

# MEHRJÄHRIGE ENERGIEPFLANZEN IM VERGLEICH

**Lothar Boese und Isolde Reichardt, Bernburg (Saale)**

## 1 EINLEITUNG

Der Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen einschließlich Energiepflanzen in Deutschland hat sich seit dem Jahr 2000, dem Inkraft-Treten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), mehr als verdreifacht. 2012 wurden in der deutschen Landwirtschaft auf 2,53 Mio. ha Nachwachsende Rohstoffe erzeugt, darunter auf 2,12 Mio. Hektar Energiepflanzen. Dies entspricht 21 bzw. 18 % der Ackerfläche. Hintergrund ist vor allem die gravierende Steigerung (Versiebenfachung) der Anzahl der Biogasanlagen im gleichen Zeitraum, während sich die installierte elektrische Leistung dieser Anlagen auf etwa das 70-fache erhöht hat.

Der Zubau im Biogassektor war auch mit einer Verschiebung im Substrateinsatz verbunden. Während früher ausschließlich kommunale und landwirtschaftliche Abprodukte und Reststoffe zu Methan vergoren wurden, hat der Einsatz von sogenannten Co-Substraten, d. h. durch zielgerichteten Anbau auf landwirtschaftlicher Nutzfläche gewonnener Biomasse, in den letzten zehn Jahren massiv zugenommen. Nach Betreiberumfragen des Deutschen Biomasseforschungszentrums Leipzig entfielen 2011 knapp 50 Masse-% der Biogassubstrate auf Nachwachsende Rohstoffe [FNR12]. Manche Anlagen werden ausschließlich auf der Basis von Energiepflanzen betrieben.

## 2 FELDVERSUCHE

Neben Versuchen mit einjährigen Arten zur energetischen Nutzung werden an der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (LLFG) Sachsen-Anhalt am Standort Bernburg (Saale) im sogenannten Energiepflanzenpark auch diverse mehrjährige Kulturen auf ihre Ertragsfähigkeit, Biogasausbeute und weitere pflanzenbauliche Eigenschaften hin untersucht.

Bernburg liegt im östlichen Harzvorland am Südrand der Magdeburger Börde. Der Standort ist durch den Bodentyp Löss-Schwarzerde (6 dm tief, darunter Lösslehm bis ca. 13 dm) charakterisiert. Die Bodenwertzahlen liegen um 90, der pH-Wert des Bodens bei 7,0. Die Speicherfähigkeit an nutzbarer Feuchte beträgt 200 mm im 1-m-Profil. Im 30-jährigen Mittel (1981-2010) wurde am Standort eine Jahresniederschlagssumme von 511 mm gemessen. Die Jahresmitteltemperatur für den gleichen Zeitraum beträgt 9,7 °C.

Im Jahr 2007 wurden die ersten vier mehrjährigen Arten (Durchwachsene Silphie, Sandmalve, Energieampfer, Rutenhirse) durch Pflanzung bzw. Saat etabliert. In den Folgejahren kamen weitere hinzu. Teilweise gab es Ausfälle durch Krankheiten oder aus anderen Gründen, weshalb die Erträge einzelner Arten in einzelnen Jahren nicht gewertet werden können. In die berechneten Mittelwerte sind somit teilweise unterschiedliche Jahre bzw. eine unterschiedliche Zahl von Jahren eingegangen. Sie sind dadurch, streng genommen, nicht vergleichbar, geben aber einen Eindruck der potenziellen Leistung der jeweiligen Art am Standort Bernburg.

## 2 CHARAKTERISIERUNG UND VERGLEICH DER ARTEN

### Durchwachsene Silphie

Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum L.*), auch als Kompass- oder Becherpflanze bekannt, ist ein ausdauernder Korblütler. Ihr Ursprung liegt in Nordamerika. Wegen ihrer hübschen gelben Blüten ist sie auch in Gärten als Zierpflanze zu finden. Im Feldbestand bilden die Pflanzen 3...5 Stängel und werden etwa 1,8 ... 2,5 m hoch. Die Pflanzung erfolgt ab Mitte April bis in den Juni hinein mit einer Pflanzdichte von 4 je m<sup>2</sup>. Mittlerweile gibt es erfolgreiche Bestrebungen, ausreichend Saatgut zu gewinnen und durch spezielle Verfahren seine Dormanz zu brechen mit dem Ziel, eine Bestandesetablierung durch Saat zu ermöglichen und dadurch das Anbauverfahren einfacher und kostengünstiger zu gestalten. Die Ernte (ab dem 2. Standjahr) erfolgt Mitte August bis Mitte September bei Trockensubstanz-(TS)-Gehalten von 25...30 % und anschließender Konservierung durch Milchsäuregärung (Silierung). Der Bestand ist winterhart. Im Frühjahr treibt er neu aus und ist auf diese Weise mindestens zehn Jahre nutzbar.

Ergebnisse der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft an zwei Standorten zeigen, dass die Durchwachsene Silphie ertraglich mit dem Mais als der wichtigsten Energiepflanze für die Biogasproduktion in den meisten Jahren durchaus mithalten kann. Es gibt jährliche Zuwächse an neu angelegten Beständen in der landwirtschaftlichen Praxis. 2012 betrug die Anbaufläche bundesweit schon etwa 400 ha. In Bernburg wurden im fünfjährigen Mittel 157 dt/ha Trockenmasse (TM) bei einer Methanausbeute von 265 l<sub>N</sub>/kg oTM gemessen (Tab. 1, 2). Damit befindet sich diese Kultur im Vergleich der mehrjährigen Energiepflanzen im oberen Bereich.

**Tab. 1: Trockenmasseertrag (dt/ha) von mehrjährigen Energiepflanzen am Standort Bernburg**

Jahr	Durchwachsene Silphie	Sandmalve	Energieampfer	Staudenknöterich Igniscum	Rutenhirse	Blaustängelgras
2008	173	116	86		123	
2009	141	134	60	155	178	
2010	145	85	53	178	202	105
2011	175	– <sup>1)</sup>	Neusaat <sup>2)</sup>	146	196	102
2012	151	112	59	161	193	161
<b>Mittel</b>	<b>157</b>	<b>112</b>	<b>64</b>	<b>160</b>	<b>178</b>	<b>123</b>

<sup>1)</sup> reduzierte Bestandesdichte wegen Krankheit, <sup>2)</sup> nach Umbruch wegen Krankheit

### Sandmalve

Diese Pflanze, auch als Riesenmalve (*Sida hermaphrodita L.*) bezeichnet, stammt ebenfalls aus Nordamerika. 1955 wurde sie in Polen eingeführt und seitdem dort züchterisch bearbeitet. Sie ist absolut winterhart und wird 3...4 m hoch. Aus Polen, wo die Anbaufläche über 200 ha betragen soll, wird über eine Nutzung des Bestandes bis 20

Jahre berichtet. Seit 2011 wird pilliertes Saatgut angeboten [Klenke13], so dass nicht mehr unbedingt gepflanzt werden muss. Am Standort Bernburg wurden im vierjährigen Mittel 112 dt/ha TM geerntet. Die Methanausbeute betrug im Mittel 197 l<sub>N</sub>/kg oTM. Mit diesen Werten befindet sich die Sandmalve im unteren Bereich der verglichenen mehrjährigen Kulturen.

**Tab. 2: Methanausbeute (l<sub>N</sub>/kg oTM) von mehrjährigen Energiepflanzen am Standort Bernburg**

Jahr	Durchwachsene Silphie	Sandmalve	Energieampfer	Staudenknöterich Igniscum	Rutenhirse	Blau-stängel-gras
2008	378	120	489		124	
2009	286	211	257	135	232	
2010	228	235	317	163	212	285
2011	213	231	Neusaat <sup>1)</sup>	133	226	213
2012	218	189	288	126	226	238
<b>Mittel</b>	<b>265</b>	<b>197</b>	<b>338</b>	<b>139</b>	<b>204</b>	<b>245</b>

<sup>1)</sup> nach Umbruch wegen Krankheit

**Tab. 3: Methanertrag (m<sup>3</sup>/ha) von mehrjährigen Energiepflanzen am Standort Bernburg**

Jahr	Durchwachsene Silphie	Sandmalve	Energieampfer	Staudenknöterich Igniscum	Rutenhirse	Blau-stängel-gras
2008	6500	1390	4200		1520	
2009	4020	2820	1540	2090	4130	
2010	3320	2000	1680	2890	4280	2990
2011	3720	– <sup>1)</sup>	Neusaat <sup>2)</sup>	1950	4410	1090
2012	3290	2120	1700	2030	4360	3830
<b>Mittel</b>	<b>4170</b>	<b>2080</b>	<b>2280</b>	<b>2240</b>	<b>3740</b>	<b>2640</b>

<sup>1)</sup> reduzierte Bestandesdichte wegen Krankheit, <sup>2)</sup> nach Umbruch wegen Krankheit

### Energieampfer

Diese Kulturpflanze, in der Ukraine gezüchtet und auch unter der Bezeichnung „Rumex Schavnat“ gehandelt, ist eine künstliche Kreuzung aus Ampfer (*Rumex spec.*) und Spinat. Sie ist absolut winterhart und soll nach Literaturangaben bei ausreichend Nieder-

schlägen Wuchshöhen bis 2,50 m und bei bis zu drei Schnitten Erträge von 160 dt/ha TM je Jahr liefern. Diese Leistung wurde am Standort Bernburg mit 64 dt/ha TM im vierjährigen Mittel bei weitem nicht erreicht. Die Methanausbeute war mit 338 l<sub>N</sub>/kg oTM dagegen vergleichsweise hoch. Charakteristisch für diese Kultur ist ihre schnelle Entwicklung im Frühjahr. Schon im Mai werden Blütenstände getrieben, es erfolgt kein Zuwachs mehr, und die älteren Blätter sterben nach und nach ab. Deshalb sollte auch schon im Mai der erste Schnitt erfolgen. Unter den eher trockenen Bedingungen des Standorts war der Neuaustrieb nur schwach und regelmäßig nicht schnittwürdig.

### **Staudenknöterich Igniscum®**

Igniscum® ist eine Zuchtform des Sachalin-Staudenknöterichs (*Fallopia sachalinensis*) aus der Gattung der Flügelknöteriche [Veste...90]. Dieser ist in Japan, Korea und auf der Insel Sachalin heimisch. In Mitteleuropa ist die Art ein invasiver Neophyt, der vor mehr als 140 Jahren eingeschleppt wurde und sich seitdem wild ausbreitet. Für die energetische Nutzung werden zwei Zuchtsorten angeboten. Die eine ist vorzugsweise für die Grünernte zur Biogasproduktion geeignet, wobei zwei Ernten je Jahr als möglich angegeben werden, die andere für die Trockenernte nach Winter zur Verbrennung.

Am Standort Bernburg wurden im vierjährigen Mittel bei einmaligem Schnitt im August 160 dt/ha TM bei einem TS-Gehalt von 33 % geerntet. Im Trockenmasseertrag wurde Igniscum® damit nur von der Rutenhirse übertroffen (Tab. 2). Vergleichsernten der gleichen Aufwüchse nach Winter bei etwa 80 % TS-Gehalt brachten, verursacht durch den winterlichen Blattabfall, eine Ertragsminderung von ca. 50 %. Die Methanausbeute betrug im Mittel nur 139 l<sub>N</sub>/kg oTM, der niedrigste Wert unter den hier verglichenen Kulturen.

### **Rutenhirse**

Rutenhirse (*Panicum virgatum* L.), in Nordamerika als „Switchgrass“ bekannt und als Futterpflanze, zunehmend aber auch als Energiepflanze dort weit verbreitet, gehört zur Gruppe der Präriegräser. In Europa kennt man sie als Ziergras in den Gärten. Der Bestand wird bis 2,7 m hoch, ist ausdauernd und winterhart. Nutzungsdauern von über zehn Jahren werden angestrebt. Ein großer Vorteil ist, dass der Bestand über die Saat etabliert werden kann. Neben der Grünernte zur Silierung und anschließenden Vergärung zu Biogas ist auch die Trockenernte nach Winter, Mahlung und Pelletierung des trockenen Materials und der Einsatz zur Wärmeerzeugung möglich. Verbrennungsversuche an der LLFG ergaben gute heiztechnische Eigenschaften, geringe K- und Cl-Gehalte, wenig Staub im Abgas (weniger als Stroh), keine Verschlackung und einen Brennwert in der Rangfolge zwischen Getreidestroh und Holz [Rumpler ...11].

Bei Ernten Ende August mit TS-Gehalten über 30 % wurde im fünfjährigen Mittel ein Ertrag von 178 dt/ha TM erreicht, der höchste Wert unter den mehrjährig geprüften mehrjährigen Kulturen. Die mittlere Methanausbeute war mit 204 l<sub>N</sub>/kg oTM dagegen eher niedrig.

### **Blaustängelgras**

Blaustängelgras (*Andropogon gerardii*), in Nordamerika als „Big Bluestem“ bekannt und als Futterpflanze verbreitet, wird 1...3 m hoch und kann ebenfalls gesät werden. Die

Erträge am Standort Bernburg sind mit 123 dt/ha TM im dreijährigen Mittel niedriger als die von Rutenhirse, die Methanausbeute ist mit 245 l<sub>N</sub>/kg oTM dagegen etwas höher.

### Triarrhena

2010 wurde im Energiepflanzenpark Triarrhena (*Triarrhena lutarioriparia*) angepflanzt. Dieses Gras, vom Aussehen ähnlich wie Miscanthus, stammt aus China, wird dort bis 6 m hoch und unter anderem zur Papierproduktion verwendet. In Europa kennt man es als Ziergras. In Trockenernten nach Winter betrug der Ertrag im zweiten Vegetationsjahr 59, ein Jahr später 86 dt/ha TM. Dieser im Vergleich zu Miscanthus relativ niedrige Ertrag ist auf eine schwache Bestandesdichte (Triebzahl/m<sup>2</sup>) zurück zu führen.

### Riesenweizengras

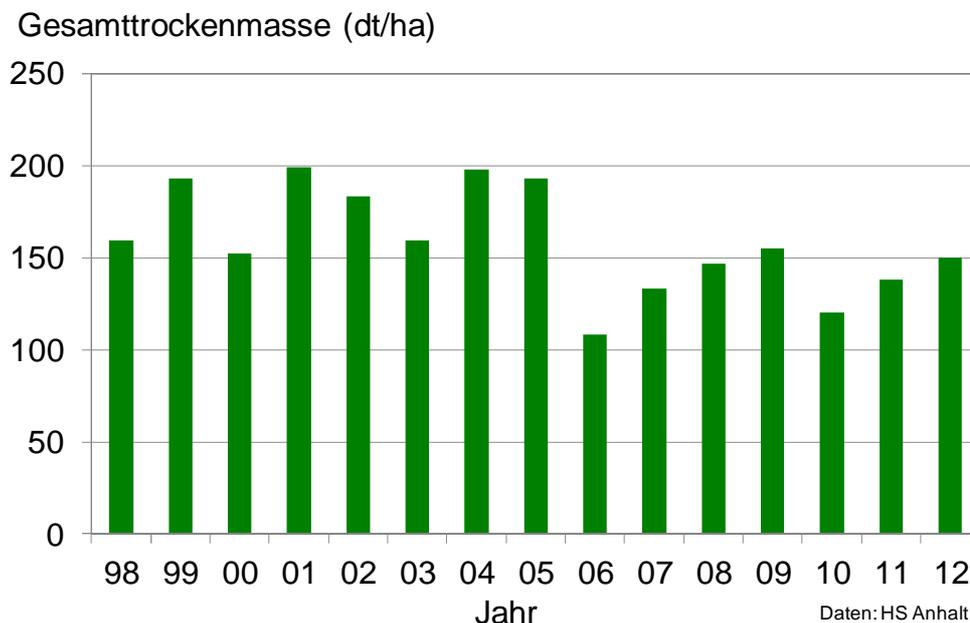
Das Riesenweizengras mit der Sortenbezeichnung „Szarvasi-1“, eine Hybride verschiedener Weizengräser (unter anderem *Thinopyrum ponticum*), ist eine Züchtung aus der ungarischen Stadt Szarvas. Der Ursprung der Thinopyrum-Arten liegt in Südost-Europa und Kleinasien. Die Bestände der Zuchtsorte erreichen Wuchshöhen bis 2,5 m, haben eine hohe Trockentoleranz und sind sehr frostbeständig. In Bernburg wurden Versuchspartellen dieser Sorte im Frühjahr 2011 angelegt. 2012, dem ersten Vollertragsjahr, wurden bei Grünernte im August 224 dt/ha TM und bei Trockenernte im darauffolgenden Frühjahr 102 dt/ha TM geerntet. Durch den Witterungseinfluss sind Substanzverluste über Winter offensichtlich nicht zu vermeiden.

### Miscanthus

Am Standort Bernburg wurde im Rahmen eines Drittmittelprojektes im Jahr 1994 ein Bestand von *Miscanthus x giganteus* angelegt, der auch nach Projektende weitergeführt wurde und nach wie vor jährlich im Frühjahr in Teilen beerntet wird. Dieser Bestand erreicht je nach Witterungsverlauf Wuchshöhen bis knapp 3 m. In den Jahren 1998 bis 2005 wurden Trockenmasseerträge von 150...200 dt/ha erreicht (Bild). Trotz jährlicher Erhaltungsdüngung sank das Ertragsniveau in den Folgejahren auf 100...150 dt/ha TM ab. Möglicherweise spielt eine gewisse Degeneration des Bestandes eine Rolle.

## **3 EIN- UND MEHRJÄHRIGE ENERGIEPFLANZEN IM VERGLEICH**

Seit 2008 werden in einem gesonderten Projekt am Standort Bernburg auch verschiedene einjährige Energiepflanzen (neben Mais die vier Wintergetreidearten sowie Sorghumhirse) mit je fünf ertragsstarken Sorten auf ihre Ertragsfähigkeit, Methanausbeute und weitere Merkmale getestet. Im fünfjährigen Mittel hat sich Mais mit 217 dt/ha TM als die ertragsstärkste Frucht erwiesen (Tab. 4), gefolgt von Wintertriticale, Sorghumhirse, Winterroggen, Winterweizen und Wintergerste. Bei der Berechnung der Relativerträge in Bezug auf Mais (Tab. 5) wurde das Versuchsjahr 2008 ausgeklammert, da der Mais in diesem Jahr wegen eines Aussaatfehlers eine zu geringe Bestandesdichte und damit einen untypisch niedrigen Ertrag aufwies. Im vierjährigen Mittel (2009-12) erhöhte sich dadurch der Ertrag des Maises auf 225 dt/ha. Relativ dazu erreichte Sorghumhirse 90 %, Triticale 84, Roggen 79, Weizen 73 und Gerste 67 %. Somit stellen die genannten



**Bild:** Entwicklung des Trockenmasseertrages von *Miscanthus sinensis giganteus* am Standort Bernburg

**Tab. 4:** Trockenmasseertrag (dt/ha) von ein- und mehrjährigen Energiepflanzen am Standort Bernburg im Vergleich

Jahr	Einjährige (Mittel 5 Sorten)						Mehrjährige								
	Mais	Sorghumhirse	Wintertriticale	Winterroggen	Winterweizen	Wintergerste	Durchw. Silphie	Sandmalve	Energieampfer	Igniscum®	Rutenhirse	Blaustängelgras	Triarrhena	Riesenweizengras	Miscanthus
2008	184	125	231	217	225	171	173	116	86		123				174
2009	219	148	214	199	187	165	141	134	60	155	178				155
2010	212	207	184	173	149	151	145	85	53	178	202	105			120
2011	249	220	148	141	125	126	175			146	196	102	59		138
2012	220	236	200	191	187	152	151	112	59	161	193	161	74	224	150
<b>MW</b>	<b>217</b>	<b>187</b>	<b>195</b>	<b>184</b>	<b>175</b>	<b>153</b>	<b>157</b>	<b>112</b>	<b>64</b>	<b>160</b>	<b>178</b>	<b>123</b>	<b>66</b>	<b>224</b>	<b>147</b>

Arten, insbesondere Hirse, Triticale und Roggen – auch unter dem Aspekt des Risikoausgleichs – interessante Ergänzungen zum Mais als Biogasfrucht dar.

Im Vergleich zu den einjährigen Arten, insbesondere zum Mais, fallen die mehrjährigen Kulturen fast alle ertraglich ab. Das einjährige Ergebnis des ungarischen Riesenweizengrases (224 dt/ha TM = 102 % zu Mais) gibt zu Hoffnung Anlass, muss sich in weiteren Versuchsjahren aber erst bestätigen. Neben dieser Kultur sind noch Rutenhirse (86 %), Igniscum (72 %) und Durchwachsene Silphie (68 %) hervorzuheben. Letztere konnte am Standort Bernburg ihre hervorragenden Leistungen in den Thüringer Versuchen noch nicht bestätigen. Durch ihre relativ hohe Methanausbeute von 265 l<sub>N</sub>/kg oTM (s. Tab. 2) schneidet sie im Merkmal Methanertrag je Hektar (Tab. 3) jedoch besser ab als die Rutenhirse und erreicht mit 4170 m<sup>3</sup>/ha im fünfjährigen Mittel den höchsten Wert. Allerdings gibt hier das Versuchsjahr 2008 zugunsten der Silphie und zu Ungunsten der Rutenhirse den Ausschlag.

**Tab. 5: Trockenmasseertrag relativ zu Mais (%) von ein- und mehrjährigen Energiepflanzen am Standort Bernburg**

Jahr	Einjährige (Mittel 5 Sorten)						Mehrjährige								
	Mais	Sorghumhirse	Wintertriticale	Winterroggen	Winterweizen	Wintergerste	Durchw. Silphie	Sandmalve	Energieampfer	Igniscum®	Rutenhirse	Blaustängelgras	Triarrhena	Riesenweizengras	Miscanthus
2009	(219)	68	98	91	85	75	64	61	27	71	81				71
2010	(212)	98	87	82	70	71	68	40	25	84	95	50			57
2011	(249)	88	59	57	50	51	70			59	79	41	24		55
2012	(220)	107	91	87	85	69	69	51	27	73	88	73	34	102	68
<b>MW</b>	<b>(225)</b>	<b>90</b>	<b>84</b>	<b>79</b>	<b>73</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>51</b>	<b>26</b>	<b>72</b>	<b>86</b>	<b>55</b>	<b>29</b>	<b>102</b>	<b>63</b>

#### 4 ZUSAMMENFASSUNG

Seit 2007 werden am Standort Bernburg (Löss-Schwarzerde im mitteldeutschen Trockengebiet) der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt neben einjährigen Arten auch verschiedene mehrjährige Energiepflanzen in Versuchen auf ihre Ertragsfähigkeit, Methangasausbeute und weitere Merkmale getestet. Im Vergleich zum Mais wurden im vierjährigen Mittel (2009-12) bei starker jährlicher Streuung im Trockenmasseertrag mit Rutenhirse (178 dt/ha = 86 %), Staudenknöterich Igniscum® (160 dt/ha = 72 %) und Durchwachsener Silphie (157 dt/ha = 68 %) bisher die

besten Ergebnisse erzielt. Auch das ungarische Riesenweizengras „Szarvasi-1“ (erst ein Hauptnutzungsjahr) scheint erfolgversprechend. Die Methanhektarerträge der drei genannten Arten betragen im Mittel (2008-12) 3740, 2240 bzw. 4170 m<sup>3</sup>/ha. Die höchsten mittleren Methanausbeuten im Labortest erreichten Energieampfer mit 338 und Durchwachsene Silphie mit 265 l<sub>N</sub>/kg oTM.

## LITERATURVERZEICHNIS

[FNR12] o. V., Biogas, Broschüre, Hsgb.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow-Prüzen, S. 18 (2012).

[Klenke13] T. Klenke, *Sida hermaphrodita* Rusby – in Zukunft eine Alternative zur Biogasproduktion, Vortrag, 22. Jahrestagung des Fachverband Biogas, Leipzig 29.-31.01.2013, Workshop 5 (Alternative Energiepflanzen), (2013).

[Rumpler ...11] J. Rumpler, I. Reichardt, Neue Kulturen für die Bioenergie – Thermoenergetische Nutzung von Stroh und strohähnlicher Biomasse, Vortrag LLFG Sachsen-Anhalt, (2011)

[Veste...90] M. Veste, S. Lebzien, *Igniscum* – Anbauerfahrungen und Aussichten, Vortrag, 22. Jahrestagung des Fachverband Biogas, Leipzig 29.-31.01.2013, Workshop 5 (Alternative Energiepflanzen), (2013).