



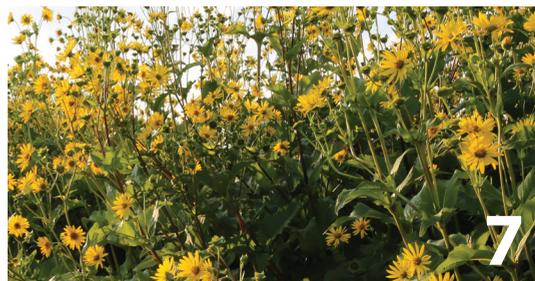
TFZWISSEN

Forschung für die Praxis

Juli 2015 | #3



TFZWissen



7



15



24



33



40

Impressum:

Autoren: Julia Haller, Dr. Maendy Fritz
Herausgeber:
Technologie- und Förderzentrum (TFZ)
Leiter: Dr. Bernhard Widmann
Schulgasse 18
94315 Straubing

Gestaltung: TFZ
Fotos (soweit nicht anders vermerkt): TFZ
Erscheinungsjahr: 2015
Erscheinungsort: Straubing
Verlag: Eigenverlag

© Alle Rechte vorbehalten

Die diesem Bericht zugrunde liegenden Forschungsarbeiten wurden mit Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten unterstützt.

Unter Verwendung mineralölfreier (Mineralölanteil < 1 %) Druckfarben gedruckt auf chlorfreiem Papier aus nachhaltiger, zertifizierter Waldbewirtschaftung.



47



52

Inhalt

Dauerkulturen für die energetische Nutzung 4

Durchwachsene Silphie 7

Allgemeines und Botanik	7
Vorbereitung der Bestandsanlage.....	9
Pflanzung und Saat.....	9
Pflanzenschutz	11
Düngung.....	12
Ernte.....	12
Erträge	13
Methanausbeute	14
Umbruch	14

Miscanthus 15

Allgemeines und Botanik	15
Vorbereitung der Bestandsanlage	17
Pflanzung	18
Pflanzenschutz	18
Düngung.....	19
Ernte.....	20
Erträge	21
Rekultivierung der Fläche	23

Sida..... 24

Allgemeines und Botanik	24
Vorbereitung der Bestandsanlage.....	26
Pflanzung und Saat.....	27
Pflanzenschutz	28
Düngung.....	29
Ernte.....	29
Erträge	30
Methanausbeute	32

Riesenweizengras 33

Allgemeines und Botanik	33
Vorbereitung der Bestandsanlage.....	35
Saat	35
Pflanzenschutz	36
Düngung.....	37

Ernte.....	37
Erträge	38
Methanausbeute	39
Rekultivierung der Fläche	39

IGNISCUM® 40

Allgemeines und Botanik	40
Vorbereitung der Bestandsanlage.....	42
Pflanzung	42
Pflanzenschutz	43
Düngung.....	44
Ernte.....	44
Erträge	45
Rekultivierung der Fläche	46

Switchgras..... 47

Allgemeines und Botanik	47
Vorbereitung der Bestandsanlage.....	48
Saat	49
Pflanzenschutz	50
Düngung.....	50
Ernte und Erträge	50

Waldstaudenroggen..... 52

Allgemeines und Botanik	52
Vorbereitung der Bestandsanlage.....	53
Aussaart	53
Pflanzenschutz und Düngung.....	54
Ernte.....	55
Erträge	55

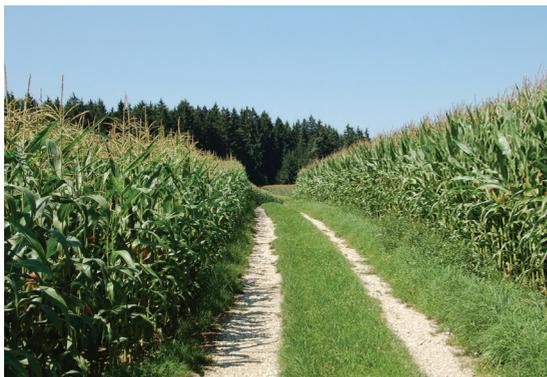
Blühkalender 56

Quellenverzeichnis 58

Dauerkulturen für die energetische Nutzung

Durch die Energiewende und die damit verbundene Förderung nachwachsender Rohstoffe wurde in den letzten Jahren immer mehr Energie aus Biomasse gewonnen. Auch landwirtschaftliche Kulturen wie Mais, Raps oder Getreide werden seither vermehrt zur Erzeugung von Strom, Wärme oder Biokraftstoffen genutzt. Die Folge sind zum Teil enger werdende Fruchtfolgen, die nicht nur negative Effekte auf den Boden und seine Eigenschaften haben können, sondern auch die Ausbreitung von Schädlingen begünstigen können und damit die Akzeptanz der Bioenergie bei der Bevölkerung verschlechtern.

Der Anbau von Dauerkulturen bietet eine Möglichkeit, die Biodiversität auf den Feldern durch innovative Pflanzenarten und neue ökologische Nischen zu erhöhen. Bis heute werden Dauerkulturen nur in geringem Umfang angebaut, da es neben einer Reihe von ökologischen Vorteilen immer noch einige Nachteile dieser Kulturen zu lösen gilt.



Eine hohe Maisanbaudichte verschlechtert die Akzeptanz von Energiepflanzen in der Bevölkerung



Dauerkulturen lockern das Landschaftsbild auf

Vorteile der Dauerkulturen:

- **Ganzjährige Bodenbedeckung:** Durch einen kontinuierlichen Bewuchs der Fläche und eine meist intensive Durchwurzelung wird das Risiko für Bodenerosion und Nährstoffauswaschung deutlich reduziert. Damit wird nicht nur der Boden geschützt, sondern auch Nitrat- und Phosphateinträge in das Grund- und Oberflächenwasser verhindert. Gleichzeitig entsteht durch den ganzjährigen Bewuchs ein wertvoller Deckungsraum für Wildtiere.
- **Reduzierte Bodenbearbeitung:** Durch die mehr- bis vieljährige Nutzung des Bestands kann nach dem Ansaatjahr auf Bodenbearbeitungsmaßnahmen verzichtet werden. Dadurch werden nicht nur Zeit und Kosten, sondern auch Ressourcen eingespart. Zusätzlich trägt die Bodenruhe zum Klimaschutz bei, da wertvoller Humus aufgebaut wird, der klimaschädliches Kohlenstoffdioxid speichert.

- Geringerer Pflanzenschutzmitteleinsatz:
Die meisten Dauerkulturen bilden nach der Etablierung einen dichten Bestand. Ein Pflanzenschutzmitteleinsatz ist deshalb meist nur in den ersten beiden Jahren nötig. Ist der Bestand einmal geschlossen, kann auf weitere Pflanzenschutzmaßnahmen verzichtet werden.
- Förderung der Agrarfauna und Erhöhung der Akzeptanz:
Die zum Teil sehr lang andauernde Blüte vieler Dauerkulturen bereichert das Landschaftsbild und trägt damit zu einer Verbesserung der Akzeptanz von Energiepflanzen bei. Gleichzeitig stellen die Blüten eine wichtige Nahrungsquelle und einen Zufluchtsort für Insekten dar. Von diesem Nahrungsangebot profitieren dann ebenfalls Feldvögel und Fledermäuse, die die Insekten bejagen.

Die lang andauernde Blüte bereichert das Landschaftsbild



Nachteile der Dauerkulturen:

- **Schwierige Etablierung:**
Das Saatgut der Dauerkulturen weist häufig eine geringe Keimfähigkeit auf, die den Feldaufgang verzögert und die Etablierung eines gleichmäßigen Bestands erschwert. Auch das Saatverfahren bereitet häufig Probleme, da die verfügbare Technik nicht an die zum Teil sehr unförmigen Saatkörner angepasst ist. Manche Dauerkulturen können nicht angesät werden, sondern müssen kosten- und arbeitsintensiv durch Anpflanzung von Rhizomen oder Jungpflanzen etabliert werden.
- **Langsame Jugendentwicklung:**
Nach der Keimung wachsen die Dauerkulturen zunächst sehr langsam. Sie bilden im ersten Jahr überwiegend ihr unterirdisches Wurzelsystem aus. Häufig tritt in dieser Zeit aufgrund der Konkurrenzschwäche der Dauerkultur eine hohe Verunkrautung auf. Aufgrund der geringen Herbizidverträglichkeit bzw. der geringen Kenntnisse zur Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln ist in den meisten Fällen eine mechanische Bestandspflege notwendig.
- **Hohe Etablierungskosten:**
Dauerkulturen sind auf eine mehrjährige Nutzung ausgelegt. Dementsprechend hoch sind auch die Saat- bzw. Pflanzgutpreise. Vor allem bei der Pflanzung der Kulturen kommen auf den Landwirt hohe Kosten zu, die sich erst nach einer mehrjährigen Nutzung amortisieren. Gleichzeitig kann im Pflanz- bzw. Anlagejahr kein Ertrag eingefahren werden, da sich die Kulturen erst entwickeln müssen.
- **Langfristige Festlegung:**
Für einen wirtschaftlich sinnvollen Anbau müssen die Dauerkulturen nach der Etablierung über ihre gesamte potenzielle Lebensdauer genutzt werden. Für den Landwirt bedeutet dies eine langfristige Bindung seiner Flächen in Zeiten volatiler Märkte und damit eine geringere Flexibilität. Auch auf Pachtflächen ist der Dauerkulturanbau kritisch einzustufen, da die Standzeit die Pachtdauer häufig deutlich überschreitet.
- **Ertragsunsicherheit:**
Bisher wurden erst wenige Versuche mit Dauerkulturen durchgeführt, jedoch zeigen die Ergebnisse eindeutig, dass sowohl die Erträge als auch die Methanausbeute standortabhängig großen Schwankungen unterliegt. Somit sind bisher noch keine verlässlichen Angaben für die Kalkulation vorhanden. Um zuverlässige Aussagen zum Ertrag und zur Methanausbeute bzw. Brennstoffqualität treffen zu können, sind noch weitere Versuche nötig. Der Ertrags- und Qualitätsrückstand im Vergleich zu züchterisch intensiv bearbeiteten etablierten Kulturpflanzen ist teilweise groß, sodass für die gleiche produzierte Energiemenge der Flächenbedarf für Dauerkulturen höher ist.

Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*)

Allgemeines und Botanik

Im Jahr 1750 benannte der berühmte Botaniker Carl von Linné eine aus den gemäßigten Breiten Nordamerikas stammende Pflanzengattung mit dem Namen Silphium [15]. Sie zählt zur Familie der Korbblütler und umfasst mehr als 20 Arten, die überwiegend im Zierpflanzenbau Verwendung finden. Lediglich die Durchwachsene Silphie wurde für die landwirtschaftliche Nutzung entdeckt. In den 1980er Jahren wurde sie in der ehemaligen DDR als Futterpflanze angebaut und zur Fütterung von Kleintieren wie Schafen, Ziegen und Kaninchen genutzt. Nach der Wende geriet sie jedoch in Vergessenheit und wurde erst rund 20 Jahre später wiederentdeckt. Seitdem wird sie als mehrjährige Energiepflanze angebaut und hinsichtlich ihrer Eignung als Biogassubstrat untersucht. Auch am Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) in Straubing werden Versuche mit der Durchwachsenen Silphie durchgeführt.

Oben: Der Name Durchwachsene Silphie ist auf die am Stängel verwachsenen Blattpaare zurückzuführen. Sie bilden eine Art Becher und erwecken den Anschein, als würde der Stängel durch die Blätter wachsen
Mitte/unten: Die lange Blühdauer, der hohe Pollenanteil und die gute Qualität des Honigs machen die Durchwachsene Silphie zu einer beliebten Bienentrachtpflanze. Ihre Blüten liefern einen Honigertrag von rund 150 kg/ha [14]



Die Durchwachsene Silphie kann bis zu 20 Jahre lang genutzt werden [3]. Im Pflanzjahr bildet sie lediglich eine rund 25 cm hohe Blattrosette [2]. Erst ab dem zweiten Jahr wächst sie in die Höhe und zu einem erntewürdigen Bestand heran. Botanisch weist die Durchwachsene Silphie eine Reihe charakteristischer Merkmale auf:

- zwischen 3 und 10 Stängel je Pflanze, vier-

kantig, bis zu 3 m hoch [2],

- ungeteilte lanzettliche Blätter mit leichter Behaarung, gegenständig angeordnet, in der Mitte zu einer Art Becher verwachsen,
- mehrere einzelne, endständige Blüten, 6–8 cm groß [2], leuchtend gelb, Blüte von Juli bis September,
- flache, „beflügelte“ Samen mit geringem Tausendkorngewicht [15].



Entwicklungsverlauf der Durchwachsenen Silphie: „beflügelte“ Samen; frisch gepflanzte Silphie; Blattrosette im Pflanzjahr; abgefrorener Bestand im Winter; Wiederaustrieb im Frühjahr; nach dem Wiederaustrieb im Mai; Blüte im Juli (von links oben nach rechts unten)

Vorbereitung der Bestandsanlage

Aufgrund der langen Nutzungsdauer von bis zu 20 Jahren sollte die Fläche für die Anlage eines Silphie-Bestands sorgfältig ausgewählt werden. Nach dem Anbau kann der Schlag für bis zu 20 Jahre nicht anderweitig genutzt werden. Außerdem sollte eine gründliche Flächenvorbereitung erfolgen, da der Erfolg der Etablierung über den Ertrag und die Qualität in den folgenden Jahren entscheidet. Folgende Punkte müssen bei der Flächenauswahl und -vorbereitung beachtet werden:

- Die Durchwachsene Silphie ist winterfest [15].
- Der Anbau ist auch in ackerbaulichen Grenzlagen und auf leichteren Standorten möglich.
- Für das Erreichen hoher Erträge sind jedoch humose Böden mit einer guten Wasserführung von Vorteil.
- Staunässe [2] und ausgesprochen trockene

Standorte sind nicht geeignet.

- Die Durchwachsene Silphie ist mit jeder Kultur verträglich, der Anbau einer unkrautunterdrückenden Vorfrucht ist jedoch ratsam.
- Wurzelunkräuter sollten im Vorfeld bekämpft werden [3].
- Der Anbau auf Brach-, Splitter- oder Restflächen ist möglich [2].
- Auf Brachflächen sollte im Vorfeld eine eventuell vorhandene Altverunkrautung entfernt werden [2].
- Bei Herbstfurche sollte der Boden im Frühjahr mit dem Grubber bearbeitet werden.
- Bei Anbau nach einer Winterzwischenfrucht eignet sich eine Schälfrucht.
- Insgesamt sollte ein feinkrümeliges Saatbett vorbereitet und eine feuchtigkeitsbewahrende Bodenbearbeitung durchgeführt werden.

Pflanzung und Saat

Die Etablierung eines gleichmäßigen und dichten Bestands stellt bei der Durchwachsenen Silphie eine Herausforderung dar. Als Kalt- bzw. Wechselkeimer wird die Keimung der Samen erst nach einer längeren Phase mit wechselnden und gefrierenden Temperaturen ausgelöst. Eine Aussaat ist deshalb nur nach einer entsprechenden Vorbehandlung des Saatguts sinnvoll [15]. Entsprechend vorbereitetes Saatgut ist praxisverfügbar. Um das Risiko von Ausfällen und Bestandslücken zu minimieren,

ist derzeit die Anlage des Bestands durch das Pflanzen von Setzlingen noch weit verbreitet. Zwar ist die Pflanzung mit einem größeren Aufwand und höheren Kosten verbunden, jedoch ist eine erfolgreiche Etablierung entscheidend für die Ertragsergebnisse der kommenden Jahre. Gleichzeitig gewinnen die Pflanzen einen Vorsprung vor konkurrierendem Unkraut, das vor allem während der langsamen Jugendentwicklung der Pflanzen Probleme bereiten kann.

Tabelle 1: Hinweise für die Pflanzung und Saat der Durchwachsenen Silphie

Pflanzung	
Pflanztermin	Anfang Mai bis Mitte Juni
Pflanztechnik	per Hand oder mittels Pflanzmaschine aus dem Gemüsebau
Pflanzdichte	4 Pflanzen/m ²
Reihenabstand	50 cm (oder angepasst an mechanische Unkrautbekämpfung)
Saat	
Saattermin	ab Mitte April (Samen sind frostunempfindlich)
Saattechnik	Drillmaschine oder Einzelkornsägerät
Saatstärke	2,5 kg/ha bzw. 18 keimfähige Körner/m ² [2]
Reihenabstand	45–75 cm
Saattiefe	0,5–1,0 cm

Bei der Pflanzung ist prinzipiell auch eine reduzierte Bestandsdichte von 2 Pflanzen je m² möglich, aufgrund des hohen Ausfallrisikos der Pflanzen, das zu großen Bestandslücken führt, jedoch nicht zu empfehlen. Je früher die Pflanzung erfolgt, desto kräftiger ist die Blattrosette der jungen Silphie und desto höher ist der Ertrag im Folgejahr [3]. Zur Unterstützung sollten die Jungpflanzen bei trockener Witterung bewässert werden, dies kann notfalls auch mittels Güllefass erfolgen.



Pflanzung von Silphie-Setzlingen zur Anlage eines Bestands

Pflanzenschutz



Silphiebestand mit hoher Verunkrautung im Pflanzjahr

Die Jugendentwicklung der Durchwachsenen Silphie verläuft zögerlich und ihre Konkurrenzkraft gegenüber Unkraut ist dementsprechend gering. Vor allem in den ersten 8 bis 12 Wochen nach der Pflanzung bzw. Aussaat sind

Unkrautbekämpfungsmaßnahmen deshalb unbedingt erforderlich [3]. Durch den weiten Reihenabstand können diese sehr gut mechanisch, zum Beispiel mit einer Hacke, durchgeführt werden. Auch chemische Pflanzenschutzmaßnahmen sind möglich. Seit 2014 ist das Herbizid Stomp Aqua für die Durchwachsene Silphie zugelassen. Für andere Pflanzenschutzmittel muss im Einzelfall eine Genehmigung nach § 22 Abs. 2 PflSchG beantragt werden.

Ist der Bestand geschlossen, kann auf weitere Maßnahmen verzichtet werden. Erfahrungsgemäß erreicht die Silphie den Bestandsschluss im Herbst des Pflanzjahres. Ab dem zweiten Standjahr ist somit kein Pflanzenschutz mehr erforderlich.

Tabelle 2: Übersicht verträglicher Pflanzenschutzmittel für den Einsatz in der Durchwachsenen Silphie [4]

Pflanzenschutzmittel	Aufwandmenge	Zulassung
Stomp Aqua	3,0–3,5 l/ha	nach § 51 PflSchG genehmigt
Basagran	1,0 l/ha	Genehmigung nach § 22 Abs. 2 erforderlich
Boxer	2,0–3,0 l/ha	Genehmigung nach § 22 Abs. 2 erforderlich
Lentagran WP	2 × 1,0 kg/ha	Genehmigung nach § 22 Abs. 2 erforderlich
Fusilade Max	2,0 l/ha	Genehmigung nach § 22 Abs. 2 erforderlich

Die Durchwachsene Silphie zeigt sich anfällig gegenüber diversen Bakterien- und Pilzkrankheiten. Am bedeutendsten ist dabei die Weißstängeligkeit, auch Sclerotinia genannt. Während Bakterienkrankheiten, wie z. B. Pseudomonas, keine nennenswerten Auswirkungen

auf den Ertrag haben, sollte der Bestand bei einem stärkeren Befall mit Sclerotinia umgehend geerntet werden, um die Ausbildung von Dauerkörpern des Pilzes zu vermeiden [3].

Düngung

Der Nährstoffbedarf der Durchwachsenen Silphie liegt etwas unter dem Bereich des Silomais. Bei Stickstoff sollte der Gehalt mineralischen Stickstoffs (N_{\min}) vom Sollwert abgezogen werden. Bei allen anderen Nährstoffen sollte die angegebene Menge [2] verabreicht bzw. die Gehaltsklasse C [29] angestrebt werden.

- Stickstoff: 100 kg/ha (Sollwert 1. Jahr),
130–160 kg/ha (Sollwert 2. Jahr)
- P_2O_5 : 60–70 kg/ha bzw. bis
Gehaltsklasse C
- K_2O : 240–300 kg/ha bzw. bis
Gehaltsklasse C

- CaO: 280–420 kg/ha bzw. bis
Gehaltsklasse C
- MgO: 85–115 kg/ha bzw. bis
Gehaltsklasse C

Der Stickstoff kann entweder mineralisch oder organisch verabreicht werden. Eine organische Düngung mit Gülle oder Gärresten wird von der Durchwachsenen Silphie sehr gut vertragen. Jedoch sollte die Düngung im Frühjahr zeitig zum Austrieb erfolgen, um Beschädigungen an den Schosstrieben zu minimieren. Überfahrten mit schwerer Technik führen zu keiner Beeinträchtigung der Pflanzen.

Ernte

Im Pflanzjahr steckt die Durchwachsene Silphie ihre Energie in die Ausbildung des Wurzelsystems. Längen- und Massenwachstum finden nur in begrenztem Umfang statt, eine Ernte bleibt somit aus. Erst ab dem zweiten Jahr liefert sie einen erntewürdigen Aufwuchs. Die Ernte erfolgt je nach Witterung und Standort in der Zeit von Ende August bis Ende September. Die Trockensubstanzgehalte liegen zu diesem Zeitpunkt meist zwischen 25 und 27 % [2], wobei sich bereits bei 25 % sehr wenig Sickersaft bildet und die Beerntung gut möglich ist. TS-Gehalte über 30 % sollten vermieden werden, da die Verholzung dann stark voranschreitet und die Methanausbeute gravierend sinkt. Am besten eignet sich zur Ernte ein Maishäcksler mit reihenunabhängigem Maisgebiss. Nach der

Ernte wird das Erntegut einsiliert. Kleinflächen können problemlos zusammen mit Silomais geerntet und einsiliert werden.

Ernte der Durchwachsenen Silphie mit einem Parzellenhäcksler mit Wiegeeinrichtung



Erträge

Versuchsanlage:

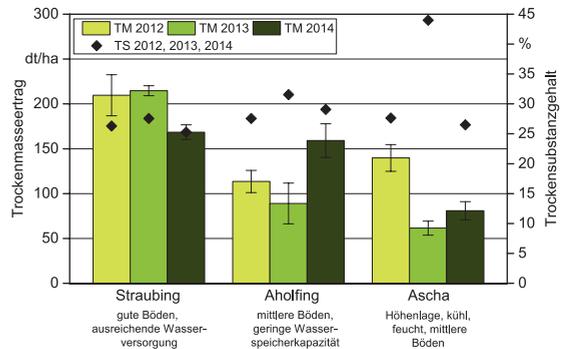
Der Anbau der Durchwachsenen Silphie zur Biogasnutzung wird am TFZ seit 2011 geprüft. An den drei Standorten Straubing, Aholting und Ascha wurden dazu Parzellenversuche angelegt. Der Standort Straubing zeichnet sich durch einen sehr guten Boden (Ackerzahl: 73 bis 75), mittlere Temperaturen (langjähriges Mittel: 8,3 °C) und ausreichend Niederschläge (langjährige Summe: 783 mm) aus. In Aholting liegen die Temperatur und der Niederschlag im mittleren Bereich (langjähriges Mittel bzw. langjährige Summe: 8,3 °C bzw. 678 mm), jedoch haben die sandigen Böden nur eine geringe Wasserspeicherkapazität (Ackerzahl: 45). Der Standort Ascha in Höhenlage ist kühl (langjähriges Mittel: 7,5 °C) und niederschlagsreich (langjährige Summe: 807 mm) und weist mittlere, flachgründige Böden auf (Ackerzahl: 47).

Versuchsdurchführung:

Am Standort Ascha wurde die Durchwachsene Silphie bereits Ende April 2010 mit 4 Pflanzen/m² gepflanzt. Die anderen beiden Standorte wurden erst ein Jahr später, im Mai 2011, ebenfalls mit einer Pflanzstärke von 4 Pflanzen/m², angelegt. Es kamen Herkünfte aus Thüringen, den USA, Russland und Norddeutschland zum Einsatz. Im ersten Jahr erhielten die Pflanzen eine Startgabe von 60 kg N/ha. In den Folgejahren wurden die Bestände mit 80 bis 120 kg N/ha in Form von KAS versorgt. Die Unkrautkontrolle fand rein mechanisch statt. Ab dem zweiten Standjahr wurden die Bestände mit einem reihenunabhängigen Parzellenhäcksler beerntet und der Ertrag in einem Probenehmer verwogen. Der Erntetermin war Anfang September.

Ergebnisse:

Das Diagramm (unten) zeigt den durchschnittlichen Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt an den drei Versuchsstandorten. Das Biomassepotenzial der Durchwachsenen Silphie ist beachtlich. Auf dem guten Gäu-Standort Straubing wurden selbst unter den trockenen Bedingungen 2013 Erträge von über 200 dt TM/ha erreicht. Auf schlechteren Standorten reichen die Erträge von 80 bis 160 dt TM/ha. Die niedrigen Erträge in Aholting im Jahr 2013 sind auf einen Hagelschaden zurückzuführen. Am Standort Ascha führten neben den schwierigen klimatischen Bedingungen noch Trockenschäden und eine frühzeitige Verbräunung zu den geringen Erträgen in 2013 und 2014. Vor allem 2013 vertrocknete der Bestand verfrüht, sodass bei der Ernte Anfang September bereits ein TS-Gehalt von knapp 44 % erreicht war.



Trockenmasseerträge (TM) und Trockensubstanzgehalte (TS) aus Parzellenversuchen mit der Durchwachsenen Silphie in den Jahren 2012, 2013 und 2014 an drei bayerischen Standorten

Methanausbeute

Neben dem Trockenmasseertrag ist die Methanausbeute für den Erfolg des Anbaus von Biogaskulturen entscheidend. Für die TFZ-Versuche wurden Batchtests an 90 Tage siliertem Material durchgeführt, um möglichst praxisnahe Ergebnisse zu erhalten. Die Methanausbeute lag in einem Bereich von 216 bis 260 NL/kg oTM und damit um bis zu 40 % unter dem für Mais angenommenen Wert von 355 NL/kg oTM [17]. Laut Literatur [4] wurden für die Durch-

wachsene Silphie bereits Methanausbeuten von 300 NL/kg oTM ermittelt. Die Unterschiede hängen augenscheinlich von der Untersuchungsmethode, dem Versuchsstandort und vor allem dem Erntezeitpunkt ab. So stellte sich heraus, dass die Methanausbeute bei einer späten Ernte deutlich sinkt. Eine Beerntung zusammen mit Silomais wirkt sich daher negativ auf die Methanerträge aus.

Umbruch

Die Durchwachsene Silphie kann genutzt werden, bis die Ertragsleistung einbricht. In der Regel tritt dies erst nach über 12 bis 15 Jahren Nutzung ein. Da die Silphie keine unterirdischen Ausläufer oder Rhizome bildet, bereitet die Rekultivierung der Fläche in der Regel keine Probleme. Zur Sicherheit sollte nach dem Umbruch Getreide angebaut werden, da auf diese Weise ein eventuell auftretender Durchwuchs sicher bekämpft werden kann.

Miscanthus (*Miscanthus spp.*)

Allgemeines und Botanik

Miscanthus oder Chinaschilf ist eine ausdauernde Pflanzengattung aus der Familie der Süßgräser, zu der rund 20 Arten zählen. Sie stammt aus Südostasien, genauer gesagt aus China, Japan und Korea [12]. Die für die landwirtschaftliche Nutzung wichtigste Varietät, *Miscanthus x giganteus*, ist wahrscheinlich aus einer zufälligen und natürlichen Kreuzung der Arten *Miscanthus sacchariflorus* und *Miscanthus sinensis* in Japan entstanden [12]. Die Hybridart zeichnet sich durch eine sehr hohe Biomassebildung und einen schnellen Wuchs aus. Seit den späten 1980er Jahren wächst das Interesse an *Miscanthus x giganteus* als Nachwachsender Rohstoff für die thermische und stoffliche Nutzung. So wird er nicht nur als umweltfreundlicher Brennstoff eingesetzt, sondern auch als Mulchmaterial, Tiereinstreu und Zusatzstoff für Baumaterial. Als Biogassubstrat ist Miscanthus nicht geeignet, da eine Ernte der grünen Biomasse den Wiederaustrieb gefährdet. Das TFZ betreut drei Miscanthus-Dauerversuche in Bayern.

Die ausdauernde Kultur kann bis zu 20 Jahre lang genutzt werden [12], nach derzeitigen Erfahrungen auch darüber hinaus. Den ersten erntewürdigen Aufwuchs bildet Miscanthus jedoch erst im dritten Jahr. Im Anlagejahr steckt die Pflanze ihre Kraft in die Ausbildung des Wurzelsystems. Botanische Merkmale des Chinaschilfs sind:



Heute beträgt die Anbaufläche von Miscanthus in der bayerischen Landwirtschaft rund 1.200 Hektar [19]

- C4-Pflanze,
- unterirdisch liegendes Rhizom, das als Speicher- und Überwinterungsorgan dient,
- lockere bis dichte Horste, die aus dem Rhizom wachsen,
- schilfartiger Wuchs,
- standfeste, unverzweigte Halme, bis zu 2 cm dick, bis zu 4 m hoch [5],
- aufrecht stehende Blätter, wechselständig angeordnet [12],
- leicht behaarte Rispe, 10 cm bis 40 cm lang [12],
- speziell für *Miscanthus x giganteus*: steril, keine Samenbildung, Vermehrung durch Rhizome oder mittels Meristemkultur [11].



Entwicklungsverlauf von Miscanthus: Pflanzen im Sommer und Winter des Anlagejahrs; Wiederaustrieb im Frühjahr; Bestand im Sommer; erntereifer Bestand nach dem Winter (von oben nach unten)



Vorbereitung der Bestandsanlage

Miscanthus gilt als anspruchslose Kultur. Erwartet man jedoch hohe Erträge, sollte der Standort sorgfältig ausgewählt werden. Folgende Anforderungen stellt Miscanthus [11]:

- lockerer, tiefgründiger Boden mit guter Wasserversorgung,
- jährliche Durchschnittstemperatur über 7 °C,
- jährliche Niederschlagsmenge über 700 mm, gleichmäßige Jahresverteilung,
- keine Staunässe,
- keine exponierten oder spätfrostgefährdeten Lagen,
- keine trockenen Standorte,
- keine Höhenlagen über 700 m oder schneereiche Lagen,
- keine Grünlandumbruchflächen (Lager- und Auswinterungsgefahr sowie Absterben der Rhizomaugen durch Befall mit Drahtwürmern),

- kein Anbau in einem Maiswurzelbohrer-Befallsgebiet.

Des Weiteren sind beim Anbau zu beachten:

- Unkrautkontrolle bereits in der Vorfrucht (v. a. Wurzelunkräuter) und direkt vor der Anlage,
- Bodenbearbeitung wie beim Hackfruchtanbau [2],
- tiefgründige Herbstfurche mit mindestens 25 cm Tiefe [2],
- vor der Pflanzung im Frühjahr Bearbeitung des Pflanzbetts mit einer Fräse oder Grubber-Eggen-Kombination rund 8–10 cm tief, um den Anschluss an das Bodenwasser für die Rhizome zu sichern.

Miscanthusbestand mit Lager durch aufgetretene Schneelasten



Pflanzung

Bei der Anlage eines Miscanthusbestands wird die Pflanzung von Rhizomen meist der Meristemkultur vorgezogen, da die Rhizome günstiger und weniger anfällig gegenüber Auswinterungsschäden sind [12]. Entscheidend für die

Etablierung eines dichten Bestands ist eine rechtzeitige Pflanzung im Frühjahr. Bei einer zu späten Anlage steigt das Ausfallrisiko aufgrund von Sommertrockenheit [12].

Tabelle 3: Hinweise für die Pflanzung von Miscanthus

Pflanzung	
Pflanztermin	Anfang Mai, nach dem letzten Frost
Pflanztechnik	Pflanzmaschine aus dem Kartoffel- und Gemüsebau oder Forst
Pflanzdichte	1 Rhizom/m ²
Reihenabstand	1 m (oder an mechanische Unkrautbekämpfung angepasst)
Pflanzabstand	1 m
Pflanztiefe	10 cm



Pflanzung von Miscanthus-Rhizomen zur Anlage eines Bestands



Pflanzenschutz

Die Jugendentwicklung von Miscanthus verläuft in unseren Breiten eher langsam, da die C4-Pflanze aufgrund ihrer Herkunft besser an wärmere Temperaturen angepasst ist. Verbunden mit dem weiten Reihenabstand tritt nicht

selten eine Verunkrautung auf, die die Pflanzen beeinträchtigt. Eine sorgfältige Unkrautbekämpfung ist deshalb essenziell für einen langfristigen Anbauerfolg. Sie sorgt dafür, dass die Pflanzen gut entwickelt in den ersten Win-

ter gehen. Die Unkrautbekämpfung kann mechanisch oder chemisch erfolgen. Mechanisch wird bis zu einer Wuchshöhe von 50 cm der Striegel, ab 50 cm der Einsatz einer Reihenhacke empfohlen. Auch chemische Maßnahmen sind möglich. Zugelassene Herbizide können beim zuständigen Pflanzenschutzdienst abgefragt werden. Ab dem dritten Jahr ist der Bestand geschlossen bzw. der Boden von einer

dicken Mulchschicht bedeckt, die das Auflaufen von Unkräutern verhindert und so weitere Pflanzenschutzmaßnahmen überflüssig macht. Laut ersten Untersuchungen ist Miscanthus eine mögliche Wirtspflanze für den Westlichen Maiswurzelbohrer [1]. Um einen wirtschaftlichen Schaden zu vermeiden, wird vom Anbau in einem Befallsgebiet abgeraten. Ertraglich relevante Krankheiten sind nicht bekannt.

Düngung

Miscanthus ist hinsichtlich der Nährstoffverwertung sehr effizient und gilt im Bereich der Düngung als Low-Input-Pflanze. Im Herbst verlagert er die Nährstoffe aus den Blättern und den Halmen in die unterirdischen Rhizome. Im Frühjahr kann er diese dann für den Wiederaustrieb nutzen. Gleichzeitig trägt der Blattfall im Herbst zur Nährstoffrückführung und zum Humusaufbau bei.

Im Pflanzjahr sollte der Miscanthusbestand nicht gedüngt werden, da dies die Abreife verzögert und die Auswinterungsgefahr erhöht. Gleichzeitig fördert eine Düngung aufgrund des weiten Reihenabstands und des geringen Zuwachses das Wachstum von Unkräutern [14].

Im zweiten Jahr erfolgt eine moderate Düngung [14]. Bei Stickstoff sollte der Gehalt mineralischen Stickstoffs (N_{\min}) vom Sollwert abgezogen werden. Bei allen anderen Nährstoffen sollte die angegebene Menge verabreicht bzw. die Gehaltsklasse C [29] angestrebt werden.

- Stickstoff: 70–100 kg/ha Sollwert
- P_2O_5 : 45–55 kg/ha bzw. bis Gehaltsklasse C
- K_2O : 80–150 kg/ha bzw. bis Gehaltsklasse C
- MgO: 20–25 kg/ha bzw. bis Gehaltsklasse C

In den Folgejahren richtet sich die Düngung nach dem Entzug. Dieser liegt pro Tonne Erntegut bei [14]:

- Stickstoff: 7,0 kg
- P_2O_5 : 1,6 kg
- K_2O : 8,5 kg
- MgO: 1,0 kg

Der Einsatz von organischen Düngern, wie Gülle oder Gärrest, ist prinzipiell möglich, jedoch verhindert der dichte Blätterteppich häufig eine bodennahe Ausbringung und die Einarbeitung in den Boden, wodurch gasförmige N-Verluste begünstigt werden.

Ernte

In den ersten zwei bis drei Jahren etablieren sich die Miscanthuspflanzen, ein erntewürdiger Aufwuchs entsteht nicht. Der Bestand wird daher nur gemulcht, eine Ernte findet erst ab dem dritten Jahr statt. Miscanthus wird nach dem Winter zwischen Februar und Mai geerntet, wenn der Bestand abgetrocknet und das Erntegut ohne weitere Trocknung ab Feld lagerfähig ist. Der optimale TS-Gehalt liegt bei über 85 %. Zur Ernte eignen sich am besten Maishäcksler mit reihenunabhängigen Schneidwerken oder ein Scheibenmäher mit nachfolgender Ballenpresse. Da das Häckselgut nur eine geringe Schüttdichte von 110 bis 130 kg/m³ aufweist, ist für den Transport und die Lagerung

ein größeres Volumen notwendig als z. B. bei Holzhackschnitzeln. Eine Ernte der grünen Biomasse mit einem TS-Gehalt von 28 bis 30 % vor dem Winter scheidet aus. Wird Miscanthus als Grünpflanze geerntet, kann er keine Nährstoffe in das Rhizom rückverlagern. Die Folge ist ein schlechter Wiederaustrieb der Pflanzen im darauffolgenden Frühjahr und eine langfristige Schwächung des Bestands. Zudem verhindert ein früher Schnitt den Blattfall und damit den Humusaufbau und die Nährstoffrückführung in den Boden [10].



Ernte von Miscanthus nach dem Winter bei einem TS-Gehalt von über 85 % mit dem Scheibenmäher mit nachfolgender Ballenpresse oder dem Feldhäcksler

Erträge



Ernte der Miscanthusbestände in Güntersleben mit einem reihenunabhängigen Parzellenhäcksler mit Probenehmer

Versuchsanlage:

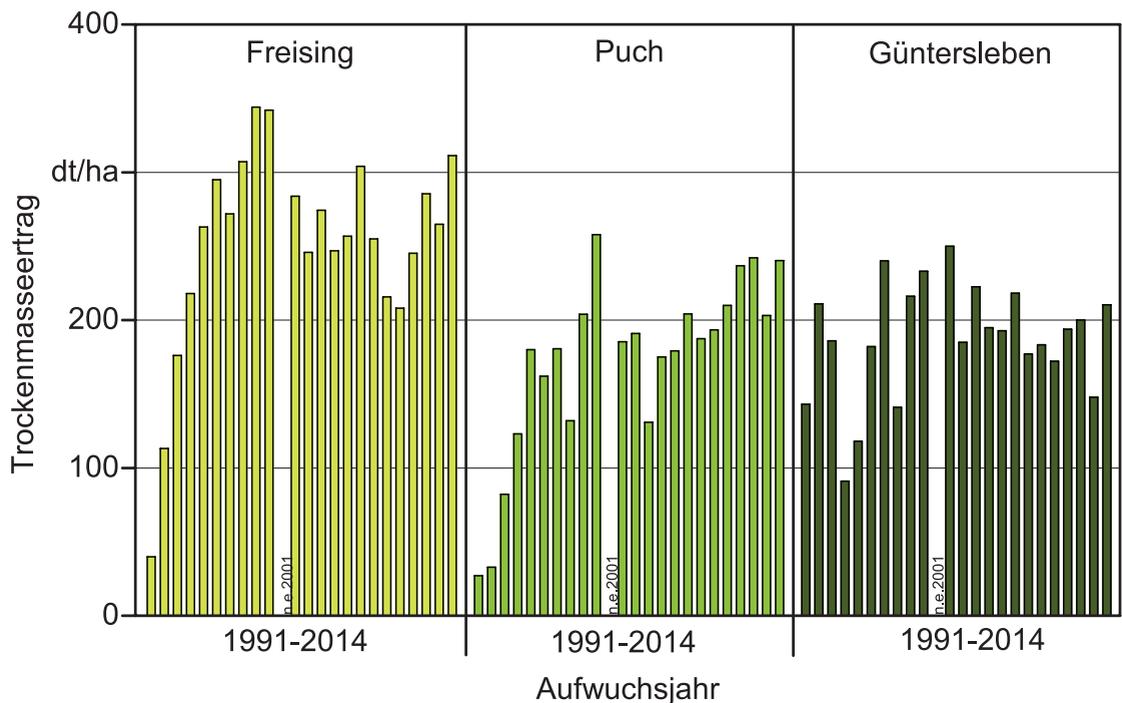
Die Eignung von Miscanthus als Nachwachsender Rohstoff und insbesondere als biogener Brennstoff wird am TFZ bereits seit längerer Zeit untersucht. An den Standorten Freising, Puch und Güntersleben wurden Parzellenversuche angelegt, die eine langjährige Erhebung ermöglichen. Die Versuchsfelder in Freising (Landkreis Freising) und Puch (Landkreis Fürstentumbruck) liegen beide in der Münchner Schotterebene. Sie zeichnen sich durch einen guten Boden (Ackerzahl: 70 bzw. 64), kühle Temperaturen (langjähriges Mittel: 7,5 °C) und mittlere bis hohe Niederschläge (langjährige Summe: 788 mm bzw. 864 mm) aus. Beim Standort Güntersleben (Landkreis Würzburg)

im Fränkischen Gäu handelt es sich um einen Trockenstandort (langjährige Niederschlags-summe: 602 mm) mit hohen Temperaturen (langjähriges Mittel: 9,1 °C) und einem guten Boden (Ackerzahl: 65). Die Miscanthuspflanzen wurden im Frühjahr 1991 mit einem Pflanzabstand von 0,9 m x 0,9 m gepflanzt. Dabei kam überwiegend die ertragreiche Varietät *Miscanthus x giganteus* zum Einsatz. Die Miscanthusbestände wurden ab dem zweiten Jahr jährlich mit einem reihenunabhängigen Parzellenhäcksler beerntet und der Ertrag in einem Probenehmer verwogen. Der Erntetermin war jeweils im Frühjahr.

Ergebnisse:

Das Diagramm (unten) zeigt den Trockenmasseertrag der Varietät *Miscanthus x giganteus* an den drei bayerischen Standorten im Zeitraum 1991–2015 mit einer Düngung von 75 kg N in Freising und Puch bzw. 100 kg N in Güntersleben. Das Biomassebildungspotenzial von *Miscanthus* ist beachtlich. Zwar fällt der Ertrag in den ersten Jahren geringer aus, dafür liefert der *Miscanthus*bestand nach der Etablierungsphase kontinuierlich hohe Erträge. Vor allem auf dem guten Freisinger Standort stieg der Ertrag 1991–2000 auf bis zu 340 dt TM/ha an und auch in Puch wurden im selben Zeitraum Erträge von bis zu 260 dt TM/ha verzeichnet.

Auf dem schwächeren Standort in Güntersleben unterliegen die Erträge generell größeren Schwankungen. Eine Umpflanzung des Bestands im Februar 1994 erklärt den deutlichen Ertragsrückgang in den Jahren 1994 und 1995. In der Literatur wird für *Miscanthus* eine Nutzungsdauer von 20 Jahren angegeben. Die letzten Ernteergebnisse der mittlerweile 24 Jahre alten Bestände zeigen keinerlei Anzeichen von Ermüdungserscheinungen. Im Gegenteil: Im Erntejahr 2015 stieg der Ertrag im Vergleich zu den Vorjahren sogar wieder an.



Trockenmasseerträge von *Miscanthus x giganteus* in den Aufwuchsjahren 1991–2014 an drei Standorten in Bayern

Rekultivierung der Fläche

Im Laufe der Jahre erschließt das unterirdisch liegende Rhizom ein großes Areal. Gegen Ende der Nutzphase ist der Boden deshalb von einem dichten Wurzelnetz durchzogen. Um die Fläche zu rekultivieren, empfiehlt es sich, vor der einsetzenden Abreife im Juli/August ein glyphosathaltiges Totalherbizid mit maximaler Aufwandmenge einzusetzen und den Bestand anschließend umzubrechen. Alternativ kann die Fläche auch durch mehrmaliges Mähen und Aufgrubbern der Rhizome vor dem Winter bzw. durch mehrmaliges Aufgrubbern der Rhizome während der Sommermonate rekultiviert werden. Ein Durchwuchs in der Folgekultur kann entweder mit Gräsermitteln oder durch den Anbau einer konkurrenzstarken Frucht mit hoher Schnitthäufigkeit bekämpft werden. Vor dem Umbruch des Bestands ist die Gewinnung von Pflanzgut möglich, da für *Miscanthus x giganteus* kein Sortenschutz besteht. Damit die Rhizome eine hohe Qualität besitzen und ein guter Feldaufgang gewährleistet ist, sollte der Bestand jedoch nicht älter als vier Jahre sein [14].

Sida (*Sida hermaphrodita*)

Allgemeines und Botanik

Die Sida zählt neben mehr als 100 weiteren Arten zu der gleichnamigen Pflanzengattung und zur Familie der Malvengewächse. Der Name ist von der botanischen Bezeichnung abgeleitet, da sie offiziell keinen deutschen Namen besitzt. Aufgrund ihrer nordamerikanischen Herkunft wird sie vereinzelt auch als Virginiamalve bezeichnet. Bereits im 18. Jahrhundert wurde die Sida in Nordamerika als Grünfütterpflanze kultiviert. In den 1930er Jahren entdeckte die damalige Sowjetunion das Malvengewächs und begann in Anbauversuchen ihre Eignung als Futter- und Faserpflanze zu testen [28]. Erst 1955 mit der Einfuhr nach Polen wurde sie auch in Europa bekannt. Die agrarwissen-

schaftliche Akademie in Lublin griff die Pflanze auf und führte intensive Versuche zu Anbau und Nutzung durch [6]. Bis heute hat Polen die europaweit umfangreichsten Anbauflächen und Kenntnisse über Sida. Auch in Deutschland wurden in den letzten Jahren Versuche angelegt. Am TFZ steht vor allem die energetische Eignung als Brennstoff und als Energiepflanze für die Biogaserzeugung im Vordergrund. Aber auch die stoffliche Nutzung, zum Beispiel als Faserpflanze oder Rohstoff für die Pharmaindustrie, wird von einigen Einrichtungen geprüft. Gleichzeitig eignet sich die Sida als Rekultivierungspflanze für degradierte Böden.



Der Name Sida ist von der botanischen Bezeichnung der Pflanze abgeleitet, da sie offiziell keinen deutschen Namen besitzt. Links ein blühender Bestand, rechts ein Bestand nach dem Winter für eine Beerntung als Brennstoff

Die Sida kann 15 bis 20 Jahre lang genutzt werden [8]. Im Anlagejahr wird die ausdauernde Pflanze nur rund 1 m hoch. Wie auch viele andere Dauerkulturen bildet sie in dieser Zeit ihr Wurzelsystem aus. Ab dem zweiten Jahr wächst sie dann in die Höhe und wird 2–3 m hoch. Weitere botanische Merkmale der Sida sind:

- tiefreichendes Wurzelsystem,
- bis zu 20 aufrechte Triebe je Pflanze [6],
- stark verzweigter Stängel, bis zu 3 m hoch

und 3 cm dick, mit zunehmender Abreife verholzend,

- handflächig große Blätter, gestielt und gezähnt, tief gelappte Blattspreite mit mehreren lanzettlichen Lappen,
- endständig rispige Blütenstände mit 11–15 Einzelblüten,
- Einzelblüten weiß, 1–2 cm groß, Blüte von Juli bis Oktober.



Entwicklungsverlauf der Sida: Jungpflanze kurz nach der Bestandsanlage; Bestand im Sommer des Anlagejahres; Wiederaustrieb im Frühjahr; Bestand im Sommer des zweiten Jahres; Blüte im August; abgetrockneter Bestand nach dem Winter; Stoppeln nach der Ernte (von links oben nach rechts unten)



Die Sida ist eine beliebte Bienenattraktionspflanze, denn die kleinen weißen Blüten liefern einen Honigertrag von rund 120 kg/ha [5]

Vorbereitung der Bestandsanlage

Die Sida wächst auf nahezu jedem Standort. Auch auf Grenzstandorten, kontaminierten, degradierten oder erodierten Böden ist ihr Anbau möglich. Jedoch richtet sich der Ertrag nach der Qualität und Fruchtbarkeit des Bodens. In ihrer Heimat Nordamerika wächst die Sida natürlicherweise in Flusstälern, an Seeufern und auf zeitweise überschwemmten Flächen. Um einen guten Ertrag zu erzielen und damit die hohen Saatgutkosten zu kompensieren, sollten deshalb auch in unseren Breiten einige Punkte bei der Flächenauswahl für die mehrjährige Kultur beachtet werden. Folgende Anforderungen stellt die Sidamalve an den Standort und die Bodenbearbeitung [28]:

- Ideal sind feuchte, schwere Böden mit guter Wasserversorgung,
- sonniges, warmes Klima,
- keine sauren Böden mit einem pH-Wert unter 5,5,
- keine steinigten Böden,
- keine schneereichen Lagen bei thermischer Nutzung, um Lager zu vermeiden, selbst ausgeprägter Frost ist aber kein Problem,
- Fläche mit geringem Unkrautdruck und gute Unkrautkontrolle in der Vorfrucht,
- keine Vorfrüchte, die anfällig gegenüber Sclerotinia sind,
- tiefe Herbstfurche,
- feuchtigkeitsbewahrende und feinkrümelige Saatbettbereitung.

Pflanzung und Saat

Das Saatgut des Malvengewächses weist eine sehr geringe Keimfähigkeit auf, die oft nur bei rund 40 % liegt. Auch mit einer Erhöhung der Saatstärke sind ein ausreichender Feldaufgang und eine gleichmäßige Verteilung der Pflanzen auf der Fläche deshalb nicht einfach zu realisieren. Die Pflanzung von Setzlingen wird daher der Saat häufig vorgezogen. Sie gewährleistet eine sichere Etablierung der gewünschten Pflanzenanzahl pro Quadratmeter und ver-

schafft den Pflanzen einen Vorsprung vor konkurrierenden Unkräutern. Allerdings sind die Kosten für das Pflanzgut in der Regel sehr hoch und die Pflanzung sehr aufwendig. Die Drillsaat ist ein einfaches und im Vergleich zur Pflanzung deutlich kostengünstigeres Verfahren, jedoch bedarf es hier einer intensiveren Pflege des Bestands. Somit wiegen sich die Vor- und Nachteile beider Verfahren auf.

Tabelle 4: Hinweise für die Pflanzung und Saat der Sida

Pflanzung	
Pflanztermin	ab Mitte Mai
Pflanztechnik	per Hand oder mittels Pflanzmaschine aus dem Gemüsebau
Pflanzdichte	5–8 Pflanzen/m ²
Reihenabstand	37,5 cm oder mehr beim Einsatz einer Hacke
Saat	
Saattermin	ab Mitte Mai in sehr gut erwärmten Boden
Saattechnik	Drillmaschine
Saatstärke	500 g/ha (Keimfähigkeit beachten und ggf. Saatstärke erhöhen)
Reihenabstand	37,5 cm oder mehr beim Einsatz einer Hacke
Saattiefe	0,5 bis max. 1 cm, gute Rückverfestigung wichtig

Das Saatgut der Sidamalve ist sehr kleinkörnig. Für eine leichtere Ausbringung und zum Schutz des Samens ist auch pilliertes Saatgut erhält-

lich. Die Saatstärke steigt beim Einsatz pillierten Saatguts auf 3 kg/ha.

Pilliertes Saatgut (links), unpilliertes Saatgut (Mitte) und Setzling (rechts)



Pflanzenschutz

Auch wenn die Sida später eine sehr anspruchslose Kultur darstellt, ist sie vor allem während der Etablierungsphase im ersten Jahr anfällig gegenüber Konkurrenzverunkrautung. Wie auch bei anderen Dauerkulturen setzt dies vor allem in der ersten Zeit nach der Saat bzw. Pflanzung eine intensive Bestandspflege voraus, zu der auch gezielte Unkrautbekämpfungsmaßnahmen zählen. Chemisch bestehen hier kaum Möglichkeiten, da die Sida sehr empfindlich auf Herbizide reagiert. Vom Saatgutanbieter wird bisher nur eine Präparatkombination als verträglich eingestuft, was eine flexible Unkrautkontrolle schwierig macht. Um kein Risiko einzugehen, empfiehlt sich deshalb eine mechanische Bestandspflege mit Striegel und Hacke. Diese sollte bis zu einem vollständigen Bestandsschluss durchgeführt werden.

Je nach Witterungsbedingungen und Vorfrucht kann *Sclerotinia*, auch Weißstängeligkeit, auftreten. Ein Befall führt in erster Linie zum Abknicken der Pflanzentriebe in rund 10 cm Höhe. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich eine Weißfärbung des Stängels und im späteren Stadium werden in seinem Inneren schwarze Dauerkörper sichtbar. Damit diese nicht in den Boden gelangen, wo sie mehrere Jahre überdauern können, empfiehlt es sich, den Bestand bei einem Befall umgehend zu ernten. Langfristige Ertragseinbußen konnten bei einer rechtzeitigen Ernte bisher nicht beobachtet werden. Um das Befallsrisiko zu minimieren, sollte Raps als Vorfrucht gemieden werden.



Sidabestand mit hoher Verunkrautung und Bestandslücken im Aussaatjahr



Mit *Sclerotinia* befallene Sida-Pflanze (oben), schwarze Dauerkörper im Inneren des Stängels (unten)

Düngung

Im Etablierungsjahr reicht eine verhaltene Düngegabe aus. Ab dem zweiten Jahr orientiert sich die Düngung an der Standortgüte, der Ertragsersparnis und dem Etablierungserfolg. Bei Stickstoff sollte der Gehalt mineralischen Stickstoffs (N_{\min}) vom Sollwert abgezogen werden. Bei allen anderen Nährstoffen sollte die angegebene Menge verabreicht bzw. die Gehaltsklasse C [29] angestrebt werden.

Im ersten Jahr sollten folgende Mengen gedüngt werden [25]:

- Stickstoff: 50 kg/ha
- P_2O_5 : 68 kg/ha bzw. bis Gehaltsklasse C
- K_2O : 72 kg/ha bzw. bis Gehaltsklasse C

Ab dem zweiten Jahr steigt die Düngegabe an [25]:

- Stickstoff: 120–150 kg/ha Sollwert
- P_2O_5 : 135 kg/ha bzw. bis Gehaltsklasse C
- K_2O : 145 kg/ha bzw. bis Gehaltsklasse C

Die Düngung kann mineralisch oder organisch, mit Gülle oder Gärresten im Frühjahr zum Neuaustrieb, erfolgen. Später im Jahr ist eine organische Düngung aufgrund der Wuchshöhe des Bestands nicht mehr möglich. Sida reagiert sehr empfindlich auf Schwefelmangel. Je nach Versorgungsstufe des Standorts sollte deshalb eine Teilgabe mit einem schwefelhaltigen Dünger erfolgen.

Ernte

Wie andere Dauerkulturen bildet die Sida im ersten Jahr überwiegend ihre unterirdischen Pflanzenteile aus. Eine Ernte ist aufgrund des geringen Aufwuchses nicht rentabel. Es empfiehlt sich, den Bestand nach dem Winter zu mulchen. Erst im zweiten Jahr wachsen die Pflanzen in die Höhe und bilden einen erntewürdigen Bestand. Zur Beerntung eignet sich am besten ein Maishäcksler mit reihenunabhängigem Schneidwerk. Der Erntetermin für das Malvengewächs richtet sich in erster Linie nach der Nutzungsrichtung. Wenn das Erntegut als Substrat für die Biogasgewinnung einsiliert werden soll, wird der Bestand, je nach Aufwuchs, ein- bis zweimal pro Jahr geerntet. Der erste Schnitt findet im Juli

statt. Er erreicht in der Regel silierfähige 28 % Trockensubstanz und bildet den Hauptteil des Jahresertrags. Wächst der Bestand gut nach, kann im Oktober ein zweites Mal geerntet werden. Der gewünschte TS-Gehalt von 28 % wird hier erfahrungsgemäß nicht mehr erreicht und auch der Ertrag fällt geringer aus als beim ersten Schnitt. Es bietet sich an, diesen Aufwuchs in Mischung mit Mais abzuernten und einzusilieren. Für die thermische Nutzung bleiben die Pflanzen, ähnlich wie Miscanthus, über Winter auf dem Feld. Die Blätter fallen ab, die Pflanzen verholzen, der Bestand trocknet und wird zwischen Februar und April bei einem lagerfähigen TS-Gehalt von über 80, besser 85 % geerntet.

Erträge

Versuchsdurchführung:

Die Eignung der Sida für die Nutzung als Biogassubstrat und Brennstoff wird am TFZ seit 2011 geprüft. Am Standort Straubing, der einen sehr guten Boden (Ackerzahl: 73 bis 75), mittlere Temperaturen (langjähriges Mittel: 8,3 °C) und ausreichend Niederschläge (langjährige Summe: 783 mm) aufweist, wurden dazu Parzellenversuche angelegt. Die Sida wurde mit einer Drillmaschine in 37,5 cm Reihenweite und mit einer Saatstärke von 1 kg/ha, 2 kg/ha sowie 3 kg/ha (doppelte Saatstärke, pilliertes Saatgut) gesät. Der Saattermin war Ende Juni. Im ersten Jahr erhielt der Bestand eine Startgabe von 60 kg N/ha. In den Folgejahren wurden die Pflanzen bis 180 kg N/ha, verteilt auf zwei Gaben, aufgedüngt. Die Unkrautbekämp-

fung fand rein mechanisch statt. Aufgrund der geringen Keimfähigkeit des Saatguts traten im Bestand große Lücken auf, die Raum für Unkräuter schafften und die Etablierung zusätzlich erschwerten. Vor allem in der Variante, die mit einer Saatstärke von nur 1 kg/ha gesät wurde, trat eine starke Verunkrautung auf. Ab dem zweiten (Biogasnutzung) bzw. dritten (thermische Nutzung) Jahr wurden die Bestände mit einem reihenunabhängigen Parzellenhäcksler beerntet und der Ertrag in einem Probenehmer verwogen. Die Biogasvariante wurde jeweils zweimal jährlich, Ende Juli und Anfang Oktober, geschnitten. Die Ernte für die thermische Nutzung fand jeweils im April statt.

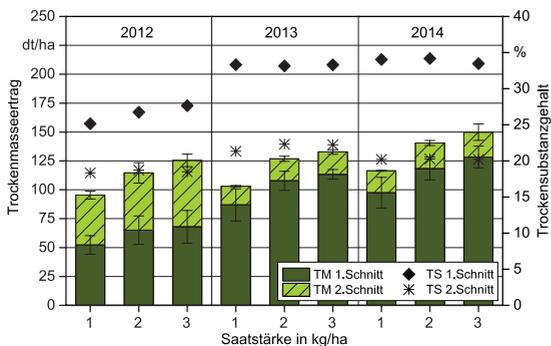
Ergebnisse:

Das Diagramm auf Seite 31 (links) zeigt die kumulierten Trockenmasseerträge und den Trockensubstanzgehalt der Sida bei Nutzung als Biogassubstrat in Abhängigkeit vom Erntejahr und der Saatstärke. Bereits auf den ersten Blick zeigt sich, dass der Trockenmasseertrag mit zunehmender Saatstärke ansteigt. Während die Differenz zwischen den Saatstärken 2 kg/ha und 3 kg/ha marginal ist, treten in der 1 kg/ha-Variante vor dem Hintergrund eines lückigen Bestands mit hoher Verunkrautung große Ertragseinbußen auf. Auch zwischen den Erntejahren sind die Unterschiede gut erkennbar. Fielen die Trockenmasseerträge im ersten Erntejahr 2012 mit maximal 125 dt TM/ha noch relativ gering aus, stiegen sie 2013 weiter an

und erreichten 2014 schließlich Werte von bis zu 150 dt TM/ha. Vor allem der erste Schnitt war in den Jahren 2013 und 2014 deutlich ertragreicher, was das Potenzial der Sida widerspiegelt. Die geringe Ausbeute des zweiten Aufwuchses 2013 und 2014 ist auf die schwierigen klimatischen Bedingungen mit nasskaltem Frühjahr und trockenen Sommermonaten zurückzuführen. Insgesamt zeigt der Vergleich der verschiedenen Erntejahre, dass die Erträge der Sida nach der Etablierungsphase weiter zunehmen und das Ertragspotenzial bei entsprechenden Witterungsverhältnissen sicher noch besser ausgeschöpft werden kann.

Die Trockensubstanzgehalte des ersten Aufwuchses lagen alle im angestrebten Bereich

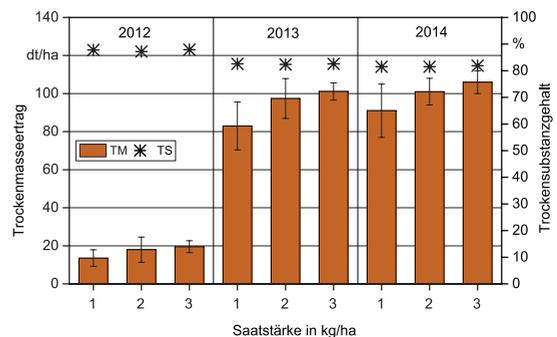
von 28 bis 35 %. Bei der zweiten Ernte im Oktober wurden diese Werte nicht mehr erreicht. Der Trockensubstanzgehalt betrug lediglich 18 bis 22 %. Ob sich ein zweiter Schnitt der Sida deshalb wirklich lohnt oder besser nur ein Aufwuchs zu einem späteren Zeitpunkt geerntet werden sollte, müssen die Versuche erst noch zeigen. Laut Dr. Roman Molas (persönliche Mitteilung) ist eine zweimalige Beerntung grüner Sidabiomasse schädlich für den Wiederaustritt und wurde vermutlich nur aufgrund der sehr guten Standortbedingungen in Straubing ohne Ertragsrückgang verkraftet. Für die Folgejahre ist daher ein verändertes Ernteregime mit nur einem Grünschnitt geplant.



Kumulierte Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte von Sida in Abhängigkeit von Erntejahr und Saatstärke; Biogasvariante

Neben der Nutzung als Biogassubstrat besteht die Möglichkeit, den Bestand über den Winter abtrocknen zu lassen und den Aufwuchs im Frühjahr als Brennstoff zu ernten. Das folgende Diagramm zeigt die Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte der Sida bei thermischer Nutzung in Abhängigkeit von Erntejahr und Saatstärke. Auch bei der thermischen Variante steigt der Ertrag mit zunehmender Saatstärke an, sodass die 3 kg/ha-Variante als Beste abschneidet. Im ersten Aufwuchsjahr 2012 (Ernte im Frühjahr 2013) fiel der Ertrag mit ma-

ximal 20 dt TM/ha sehr gering aus. Für das Jahr 2013 stieg der Ertrag deutlich an und erreichte in der 3 kg/ha-Variante sogar über 100 dt TM/ha. Dass der Ertrag auch bei der thermischen Nutzung im Lauf der Jahre zunimmt, bestätigen die aktuellen Ernteergebnisse für das Aufwuchsjahr 2014. Bei allen drei Saatstärken konnte nochmal ein Ertragszuwachs beobachtet werden. Insgesamt fällt der Trockenmasseertrag der thermischen Nutzungsrichtung geringer aus als bei der Biogasnutzung. Dies hängt mit dem Blattfall im Herbst zusammen, der im Gegenzug für den Aufbau einer Mulchschicht sorgt. Der Trockensubstanzgehalt zur Ernte lag bei der thermischen Variante stets im angestrebten Bereich von über 80 bis 85 %.



Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte von Sida in Abhängigkeit von Aufwuchsjahr und Saatstärke; thermisch genutzte Variante

Methanausbeute

Bei der Verwendung als Biogassubstrat ist die Methanausbeute der Kulturen von großer Bedeutung. Um die Methanausbeute der Sida zu bestimmen, wurde ein Batchtest veranlasst. Die Analysen wurden an 90 Tage siliertem Material durchgeführt, um möglichst praxisnahe Ergebnisse zu erhalten. Die Sida erreichte eine Methanausbeute von 247 bis 293 Nl/kg oTM. Im

Vergleich zu Silomais, der eine Ausbeute von rund 355 Nl CH₄/kg oTM [17] aufweist, fällt die Methanausbeute um rund 18 bis 30 % geringer aus. Um eine eindeutige Aussage zur Qualität von Sida als Biogassubstrat treffen zu können, müssen jedoch weitere Versuchsergebnisse abgewartet werden.



Im Vordergrund Sida-Neuaustrieb nach dem ersten Schnitt

Riesenweizengras (*Agropyron elongatum*)

Allgemeines und Botanik

Das Riesenweizengras wird auch als Ungarisches Riesengras, Hohes Weizengras oder Hirschgras bezeichnet und zählt neben rund 250 weiteren Arten zur Gattung der Quecken und zur Familie der Süßgräser. Ursprünglich ist es in Vorderasien und im Kaukasusgebiet beheimatet, wo es aufgrund seiner guten Salztoleranz vor allem auf Salzwiesen und an der Meeresküste wächst [23]. Im Jahr 1909 wurde das Gras in den westlichen USA, Kanada und Australien erstmalig für Futterzwecke angebaut und genutzt. Erst Jahre später wurde es in Europa durch die Bemühungen der ungarischen Gemeinnützigen Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft für Landwirtschaft bekannt. Diese begann, aus dem Gras eine Hybridsorte namens Szarvasi-1 zu züchten, die daraufhin in ganz Europa für den Energiepflanzenanbau verkauft wurde und noch heute zu den bekanntesten Sorten zählt [22]. Auch am TFZ werden Versuche zum Anbau von Riesenweizengras als Energiepflanze für die energetische Nutzung durchgeführt.

Das ausdauernde Gras kann nach der Etablierungsphase mindestens fünf Jahre lang genutzt werden. Es besitzt folgende botanische Eigenschaften:

- C3-Pflanze mit „cold season“-Wachstumsrhythmus (d.h. es legt während der heißen



Der Name Riesenweizengras ist aus der tatsächlichen Verwandtschaft des Grases mit Weizen abgeleitet.

- Sommermonate eine Wachstumspause ein),
- tiefreichendes Wurzelsystem,
- dichte Horste mit ca. 10 cm Durchmesser,
- aufrechte und kahle Halme, bis zu 2,5 m hoch, dadurch gewisses Lagerrisiko,
- endständig, ähriger Blütenstand, 10–30 cm lang [22],
- 1,5–2,5 cm lange Ährchen mit fünf bis elf Blüten, vor der Blüte anliegend, später spreizend [22],
- bläulich-grüne Blätter mit kurzen Haaren, rau und steif [22].



Entwicklungsverlauf des Riesenweizengrases: kurz nach dem Auflaufen; im Sommer des zweiten Jahres; Rispe; Bestand kurz vor der Ernte; Bestand nach der Ernte



Vorbereitung der Bestandsanlage

Bei der Flächenauswahl und Bodenbearbeitung sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Das Riesenweizengras stellt geringe Ansprüche an Boden und Klima. Es kann auf nahezu allen Standorten angebaut werden.
- Es ist eine gute Alternative für trockene Lagen, da es aufgrund der tiefen Bodendurchwurzelung sehr trocken tolerant ist [16].
- Auch auf Grenzstandorten oder schwierig zugänglichen Flächen bietet sich der Anbau an, da nach der Etablierung nur ein geringer Pflegeaufwand notwendig ist.
- Das Gras mag sandig-lehmige Böden.
- Es besitzt eine hohe pH-Wert-Toleranz und wächst auch auf salzigen Böden [22].
- Ein Anbau nach Druschgetreide ist nicht zu empfehlen, da ein eventuell auftretender Durchwuchs nicht bekämpft werden kann.
- Die Nutzungsdauer beträgt über fünf bis zehn Jahre. Der Ackerstatus der Fläche geht bei entsprechender Codierung im Flächen- und Nutzungsnachweis („Riesenweizengras [Szarvasigras], Nutzungscode 853“) nicht verloren.
- Bei der Flächenvorbereitung spielt vor allem die Unkrautbekämpfung eine wichtige Rolle. Unkräuter sollten bereits in der Vorfrucht ausreichend bekämpft werden.
- Für ein optimales Saatbett sollte der Boden feinkrümelig vorbereitet werden. Am besten eignen sich eine tiefe Herbstfurche und der Einsatz eines Grubbers und einer Egge kurz vor der Saat.
- Bei tief gelockerten Böden ist eine Rückverfestigung des Bodens notwendig, um eine exakte Saatgutablage zu ermöglichen. Auch nach der Saat ist das Walzen des Bodens zur Festigung des Saatbetts von Vorteil.

Saat

Die Saatzeit des Riesenweizengrases erstreckt sich über einen sehr langen Zeitraum. In Lagen mit geringem Niederschlag sollte die Aussaat zwischen Mitte Juni und Anfang Juli erfolgen, um eine ausreichende Vorwinterentwicklung des Grases sicherzustellen. Auf allen anderen Standorten kann das Gras bis Ende August aus-

gesät werden. Eine späte Saat reduziert aufgrund des baldigen Vegetationsendes den Konkurrenzdruck durch Unkraut, während bei der früheren Saat vor allem im Sommer eine sorgfältige Unkrautregulierung erforderlich ist [16].

Tabelle 5: Hinweise für die Aussaat des Riesenweizengrases

Saat	
Sattermin	Mitte Juni bis Ende August
Saattechnik	Drillmaschine
Saatstärke	15–25 kg/ha
Reihenabstand	13 cm (Getreideabstand)
Saattiefe	max. 1 cm

Die Saatstärke orientiert sich an den Eigenschaften des Bodens. Je schwerer der Boden ist, desto höher sollte die Saatstärke sein. Im Vergleich zu vielen anderen Dauerkulturen weist das Saatgut des Riesenweizengrases eine hohe Keimfähigkeit auf.



Saatgut Riesenweizengras

Pflanzenschutz

Im Ansaatjahr entwickelt sich das Riesenweizengras sehr langsam und wird insgesamt maximal nur 30 cm hoch. Oft bildet es auch nur einen zarten grünen Flaum. Konkurrierendes Unkraut spielt deshalb eine große Rolle. Vor allem bei einer frühen Saat bis Mitte Juli muss aufgrund der sommerlichen Wachstumspause des Grases eine sorgfältige Unkrautkontrolle erfolgen. Es eignen sich sowohl mechanische als auch chemische Pflanzenschutzmaßnahmen.

Mechanisch können bis zu Beginn des Längenwachstums im zweiten Jahr Schröpfungsdurchführung durchgeführt werden. Diese regen gleichzeitig die Bestockung an und fördern somit das spätere Massenzunehmen.

Ab dem 3-Blatt-Stadium können außerdem Herbizide gegen breitblättrige Verunkrautung eingesetzt werden. Da bisher noch kein Herbizid für den Einsatz in Riesenweizengras zugelassen ist, muss vor der Anwendung ein Antrag nach § 22 Abs. 2 PflSchG beim zuständigen Pflanzenschutzdienst gestellt werden. Ab dem zweiten Jahr, wenn der Bestand geschlossen ist, sind in der Regel keine Maßnahmen mehr erforderlich.

Vereinzelt wurde in Riesenweizengrasbeständen ein Befall mit Mehltau festgestellt. Nach bisherigen Erkenntnissen wirkt sich der Befall nicht auf den Ertrag aus. Tierische Schädlinge wurden bisher nicht beobachtet.

Düngung

Im Anlagejahr steckt das Riesenweizengras seine Energie in die Ausbildung des Wurzelsystems und wächst deshalb nicht in die Höhe. Dementsprechend kann die Düngung verhalten ausfallen. Erst ab dem zweiten Jahr steigt der Bedarf an. Bei Stickstoff sollte der Gehalt mineralischen Stickstoffs (N_{\min}) vom Sollwert abgezogen werden. Bei allen anderen Nährstoffen sollte die angegebene Menge verabreicht bzw. die Gehaltsklasse C [29] angestrebt werden.

Für eine gute Etablierung reichen im ersten Jahr [16]:

- Stickstoff: 60 kg/ha
- K_2O : 42 kg/ha bzw. bis Gehaltsklasse C

Ab dem zweiten Jahr steigt der Düngbedarf auf [16]:

- Stickstoff: 90–120 kg/ha Sollwert zu Vegetationsbeginn und

60–80 kg/ha zum zweiten Aufwuchs

- K_2O : 240 kg/ha bzw. bis Gehaltsklasse C
- P_2O_5 : 36 kg/ha bzw. bis Gehaltsklasse C

Das Riesenweizengras kann nach der Etablierung zweimal jährlich geerntet werden. Um einen üppigen zweiten Aufwuchs zu erhalten, sollte nach der ersten Ernte im Sommer eine weitere N-Gabe verabreicht werden. Zu beachten ist außerdem der hohe Kaliumbedarf des Riesenweizengrases. Dieser kann sehr gut über Biogasgärreste gedeckt werden, da sie ein günstiges Stickstoff-Kalium-Verhältnis aufweisen. Je nach Standort kann eine Teilgabe mit einem schwefelhaltigen Dünger erfolgen.

Ernte

Lediglich bei einer sehr frühen Saat und bei optimalen Entwicklungsbedingungen ist im ersten Jahr eine Ernte möglich. In der Regel erreicht das Gras jedoch keinen erntewürdigen Aufwuchs, vor allem wenn Schröpfungsschnitte zur Unkrautbekämpfung durchgeführt wurden. Bei Bedarf kann der Bestand im Herbst des Ansaatjahres gemulcht werden. Ab dem zweiten Jahr kann das Gras je nach Nutzungsrichtung bis zu zweimal jährlich geerntet werden. Zur Ernte des Grases eignen sich am besten ein Häcksler mit GPS-Schneidwerk oder ein zwei-

stufiges Verfahren mit vorheriger Mahd. Der Schnitt sollte nicht tiefer als 10 cm hoch erfolgen [16], um einen kräftigen Wiederaustrieb zu erreichen.

Für den Einsatz in Biogasanlagen findet die erste Ernte kurz vor Blühbeginn, der je nach Standort und Witterung zwischen Mitte Juni und Anfang Juli liegt, bei einem TS-Gehalt von 28 % statt. Um eine verlustarme Silierung und gute Methanausbeuten durch passende TS-Gehalte zu gewährleisten, ist es wichtig, die Abreife zu beobachten und rechtzeitig zu ernten. Der

zweite Schnitt erfolgt dann zu Vegetationsende zwischen Ende September und Mitte Oktober. Oft werden die gewünschten TS-Gehalte von mindestens 28 % dann nicht mehr erreicht, sodass eine vorherige Mahd mit Anwelkung des Materials sinnvoll ist [16].

Für die thermische Nutzung wird das Gras

erst nach dem Winter in abgetrocknetem und lagerfähigem Zustand bei einem TS-Gehalt von über 80 % geerntet. Bisher wird das Riesenweizengras fast ausschließlich als Substrat für die Biogasgewinnung eingesetzt. Die Verwendung als Brennstoff findet nur vereinzelt Zuspruch.

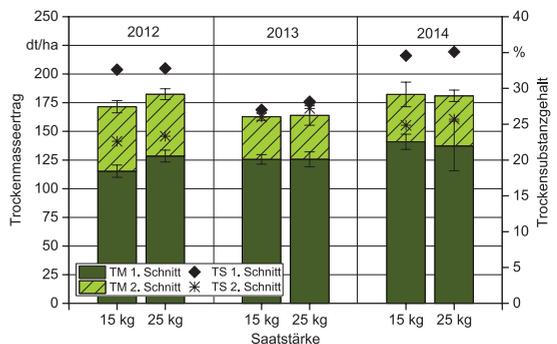
Erträge

Versuchsdurchführung:

Seit 2011 werden am TFZ Parzellenversuche zum Einsatz von Riesenweizengras als Biogassubstrat durchgeführt. Der Versuchsstandort zeichnet sich durch einen sehr guten Boden (Ackerzahl: 73 bis 75), mittlere Temperaturen (langjähriges Mittel: 8,3 °C) und ausreichend Niederschläge (langjährige Summe: 783 mm) aus. Das Riesenweizengras der Sorte „Szarvasi-1“ wurde Mitte Mai mit einer Drillmaschine in 20 cm Reihenweite und mit einer Saatstärke von 15 kg/ha und 25 kg/ha gesät. Im ersten Jahr erhielt der Bestand eine Startgabe von 60 kg N/ha. In den Folgejahren wurden je nach N_{\min} zwischen 120 und 180 kg N/ha in Form von Kalkammonsalpeter, verteilt auf zwei Gaben, ausgebracht. Der Bestand entwickelte sich im ersten Jahr sehr langsam, sodass Unkrautbekämpfungsmaßnahmen durchgeführt werden mussten. Diese fanden rein mechanisch statt. Eine Ernte war aufgrund des geringen Aufwuchses und der Unkrautproblematik nicht möglich. Ab dem zweiten Jahr wurden die Bestände mit einem reihenunabhängigen Parzellenhäcksler beerntet und der Ertrag in einem Probenehmer verwogen. Die Erntetermine waren Ende Juni sowie im Oktober.

Ergebnisse:

Im folgenden Diagramm sind die Trockenmasseerträge und der Trockensubstanzgehalt des Riesenweizengrases in Abhängigkeit vom Erntejahr und der Saatstärke dargestellt. Bereits auf den ersten Blick fällt auf, dass die Saatstärke keinen wesentlichen Einfluss auf den Trockenmasseertrag hat. Während der Ertrag der 25-kg/ha-Variante 2012 noch etwas höher



Kumulierte Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte von Riesenweizengras in Abhängigkeit von Erntejahr und Saatstärke

ausfiel, glichen sich beide Varianten in den Folgejahren an. Insgesamt lieferte das Riesenweizengras 2012 einen stattlichen Ertrag von 180 dt TM/ha. Im Jahr 2013 ging der Ertrag auf rund 160 dt TM/ha zurück, da der zweite

Aufwuchs aufgrund der extremen Sommertrockenheit sehr gering ausfiel. Im letzten Erntejahr 2014 konnten sowohl beim ersten als auch beim zweiten Schnitt die Trockenmasseerträge gesteigert werden, sodass insgesamt über 182 dt TM/ha geerntet wurden. Den Großteil des

gesamten Trockenmasseertrags liefert der erste Aufwuchs. Der zweite Aufwuchs macht meist nur ein Viertel des Ertrags aus. Gleichzeitig erreicht er, wie bei der Sida, den angestrebten TS-Gehalt von 28 bis 35 % nicht mehr, sondern pendelt sich im Bereich um 25 % ein.

Methanausbeute

Bei der Verwendung als Biogassubstrat spielt neben dem Ertrag und der Qualität des Erntematerials auch die Methanausbeute eine Rolle. Im Zuge des Versuchs wurden deshalb Batchtests an 90 Tage siliertem Material durchgeführt, um die Methanausbeute zu bestimmen. Das Riesenweizengras erreichte Werte von 255 bis 280 NL CH₄/kg oTM. Im Vergleich zu Silomais, der eine Ausbeute von rund 355 NL CH₄/

kg oTM [17] aufweist, fällt die Methanausbeute um rund 20 bis 30 % geringer aus. Laut Literaturangaben wurden bei Riesenweizengras bereits Werte bis 350 NL/kg oTM [16] gemessen. Die Variation der Ergebnisse hängt vermutlich stark von der Untersuchungsmethode, dem Versuchsstandort und dem Erntetermin ab.

Rekultivierung der Fläche

Zur Rekultivierung des Ackers am Ende der Nutzphase eignet sich am besten ein Flächenumbruch mit dem Pflug. Sollte in der Folgekultur Durchwuchs auftreten, kann dieser durch den Einsatz von Herbiziden beseitigt werden. Getreide scheidet aus diesem Grund als Folgefrucht aus. Alternativ bietet sich der Anbau einer Kultur mit hoher Schnitthäufigkeit an.

IGNISCUM®

(*Fallopia sachalinensis*)

Allgemeines und Botanik

Der Name IGNISCUM® ist keine Artenbezeichnung, sondern die Handelsbezeichnung des Knöterichgewächses. Es wurde aufgrund seiner Massenwüchsigkeit in zwanzigjähriger Züchtungsarbeit aus der Wildform des Sachalin-Staudenknöterichs selektiert. Dieser stammt aus dem südlichen Teil der russischen Halbinsel Sachalin, den südlichen Kurilen und den japanischen Inseln Hokkaido und Honshu. Im Jahr 1863 wurde der Sachalin-Staudenknöterich zum ersten Mal nach Europa eingeführt und kultiviert [20]. Seitdem breitet sich die als hochinvasiv geltende Pflanze in ganz Europa aus. Laut Züchterangaben bildet IGNISCUM® im Gegensatz zur Wildform keine unterirdischen Seitenausläufer, sodass eine seitliche Ausdehnung und eine ungewollte Verbreitung vermieden werden [9]. IGNISCUM® wurde vor allem als mehrjährige Alternative für die Nutzung als Brennstoff und Biogassubstrat gezüchtet, wird bisher jedoch nur in sehr geringem Umfang angebaut. Am TFZ wird die Eignung des Knöterichgewächses in Versuchen geprüft.

IGNISCUM® kann über zehn Jahre lang genutzt [7] werden. Nach der Etablierung stellt er eine besonders anspruchslose Kultur mit folgenden botanischen Eigenschaften dar:

- horstbildend,
- bis zu 40 Triebe je Pflanze, Stängel bis zu 4 m hoch und 2 cm dick, innen hohl,
- große gestielte Blätter, ungeteilte Blattspreite,
- Blüten rispenartig und weiß,



Der Name IGNISCUM® ist der Handelsname des Knöterichgewächses

- tiefreichende Wurzeln, laut Züchterangaben ohne Seitenausläufer,
- laut Züchterangaben steril, keine Samenbildung, Vermehrung mittels Rhizomen/ Setzlingen.



Entwicklungsverlauf des IGNISCUM®: wenige Wochen nach der Pflanzung; Wiederaustrieb im Frühjahr; Aufwuchs im zweiten Jahr; erntereifer Bestand; Blüte im Juli; Bestand im Herbst (thermische Nutzung); abgetrockneter Bestand nach dem Winter (thermische Nutzung)

Vorbereitung der Bestandsanlage

Da das Vermehrungspotenzial von IGNISCUM® bisher nur unzureichend untersucht ist und er als Dauerkultur eine Nutzungsdauer von über zehn Jahren hat, sollte die Flächenauswahl sehr sorgfältig erfolgen. Flächen mit hoher naturschutzrechtlicher Relevanz oder Flächen an Flussufern scheiden deshalb für den Anbau aus. Ansonsten stellt IGNISCUM® nur geringe Ansprüche.

- Während der Etablierungsphase ist er sehr licht- und wärmebedürftig.
- Er bevorzugt warme, sonnige Lagen mit einer geringen Spätfrostgefahr [7].
- Gut geeignet sind leichte, frische, tiefgründige Böden.
- IGNISCUM® besitzt eine hohe Trockentoleranz und ist winterhart.
- Vor der Pflanzung der Setzlinge sollte der Boden von Unkraut befreit und sorgfältig vorbereitet werden. Wurzelunkräuter sollten mit einem Totalherbizid abgespritzt werden [9].
- Gut geeignet ist eine tiefe Herbstfurche mit anschließender Sekundärbodenbearbeitung im Frühjahr, sodass eine feine Bodengare entsteht.

Pflanzung

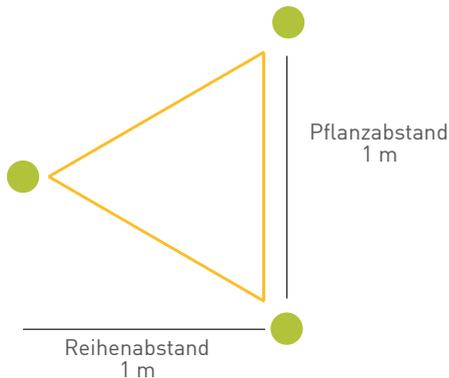
Bisher kann IGNISCUM® nur durch das Pflanzen von Setzlingen etabliert werden. Je nach Nutzungsrichtung kann man zwischen den beiden IGNISCUM®-Typen „Basic“ für die thermi-

sche Nutzung und „Candy“ als Biogassubstrat wählen. Die Etablierung und Pflege der beiden Typen unterscheidet sich nicht.

Tabelle 6: Hinweise zur Pflanzung von IGNISCUM®

Pflanzung	
Pflanztermin	ab Anfang Mai, nach dem letzten Frost
Pflanztechnik	per Hand oder mittels Pflanzmaschine aus dem Forst oder Gemüsebau
Pflanzdichte	1 Pflanze/m ²
Reihenabstand	1 m
Pflanzabstand	1 m
Pflanztiefe	4 cm

Bei der Pflanzung der Setzlinge sollte zu benachbarten Flächen ein Abstand von rund 3 m eingehalten werden. Die Pflanzen benachbarter Reihen sollten versetzt gepflanzt werden



Pflanzschema IGNISCUM®

[7]. Eine Rückverfestigung des Bodens in einem separaten Arbeitsgang vor der Pflanzung wird vor allem bei trockener Witterung und einem groben Pflanzbett empfohlen, um einen guten Bodenschluss herzustellen [7].



Jungpflanze wenige Wochen nach der Pflanzung

Pflanzenschutz

IGNISCUM® erreicht seinen vollen Aufwuchs erst im dritten Standjahr. Dementsprechend sind die Reihen vorher nicht geschlossen und konkurrierendes Unkraut macht sich breit. Um eine Beeinträchtigung der Pflanzen zu verhindern, müssen auf jeden Fall Unkrautbekämpfungsmaßnahmen durchgeführt werden. Mechanisch kann im ersten Jahr bei einer Wuchshöhe von 10 bis 20 cm gestriegelt werden. Bei größeren Pflanzen bis 50 cm empfiehlt sich der Einsatz der Hacke. Auch im zweiten Standjahr kann bei Bedarf gehackt werden. Kann eine mechanische Unkrautbekämpfung nicht oder nicht regelmäßig durchgeführt werden, können auch verschiedene Herbizide eingesetzt werden. Bisher ist jedoch kein Herbizid für den Einsatz in IGNISCUM® zugelassen,

sodass vor der Anwendung eine Genehmigung nach § 22 Abs. 2 PflSchG eingeholt werden muss. Gegen Ende des zweiten Standjahres sind in der Regel keine Maßnahmen mehr erforderlich.

Tabelle 7: Übersicht verträglicher Pflanzenschutzmittel für den Einsatz in IGNISCUM® [7]

Pflanzenschutzmittel	Aufwandmenge	Anwendungszeitpunkt	Wirkspektrum
Stomp Aqua	3,0–3,5 l/ha	Vorauflauf	Unkraut
Flexidor	1,0 l/ha	Vorauflauf	Unkraut
Atlantis OD	1,0–1,5 l/ha	Nachauflauf	Unkraut
Atlantis WG	300 g/ha	Nachauflauf	Unkraut
Terano	0,8–1,0 kg/ha	Nachauflauf	Unkraut
Arelon Top	2,0 l/ha	Nachauflauf	Unkraut
Aramo	2,0 l/ha	Nachauflauf	Ungräser
Fusilade Max	1,0–1,5 l/ha	Nachauflauf	Ungräser
Select 240 EC	0,5 l/ha + 1 l Öl/ha	Nachauflauf	Ungräser

Düngung

Bisherige Untersuchungen zum Nährstoffbedarf der Dauerkultur empfehlen für das erste Jahr eine moderate Düngung. In den Folgejahren richtet sich die Düngung nach dem Entzug. Da im zweiten Jahr noch keine Ernte stattfindet kann für die Düngeberechnung von einem Aufwuchs von ca. 5 t TM/ha ausgegangen werden. Im ersten Jahr:

- Stickstoff: 60 kg/ha

In den folgenden Jahren:

- Stickstoff: 16 kg/t TM Entzug

- P_2O_5 : 4,6 kg/t TM Entzug
- K_2O : 18,5 kg/t TM Entzug

Eine organische Düngung mit Gülle oder Gärresten ist möglich, sollte aber sehr zeitig im Frühjahr erfolgen, um Beeinträchtigungen an den Trieben zu vermeiden. Bei der thermischen Variante wird durch den Blattfall ein Teil der Nährstoffe in den Boden rückverlagert. Dies sollte bei der Düngung mit einberechnet werden.

Ernte

Durch die langsame Jugendentwicklung ist der IGNISCUM®-Aufwuchs erst ab dem dritten Jahr erntewürdig. Bei Bedarf kann in den ersten beiden Jahren ein Pflegeschnitt durchgeführt werden. Je nach Nutzungsrichtung wird ein- bis

zweimal jährlich geerntet. Bei der Verwendung als Substrat für die Biogasanlage finden zwei Schnitte, im Juli und Oktober, statt. Idealerweise liegt der TS-Gehalt bei rund 28 %, wobei der Herbstschnitt den gewünschten Wert häufig

nicht mehr erreicht. Bei der Brennstoffnutzung wird der Bestand nach dem Winter zwischen Februar und Mai bei einem TS-Gehalt von über 80 % geerntet, sodass das Häckselgut direkt eingelagert werden kann. Zur Ernte eignet sich am besten ein Feldhäcksler mit reihenun-

abhängigem Gebiss. Die Rhizome sollten auf jeden Fall durch Fahren zwischen den Reihen und Ernten bei trockener Witterung oder gefrorenem Boden geschont werden.

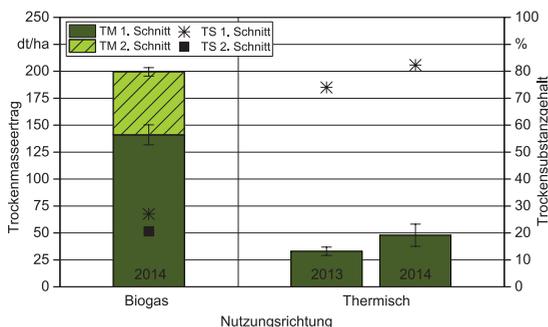
Erträge

Die in der Literatur angegebenen Ertragswerte schwanken sehr stark. Die Spanne reicht von 80 dt TM/ha bis über 200 dt TM/ha. Erste Versuchsergebnisse der 2011 am TFZ angelegten Bestände bestätigen ein hohes Ertragspotenzial von IGNISCUM®. Mit zwei Schnitten erzielte die Biogasvariante im ersten Erntejahr rund 200 dt TM/ha (siehe Diagramm). Nichtsdestotrotz müssen für eine gefestigte Aussage zunächst die Ergebnisse der kommenden Jahre abgewartet werden. Durch die großen Blätter und die hohlen Stängel fällt der Ertrag häufig geringer aus als es auf den ersten Blick scheint [9]. Diese Vermutung wird von den Trockenmasseerträgen der thermischen Nutzungsvariante bestätigt. Für das Aufwuchsjahr 2013 konnten lediglich 33 dt TM/ha geerntet werden. Auch im darauffolgenden Jahr 2014 stieg der Ertrag nur

leicht auf knappe 48 dt TM/ha.

Der Trockensubstanzgehalt des ersten Aufwuchses liegt mit 27 % knapp unter den angestrebten 28–35 %. Größere Probleme bereitet der zweite Schnitt. Wie bei vielen anderen Kulturen erreicht er nur einen TS-Gehalt von rund 20 %. Mit Sickerwasserbildung und Schwierigkeiten bei der Verdichtung des Erntematerials im Silo muss deshalb gerechnet werden, eine Mischsilierung mit anderen, trockeneren Pflanzen ist daher anzuraten. Bei der Nutzung als Brennstoff verfehlte der Bestand die angestrebten mindestens 80 % TS im Jahr 2013 nur knapp. Bei der aktuellen Ernte des Aufwuchses 2014 lag der TS-Gehalt im geforderten Bereich.

Ergebnisse zur Methanausbeute liegen bisher noch nicht vor.



Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt von IGNISCUM® in Abhängigkeit von Nutzungsrichtung und Aufwuchsjahr

Rekultivierung der Fläche

Laut Züchter müssen nach Ende der Nutzphase Maßnahmen zur Rekultivierung der Fläche ergriffen werden. Hierzu liegen derzeit noch keine konkreten Versuchsergebnisse vor. Aus mehreren Gründen muss jedoch mit einem hohen Beseitigungsaufwand und einem Durchwuchs in der Folgekultur gerechnet werden: Zum einen bildet IGNISCUM® ein sehr tief reichendes und weit verzweigtes Wurzelsystem. Zum anderen wächst er, wie auch der als invasiv geltende Staudenknöterich, aus allen grünen Pflanzenteilen nach. Momentan wird ein kombiniertes Bekämpfungsverfahren getestet.

Dieses besteht aus mehreren Abschwächungsschnitten im Zeitraum von Mai bis Juli und dem darauffolgenden Einsatz eines Totalherbizids im August. Ob dieses Vorgehen erfolgreich ist, wird sich erst in den nächsten Jahren zeigen [20]. Am TFZ in Straubing wurde außerdem die Bildung von Samen beobachtet. Bisher zeigen diese eine geringe Keimfähigkeit. Sollte sich die Keimfähigkeit jedoch durch Umweltreize erhöhen, geht von den Samen ein enormes Vermehrungspotenzial aus. Zur Klärung sind weitere Versuche erforderlich.

Switchgras (*Panicum virgatum*)

Allgemeines und Botanik

Switchgras ist im Deutschen oftmals besser als Rutenhirse bekannt. Es stammt ursprünglich aus Nordamerika und ist von der mexikanischen Karibikküste über die Prärie Nordamerikas bis nach Kanada verbreitet. Nachdem es in seiner Heimat durch die Einfuhr europäischer Futtergräser fast verdrängt wurde, gewann es in den 1930er Jahren wieder an Bedeutung. Nach großen Schäden durch Winderosion war es eine der wenigen Kulturen, die unter den trockenen Bedingungen etabliert werden konnte. Mit Beginn der 1970er Jahre wurde es vermehrt als Futtergras eingesetzt und 1991 entdeckte das amerikanische Energieministerium das Gras als Energiepflanze. Es wurde zur Modellpflanze für die Entwicklung eines mehrjährigen, robusten, ertragreichen und ressourcenschonenden Energiegrases, wodurch zum ersten Mal auch die Präriegebiete für die Energie- und Rohstoffherzeugung in den Mittelpunkt des Interesses rückten. In Deutschland wurde das Gras überwiegend als Zierpflanze angebaut oder für den Gewässer- und Biotopschutz genutzt. Daher gibt es bereits über 20 zugelassene Sorten. Erst durch das „European Switch Grass Project“, in dem seine Anbauwürdigkeit für den europäischen Raum und die Eignung als Energie- und Rohstoffpflanze untersucht wurden, starteten in Deutschland die ersten Versuche [26]. Am TFZ wird die Eignung von Switchgras als Energiepflanze für die energetische Nutzung untersucht.

Das Switchgras kann rund 15 Jahre lang genutzt werden. Im Ansaatjahr erreicht es eine Wuchshöhe von maximal 0,5 m. Erst in den fol-



Switchgras wird im Deutschen meist als Rutenhirse bezeichnet.

genden Jahren erreicht es seine volle Größe von bis zu 2,5 m. Zu den botanischen Eigenschaften der Kultur zählen:

- Familie: Süßgräser, Gattung: Rispenhirsen [26],
- C4-Pflanze, wärmeliebend, Hauptwachstumsphase von Juni bis August,
- unterirdisch liegendes Rhizom, das als Speicher- und Überwinterungsorgan dient [13],
- horstbildend,
- schilfartige Halme, bis zu 2,5 m hoch,
- bis zu 20 cm lange Rispe,
- sehr trocken tolerant, rollt bei Trockenstress die Blätter ein und passt das osmotische Potenzial der Zellen an,
- Unterscheidung der Sorten in Hochland- und Tieflandtypen mit differenzierten Standortansprüchen, Morphologie und Ertragspotenzial (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Entsprechend der Morphologie und der Herkunft werden zwei verschiedene Switchgras-Typen unterschieden [26]

Hochlandtyp	Tieflandtyp
trockene, kühle Standorte	warme, feuchte Standorte
gute Winterhärte	sehr frostempfindlich (Auswinterungsgefahr)
feiner Wuchs, dünne Halme	großer Halmdurchmesser und Wuchshöhe
früh einsetzende Lignifizierung	spät einsetzende Lignifizierung
frühe Abreife	späte Abreife
mittleres Biomassepotenzial	großes Biomassepotenzial

In Bayern werden überwiegend Hochlandtypen angebaut, da sie besser abreifen und weniger auswinterungsgefährdet sind.

Vorbereitung der Bestandsanlage

Anforderungen des Switchgrases an den Standort und die Flächenvorbereitung:

- warmer, trockener Standort,
- minimale Keimtemperatur 5,5–12 °C (deutlich über heimischen Gräsern),
- Hauptwachstumsphase Juni bis August,
- keine schneereichen Lagen (bei thermischer Nutzung zur Vermeidung von Lager),
- Lehme oder sandige Lehme ideal,
- idealer pH-Wert des Bodens 5,
- geringe Wasser- und Nährstoffansprüche,
- Anbau nach Getreide meiden (Bekämpfung Ausfallgetreide schwierig),
- unkrautfreies Saatbett, Altverunkrautung im Vorfeld bekämpfen,
- feinkrümelig, feuchter Saathorizont.



Entwicklungsverlauf des Switchgrases: Bestand nach dem Auflaufen; im Sommer des Ansaatjahres; Bestand zur Blüte; ertereifer Bestand vor dem Winter

Saat

Die Keimfähigkeit des Saatguts ist aufgrund einer ausgeprägten Keimruhe sehr gering und muss vor der Saat durch eine Stratifikationsmaßnahme verbessert werden. Eine Möglichkeit besteht darin, das Saatgut zwei bis vier Jahre lang trocken und bei Raumtemperatur zu lagern. Weniger zeitintensiv ist die nasskalte Stratifikation. Hierzu sind mehrere Schritte notwendig [27]:

- Saatgut in einen perforierten Beutel geben und 24 Stunden wässern.
- Den Beutel abtropfen lassen und für zwei bis vier Wochen bei 4 °C in einem Kühlraum lagern.
- Während dieser Zeit das Saatgut stets feucht halten und gelegentlich wenden, damit keine Wärmenester entstehen.
- Nach der Kühlung das Saatgut flach ausbreiten und trocknen lassen.

Wurde das Saatgut vier Wochen lang gekühlt, kann es nach der Trocknung noch einige Zeit gelagert werden, bevor es erneut in die Keimruhe fällt. Bei einer zweiwöchigen Kühlung muss das Saatgut direkt nach dem Trocknen ausgesät werden [27]. Zur Kontrolle sollte vor und nach der Vorbehandlung sowie direkt vor der Saat ein Keimfähigkeitstest durchgeführt werden.



Saatgut Switchgras

Tabelle 9: Hinweise zur Saat des Switchgrases [26]

Saat	
Sattermin	Mitte Mai bis Mitte Juni (mind. Keimtemperatur 5,5–12 °C)
Saattechnik	Drillmaschine
Saatstärke	8 kg/ha
Reihenabstand	13 cm (oder 26 cm bei mechanischem Pflanzenschutz)
Saattiefe	max. 2 cm

Pflanzenschutz

In den gemäßigten Breiten entwickelt sich das Gras nach der Saat relativ langsam. Unkräuter und Ungräser stellen deshalb eine große Konkurrenz dar und können das Wachstum unterdrücken. Auch in späteren Standjahren spielt Unkraut aufgrund der lang anhaltenden Winterruhe, die bis in den April hinein dauert, eine Rolle. Pflanzenschutzmaßnahmen sind deshalb unbedingt erforderlich. Mechanisch kann im Ansaatjahr gehackt oder gestriegelt werden, wobei die Reihenweiten bei Saat dann entsprechend anzupassen sind. Zu einem späteren Zeitpunkt kann auch ein Schröpfungsschnitt in einer Höhe von mindestens 10–15 cm durchgeführt werden, um das Unkraut zu beseitigen. Chemische Pflanzenschutzmittel sind bisher nicht für

den Einsatz in Switchgras-Beständen zugelassen. Bei der Verwendung muss im Vorfeld eine Genehmigung nach § 22 Abs. 2 PflSchG beantragt werden. Die Anwendung sollte nicht vor dem 4- bis 5-Blatt-Stadium stattfinden. Gute Ergebnisse bei zweikeimblättrigen Unkräutern wurden mit Wuchsstoffpräparaten erzielt [27]. Wegen des späten Austriebs besteht ab dem zweiten Jahr zudem die Möglichkeit, den Bestand vor Wiederaustrieb der Switchgras-Pflanzen im Frühjahr mit einem Totalherbizid zu behandeln [27]. Später im Jahr ist der Bestand erfahrungsgemäß geschlossen und keine Unkrautbekämpfungsmaßnahme mehr erforderlich.

Düngung

Switchgras gilt als sogenannte Low-Input-Pflanze, das heißt, sie benötigt nur eine geringe Düngung und nur wenig Pflanzenschutz. So ist aufgrund des zögerlichen Wachstums im ersten Jahr keine Düngung erforderlich.

Ab dem zweiten Jahr sollten jährlich folgende Düngergaben verabreicht werden:

- Stickstoff: 50–60 kg/ha
- P_2O_5 : 7–9 kg/t TM Entzug
- K_2O : 11–15 kg/t TM Entzug

Sollte ein zweiter Schnitt möglich sein, ist eine Nachdüngung erforderlich. Der Switchgras-Bestand kann bei Bedarf auch mit organischen Düngemitteln gedüngt werden.

Ernte und Erträge

Bei günstigen Bedingungen und einer guten Entwicklung des Switchgrases kann bereits

im Ansaatjahr ein erster Schnitt erfolgen. Dabei sollte vor allem auf eine ausreichende

Schnitthöhe von 10, besser 15 cm geachtet werden, um den Bestand langfristig nicht zu beeinträchtigen. Ab dem zweiten Jahr kann das Switchgras je nach Nutzungsrichtung ein- bis zweimal jährlich geerntet werden. Zur Ernte eignet sich am besten ein Feldhäcksler mit reihenunabhängigem Gebiss.

Wird das Gras als Substrat für die **Biogasnutzung** einsiliert, findet die erste Ernte im Juli bei einem TS-Gehalt von rund 28 % statt. Wächst das Gras erneut gut auf, kann Ende September bis Anfang Oktober ein zweites Mal geschnitten werden. Der gewünschte TS-Gehalt wird beim zweiten Schnitt häufig nicht

mehr erreicht. Das vorgelagerte Anwelken des Ernteguts kann hier Abhilfe verschaffen [13].

Im Gegensatz dazu wird das Gras bei der **Brennstoffnutzung** nur einmal jährlich, nach dem Winter zwischen Februar und April bei einem TS-Gehalt von mindestens 80 %, geerntet. Das Häckselgut kann direkt gelagert werden [13].

Bisher liegen noch keine konkreten Versuchsergebnisse zum Ertrag und zur Methanausbeute vor. Laut Literatur liegen die Erträge bei der Biogasnutzung in einem Bereich von 80 bis 160 dt TM/ha [26].

Waldstaudenroggen (*Secale multicaule*)

Allgemeines und Botanik

Der Waldstaudenroggen ist eine über 7.000 Jahre alte Urgetreideart, deren Ursprünge im Vorderen Orient liegen. Früher wurde der Waldstaudenroggen als Unkraut in Weizenfeldern angesehen. Erst mit der Ausdehnung des Getreideanbaus in den kälteren Norden wurde er wegen seiner Winterfestigkeit kultiviert. Er ist auch unter dem Namen Johannisroggen bekannt, da er früher zu Johanni (24. Juni) ausgesät wurde. Seine heutige Bezeichnung verdankt er dem Anbau auf Waldrodungsflächen. Im Niederwaldbetrieb wurden nach der Rodung des Waldes Getreidearten ausgesät, um die Flächen bis zum Wiederaustrieb der Bäume nutzen zu können. Der Waldstaudenroggen stellte aufgrund seiner anspruchslosigkeit die ideale Kultur dar [18]. Im Lauf der Zeit wurde er zum heutigen Roggen weitergezüchtet. Da er wesentlich kleinere Körner besitzt und damit einen viel geringeren Ertrag liefert, geriet er fast in Vergessenheit. Heute wird er wegen seiner wertvollen Inhaltsstoffe vereinzelt als Brotgetreide genutzt [19]. Auch bei der Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften, bei ingenieurbiologischen Maßnahmen und in Wildäusungsmischungen findet er zunehmend Verwendung [18]. Das TFZ erforscht den Waldstaudenroggen seit 2012 als mehrjährige Kultur für die Biogasgewinnung.

Der Waldstaudenroggen zählt, wie auch der heutige Kulturroggen, zur Familie der Süßgräser. Er gilt als perennierende Getreideart und wird zwei- bis mehrjährig angebaut. Insgesamt



Waldstaudenroggen-Bestand

kann er bis zu fünf Jahre lang genutzt werden. Botanische Merkmale des Roggens sind:

- bis zu 2 m hoch [18],
- starke Bestockung [19],
- feine Blätter und dünne Halme,
- kleine, schmale Körner mit süßlichem Geschmack [18],
- fein verzweigtes, kräftiges Wurzelsystem [19].



Entwicklungsverlauf des Waldstaudenroggens: nach dem Auflaufen, Ähre während der Blüte, erntereifer Bestand

Vorbereitung der Bestandsanlage

Der Anbau des Waldstaudenroggens kann nicht mit der Aussaat eines gewöhnlichen Kulturroggens verglichen werden. Durch die geringe züchterische Bearbeitung ist diese Urform des Roggens sehr robust und stellt nur geringe Ansprüche an den Boden und das Klima. Er kann deshalb auch auf Grenzstandorten oder Flächen mit geringer Ackerzahl angebaut werden. Folgende Anforderungen sind für den Anbau von Bedeutung:

- Waldstaudenroggen toleriert Temperaturen bis minus 25 °C [18],

- kann in Höhenlagen bis 1.500 m angebaut werden [19],
- wächst auch auf leichten, sandigen Standorten
- und mag keine nassen, moorigen Böden [18].

Aufgrund der schlechten Herbizidverträglichkeit sollte für den Anbau eine Fläche mit geringem Unkrautdruck ausgewählt werden. Eine Herbstfurche und eine feinkrümelige Saatbettbereitung im Frühjahr sind von Vorteil, jedoch ist auch eine Mulchsaat möglich.

Aussaat

Früher wurde der Waldstaudenroggen im Juni zu Johanni ausgesät. Im ersten Jahr konnte der Bestand so zweimal geerntet werden, bevor sich die Ähren bildeten. Heute findet die Aus-

saat üblicherweise etwas später statt, um die Vegetationszeit vorher für eine Vorfrucht nutzen zu können.

Tabelle 10: Hinweise zur Aussaat des Waldstaudenroggens

Saat	
Sattermin	Juli bis November [18]
Saattechnik	Drillmaschine
Saatstärke	150 kg/ha bzw. 400 Kö/m ²
Reihenabstand	13 cm (Getreideabstand)
Saattiefe	2–3 cm

Je früher der Waldstaudenroggen gesät wird, desto höher fällt der erste Aufwuchs aus. Bei einer Saat im November kann im Ansaatjahr nicht mehr geerntet werden. Die erste Ernte findet dann im Juni des zweiten Jahres statt [19].



Saatgut Waldstaudenroggen

Pflanzenschutz und Düngung

In der Regel bildet der Waldstaudenroggen einen dichten Bestand, der Unkraut wirksam unterdrückt. Pflanzenschutzbehandlungen sind dadurch nicht erforderlich [18]. Falls doch eine hohe Verunkrautung auftritt, sollte diese möglichst durch mechanische Maßnahmen bekämpft werden, da der Waldstaudenroggen sehr empfindlich auf Herbizide reagiert.

Blattkrankheiten und Schwarzrost stellen wegen der guten Widerstandsfähigkeit des Waldstaudenroggens kein Problem dar [18].

Die Düngung fällt im Vergleich zum Kulturroggen wesentlich geringer aus. Der Sollwert

liegt im Bereich von 100 kg N/ha. Durch seinen hohen Wuchs und die feinen Halme steigert eine höhere Stickstoffgabe die ohnehin vorhandene Lagergefahr [19]. Insgesamt zählt der Waldstaudenroggen aufgrund der geringen Produktionsintensität zu den Low-Input-Pflanzen.

Ernte

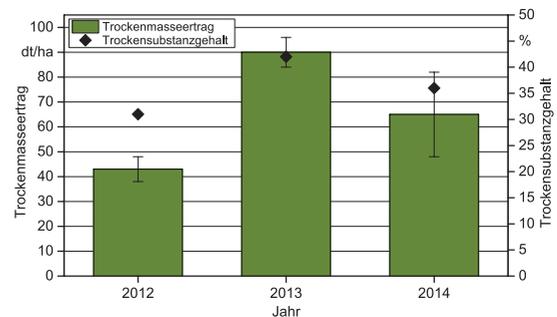
Bei einer frühen Aussaat kann der Waldstaudenroggen im ersten Jahr bis zu zweimal als Ganzpflanzensilage geerntet werden. Ab dem zweiten Standjahr wird er dann einmal jährlich bei einem TS-Gehalt von 28 % mit dem Feldhäcksler mit GPS-Schneidwerk geerntet [18].

Erträge

Am TFZ werden seit 2012 Parzellenversuche zur Nutzung des Waldstaudenroggens als Biogassubstrat durchgeführt. Das Diagramm zeigt den Trockenmasseertrag und den Trockensubstanzgehalt in den Jahren 2012 bis 2014. Im Ansaatjahr 2012 konnte ein Trockenmasseertrag von 43 dt TM/ha erzielt werden. Im zweiten Jahr stieg der Ertrag auf 90 dt TM/ha an, bevor er im Jahr 2014 mit 65 dt TM/ha wieder abfiel.

Der Waldstaudenroggen ist gut an das Klima in unseren Breiten angepasst, sodass keine Probleme bei der Abreife bestehen. Der Trockensubstanzgehalt lag in allen drei Erntejahren im angestrebten Bereich von über 28 %. Der hohe TS-Gehalt im Jahr 2013 ist auf die trockene Witterung und eine verhältnismäßig späte Ernte zurückzuführen.

Wichtig ist eine ausreichende Schnitthöhe von mind. 10 cm, um den Wiederaustrieb nicht zu gefährden. Da er durch die Kälteeinwirkung im Winter reichlich Ähren bildet, ist auch eine Nutzung als Druschfrucht möglich [19].



Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt von Waldstaudenroggen in den Jahren 2012, 2013 und 2014

Blühkalender

	Januar	Februar	März	April	Mai
Durchwachsene Silphie					
Miscanthus					
IGNISCUM®					
Sida					
Switchgras					
Riesenweizengras					
Waldstaudenroggen					



Saat/Pflanzung



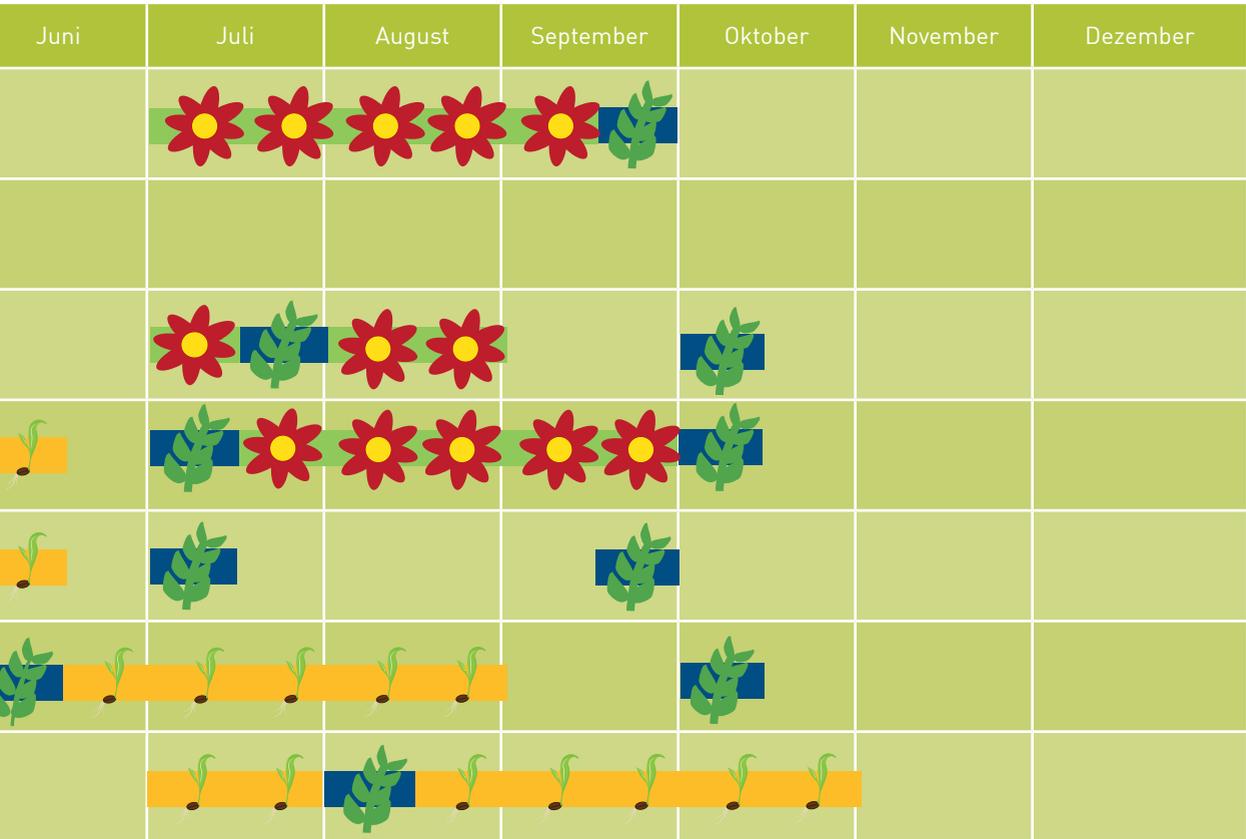
Ernte (Biogas; ab dem 2. Jahr)



Ernte (thermisch; ab dem 2. Jahr)



Blütezeit



Quellenverzeichnis

- [1] BAUFELD, P.; UNGER J.-G.; HEIMBACH, U. (2011): Westlicher Maiswurzelbohrer. Julius-Kühn-Institut (JKI). URL: http://www.jki.bund.de/fileadmin/dam_uploads/_veroeff/faltblaetter/Maiswurzelbohrer.pdf (Stand: 18.05.2015)
- [2] BIERTÜMPFEL, A. (2008): Anbautelegramm Chinaschilf. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. URL: <http://www.tll.de/ainfo/pdf/misc0708.pdf> (Stand: 11.11.2014)
- [3] BIERTÜMPFEL, A. (2012): Durchwachsene Silphie. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (FNR) (Hrsg.): Energiepflanzen für Biogasanlagen. Bayern. Nr. 558. 2. Aufl. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), S. 36–39
- [4] BIERTÜMPFEL, A. (2013): Anbautelegramm Durchwachsene Silphie. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. URL: <http://www.tll.de/ainfo/pdf/silp0313.pdf> (Stand: 11.11.2014)
- [5] BIERTÜMPFEL, A.; RUDEL, H.; WERNER, A.; VETTER, A.; GRAF, T. (2011): Miscanthus. 15 Jahre Thüringer Ergebnisse. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. URL: <http://www.tll.de/ainfo/pdf/misc0611.pdf> (Stand: 11.11.2014)
- [6] BORKOWSKA, H.; STYK, B. (2006): Staude mit Potenzial – Sida als Energie- und Faserpflanze. In: Energie Pflanzen II/2006. URL: http://www.sidapflanze.at/app/download/6461624984/EP_2_06_sida.pdf?t=1345552832 (Stand: 13.11.2014)
- [7] CONPOWER ROHSTOFFE GMBH & CO. KG (2014): Die neue Energiepflanze IGNISCUM®. Conpower Rohstoffe GmbH & Co. KG. URL: http://www.conpower.de/downloads/Argumente_fuer_eine_Dauerkultur.pdf (Stand: 18.05.2015)
- [8] FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (2014): Sida - Sida hermaphrodita (L.) Rusby. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. URL: <http://energiepflanzen.fnr.de/pflanzen/mehrjaehrige/sida/> (Stand: 12.11.14)
- [9] FORMOWITZ, B.; FRITZ, M. (2012): Knöterichsorten. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (FNR) (Hrsg.): Energiepflanzen für Biogasanlagen. Bayern. Nr. 558. 2. Aufl. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), S. 69
- [10] FORMOWITZ, B.; FRITZ, M. (2014): Eignet sich Miscanthus als Biogassubstrat? In: Biogas-Forum Bayern Nr. I-09/2010. ALB BAYERN E. V. (Hrsg.). URL: http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Eignet_sich_Miscanthus_als_Biogassubstrat_2014.pdf (Stand: 11.11.2014)
- [11] FORMOWITZ, B.; FRITZ, M.; GEHRING, K. (2012): Miscanthus als Energie- und Rohstoffpflanze. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (FNR) (Hrsg.): Energiepflanzen für Biogasanlagen. Bayern. Nr. 558. 2. Aufl. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), S. 66–68
- [12] FRITZ, M.; FORMOWITZ, B.; JODL, S.; EPEL-HOTZ, A.; KUHN, W. (2009): Miscanthus. Anbau und Nutzung – Informationen für die Praxis. Projektpartner: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Abteilung Landespflege. Berichte aus dem TFZ, Nr. 19. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), 37 Seiten, ISSN 1614-1008
- [13] GRUNEWALD, J. (2012): Rutenhirse, Switchgras. Panicum virgatum L. In: FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E. V. (FNR) (Hrsg.): Energiepflanzen für Biogasanlagen. Sachsen. Nr. 555. 1. Aufl. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), S. 48
- [14] Hartmann, A.; Formowitz, B.; Fritz, M. (2011): Miscanthus. Vielfältig nutzbare Dauerkultur. TFZ-Kompakt, Nr. 5. Straubing: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ), 15 Seiten
- [15] HARTMANN, A.; STOCKMANN, F.; FRITZ, M. (2014): Durchwachsene Silphie als Biogassubstrat. In: Biogas Forum Bayern Nr. I-25/2014. ALB BAYERN E. V. (Hrsg.). URL: http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Durchwachsene_Silphie_als_Biogassubstrat.pdf (Stand: 11.11.2014)

- [16] HEINZ, M.; ROTH, T. (2013): Hohes Weizengras als Biogassubstrat. In: Biogas Forum Bayern Nr. I-22/2013. ALB BAYERN E. V. (Hrsg.). URL: http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/Hohes_Weizengras_als_Biogassubstrat.pdf (Stand: 13.11.2014)
- [17] KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (KTBL) (2013): Faustzahlen Biogas. 3. Ausgabe. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), 360 Seiten, ISBN 978-3-941583-85-6
- [18] LANDWIRTSCHAFTLICHES VERSUCHSWESEN RHEINLAND-PFALZ (Hrsg.) (2010): Waldstaudenroggen – Versuchsanbau einer alten Roggensorte. In: Versuchsbericht, Versuche und Erhebungen im ökologischen Landbau, S. 18
- [19] Miedaner, T.; Longin, F.(2012): Unterschätzte Getreidearten. Einkorn, Emmer, Dinkel & Co. Clenze: Agri-media/Erling-Verlag, 136 Seiten, ISBN 978-3-86263-079-0
- [20] SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2006): Staudenknöteriche. Japanischer, Sachalin- und Böhmischer Knöterich. Faltblattreihe Integrierter Pflanzenschutz, Heft 6. Dresden: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, 8 Seiten
- [21] SCHEITHAUER, F. (2013): Anbauanleitung für die Aussaat von Durchwachsener Silphie. N. L. Chrestensen. URL: <http://www.chrestensen.de/downloads-zur-silphie.html> (Stand: 11.11.2014)
- [22] SCHRABAUER, J. (2010): Trockentolerante, perrenierende Gräserarten für die Futternutzung bzw. energetische Verwertung im semihumiden und semiariden Produktionsgebiet. Masterarbeit. Wien: Universität für Bodenkultur, 177 Seiten
- [23] SCHRABAUER, J. (2013): Die besten Vier für Biogas. Mehrjährige Gräser. In: Dlz- Agrarmagazin, Jg. 54, Nr.11, S.112–115
- [24] TECHNOLOGIE- UND FÖRDERZENTRUM (TFZ) (2014): Miscanthus. Technologie- und Förderzentrum (TFZ). URL: <http://www.tfz.bayern.de/rohstoffpflanzen/mehrjaehrigekulturen/085998/index.php> (Stand: 13.11.2014)
- [25] TECHNOLOGIE- UND FÖRDERZENTRUM (TFZ) (2014): Sida. Technologie- und Förderzentrum (TFZ). URL: <http://www.tfz.bayern.de/rohstoffpflanzen/mehrjaehrigekulturen/034681/index.php> (Stand: 13.11.2014)
- [26] TRESELER, C.-H. (2006): Optimierung ausgewählter Biomasseparameter von Switchgras (*Panicum virgatum* L.) für die industrielle Verwertung. Dissertation. Bonn: Universität Bonn – ILB, 147 Seiten, ISBN 978-3-932887-87-1
- [27] TRESELER, C.-H. (2007): Anbautelegramm. Switchgras – *Panicum virgatum* L., Rutenhirse. Etablierung von Switchgras. Natur-Rohstoff-Service. URL: <http://www.treseler.eu/html/impressum.html> (Stand: 13.11.2014)
- [28] VEREIN ZUR FÖRDERUNG VON BIOMASSE UND NACHWACHSENDEN ROHSTOFFEN FREIBERG E. V. (Hrsg.) (2013): Anbau und Verwertungsmöglichkeiten von *Sida hermaphrodita* in der Tschechischen Republik. Praxisempfehlungen. Projektpartner: Institut für Pflanzenbau Prag. Freiberg: Verein zur Förderung von Biomasse und nachwachsenden Rohstoffen Freiberg e. V., Projekt RekulA, 23 Seiten, ISBN 978-80-87011-74-4
- [29] WENDLAND, M.; DIEPOLDER, M.; CAPRIEL, P. (2012): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Stand: November 2012. 10., unveränd. Aufl., mit aktual. Anhang. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg.). Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL); Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG); Fachhochschule Weihenstephan. LfL-Information; Gelbes Heft, 97 Seiten

