

Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg

 Band 79

The text 'Band 79' is centered below the title. To its left is a small black silhouette of a lion, which is the logo of the Baden-Württemberg state government.

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG UND REDAKTION	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Christine Bißdorf und Vera Reifenstein Referat Flächenschutz, Fachdienst Naturschutz fachdienst-naturschutz@lubw.bwl.de
DOWNLOAD	www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de Fachdokumente: Natur und Landschaft > Berichte > Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg
STAND	2018
SATZ	Sabine Keller VIVA IDEA Grafik-Design, 73773 Aichwald, www.vivaidea.de

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Namentlich gekennzeichnete Fremdbeiträge stimmen nicht in jedem Fall mit der Meinung des Herausgebers überein. Für die inhaltliche Richtigkeit von Beiträgen ist der jeweilige Verfasser verantwortlich.

Bemerkungen zum Energiepflanzenanbau und Auswirkungen auf die Natur

RAINER LUICK

ZUSAMMENFASSUNG	134
1 BEMERKUNGEN ZUR ENERGIEWENDE	134
2 DIE ROLLE DER ANBAUBIOMASSE IN DER DEUTSCHEN ENERGIEWENDE	137
3 ALTERNATIVEN IN DER AGRARISCHEN, ENERGETISCHEN BIOMASSEPRODUKTION	141
3.1 Ackerbau unter Berücksichtigung der guten fachlichen Praxis	141
3.2 Alternative Biomassepflanzen	143
3.3 Zweikulturnutzungen	145
3.4 Mischkulturen/Blühmischungen	147
4 DISKUSSION	151
5 LITERATUR UND QUELLEN	153

Zusammenfassung

Die Energiewende in Deutschland ist ins Stocken geraten, obwohl gerade erst 13 % unseres Primärenergiebedarfs durch erneuerbare Energiequellen gedeckt werden. Bemerkenswert ist, dass unter den Erneuerbaren Energien der Biomasseanteil derzeit noch rund 60 % beträgt, was auf den hohen Holzanteil im Wärmebereich zurückzuführen ist. Mit marginalen Schwankungen werden seit einigen Jahren ca. 2,2 Mio. ha landwirtschaftlicher Flächen zur Produktion energetischer Anbaubiomasse genutzt, das sind ca. 20 % der Ackerflächen. Auf rund 1,4 Mio. ha wird Biomasse für Biogasanlagen produziert, davon sind wiederum ca. 0,9 Mio. ha Maisanbauflächen, zum Teil im Wechsel mit Raps (auf rund

0,6 Mio. ha) für die Gewinnung von „Biodiesel“. In der kontroversen Diskussion über die Ziele und die daraus resultierenden Konflikte des Natur- und Ressourcenschutzes und des Energiepflanzenanbaus liegt der Fokus eindeutig beim Maisanbau. Die Ursachen und Folgewirkungen dieser Entwicklungen sind nun nicht singulär typisch für den Anbau von Energiepflanzen, sondern gelten grundsätzlich für jede monoorientierte, intensive Landnutzungsform. Zahlreiche Begleitprojekte zur Energiewende haben sich mit alternativen Pflanzen und Systemen zu Mais beschäftigt. Doch die sichtbaren Erfolge sind bescheiden.

1 Bemerkungen zur Energiewende

Deutschland hat sich zu einem radikalen Umbau der Energiewirtschaft entschlossen. Die Energiewende mit neuen Prioritäten in der Energiebereitstellung verdient Respekt und Anerkennung. Finaler politischer Anlass war sicher die Havarie mit nachfolgenden Kernschmelzen der Nuklearreaktoren von Fukushima (Japan). Die Energiewende in Deutschland war aber auch ein wichtiges Signal an die internationale Staatengemeinschaft, mit welchen Strategien und Maßnahmen es vielleicht noch gelingen kann, die schlimmsten Folgen des Klimawandels wenigstens abzumildern. Das Ergebnis der Weltklimakonferenz in Paris im Dezember 2015 machte dazu etwas Hoffnung. Allerdings kommt es jetzt darauf an, die Verpflichtungen aus dem Pariser Abkommen auch mit konkreten Inhalten zu füllen und dies in für alle Staaten verpflichtende und vor allem substantielle Dekarbonisierungsfahrpläne zu übersetzen (WBGU 2015). In Artikel 4 Nr. 4 des Abkommens ist dezidiert formuliert, dass die „entwickelten“ Staaten – auch weil sie die mit Abstand größten Verursacher sind – eine Führungsrolle bei der Reduktion der Treibhausgasemissionen übernehmen müssen. Die Ergebnisse der gerade in Bonn im November 2017 stattgefundenen UN-Klimakonferenz (COP 23) sind allerdings enttäuschend und bestehen im wesentlichen aus weiteren Absichtserklärungen dahingehend, dass konkretes Handeln notwendig ist. Die globalen Zivilisationen

werden sich wohl eher auf den Umgang und Anpassungen an drastische und pessimale Klimaszenarien einstellen müssen als auf vernunftbasierte politische Handlungskonzepte.

Bis vor Kurzem galt Deutschland noch als Vorreiter und Versuchslabor beim Klimaschutz, insbesondere zum Aspekt, wie es einer nahezu rohstofflosen Industrie- und Dienstleistungsgesellschaft gelingen kann, ihren Energiebedarf durch den Aufbau erneuerbarer Energiesysteme neu zu organisieren. Die Energiewende und der rasante Ausbau der Erneuerbaren Energien wurde international wahrgenommen und bestaunt. Doch diese Führungsrollen haben mittlerweile andere Staaten übernommen, denn die Energiewende in Deutschland ist nach einem euphorischen Beginn massiv ins Stocken geraten (DEMUTH et al. 2016).

Das Gestaltungsinstrument der Energiewende ist vor allem das deutsche Gesetz für den Ausbau der erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz [EEG]) aus dem Jahr 2000. Seitdem gab es fünf Novellen (EEG 2004, EEG 2009, EEG 2012, EEG 2014, EEG 2016). Am 8. Juni 2016 beschloss das Bundeskabinett den Regierungsentwurf für das EEG 2017. Insgesamt war mit den ersten EEG-Novellen ein Förderkollektiv an Maßnahmen mit stimulierenden und schnell sichtbaren

Tabelle 1: Quantitative Ziele der Energiewende und Status quo (2014) (BMWi 2016).

Jahr	Status quo	Ziele				
	2014	2020	2030	2040	2050	
Treibhausgasemissionen						
Treibhausgasemissionen (gegenüber 1990)	-27 %	mind. -40 %	mind. -55 %	mind. -70 %	mind. -80 % bis -95 %	
Erneuerbare Energien						
Anteil am Bruttoendenergieverbrauch	13,5 %	18 %	30 %	45 %	60 %	
Anteil am Bruttostromverbrauch	27,4 %	mind. 35 %	mind. 50 % EEG 2025: 40–45 %	mind. 65 % EEG 2035: 55–60 %	mind. 80 %	
Anteil am Wärmeverbrauch	12,2 %	14 %				
Anteil am Verkehrsbereich	5,6 %					
Effizienz und Verbrauch						
Primärenergieverbrauch (gegenüber 2008)	-8,7 %	-20 %	—————→		-50 %	
Endenergieproduktivität (2008–2050)	1,6 % pro Jahr (2008–2014)	2,1 % pro Jahr (2008–2050)				
Bruttostromverbrauch (gegenüber 2008)	-4,6 %	-10 %	—————→		-25 %	
Primärenergiebedarf Gebäude (gegenüber 2008)	-14,8 %	—————→				-80 %
Wärmebedarf Gebäude (gegenüber 2008)	-12,4 %	-20 %				
Endenergieverbrauch Verkehr (gegenüber 2005)	1,7 %	-10 %	—————→		-40 %	

Wirkungen vor allem im Handlungsfeld der energetischen Biomassennutzungen entstanden. Nach dem aktuellen Energiekonzept 2050 der Bundesregierung (BMWi 2015) soll der Ausbau der erneuerbaren Energien weiter forciert werden. Tabelle 1 zeigt in einer Übersicht die quantitativen Ziele der Energiewende und die aktuell erreichten Zwischenziele (Stand 2014) (BMWi 2016).

Um den Erfolg der Energiewende abzubilden, wird oft nur das Segment der elektrischen Energie dargestellt, das im Zeitraum 1998 bis 2016 tatsächlich bemerkenswert von 5 % auf ca. 33 % angestiegen ist. Wird allerdings der Gesamtenergiekonsum in Deutschland aus Strom, Wärme und Mobilität seit 1998 betrachtet, rela-

tiviert sich der Erfolg der Energiewende: So hat sich der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Primärenergie lediglich von ca. 3 % auf ca. 13 % erhöht (AEE 2016, BMWi 2016).

Interessant ist, dass unter den Erneuerbaren Energien der Biomasseanteil derzeit noch rund 60 % beträgt, was auf den hohen Holzanteil zurückzuführen ist. Beim Strom liegt der Biomasseanteil, der überwiegend über Biogasanlagen produziert wird, bei 30 %. Beim Wärmeverbrauch decken die Erneuerbaren Energien derzeit lediglich rund 10 % des Gesamtverbrauchs, davon stammen rund 90 % aus Biomasse und hier wiederum überwiegend aus Holz. Bei den Kraftstoffen liegen die



Abbildung 1: Rund 0,6 Mio. Hektar der landwirtschaftlichen Nutzflächen werden jährlich mit Raps für die Gewinnung von „Biodiesel“ belegt Foto: Rainer Luick

Erneuerbaren Energien bei bilanziell kaum wahrnehmbaren 6 %, davon stammen 100 % aus Biomasse (AEE 2016, BMWi 2016, UBA 2017).

Nach Potenzialeermittlungen der Agentur für Erneuerbare Energien (AEE 2009 und 2011) wurde ermittelt, dass bis zum Zeithorizont 2020 vergleichsweise „konfliktlos“ 3,7 Mio. ha Agrarflächen für den Anbau von energetischer Biomasse belegt werden könnten. Zusätzlich wurde angenommen, dass für bioenergetische Nutzungen Reststoffe mobilisiert werden (Gülle, Mist, Restholz, Landschaftspflegematerial etc.), die dem Ertrag von einer zusätzlichen Fläche von ca. 4,1 Mio. ha entsprechen. Andere Studien schätzten die langfristigen Potenziale für die Produktion von Biomasse auf Grün- und Ackerland (unter Einbeziehung von Kurzumtriebsplantagen, den sogenannten KUPs) sogar noch höher ein, auf bis zu 7 Mio. ha. Das wären rund 40 % der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Deutschland (WI & RWI 2008, BMU & BMELV 2010, THRÄN et al. 2011, DLR et al. 2012). Doch die Entwicklungen sind anders

verlaufen und ob Potenziale von > 3 Mio. ha tatsächlich zu aktivieren sind, muss bezweifelt werden, bzw. dies würde deutliche Änderungen in anderen Produktions- und Konsumsektoren voraussetzen – insbesondere beim Fleischkonsum.

Nicht zuletzt durch die deutschen Diskussionen und Zielsetzungen hat sich auch die Europäische Union (EU) entsprechende Vorgaben gegeben und 2009 in der Renewable Energy Directive (RED) konkretisiert. Die pauschalen Vorgaben sind, dass der Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf mindestens 18 % erhöht werden soll, wobei es für die einzelnen Länder und Energieverbrauchssektoren (Wärme, Kraftstoffe und Strom) unterschiedliche Orientierungswerte gibt. Auch der Bioenergie wird in der RED eine wichtige Rolle zugeordnet: Die Analyse der Nationalen Aktionspläne (Stand 2010) für Erneuerbare Energie von 27 EU-Mitgliedsstaaten ergibt, dass die Ausbauziele 2020 für den Sektor Wärme und Kühlung zu 80 % auf Biomasse basieren (Anstieg ab 2010

von 28,6 Mtoe auf 75,4 Mtoe [Mtoe = Megatonnen Öleinheiten]). Im Sektor Strom liegt der Wert bei 17,5 % (Anstieg ab 2010 von 8,4 Mtoe auf 17,2 Mtoe)

und im Sektor Transport bei 87,6 % (Anstieg ab 2010 von 4,8 Mtoe auf 12,8 Mtoe) (BEURSKENS et al. 2011).

2 Die Rolle der Anbaubiomasse in der deutschen Energiewende

Wie dargestellt, beträgt der biomassebasierte Energieanteil der Energiewende in Deutschland mit Stand 2016 ca. 60 %. Davon hat Holz einen Anteil von ca. 40 % und die Biomasse aus überwiegend agrarischen Herkünften einen Anteil von ca. 20 %. Mit marginalen Schwankungen werden seit einigen Jahren ca. 2,2 Mio. ha landwirtschaftlicher Flächen zur Produktion energetischer Anbaubiomasse genutzt, das sind ca. 20 % der Ackerflächen. Pflanzen zum Einsatz in Biogasanlagen werden davon auf ca. 1,4 Mio. ha Fläche angebaut davon wiederum ca. 0,9 Mio. ha für Mais. Raps für Biodiesel steht auf ca. 0,6 Mio. ha und ca. 0,2 Mio. ha werden für Pflanzen zur Bioethanolproduktion genutzt (Tabelle 2).

Im Fokus der aktuellen Debatten zur Umwelt- und Naturverträglichkeit von Energie aus Biomasse stehen vor allem die Biogasanlagen. Im Jahr 2000 gab es erst rund 1.000 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von ca. 80 MW; Ende 2017 werden es rund 9.350 Anlagen mit ca. 4.500 MW installierter elektrischer Leistung sein (FACHVERBAND BIOGAS E. V. 2016a, 2017). Etwa 80 % des Substrats für die Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen ist Mais. Da Mais eine höhere Massen- und Energieleistung pro Fläche als andere Kulturen hat, sind dies ca. 60 % der Anbaufläche für die Biogasgewinnung (LUICK 2013). Insbesondere diverse Anreize durch das EEG haben die Flächennutzung für

Tabelle 2: Anbaufläche von Industrie- und Energiepflanzen in Deutschland (FNR 2016a).

Pflanzen	Rohstoff	Anbaufläche [ha]	
		2014	2015
Industriepflanzen	Industriestärke	92.500	93.000
	Industriezucker	10.000	10.000
	Technisches Rapsöl	140.000	140.000
	Technisches Sonnenblumenöl	8.500	9.000
	Technisches Leinöl	3.500	3.500
	Pflanzenfasern	750	750
	Arznei- und Farbstoff	12.000	12.000
	Summe Industriepflanzen	267.250	268.250
Energiepflanzen	Raps für Biodiesel/Pflanzenöl	649.000	616.000
	Pflanzen für Bioethanol	188.000	184.000
	Pflanzen für Biogas (davon Mais)	1.375.000 (876.500)	1.393.000 (894.000)
	Pflanzen für Festbrennstoffe (z. B. Kurzumtriebsplantagen, <i>Miscanthus</i>)	10.500	10.500
	Summe Energiepflanzen	2.222.500	2.203.500
	Gesamtsumme	2.489.750	2.471.750

Biogasanlagen in kürzester Zeit massiv beeinflusst. Beispiele dafür sind die für 20 Jahre garantierten Einspeisevergütungen und diese ergänzt um vielerlei zusätzliche Boni (bis zur Novelle EEG 2014) und der in den Anfangsjahren der Energiewende gewährte NawaRo-Bonus (Bonus für den Anbau nachwachsender Rohstoffe auf temporären Brachen). Zur Erinnerung: Im Jahr 2003 wurden nur ca. 50.000 ha Mais für die Verwendung in Biogasanlagen angebaut (LUICK 2013). Mit dem EEG 2014 kam der intensive Zubau von Biogasanlagen im Grunde zum Erliegen. Seitdem werden nur noch wenige und meist kleinere Anlagen erstellt. Die Abschaffung der begünstigenden Rahmenbedingungen (u. a. hohe Grundvergütungen, diverse Boni, marginale Verpflichtungen zur Abwärmenutzung) machen einen wirtschaftlichen Betrieb (Stromerzeugung) neuer Anlagen nicht mehr möglich.

Mais ist für die Produktion von Biogas unter heutigen wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen der mit Abstand effizienteste, ertragreichste und demnach auch der begehrteste agrarische Rohstoff. Die zu diskutierenden Folgewirkungen des Anbaus von Biomasse sind bezogen auf eine Maiskultur nun aber nicht singular typisch für die Bioenergie, sondern sie sind grundsätzlich für jede monoorientierte, intensive Landnutzungsform charakteristisch. Es gibt jedoch ökologisch negative Folgewirkungen, die eindeutig mit dem Biomasseboom in Bezug stehen (WIEHE et al. 2009, PETERS et al. 2010, LUICK et al. 2011, SCHÜMANN et al. 2011, DIETRICH et al. 2016):

- **Aufgabe von Brachen:** Im Rahmen der Novellierung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU – dem sogenannten Health Check – und des wachsenden Flächenbedarfs zur Produktion von energetischer Biomasse wurde 2009 die obligate Flächenstilllegung aufgegeben. Extensivflächen und Strukturelemente, die auf diesen Flächen entstanden waren, wurden in der Folge in kürzester Zeit wieder in eine normale, intensive Nutzung genommen.

- **Ökologische Förderprogramme:** Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) und Vertragsnaturschutzmaßnahmen im Agrarbereich verlieren an Attraktivität, da sie mit den potenziell erreichbaren Wertschöpfungen über den Energiepflanzenanbau nicht konkurrieren können. Aus nahezu allen Konzentrationsgebieten mit Biogasanlagen wird berichtet, dass Verträge nicht verlängert werden und sogar versucht wird, bestehende Verträge aufzulösen. In Baden-Württemberg fallen hier das Förderprogramm für Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl (FAKT) sowie die Förderung im Rahmen der Landschaftspflegerichtlinie (LPR) darunter.
- **Verengung der Fruchtfolgen:** Da einige wenige Kulturen – insbesondere Mais – in der Biogasnutzung eine besonders hohe Energieausbeute erbringen, erhöht sich deren flächenmäßiger Anteil gegenüber anderen Feldfrüchten.
- **Defizite in den Humusbilanzen:** Durch die Entnahme der ganzen Pflanze für Ganzpflanzensilage (GPS) und Ausbringung der Gärreste auf anderen als den Entnahmeflächen – insbesondere bei Zulieferung für große NawaRo-Anlagen aus großer Entfernung – können Humusbilanz, Bodenstruktur und Bodenorganismen (Edaphon) negativ beeinträchtigt werden.
- **Erhöhung der Bodenerosion:** Mit dem wachsenden Flächenanteil der Hackfrucht Mais, die zunehmend auch auf suboptimalen Standorten angebaut wird, verschärft sich je nach Hangneigung und Bodenbeschaffenheit die Problematik der Bodenerosion.
- **Erhöhter Pflanzenschutzmitteleinsatz aufgrund der Zunahme des Schädlingsbefalls und Krankheitsdrucks:** Aufgrund der Verengung der Fruchtfolgen und der Konzentration auf einige wenige Fruchtarten ist eine Zunahme des Befallsrisikos durch Schädlinge und Krankheiten vorprogrammiert.

- **Indirect Landuse Changes (ILUC-Effekte):** Die Zunahme der Energiemaianbaufläche erfolgt zwangsläufig zulasten anderer Feldfrüchte und anderer Landnutzungsarten. Damit verbunden sind auch Verlagerungseffekte (ILUC) ins Ausland, da eine Flächenvermehrung zur Ausdehnung der agrarischen Nutzung in Deutschland de facto nicht möglich ist. So ist nachweisbar, dass verstärkt Futtermittel importiert werden, während bei uns die Ackerflächen mit profitableren Energiepflanzen bestellt werden. Deutschland belegt derzeit rund 5,5 Mio. ha Agrarflächen im Ausland, davon fast 2 Mio. ha in Brasilien (STATISTISCHES BUNDESAMT 2013).
- **Grünlandverluste:** Von besonderer Problematik war in den Wachstumsjahren der Biogasindustrie der Verlust des Grünlandes. Im Zeitraum von 2003–2009 hat sich die als Dauergrünland bewirtschaftete Fläche in Deutschland um 226.000 ha reduziert, das entspricht einer Verlustrate von knapp 4 %. Besonders drastische Verlustraten verzeichnen die Boomregionen in den nördlichen Bundesländern. In Schleswig-Holstein sind beispielsweise im genannten Zeitraum 28.000 ha verloren gegangen und somit insgesamt ca. 7 % der Grünlandfläche (DBFZ & TLL 2010).

Abgesehen von negativen, ökologischen Begleiterscheinungen der Biomasseproduktion ist auch die energetische Effizienz bei der Mehrzahl der Anlagen kritisch zu hinterfragen. Dazu wäre eine konsequente Abwärmeebenutzung unerlässlich, doch bei rund Zweidrittel aller Anlagen in Deutschland findet bislang keine bzw. keine sinnvolle Verwertung der bei der Stromerzeugung anfallenden (Ab-)Wärme statt (u. a. UM 2015).

Die hohe Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produktionsflächen hat auch weitreichende und strukturell problematische Wirkungen. Biogasanlagen entstehen meist nicht in marginalisierten, ländlichen Regionen mit schlechten Standortfaktoren, sondern konzentrieren sich in agrarischen Gunsträumen, wo sie dann mit bereits bestehenden intensiven Agrarsystemen konkurrieren. Auf die ohnehin schon hohe Flächennachfrage expansionswilliger Betriebe der „Normallandwirtschaft“ mit hohem Pachtpreisniveau addieren sich noch die Flächenbedürfnisse von Biogasbetrieben. Tabelle 3 zeigt eine solche Entwicklung für ausgewählte Regionen in Niedersachsen. Dort werden regional jährliche Spitzenpreise für die Verpachtung von 1.500–1.700 €/ha erreicht. Die Folgen sind, dass Milchbetriebe mit viel Grünland und hohem Pachtflächenanteil oft Ackerflächen verlieren bzw. nicht mehr in der Lage sind, die Ackerpachten zu bedienen und das Grünland daher noch intensiver nutzen.

Tabelle 3: Jahrespachtpreise für Ackerland in Niedersachsen in den Boomjahren des Biogasanlagenbaus 2011–2013 (Luick 2013 und verschiedene Quellen).

Region (Landkreis)	2010 ¹⁾	2011 ²⁾	2012/2013 ³⁾
Helmstedt	344 €/ha	ca. 380 €/ha	–
Diepolz	401 €/ha	ca. 450 €/ha	850 €/ha
Rotenburg (Wümme)	271 €/ha	305–500 €/ha	1.260–1.420 €/ha
Stade	318 €/ha	–	–
Cloppenburg	557 €/ha	ca. 650 €/ha	1.600–1.750 €/ha
Bentheim	476 €/ha	ca. 530 €/ha	1.480 €/ha
Vechta	552 €/ha	ca. 660 €/ha	1.390 €/ha

1) Durchschnittlicher Jahrespachtpreis für Ackerflächen ohne Unterscheidung nach alten und neuen Verträgen

2) Jahrespachtpreis für Ackerflächen bei Neuverträgen (Untersuchung)

3) Spitzenpreise für einzelne Ackerflächen bei Biogasbetrieben in Zwangssituationen



Abbildung 2: Ein grundlegendes Problem bei Biogasanlagen ist die nach wie vor völlig unzureichende Nutzung der Abwärme, welche an die Umgebung abgegeben wird. Diese macht immerhin 50–60 % der erzeugten Energie in einer Biogasanlage aus. Foto: Rainer Luick



Abbildung 3: In den Ballungsgebieten großer Biogasanlagen, wie in Niedersachsen, Bayern, Schleswig-Holstein und regional auch in Baden-Württemberg, wurde großflächig Grünland umgebrochen. Die Folgen waren nicht nur Lebensraumverluste, sondern auch negative Effekte für das Klima, insbesondere wenn Niedermoore umgebrochen wurden und die Torfhorizonte nachfolgend mineralisierten und Kohlendioxid freisetzen. Foto: Kolja Schümann



Abbildung 4: Mais ist für die Produktion von Biogas unter heutigen wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen der mit Abstand effizienteste, ertragreichste und demnach auch der begehrteste agrarische Rohstoff. Foto: Rainer Luick

3 Alternativen in der agrarischen, energetischen Biomasseproduktion

Die dargestellten Probleme der energetischen Biomasseproduktion auf Agrarflächen beziehen sich wie erläutert in erster Linie auf die Dominanz der Maiskulturen. Doch es sei explizit noch einmal erwähnt, dass gut Zweidrittel der Maisflächen in Deutschland – ca. 2,6 Mio. ha – für die Produktion von Futtermitteln genutzt werden (DMK 2016) und resultierende Probleme selbstverständlich auch für diesen Bereich gelten. Die Forderungen nach alternativen Anbausystemen werden aber im Grunde nur im energetischen Sektor gestellt. Zahlreiche Forschungsprojekte haben sich begleitend zur Energiewende mit dieser Thematik beschäftigt und durchaus sinnvolle Optionen entwickelt (u. a. MÜLLER et al. 2005, FNR 2008, 2013a und 2013b). Besonders hingewiesen sei auf die nachfolgend aufgeführten Projekte und Studien.

- EVA-Forschungsverbund (www.eva-verbund.de) mit Fragestellungen zu „Entwicklung und Vergleich von

optimierten Anbausystemen für landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“ (u. a. GRUNEWALD & JÄKEL 2014), welcher seit 2005 von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. koordiniert wird.

- Metastudie zu „Biomassekulturen der Zukunft aus Naturschutzsicht“ (DIETERICH et al. 2016), welche von Bundesamt für Naturschutz vorgelegt wird.

3.1 Ackerbau unter Berücksichtigung der guten fachlichen Praxis

Als „gute fachliche Praxis“ (gfp) wird im deutschen Recht allgemein die Einhaltung von Grundsätzen des Tier- und Umweltschutzes in der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft bezeichnet. Die Anforderungen ergänzen die sich aus den entsprechenden Fachgesetzen (z. B. Bundesbodenschutzgesetz, Pflanzenschutzgesetz,

Wasserhaushaltsgesetz) ergebenden Grundsätze und beinhalten Maßnahmen, die

- in der Wissenschaft als gesichert gelten,
- aufgrund praktischer Erfahrungen als geeignet, angemessen und notwendig anerkannt sind,
- von der amtlichen Beratung empfohlen werden und
- sachkundigen Anwendern bekannt sind.

So heißt es im § 17 des Bundesbodenschutzgesetzes dezidiert, dass bei der landwirtschaftlichen Nutzung die Bewirtschaftung standortangepasst erfolgen und die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit und langfristige Nutzbarkeit der Flächen gewährleistet werden muss. Weiterhin darf die natürliche Ausstattung der Nutzfläche (Boden, Wasser, Flora, Fauna) nicht über das zur Erzie-

lung eines nachhaltigen Ertrages erforderliche Maß hinaus beeinträchtigt werden. Diese Forderungen implizieren, dass es im Grunde nicht der gFP entspricht, wenn standörtlich ungeeignet und vor allem auf gleichem Standort über viele Jahre wiederkehrend Mais angebaut wird (KARPENSTEIN-MACHAN & WEBER 2010). Diese großflächigen Monokulturen sind, wie bereits dargestellt, für den energetischen Biomasseanbau charakteristisch. Tabelle 4 gibt eine Übersicht zu empfohlenen Fruchtfolgen gemäß der gFP für unterschiedliche Standortssituationen in Baden-Württemberg, die sich im Praxistest durchaus bewährt haben (MLR 2014).

Erfahrungen und Empfehlungen

Würden die in Tabelle 4 beispielhaft aufgeführten, mindestens fünfgliedrigen Fruchtfolgen und diese ergänzt

Tabelle 4: Empfehlungen für den Anbau von Energiepflanzen als Substrate für Biogasanlagen entsprechend den Kriterien guter fachlicher Praxis (gFP) (MLR 2014).

Kühlere Standorte mit ausreichender Wasserversorgung (Kombination von C3- und C4-Gräsern)	
Jahr 1	Mais / Untersaat Weidelgras
2	Weidelgras
3	Mais / Grünschnittroggen
4	Grünschnittroggen / Mais
5	Winterweizen / geeignete Zwischenfrucht
Warme Standorte mit ausreichender Wasserversorgung (Hohertragslage) (Anbau von C4-Gräsern)	
Jahr 1	Mais / Grünschnittroggen
2	Grünschnittroggen (als GPS) / Sorghum (oder Wintertriticale)
3	Wintertriticale (als GPS) / Körnermais (oder Grünschnittroggen)
4	Grünschnittroggen (als GPS), Mais
5	Winterweizen / geeignete Zwischenfrucht
Sommertrockene Lagen (auf Grund limitierter Wasserverfügbarkeit und eventuell schlechter bis keiner Etablierung muss oft auf eine Folgekultur verzichtet werden)	
Jahr 1	Wintergerste / Sudangras (eventuell ergänzende Winterzwischenfrucht)
2	Mais (als Korn oder GPS) / Winterroggen
3	Winterroggen (als Korn oder GPS) / geeignete Sommerzwischenfrucht
4	Mais (als Korn oder GPS) / Winterroggen oder Winterweizen
5	Winterroggen oder Winterweizen

Fruchtfolgeglieder: **fett** = Hauptkultur; normal = Erst- bzw. Zwischenfrucht; GPS = Ganzpflanzensilage

C3-/C4-Gräser: Sogenannte C4-Pflanzen binden CO₂ unter warmen und trockenen Klimabedingungen mit höherer Lichteinstrahlung besser als C3-Pflanzen. Sie sind diesen ökophysiologisch überlegen. Ihre Photosynthese läuft effektiver. Der Großteil der schnell wachsenden Agrarpflanzen wie Amarant, Hirse, Mais, Zuckerrohr und Riesen-Chinaschilf gehören zu den C4-Pflanzen

um Zwischenfrüchte sowie Vor- und Nachkulturen in der Praxis umgesetzt, wären vor allem aus Sicht des Ressourcenschutzes schon wichtige Zielsetzungen erreicht. Doch die reale Praxis zeigt ein anderes Bild: Dort dominieren Maiskulturen in mehrjähriger Folge oder sehr enge Fruchtfolgen, in die meist lediglich Winterweizen und/oder Raps eingebaut sind.

3.2 Alternative Biomassepflanzen

Vor allem als Reaktion auf die zunehmenden Kritiken und die sich manifestierenden, ökologischen Probleme mit dem dominanten Maisanbau wurden zahlreiche bekannte, aber auch neue Pflanzen auf ihre Eignung als Biomasse substratpflanzen getestet. Basierend auf länder- und standortsspezifischen Anbauversuchen im Rahmen des EVA-Forschungsverbundes wurden von der

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) bislang insgesamt acht Regionalbroschüren erstellt (FNR 2016b). Tabelle 5 gibt einen Überblick der derzeit in Diskussion befindlichen, wichtigsten alternativen Biomassepflanzen, die als Hauptfrucht oder als interessante energetisch nutzbare Sommer- oder Winterzwischenfrucht vorstellbar sind.

Erfahrungen und Empfehlungen

Es gibt keine detaillierten Anbauersfassungen, und Aussagen zur Wirtschaftlichkeit basieren auf wenigen Laborannahmen, sodass die praktische und ökonomische Relevanz dieser Pflanzen (z. B. ihr Verhalten bei der Fermentierung und den Gasausbeuten unter realen Praxisbedingungen) nur über Experteneinschätzungen erfolgen kann. Bislang sind die Flächen-



Abbildung 5: Chinaschilf wird auch Riesen-Chinaschilf, Elefantengras oder auch nur Miscanthus (*Miscanthus x giganteus*) genannt. Es gehört zu den Süßgräsern (*Poaceae*). Der hochwüchsige und ertragreiche Hybrid *M. x giganteus* ist eine mehrjährige Kultur und erfordert Standorte mit sehr guter Nährstoff- und Wasserversorgung. Die dichten und dunklen Bestände sind eine Erklärung, warum *Miscanthus* ökologisch die deutlich schlechteste Alternative als Energiepflanze ist. Foto: Rainer Luick

Tabelle 5: Zusammenstellung alternativer Biomassepflanzen, die in den vergangenen Jahren auf ihre Eignungen zur Produktion getestet und züchterisch bearbeitet wurden (unterschiedliche Quellen, u. a. DIETERICH et al. 2016, FACHVERBAND BIOGAS E. V. 2010, FNR 2013a,b und 2016b und persönliche Einschätzungen).

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Kulturdauer	Hauptkultur	Sommer-/ Winterzwischenfrucht	derzeitige Anbaurelevanz
Bienenweide	<i>Phacelia spec.</i>	p		x	2, S
Buchweizen	<i>Fagopyron esculentum</i>	a		x	2, S
Durchwachsene Silphie	<i>Silphium perfoliatum</i>	p	x		3, S
Igniscum	<i>Fallopia japonica</i> x <i>Reynoutria bohemica</i>	p	x		1, S
Miscanthus (Chinaschilf, Elefantengras)	<i>Miscanthus (sinensis)</i> x <i>M. giganteus</i>	p	x		3, (S), T
Ölrettich	<i>Raphanus sativus</i> var. <i>oleiformis</i> Pers.			x	1, S
Rumex OK2 (Rumex Schavnat)	<i>Rumex patencia</i> x <i>R. tianschanicus</i> A. Los		x		1, S
Sida (Malve, Riesenmalve oder Virginische Samtmalve)	<i>Sida hermaphrodita</i> (L.) Rusby	p			1, S, (T)
Sudangras	<i>Sorghum bicolor</i> x <i>S. sudanense</i>	p	x		3, S, T
Sonnenblume	<i>Helianthus annuus</i>	a	x		2, S
Szarvasi 1 (Riesenweizengras, Ungarisches Riesengras, Hirschengras oder Hohes Weizengras)	<i>Agropyron elongatum</i>	p	x		1, S
Rutenhirse (Switchgras)	<i>Panicum virgatum</i>	p			1, (S), T
Topinambur	<i>Helianthus tuberosus</i>	p	x		2, S
Zuckerhirse (Mohrenhirse)	<i>Sorghum bicolor</i>	a und p	x		1, S
Zuckerrübe	<i>Beta vulgaris</i>	a	x		2, S

Spalte Kulturdauer: a = annuelle (einjährige) Pflanze; p = perenne (mehrjährige) Pflanze

Spalte Anbaurelevanz: 1 = unbedeutend, 2 = sehr gering, 3 = etabliert mit geringer Bedeutung, aber zunehmend, S = Co-Substrat, d. h. geringe Beimischungen, T = thermisch, d. h. nur für die direkte Verbrennung geeignet und nicht für Biogasanlagen

und Substratanteile unbedeutend und manche Arten werden bislang auch nur kleinflächig im Kontext von Forschungs- und Züchtungsvorhaben angebaut. Als vielversprechende Alternative zu Mais (in Bezug auf den Biomassertrag pro Flächeneinheit und die möglichen Gaserträge) wird die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) gesehen. Hemmender Faktor ist vor allem noch die Saatgutvermehrung, die einen raschen Anstieg der Anbaufläche für die Durchwachsene Silphie verzögert. Diese wird derzeit auf ca. 800 ha in Deutsch-

land geschätzt, darunter allein ca. 300 ha in Baden-Württemberg (FACHVERBAND BIOGAS E. V. 2016b, NLF 2017). Problematisch und teuer war bisher auch die aufwendige Etablierung der mehrjährig nutzbaren Kultur über Setzlinge. Einer Landwirtschaftskooperative am westlichen Bodensee in Baden-Württemberg (NATURSCHUTZ-INFO 1/2012) ist es nun gelungen, die Durchwachsene Silphie auch über ein Ansaatverfahren mit Mais als Deckfrucht im ersten Standjahr zu etablieren. Dies hat sowohl die Wirtschaftlichkeit als auch die Kultursicher-



Abbildung 6: Die Zucker- oder Mohrenhirse (*Sorghum bicolor*) ist ein einjähriges Süßgras (Poaceae), das Ähnlichkeiten mit der Maispflanze aufweist. Die Zuckerhirse stammt ursprünglich aus Afrika und wird auch in Europa als Futtergras angebaut. Die Standortansprüche der wärmeliebenden und frostempfindlichen Pflanze sind gering. Die Zuckerhirse empfiehlt sich als Biomassepflanze für zu trockene Standorte, auf denen Mais nicht mehr gedeiht, und auch im Kontext von Zweinutzungssystemen. Foto: Rainer Luick

zeit deutlich verbessert (BWAGRAR 2015). So konnten mit dem Ansaatverfahren die Kulturkosten von 6.000–8.000 €/ha auf 1.500–2.000 €/ha gesenkt werden. Seit der erfolgreichen Umsetzung der Aussaattechnik nimmt das Interesse bei den Biogaslandwirten deutlich zu – allerdings auf niedrigem Niveau.

3.3 Zweikulturnutzungen

Sollen fossile Energieträger durch Anbaubiomasse ersetzt werden, ergibt sich aus ökonomischer Perspektive daraus zwingend, dass leistungsfähige Sorten geeigneter Pflanzen angebaut und gleichzeitig die verfügbaren Flächen durch eine Frucht- bzw. Kulturartenfolge mit geringer Brachzeit optimal ausgenutzt werden. Diese Ansprüche ergeben sich allein schon aufgrund der in aller Regel sehr hohen Pachtkosten. Unter diesen Prämissen wurde das System der sogenannten Zweikulturnutzungen entwickelt (u. a. GRASS & SCHEFFER 2005, GRUNEWALD et al. 2012). Es basiert auf dem schon in

der landwirtschaftlichen Praxis bekannten Grünschnittroggen-Silomais-Konzept.

In der Theorie sollen durch die Verschiebung von Ernte- und Saatzeiten zwei aufeinanderfolgende Kulturen so angebaut werden, dass dies innerhalb eines Anbaujahres erfolgen kann. Durch die Kombination aus wiederholter, oberflächlicher Bodenbearbeitung und schneller Bodenbedeckung soll – so die Theorie – auch ein reduziertes Auflaufen an Unkräutern und damit ein weitgehender Verzicht auf Pflanzenschutzmittel erreicht werden. Die Erstkultur wird noch in der generativen Phase und nahe dem Ertragsmaximum zur Silagebereitung geerntet. Direkt nach der Ernte erfolgt dann eine flache Bodenbearbeitung oder die Zweit(Haupt)kultur wird in Direktsaat eingebracht. Diese kann dann ebenfalls zur Silagebereitung oder abhängig von der Kultur auch als Grundstoff für thermische Konversionen (Verbrennung, Vergasung, Biokraftstoffe) genutzt werden.

In Tabelle 6 sind erst- und zweikulturgeeignete Pflanzen zusammengestellt.

Erfahrungen und Empfehlungen

Aspekte wie die Erhöhung der Artenvielfalt innerhalb einer Fruchtfolge, die bestmögliche Ausnutzung der Fläche und Vegetationszeit über das Jahr, die Umgehung von Arbeitsspitzen und die Ausweitung von Zeitspannen für die Gärrestausbringung sprechen aus ökonomischer Sicht durchaus für die Zweikulturnutzung. Mehrjährige Praxiserfahrungen an verschiedenen Feldversuchsstandorten zeigen aber auch, dass die höheren Kosten der Zweikulturnutzung, die durch den Anbau von zwei Fruchtarten innerhalb eines Jahres entstehen, durch die nur geringen Mehreträge im Vergleich zum Hauptfruchtanbau nicht kompensiert werden. Erfolgreiche Zweikultursysteme funktionieren

Tabelle 6: Kulturpflanzen, die sich basierend auf Erfahrungen von Feldversuchen für ein Zweikultursystem eignen (zusammengestellt nach GRASS & SCHEFFER 2005)

Erstkulturen	Zweikulturen
Weizen	Mais
Roggen	Sonnenblumen
Triticale	Zuckerhirse
Winterhafer	Sudangras
Raps	Hanf
Rübsen	Senf
Weidelgras	Bienenweide (<i>Phacelia</i>)
Wintererbsen	Ölrettich
Inkarnatklees	Wicken
Winterwicken	Erbsen



Abbildung 7: Eine Mischung aus Sonnenblume (*Helianthus annuus*) und Bienenweide (*Phacelia*) wird als zweite Kultur im System der Zweikulturnutzungen empfohlen.

Foto: Rainer Luick

nur, wenn entweder ausreichende Niederschläge in den bedürftigen, phänologischen Phasen der beiden Kulturen vorhanden sind oder Böden mit einer sehr guten Wasserspeicherkapazität vorherrschen. In der Praxis konnten sich Zweikulturnutzungen mit Ausnahme des Grünschnittroggen-Silomais-Konzepts bislang nicht nennenswert etablieren.

Aus ökologischer Sicht sind kritische Argumente zu nennen, denn allein aufgrund der verdoppelten Kulturarbeiten (Saatvorbereitung, Saat, Pflanzenschutz, Ernte) und der zeitlichen Ausdehnung gibt es auf den Ackerflächen kaum noch Ruhezeiten. So ist die Aussamung von Ackerwildkräutern – sofern überhaupt noch vorhanden – nicht mehr möglich und die Populationen von Niederwild und bodenbrütenden Feldvogelarten gehen signifikant zurück, da die Mahd der Erstkultur in die Aufzuchtzeit der Jungtiere fällt (u. a. DZIEWIATY & BERNARDY 2011).

3.4 Mischkulturen/Blümmischungen

Die Monotonisierung unserer Ackernutzungssysteme auf großflächigen Schlägen und deren Intensivierung (u. a. Technisierung, Nutzungsfrequenz, Düngemittel- und Pflanzenschutzmitteleinsatz) sind evidente Ursa-

chen und Erklärungen für dramatische Verluste der Agrobiodiversität. Darunter ist u. a. die Strukturierung und Vielfaltigkeit, das Vorkommen von Wildkräutern und davon wiederum abhängig das Vorkommen von Insekten, Vogelarten, Kleinsäugern usw. zu verstehen. Je nach organischer Gruppe, Region und Standort sind Agrobiodiversitätsverluste von 90 % und mehr mit Referenz auf die 1950er- und 1960er-Jahre festzustellen (u. a. SRU 2015). Um dem entgegenzuwirken, wurde das Blühflächen-Konzept entwickelt. Es basiert auf dem Ansatz, dass nicht nur lineare, sondern auch flächenhafte Strukturen mit für Insekten interessanten Blütenpflanzen in kultur- und fruchtfolgenarme Ackergebiete eingebracht werden. Gleichzeitig sollen sich Synergien mit dem Anbau von energetischer Biomasse ergeben, denn die Biomasse der Blühflächen soll als Co-Substrat in Biogasanlagen nutzbar sein. Selbstverständlich stehen nicht Masse und energetische Ausbeute im Vordergrund, denn die Flächen sollen erst spät, nach Ablühen und Aussamen der Pflanzen, geerntet werden.

Die Pflanzenmischungen setzen sich sowohl aus Wild- als auch aus Kulturarten zusammen, sind regionen- und standortsspezifisch komponiert und bestehen meist aus 15–20 Arten. Als mehrjährige Arten sind überwiegend

Tabelle 7: Ziele und Merkmale der Blümmischungen BG 70, 80 und 90 der Firma Saaten Zeller (www.saaten-zeller.de/landwirtschaft/biogas-i#bg)

Wildpflanzenmischung Biogas 70 (BG 70)

Mischung aus einjährigen, überjährigen und mehrjährigen Arten, die vom Ansaatjahr bis zum letzten Beerntungsjahr die Möglichkeit zur Biogasproduktion bietet. Der Nutzungsschwerpunkt der Mischung liegt neben einem ordentlichen Ertrag bei ökologischen Gesichtspunkten. Das Saatgut ist neben einer Standardvariante auch als Untersaatmischung für Mais und Grünroggen verfügbar.

Wildpflanzenmischung Biogas 80 (BG 80)

Mischung aus rein einjährigen Arten, die in ihrer Bewirtschaftung einer Maiskultur ähnlich sind (Aussaatzeitpunkt, Erntezeitpunkt). Besonders geeignet ist diese Mischung zur Umrahmung großer oder auch kleinerer Maisschläge. Von einem flächigen Anbau wird aufgrund der erschwerten Beerntung und des geringeren Masseertrages abgeraten.

Wildpflanzenmischung Biogas 90 (BG 90)

Die Mischung besteht ausschließlich aus überjährigen und mehrjährigen Stauden und ist ökonomisch ausgerichtet. Im Vordergrund steht die Ernte- und Ertragssicherheit. Die Aussaat dieser Mischung findet entweder nach frühräumenden Kulturen wie z. B. Ganzpflanzensilage (GPS) oder Sommergerste statt. Dies hat den Vorteil, dass die Stauden im Etablierungsjahr nicht von anderen Pflanzen beschattet werden, sondern ohne Beeinträchtigung die Vegetationszeit für die Jugendentwicklung nutzen können. Dieses Anbausystem sichert dem Landwirt den Ertrag seiner Vorfrucht und im Folgejahr den Ertrag der Wildpflanzen

heimische Wildarten enthalten, deren Auswahl nach Blühzeitpunkten und Biomasseaufwuchs erfolgt. Die Erscheinungsbilder und Blütenaspekte der mehrjährigen Bestände verändern sich in den ersten drei Standjahren deutlich. Die zunächst dominierenden ein- und zweijährigen Arten werden dann zunehmend durch mehrjährige Staudenarten ersetzt. Die Ernte erfolgt einmal jährlich ab Mitte Juli. Pionierarbeit wurde von der Firma Saaten Zeller geleistet (Saaten Zeller GmbH & Co. KG,

info@saaten-zeller.de). Wissenschaftliche Untersuchungen zum Anbau und den ökologischen Effekten beziehen sich meist auf die von Saaten Zeller entwickelten „Biogas-Wildpflanzenmischungen“. In Tabelle 7 sind die Ziele und Merkmale der Blümmischungen BG 70, 80 und 90 zusammengestellt. Exemplarisch für die Blümmischung BG 70 wurde die Artenzusammenstellung und deren Anteile im Detail aufgeführt (Tabelle 8).

Tabelle 8: Wildpflanzenmischung Biogas 70 (BG 70) mit Frühjahrsansaat mehr- und einjähriger Arten der Firma Saaten Zeller (www.saaten-zeller.de/rel/images/bg70.pdf)

Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Prozentualer Anteil
Eibisch	<i>Althaea officinalis</i>	5,5
Färberkamille	<i>Anthemis tinctoria</i>	0,1
Beifuß	<i>Artemisia vulgaris</i>	1,0
Schwarze Flockenblume	<i>Centaurea nigra</i>	20,0
Wegwarte	<i>Cichorium intybus</i>	2,0
Wilde Möhre	<i>Daucus carota</i>	0,1
Wilde Karde	<i>Dipsacus sylvestris</i>	0,5
Natternkopf	<i>Echium vulgare</i>	0,5
Buchweizen	<i>Fagopyron esculentum</i>	8,0
Fenchel	<i>Foeniculum vulgare</i>	4,0
Einköpfige Sonnenblume	<i>Helianthus annuus</i>	6,5
Alant	<i>Inula helenium</i>	5,0
Rosenmalve	<i>Malva alcea</i>	0,6
Weißer Steinklee	<i>Melilotus albus (ADELE)</i>	6,0
Futtermalve	<i>Malva mauritanica</i>	3,0
Wilde Malve	<i>Malva sylvestris</i>	4,0
Quirlmalve	<i>Malva verticillata</i>	6,0
Luzerne	<i>Medicago sativa</i>	2,0
Weißer Steinklee	<i>Melilotus albus</i>	3,5
Gelber Steinklee	<i>Melilotus officinalis</i>	7,0
Esparsette	<i>Onobrychis viciifolia</i>	9,0
Färber-Wau	<i>Reseda luteola</i>	0,3
Rote Lichtnelke	<i>Silene dioica</i>	0,2
Rainfarn	<i>Tanacetum vulgare</i>	5,0
Königskerze	<i>Verbascum ssp.</i>	0,2
	Summe	100,0

Erfahrungen und Empfehlungen

Blühmischungen zeigen zahlreiche ökologische Vorteile, vor allem dann, wenn überwiegend heimische und regional vorkommende Wildpflanzen in den Mischungen enthalten sind. Es gibt aber auch ökonomische Erwägungen für die Ansaat (KUHNS et al. 2014, DIETERICH et al. 2016):

- Auf Pflanzenschutz kann i. d. R. verzichtet werden und, der Düngemittelaufwand ist, wenn überhaupt notwendig, deutlich reduziert.
- Deutliche Verminderung von Erosion, geringe Bodenverdichtung, da auf der Fläche kaum Maschineneinsatz notwendig ist, Verbesserung der Humusbilanz und geringe Nährstoffverluste durch die ganzjährige Begrünung.
- Es entstehen nur einmalige Kosten für Saatgut bei langjähriger Nutzung, und da ab dem zweiten Standjahr nur noch die beiden Arbeitsschritte Düngen und Ernten notwendig sind, reduzieren sich auch die fixen Produktionskosten deutlich.
- Ökonomische Mehrwerte ergeben sich auch aus einer Verminderung des Wildschadenrisikos und dem Verzicht auf eventuelle Präventionsmaßnahmen.

Auf den ersten Blick stellt sich also eine Win-win-Situation zu zahlreichen Aspekten ein. Doch die reale Situation ist erschreckend ernüchternd: Zwar gibt es keine Angaben der Saatgutlieferanten, wie viele Wildpflanzenflächen für die Biogasgewinnung tatsächlich existieren. Anhand von Abschätzungen stellte sich heraus, dass Flächen meist nur im Rahmen von Forschungs- und regionalen und lokalen Förderprogrammen angelegt werden. Nach Expertenmeinung waren die im Rahmen der Bioenergieregion Bodensee der Bodensee Stiftung angelegten Blühflächen mit insgesamt ca. 60 ha das flächenmäßig größte Experiment in Deutschland. Nach Projektende 2014 – und damit auch mit dem Ende der finanziellen Unterstützung für den Saatgutkauf – wurden die Flächen überwiegend wieder in konventionelle Nutzungen überführt. Bundesweit sind insge-

samt lediglich zwischen 500 ha und max. 1.000 ha mit Wildpflanzenmischungen bestanden (Schätzungen auf Grundlage der verkauften Saatmengen von Produzenten, NLF 2017). Zusammen mit den Anbauflächen der Durchwachsenen Silphie sind das ca. 0,2 % der Anbaufläche von Mais. Ergebnisse aus Begleitforschungen und praktische Erfahrungsberichte zeigen allerdings auch, dass sich an vielen Standorten die Blühbestände nicht so etablierten und entwickelten wie erwartet. Die Ursachen hierfür sind vielfältig:

- Oft wurden von den Praxispartnern standörtlich ungeeignete Flächen (Restflächen) für die jeweiligen Kulturen zur Verfügung gestellt, die nicht den Kulturbedürfnissen gerecht wurden.
- Die Vorbereitung der Standorte (Saatbeetbereitung) erfolgte nicht nach der gFP und es wurden oft auch vorgegebene (empfohlene) Zeitpunkte und Managementhinweise nicht eingehalten.
- Die Ansaatmischungen verhalten sich bezüglich der Keimung und Etablierung deutlich unbeständiger als angenommen, was vermutlich auch mit den jeweiligen Standortverhältnissen und den vorgenannten Aspekten korreliert.
- Wenn die Etablierungsphase im ersten Kulturjahr unbefriedigend war, hat sich dies oft auch auf das Folgejahr ausgewirkt: Häufige Erscheinungen waren dann dominante, „normale“ Verunkrautungsbestände mit Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*), Stumpflättrigem Ampfer (*Rumex obtusifolius*) oder Melde (*Cheopodium album*). Im Extremfall wurden diese Flächen dann aus Angst vor weiterer Verbreitung dieser Problemarten und aus optisch-emotionalen Gründen (Niederlage) umgepflügt.
- Zu einem Einbruch bei den wenigen Anbauflächen der Blühmischungen, bzw. auch eine nach wie vor nicht gegebene Attraktivität, hat auch die Umsetzung der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (2014–2020) beigetragen. Denn die Blühmischungen werden trotz ihrer ökologischen Vorteile

nicht als Greeningflächen im Kontext der Direktzahlungsverpflichtungen der EU und ihrer Auslegungen in Deutschland (Erfüllung der Greeningverpflichtungen für den Aspekt der ökologischen Vorrangflächen = ein Anteil von 5 % der Ackerflächen eines Betriebes mit Greeningverpflichtungen) anerkannt, wenn sie zur Biogaserzeugung genutzt werden. Viele Landwirten wollen oder können es sich nicht leisten, Blümmischungen auf Produktionsflächen mit Zahlungsansprüchen und den dadurch resultierenden Verpflichtungen mit verhältnismäßig geringerem Ertrag einzubringen.

- Abgesehen von den Kulturkosten ist für die Anbau- praxis der Gasertrag der Biomasse entscheidend. Untersuchungen zeigen leider, dass der Ertrag von Blühflächen im Vergleich zum Mais bei nur rund 60 % liegt. Dies bedeutet beim gleichen Ertrags- ziel einen um 65 % höheren Flächenbedarf. Der- zeit werden die bestehenden Opportunitätskosten nicht durch anderweitige Erträge (z. B. erhöhte Einspeisevergütungen oder landwirtschaftliche Förderprogramme) ausgeglichen.



Abbildung 8: Vielfältige „Biogas“-Blümmischung mit Sonnenblumen (*Helianthus annuus*) und Eibisch (*Althaea officinalis*). Das Auflaufen der 20–30 Arten, die in einer Ansaatmischung enthalten sein können und die jeweilige Dominanz der Arten ist wenig vorhersehbar. Die mehrjährigen Kulturen zeigen zudem jährlich ein anderes Bild. Foto: Rainer Luick



Abbildung 9: Blümmischungen werden meist als schlagbegrenzende, schmale Streifen eingesetzt. Sie sollen großflächige Maiskulturen optisch auflockern oder Intensivkulturen mit den ökologisch positiven Effekten auf die Artenvielfalt puffern. Foto: Rainer Luick

4 Diskussion

Ökologische Begleituntersuchungen aller Alternativen, wie ausgeprägte Fruchtfolgen, den Wechsel von Mais zu alternativen Biomassepflanzen, die Zweinutzungskulturen oder die Aussaat von Blümmischungen, zeigen, dass bereits eine räumlich vielseitigere Nutzung mit kleineren Ackerschlägen zu einer Zunahme der Agrobiodiversität führt. Die Effekte steigen oder sinken mit dem Intensitätsgrad, mit dem die Kulturen jeweils bewirtschaftet werden. Grundsätzlich kann gelten, dass auch „alternative“ Anbausysteme mit nur einer Pflanzenart geringe biodiversitätsfördernde Wirkungen haben. Die Ergebnisse von DIETERICH et al. (2016) belegen, dass die ökologisch schlechteste Alternative zu diesem Aspekt *Miscanthus*-Kulturen sind. Erwartungsgemäß erreichen Blühflächen mit heimischen Arten den

mit Abstand höchsten Zugewinn an Agrobiodiversität. Wenn sich diese Kulturen erfolgreich etabliert haben und immer mehrere und unterschiedliche Standjahre in Raum und Zeit vorhanden sind, führt dies zu einem besonderen Biodiversitätsreichtum. Nicht ganz überraschend ist allerdings auch die Beobachtung, dass sich in allen organismischen Gruppen vor allem Ubiquisten etablieren und ausbreiten. Für seltene Arten mit spezifischen Habitat- und Ressourcenansprüchen bedarf es anderer, ergänzender Strategien.

Das Interesse an Energiepflanzen-Alternativen hat leider deutlich nachgelassen, nachdem mit der Novelle des EEG 2014 keine Einsatzstoffvergütung mit Boni mehr für Pflanzen wie die Durchwachsende Silphie, Wild-

blumenmischungen oder Landschaftspflegematerial gewährt werden. Gleichzeitig gibt es gesellschaftliche Forderungen und damit Druck auf die Praxis, ertragreiche und gleichzeitig ökologisch vorteilhaftere Alternativen zu Mais auf den Markt zu bringen.

Weiterhin sind nach dem Ende von Programmen wie den „Bioenergie-Regionen“ im Jahr 2015 auch die wenigen Modellflächen, die regional durch diverse Initiativen entstanden waren, meist wieder aus den Landschaften verschwunden. Selbst ökonomisch orientierte Konzepte, wie der Anbau von durchaus ertragsstarken Alternativpflanzen oder von Zweinutzungskulturen, sind in der realen Anbaupraxis von untergeordneter Bedeutung (vgl. Kap. 3.2). Die Erklärungsmuster sind einfach: Der Anbau von Mais ist vertraut, die Techniken sind etabliert und einfach anwendbar, die Ernten berechenbar und die Opportunitäten gegenüber anderen Kulturen hoch. Demgegenüber erfordern die alternativen Pflanzen und Systeme ein spezifisches Wissen und eventuell auch besondere technische Ausstattungen. Zudem sind die Kulturen i. d. R. hinsichtlich phänologischer Entwicklung, Ertragssicherheit und Erntemengen (Gasausbeuten) deutlich unsicherer.

Der wirtschaftliche Erfolg der Energiepflanzenproduktion ist, abgesehen vom Massenertrag, von den Produktionskosten sowie den wertbestimmenden Substrateigenschaften – also von der Methanausbeute – abhängig. Ein weiterer Faktor sind die Transportkosten

für Substrate und Gärreste, die ebenfalls mit den Produkteigenschaften korrelieren. Dies erklärt auch, warum die Pachtpreise für Ackerflächen im Umfeld von Biogasanlagen so deutlich gestiegen sind. Im Umkehrschluss bedeutet dies natürlich auch, dass ein enormer ökonomischer Druck besteht, die Biomasseproduktion pro Flächeneinheit bei geringen Risiken zu maximieren. Diese simple Logik erklärt, warum selbst die nach den Kriterien der guten fachlichen Praxis zu fordernden, minimalen Fruchtfolgen nicht umgesetzt werden. Der Einsatz von Alternativen, wie anderen Kulturpflanzen, Zwischenfrüchten, Stallmist oder Biomasse von Blühflächen, ist zwar erstrebenswert, würde jedoch den Flächenbedarf teilweise deutlich erhöhen. Grund für die Ausdehnung der Anbaufläche ist nicht nur der bei gleicher Substratmasse geringere Methanertrag der Alternativen, sondern auch der Bedarf an Ausbringflächen für die Gärreste durch die zusätzlichen Nährstofffrachten.

So bleibt es leider weiter Realität, dass die negativen Umweltwirkungen, die mit dem intensiven maisdominierten Biomasseanbau in der Regel parallel gehen, monetär nicht bilanziert und den Produktionskosten angelastet werden. Gleichzeitig ist zu konstatieren, dass der Anbau von alternativen Kulturen (z. B. von Wildpflanzenmischungen) mit positiven Ökosystemleistungen ohne ergänzende Förderungen wirtschaftlich nicht leistbar ist und entsprechende Programme nicht (mehr) existieren.

5 Literatur und Quellen

- AEE – AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN (2009): Erneuerbare Energien 2020. Potenzialatlas Deutschland – Sonderausgabe Bioenergie. – www.unendlich-viel-energie.de/media/file/111.AEE_Potenzialatlas_Sonderausgabe_Bioenergie_dez09_01.pdf – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- AEE (2011): Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern. – www.unendlich-viel-energie.de/shop – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- AEE (2016): www.unendlich-viel-energie.de
- BEURSKENS, L. W. M., M. HEKKENBERG & P. VETHMAN (2011): Renewable energy projections as published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States covering all 27 EU Member States with updates for 20 Member States. – Studie European Environmental Agency (EEA / ECN-E-10-069). – Kopenhagen.
- BMU & BMELV – BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT & BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2010): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland – Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. – Berlin.
- BMWi – BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2015): Ein gutes Stück Arbeit. Die Energie der Zukunft. Vierter Monitoring-Bericht zur Energiewende. – www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/V/vierter-monitoring-bericht-energie-der-zukunft,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- BMWi (2016): www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/erneuerbare-energien.html. – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- BWAGRAR (2015): Silphie als Silomaisalternative. – BWagrar 35: 23–25.
- DBFZ & TLL – DEUTSCHES BIOMASSE FÖRSCHUNGS ZENTRUM & THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2010): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse (Zwischenbericht, März 2010). – www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/3330002_Stromerzeugung_aus_Biomasse_3_Zwischenbericht.pdf – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- DMK – DEUTSCHES MAIS KOMITEE (2016): www.maiskomitee.de/web/upload/pdf/statistik/dateien_pdf/02.Maisanbauflaechen_D_in_ha_2015-2016-vorlaeufig_20160803.pdf – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- DEMUTH, B., S. HEILAND, R. LUICK, D. VEDEL, K. AMMERMANN & N. WIERSBINSKI (2016): Die Energiewende im Spannungsfeld energiepolitischer Ziele, gesellschaftlicher Akzeptanz und naturschutzfachlicher Anforderungen. – BfN-Skripten 433. – Bonn-Bad Godesberg.
- DLR ET AL. – DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT ; INSTITUT FÜR TECHNISCHE THERMODYNAMIK, ABT. SYSTEMANALYSE UND TECHNIKBEWERTUNG, FRAUNHOFER INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK & INGENIEURBÜRO FÜR NEUE ENERGIEN (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht (BMU – FKZ 03MAP146). – www.dlr.de/dlr/Portaldata/1/Resources/bilder/portal/portal_2012_1/leitstudie2011_bf.pdf – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- DIETERICH, M., S. HEINTSCHEL, M. HAUSBERG, J. MÜCK, T. BAUER, J. BERGER, H. DORSCH, A. ZÜRCHER, K. NERLICH, K. MASTEL, U. RIEDL, I. FIEBIG & M. LOHR, M. (2016): Biomassekulturen der Zukunft aus Naturschutzsicht. – BfN-Skripten 422 – Bonn-Bad Godesberg.
- DZIEWIATY, K. & P. BERNARDY (2011): Bioenergie und Naturschutz. – Biosphärenreservatsverwaltungen Mittelelbe, Niedersächsische Elbtalaua & Flusslandschaft Elbe-Brandenburg (Hrsg.). – Hitzacker.
- FACHVERBAND BIOGAS E. V. (2010): Energiepflanzen – Die Auswahl wird größer. – BiogasJournal, Sonderheft, November 2010.
- FACHVERBAND BIOGAS E. V. (2016a): Biogas sector statistics 2015/2016. – [www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/\\$file/16-07-28_Biogas_Branchenzahlen-2015_Prognose-2016_engl_final.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/16-07-28_Biogas_Branchenzahlen-2015_Prognose-2016_engl_final.pdf) – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- FACHVERBAND BIOGAS E. V. (2016b): Biogasbranche präsentiert Energiepflanze 2.0 – www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/de-pm-11-16 – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- FACHVERBAND BIOGAS E. V. (2017): Branchenzahlen 2016 und Prognose der Branchenentwicklung 2017. – [www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/\\$file/17-11-29_Biogas_Branchenzahlen-2016_Prognose-2017.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/17-11-29_Biogas_Branchenzahlen-2016_Prognose-2017.pdf) – Aufgerufen am 08. 12. 2017.
- ENR – FACHAGENTUR FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (Hrsg., 2008): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen.

- FNR (Hrsg., 2013a): Handlungsleitfaden für nachwachsende Rohstoffe in Kommunen. – https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/t/h/themenheft-web_neu.pdf – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- FNR (Hrsg., 2013b): Energiepflanzen für Biogasanlagen Baden-Württemberg.
- FNR (2016a): Entwicklung der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe 2015. – <https://mediathek.fnr.de/anbaufläche-fur-nachwachsende-rohstoffe.html> – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- FNR (2016b): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Regionalbroschüren. – <https://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/energiepflanzen/regionalbroschuren.html> – Aufgerufen am 12. 11. 2017
- GRASS, R. & K. SCHEFFER (2005): Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. – Natur und Landschaft 9/10: 435–439.
- GRUNEWALD, J., K. JÄKEL, A. SCHAEFF, F. BÖTTCHER & M. SCHMIDT (2012): Zweikulturnutzung auf Diluvialstandorten im mitteldeutschen Trockengebiet. – Forschungsbericht im Rahmen des EVA-Verbundvorhabens – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.). – www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Zweikulturnutzung.pdf; www.eva-verbund.de – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- GRUNEWALD, J. & K. JÄKEL (2014): Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime auf D-Süd-Standorten. – Forschungsbericht im Rahmen des EVA II-Verbundvorhabens – Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) – Schriften. Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen, Heft 25/2014. – www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Zweikulturnutzung.pdf – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- KARPENSTEIN-MACHAN, M. & C. WEBER (2010): Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen – Veränderungen in der Fruchtfolge und der Bewirtschaftung von Ackerflächen in Niedersachsen. – Naturschutz und Landschaftsplanung 42 (10): 312–320.
- KUHN, W., J. ZELLER, N. BRETSCHNEIDER-HERRMANN & K. DRENCKHAHN (2014): Energie aus Wildpflanzen – Praxisempfehlungen für den Anbau von Wildpflanzen zur Biomasseproduktion. – Deutscher Jagdverband e. V., Deutsche Wildtier Stiftung & Internationaler Rat zur Erhaltung des Wildes und der Jagd (Hrsg.). – http://lebensraum-brache.de/wp-content/uploads/2014/02/NLF_Praxisratgeber_April14.pdf – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- LUICK, R., P. BERNARDY, K. DZIEWIATY & K. SCHÜMANN (2011): Superstar Energiemais – Auswirkungen auf die Biodiversität am Beispiel der Feldvogelarten. – In: Der Kritische Agrarbericht 2011: 131–135 – AbL Verlag, Hamm.
- LUICK, R. (2013): Nutzung und Entwicklungstendenzen von Bioenergie in nationalem und globalem Kontext. – In: Energielandschaften – Kulturlandschaften der Zukunft? Energiewende – Fluch oder Segen für unsere Landschaften. – Demuth, B., S. Heiland, N. Wiersbinski & K. Ammermann (Hrsg.). – BfN-Skripten 337: 87–112, Bonn-Bad Godesberg.
- MEMMLER, M., K. MERKEL, J. PABST, S. ROTHER, S. SCHNEIDER & M. DREHER (2013): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger – Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2012. – Umweltbundesamt (Hrsg.) – www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_15_2013_emissionsbilanz_erneuerbarer_energetraeger_0.pdf – Aufgerufen am 9. 12. 2017
- MLR – MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM UND VERBAUCHERSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2014): Leitfaden für eine nachhaltige Biogaserzeugung in Baden-Württemberg. – www.landwirtschaft-bw.info/bw/MLR – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- MÜLLER, K., P. ZANDER, G.-B. ÜCKERT, J. SCHULER, A. WERNER, J. HUFNAGEL, M. GLEMNITZ & C. SÄTLER (2005): Wege zur naturschutzgerechten Erzeugung von Energiepflanzen für Biogasanlagen: Verfahren, Betriebe, Rahmenbedingungen. – Leibniz-Zentrum für garlandtschaftsforschung e. V. – Endbericht für das DBU Forschungsvorhaben AZ 23559 – 33/0. – www.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-23559.pdf – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- NATURSCHUTZ-INFO 1/2012: Chance für die Zukunft – Energie aus mehrjährigen Wildpflanzenmischungen: 55–56
- NLF – NETZWERK LEBENSRAUM FELDELUR (2017): Ernüchternde Bilanz für alternative Energiepflanzen. – <http://lebensraum-brache.de/ernuechternde-bilanz-fuer-alternative-energiepflanzen>. – Aufgerufen am 14. 2. 2017
- PETERS, W., C. SCHULTZE, K. SCHÜMANN, S. STEIN & K. AMMERMAN (2010): Bioenergie und Naturschutz – Synergien fördern, Risiken vermeiden. – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.). – Bonn-Bad Godesberg.
- SRU – SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (2015): 30 Jahre SRU – Sondergutachten Umwelprobleme der Landwirtschaft. – Texte 28/2015. – Dessau-Roßlau.

- SCHÜMANN, K., R. LUICK, F. WAGNER, J. ENGEL, K. FRANK & A. HUTH (2011): Naturschutzstandards für den Biomasseanbau. – Naturschutz und Biologische Vielfalt (Schriftenreihe des Bundesamtes für Naturschutz), Heft 106.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2013): Flächenbelegung von Ernährungsgütern. – www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/FachberichtFlaechenbelegung5385101109004.pdf?__blob=publicationFile – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- THRÄN, D., M. EDEL, J. PFEIFER, J. PONITKA, M. RODE & S. KNISPEL (2011): Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenz beim weiteren Ausbau der energetischen Biomassennutzung. – DBFZ Report 4.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2017): Erneuerbare Energien in Zahlen. – www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen – Aufgerufen am 28. 11. 2017
- UM – MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT BADEN-WÜRTTEMBERG (2015): Überwachungsaktion der Gewerbeaufsicht 2013/2014 Biogasanlagen zukunftssicher betreiben. Ergebnisbericht. – www.gewerbeaufsicht.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/25375/Ueberwachungsaktion_der_GA_2013-2014_-_Biogas_Ergebnisbericht.pdf
- WBGU – WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG FÜR GLOBALE UMWELTWIRKUNGEN (2015): www.wbgu.de/pressetermine/presseerklarungen/2015-12-12-presseerklarung – Aufgerufen am 12. 11. 2016
- WIEHE, J., E. V. RUSCHOWSKI, M. RODE, H. KANNING & C. VAN HAAREN (2009): Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Landschaft. – Naturschutz und Landschaftsplanung 41 (4): 107–113.
- WI & RWI – WUPPERTAL INSTITUT FÜR KLIMA, UMWELT, ENERGIE GmbH & RWI RHEINISCH-WESTFÄLISCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG ESSEN (2008): Nutzungskonkurrenzen bei Biomasse – Auswirkungen der verstärkten Nutzung von Biomasse im Energiebereich auf die stoffliche Nutzung in der Biomasse verarbeitenden Industrie und deren Wettbewerbsfähigkeit durch staatlich induzierte Förderprogramme. – Studie für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Endbericht, Wuppertal.

Prof. Dr. Rainer Luick

Professur für Natur- und Umweltschutz an der
Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg
rainer.luick@t-online.de

