nach Europa eingeführte Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*), nicht zuletzt als beliebte Aquarienpflanze allgemeiner Bekanntheit erfreut, ist ihre Verwandte, die Schmalblättrige Wasserpest (*Elodea nuttallii*), weitgehend unbekannt. Beide Pflanzen stammen ursprünglich aus Nordamerika [1]. Inzwischen besiedeln sie auch die europäischen Gewässer und zeichnen sich besonders dadurch aus, dass sie sich rasant vermehren können [2]. In Deutschland liegt die Hauptverbreitung von *Elodea nuttallii* bisher in den westlichen Landesteilen, wobei die Pflanze ihr Verbreitungsgebiet zunehmend in Richtung Osten ausdehnt [3]. *Elodea nuttallii*, im Folgenden *Elodea* genannt, gewinnt inzwischen wirtschaftlich an Bedeutung, da sie immer mehr Seen besiedelt und diese regelrecht zuwuchert. Wasserorganismen entwickeln sich in den dichten Beständen prächtig und phytophage Wasservögel, wie Höckerschwäne und Blesrallen, profitieren von der guten Nahrungsversorgung. Eine Nutzung der Seen als Badegewässer und für sportliche Aktivitäten, wie Segelregatten, Rudern und Surfen ist aber bei einer Massenentwicklung von *Elodea* meist nur noch möglich, wenn die Pflanzen vorher beseitigt werden.

Ernte als einzige anwendbare Alternative

Da der Einsatz von Herbiziden in Gewässern in Deutschland verboten ist und die natürlichen Fressfeinde, wie Fische, Krebse und Wasservögel die *Elodea*-Bestände nur geringfügig und unkontrolliert reduzieren, bleibt als effektive Methode der Pflanzenentfernung nur die Mahd mit speziellen Erntebooten. Beim Einsatz dieser Boote wird die Pflanze im Gewässer geerntet und dann an Land transportiert. Im Goitzschensee in Sachsen-Anhalt wurden bis zu 17 kg/m² *Elodea*-Frischmasse durch Forschungstaucher erfasst [4]. Dieser Tagebausee gehört mit einer Fläche von 13,3 km² und einem Wasservolumen von 216 Mio. m³ zu den größten Gewässern Deutschlands. Die Schmalblättrige Wasserpest wird hier im Uferbereich bis zirka 5 m Wassertiefe gemäht, um den Bade- und Bootsbetrieb zu ermöglichen. Bei flacheren Gewässern, wie den Stauseen der Ruhr, kann *Elodea* die gesamte Wasserfläche verkrauten (**Abbildung 1**). Die bei der Ernte anfallende Biomasse enthält 80 bis 90 % Wasser und wird bisher in der Regel als Bioabfall entsorgt.

Wohin mit der geernteten Biomasse?

Ein Ende der Ausbreitung von *Elodea nuttallii* ist nicht absehbar und so erscheint eine Nutzung der Biomasse zweckmäßig. Kompostieren lässt sich die Wasserpflanze nur unter Zugabe von strukturbildendem Material, beispielsweise geschreddertem Holz, das eine gute Belüftung der Miete ermöglicht. Eine weitere Möglichkeit, die Schmalblättrige Wasserpest zu verwerten, ist deren Nutzung als Substrat in Biogasanlagen. Günstigstenfalls würden die Seenbetreiber die geerntete Biomasse kostenlos an den Betreiber einer Biogasanlage abgeben. So könnte aus Bioabfall unter Einsparung der Entsorgunggebühren ein preiswertes Substrat für Biogasanlagen werden. Um zu ermitteln, wie groß die Schwankungsbreite des energetisch nutzbaren Anteils von *Elodea* ist, wurden Proben aus fünf deutschen Seen in einem diskontinuierlichen Gärversuch nach VDI 4630 untersucht (**Tabelle 1**).



Elodea nuttallii im Kemnader See bei Bochum im Oktober 2009.
Foto: A. Zehnsdorf, UFZ
Fig. 1: *Elodea nuttallii* in the „Kemnader lake“ close to Bochum in October 2009

Aus den Daten in **Tabelle 1** wird deutlich, dass die Gasbildung aus *Elodea*, bezogen auf den Anteil an organischer Biomasse, aus allen untersuchten Seen ähnlich ist und im Mittel 450 L_N/kg_{oTS} beträgt. Bei Maissilage liegt die durchschnittliche Gasbildung bei 650 L_N/kg_{oTS} [5]. Bezogen auf die Frischmasse (Erntegut) schneidet die Schmalblättrige Wasserpest mit durchschnittlich 29 L_N/kg_{FM} gegenüber Maissilage mit zirka 200 L_N/kg_{FM} deutlich schlechter ab. Durch Anwelken der Biomasse unmittelbar nach der Ernte, kann bei trockenem Wetter der Wassergehalt von anfangs bis 90 % deutlich verringert werden.

In einem Technikumsbiogasreaktor mit 40 Litern Arbeitsvolumen wurde schrittweise Maissilage durch erntefeuchte *Elodea* ersetzt, wobei die substituierte Menge sich am Gehalt organischer Substanz (oTS = organische Trockensubstanz) orientierte (**Abbildung 2**).

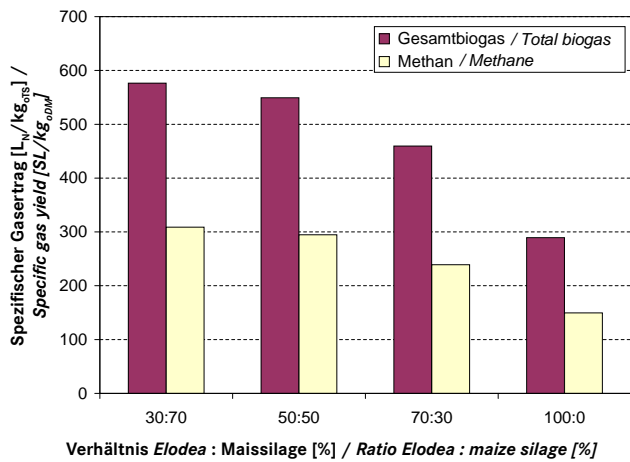
Tab. 1

Analyse von *Elodea*-Proben aus fünf deutschen Seen (n = 3)

Table: 1: Analysis of *Elodea* samples from five lakes in Germany (n = 3)

Seen/ Lakes	TS	oTS	Gasbildung	Gasbildung	CH ₄ [%]
	[% i. d. FM]/ DM [% i. FM]	[% i. d. FM]/ oDM [% i. FM]	[L _N /kg _{oTS}]/ Gas production [SL/kg _{oDM}]	[L _N /kg _{FM}]/ Gas production [SL/kg _{FM}]	
Baldeneysee Essen	16,67	7,18	416	29,8	63
Goitzschensee Bitterfeld	6,74	4,36	476	20,6	55
Hennetalsperre Meschede	24,98	6,32	457	28,9	62
Lordsee Osnabrück	6,33	4,82	415	20,0	64
Toeppersee Duisburg	11,64	8,54	520	44,4	58

Abb. 2



Spezifischer Gasertrag von Elodea-Mais-Substratmischungen
Fig. 2: Specific gas yield from Elodea-maize substrate mixtures

Eine Zugabe von 5 % erntefeuchter Biomasse entspricht bei einer Biogasanlage von 500 kW Leistung immerhin zirka 6 Tonnen pro Tag. Zu berücksichtigen ist außerdem, dass die Wasserpflanze eine Vielzahl von Inhaltsstoffen enthält, die sich für die

Biogasanlage durchaus als positiv erweisen können. So kann gegebenenfalls auf die Zugabe von Spurenelementen verzichtet und der Prozess stabilisiert werden (Tabelle 2). Der Einsatz von Elodea als Cosubstrat könnte demnach für den Betrieb einer Biogasanlage durchaus vorteilhaft sein.

Lässt sich Elodea konservieren?

Elodea fällt bei der saisonalen Ernte in größerer Menge an. Durch die hohe Fäulnisneigung ist die Biomasse aber nicht lagerfähig und verrottet leicht, wobei ein aasartiger Geruch entsteht und es auch unter Luftabschluss kaum zur Absenkung des pH-Wertes kommt (auf 6,5 nach 5 Tagen). Da es für den Einsatz in Biogasanlagen notwendig ist, die Biomasse über einen längeren Zeitraum verfügbar zu machen, wurden Versuche zur Silierung durchgeführt. Die Entwicklung des pH-Wertes und des Milchsäuregehaltes in einer Mischung aus 30 % Elodea und 70 % Mais, der bereits bei der Ernte gut mit Milchsäurebakterien besiedelt war, einmal ohne Zusätze und einmal mit Zusatz des Siliermittels BIO-SIL® (*Lactobacillus plantarum* DSM 8862 und DSM 8866) ist in Tabelle 3 zusammengestellt. Dabei ist deutlich zu erkennen, dass bei Zugabe von gut mit epiphytischen Milchsäurebakterien besiedeltem Mais die zur Silierung notwendige Milchsäure auch ohne Zusatz eines Si-

Tab. 2

Ausgewählte Elemente in Elodea-Proben aus verschiedenen Seen
Table 2: Selected elements in Elodea samples from various lakes

Seen/ Lakes	Nickel	Kobalt	Eisen	Kalium	Magnesium
	[mg/kg _{TS}]/ Nickel	[mg/kg _{TS}]/ Cobalt	[g/kg _{TS}]/ Iron	[g/kg _{TS}]/ Potassium	[g/kg _{TS}]/ Magnesium
	[mg/kg _{DM}]	[mg/kg _{DM}]	[g/kg _{DM}]	[g/kg _{DM}]	[g/kg _{DM}]
Baldeneysee Essen	23,2	4,8	2,8	14,7	2,6
Goitzschensee Bitterfeld	194	12,5	3,1	44,1	1,8
Hennetalsperre Meschede	11,6	3,7	6,9	36,1	3,3
Lordsee Osnabrück	33	9,0	3,3	46,1	1,6
Toeppersee Duisburg	3,4	0,9	6,4	30	2,9

Tab. 3

Silierungserfolg einer Elodea-Mais-Mischung mit und ohne Siliermittelzusatz (n=3)
Table 3: Ensiling success for an Elodea-maize mixture with and without silage inoculant (n=3)

Substrate/ Substrates	pH-Wert/ pH			Milchsäure [g/kg _{ots}]/ Lactic acid [g/kg _{odm}]		
	5 d	13 d	49 d	5 d	13 d	49 d
30 % Elodea + 70 % Mais / Maize	4,13	3,91	3,77	8,9	12,0	12,5
30 % Elodea + 70 % Mais / Maize + Biosil®	4,10	3,87	3,76	9,0	11,4	13,7

liermittels gebildet werden kann. Bereits nach 13 Tagen ist der Silierprozess im Wesentlichen abgeschlossen. Bei Silage aus 30 % Schmalblättriger Wasserpest und 70 % Mais erreichte die spezifische Gasbildung durchschnittlich $694 \text{ L}_\text{N}/\text{kg}_{\text{OTS}}$ und mit Siliermittel 749 $\text{L}_\text{N}/\text{kg}_{\text{OTS}}$ (Mittelwerte aus jeweils drei Parallelansätzen). Die mögliche Steigerung der spezifischen Gasbildung durch die Verwendung von Siliermitteln insbesondere bei Mais ist bekannt.

Eine Mischung aus 30 % *Elodea* und 70 % Phalaris zeigte eine deutlich schlechtere Silierbarkeit als das *Elodea*-Mais-Gemisch. Die Verwendung von Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*, L.) wurde stellvertretend für Grasschnitt und als möglicher Ersatz für Mais getestet. Nach fünf Tagen erreicht diese Mischung lediglich einen pH-Wert von 4,5 und einen Milchsäuregehalt von $5,2 \text{ g}/\text{kg}_{\text{OTS}}$.

Schlussfolgerungen

Ob die Nutzung von *Elodea*-Biomasse in Biogasanlagen ökonomisch interessant ist, müssen Versuche in der Praxis zeigen. Auf diesem Weg könnte die Wasserpflanze zumindest einer sinnvollen Verwertung zugeführt werden. Zu beachten ist dabei, dass die *Elodea*-Biomasse in Deutschland zurzeit als NawaRo-Bonus-freie Biomasse deklariert ist und dadurch ohne wirtschaftliche Verluste nicht in NawaRo-Biogasanlagen als Substrat verwendet werden darf. Hier wäre eine Aufnahme in die Positivliste III der Anlage 2 des EEG erforderlich. Dass *Elodea* immer wieder nachwächst, können viele Seebetreiber aus langjähriger Erfahrung bestätigen. Allein der Bedarf am „Rohstoff“ Schmalblättrige Wasserpest steht bisher noch aus, aber auch das könnte sich in Zukunft ändern.

Literatur

- [1] Catling, P.M.; Wojtas, W. (1986): The waterweeds (*Elodea* and *Egeria*, Hydrocharitaceae) in Canada. *Canadian Journal of Botany* 64, pp. 1525-1541
- [2] Simpson, D.A. (1984): A short history of the introduction and spread of *Elodea* in the British Isles. *Watsonia* 15, pp. 1-9
- [3] Wolff, P. (1980): Die Hydrillae (Hydrocharitaceae) in Europa. *Göttinger Floristische Rundbriefe* 14, S. 33-56
- [4] Rönicke, H.; Angelstein, S.; Schultze, M.; Geller, W. (2005): Invasion submerser Makrophyten im Tagebausee Goitzsche. Tagungsbericht 2005 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL), Karlsruhe, S. 139-143
- [5] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (Hg.) (2009): Faustzahlen Biogas. 2. Auflage, Darmstadt, S. 222

Autoren

Dr.-Ing. Andreas Zehnsdorf leitet die Arbeitsgruppe Bioprozesstechnik am Umwelt- und Biotechnologischen Zentrum des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig, E-Mail: andreas.zehnsdorf@ufz.de

Dr. Ulrich Korn leitet das Labor der Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH, E-Mail: korn@dr-pieper.com

Dr. Jürgen Pröter leitet am Deutschen BiomasseForschungsZentrum gemeinnützige GmbH im Bereich Biochemische Konversion die Arbeitsgruppe Substratcharakterisierung und -management, E-Mail: juergen.proeter@dbfz.de

M. Sc. Dirk Naumann ist am Deutschen BiomasseForschungsZentrum gemeinnützige GmbH wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Biochemische Konversion, Arbeitsgruppe Substratcharakterisierung und -management, E-Mail: dirk.naumann@dbfz.de

cand. Dipl.-Ing. Michael Seirig studiert Energietechnik an der HTWK Leipzig und ist Diplomand im Umwelt- und Biotechnologischen Zentrum des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ, E-Mail: michael.seirig@ufz.de

Dr. Helmut Rönicke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Planktonökologie im Department Seenforschung des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ, E-Mail: helmut.roenicke@ufz.de

Dr. Bernd Pieper ist Geschäftsführer der Dr. Pieper Technologie- und Produktentwicklung GmbH, E-Mail: info@dr-pieper.com