



# Miscanthus 15 Jahre Thüringer Ergebnisse

A. Biertümpfel, H. Rudel,  
A. Werner, Dr. A. Vetter, T. Graf

Jena, Juni 2011

## Botanik

Miscanthus ist eine Gattung mit mehr als 10 Arten aus der Familie der Süßgräser, die überwiegend in Ostasien (China, Japan, fernöstliches Russland) beheimatet ist. Einige Arten sind auch in Afrika zu finden. Die Pflanzen sind perennierend und bilden Horste, die aus den als Speicherorgan dienenden Rhizomen wachsen. In Mitteleuropa treibt der Miscanthus relativ spät (Ende April/Anfang Mai) aus und erreicht je nach Art Wuchshöhen von 1,5 bis 3 m. An den bis zu 2 cm starken Halmen sind die Blätter wechselständig angeordnet und zeigen die für C<sub>4</sub>-Pflanzen charakteristische aufrechte Blattstellung. Im Herbst bilden sich rispenförmige Blütenstände, die unter hiesigen Standortbedingungen jedoch kaum reife Samen bilden. Die Vermehrung erfolgt deshalb meist vegetativ über Rhizome oder auch durch Gewebekultur.

Im Herbst reifen die Pflanzen ab und lagern in den Rhizomen Reservestoffe ein. Die starken Stängel bleiben aufrecht stehen und können bei entsprechenden Witterungsbedingungen während der Wintermonate geerntet werden.

Von den zahlreichen Arten der Gattung sind Miscanthus sinensis, das diploide Chinaschilf, und Miscanthus giganteus, das durch natürliche Artbastardierung zwischen M. sinensis und M. sacchariflorus entstandene triploide Riesenschilf, die bekanntesten (Abb. 1).



**Abbildung 1:** Miscanthus giganteus (links) und Miscanthus sinensis (rechts), Rohrbach 2007

## Klima- und Bodenansprüche

Als C<sub>4</sub>-Pflanze hat Miscanthus relativ hohe Wärmeansprüche und gedeiht am besten in Körnermaisregionen. Außerdem ist ein ausreichendes Wasserangebot während der Vegetation für eine hohe Biomasseproduktion erforderlich. Jahresniederschläge von > 550 mm und ein gutes Wasserhalte- bzw. -nachlieferungsvermögen des Bodens sind für ein optimales Wachstum ebenso erforderlich wie ausreichend Wärme. Sind diese Voraussetzungen gegeben, liegt die Biomasseproduktion des Miscanthus deutlich über dem anderer

Nutzpflanzen.

Der Standort sollte leicht durchwurzelbar, tiefgründig und humos sein. Am besten geeignet sind humose Löss- und Lehmböden. Auch auf leicht sandigen Böden gedeiht der Miscanthus, wenn eine gute Wasser- und Nährstoffversorgung gewährleistet sind. Als ungeeignet sind staunasse, sehr schwere und tonige oder auch trockene Böden anzusehen. Ackerbauliche Grenzstandorte scheiden ebenfalls für den Miscanthusanbau aus.

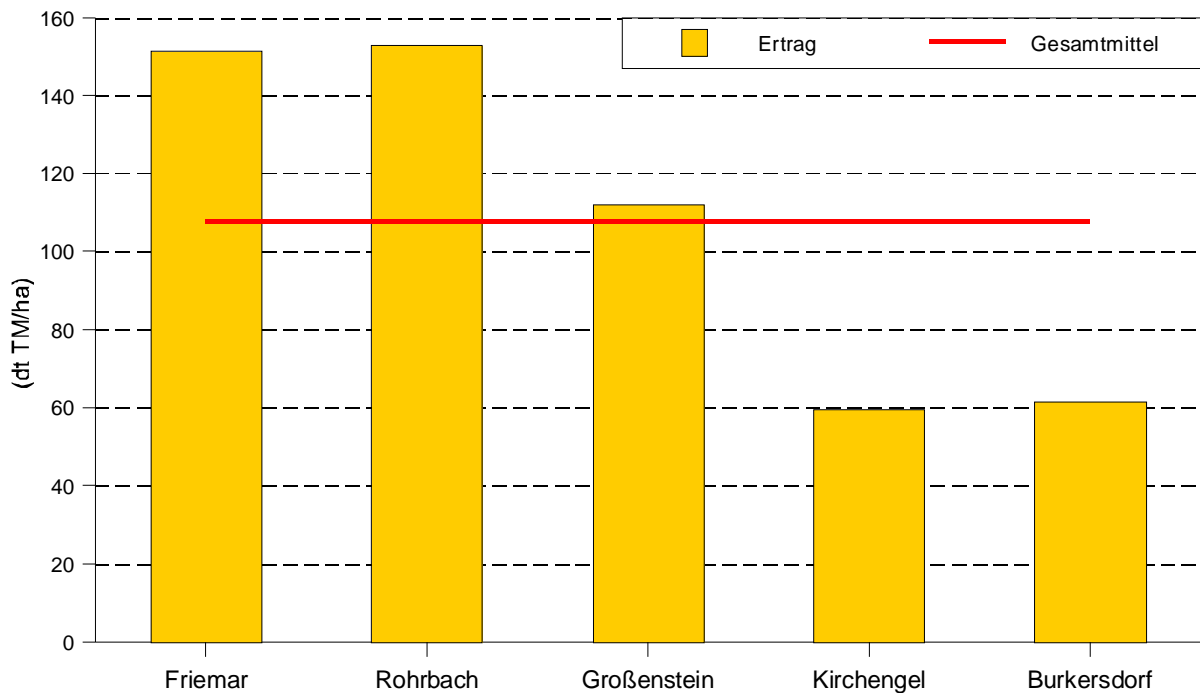
Da die Pflanzen insbesondere im Anpflanzjahr und teilweise der ersten Überwinterungsperiode frostanfällig sind, sollten auch extrem kalte Lagen gemieden werden. In Gebieten mit hoher Schneewahrscheinlichkeit bzw. hohen Schneelagen erhöht sich das Risiko des Anbaus, da hier in den Wintermonaten eine Ernte kaum möglich ist und das Auftreten von Lager zu Verlusten führen kann.

In Thüringen werden seit 1993/94 Versuche mit Großgräsern, vorrangig mit Miscanthus, durchgeführt. Zur Anlage kamen die Versuche ursprünglich an fünf boden- und klimatisch unterschiedlichen Standorten (Tab. 1).

**Tabelle 1:** Standortcharakteristik der Thüringer Versuchsstandorte

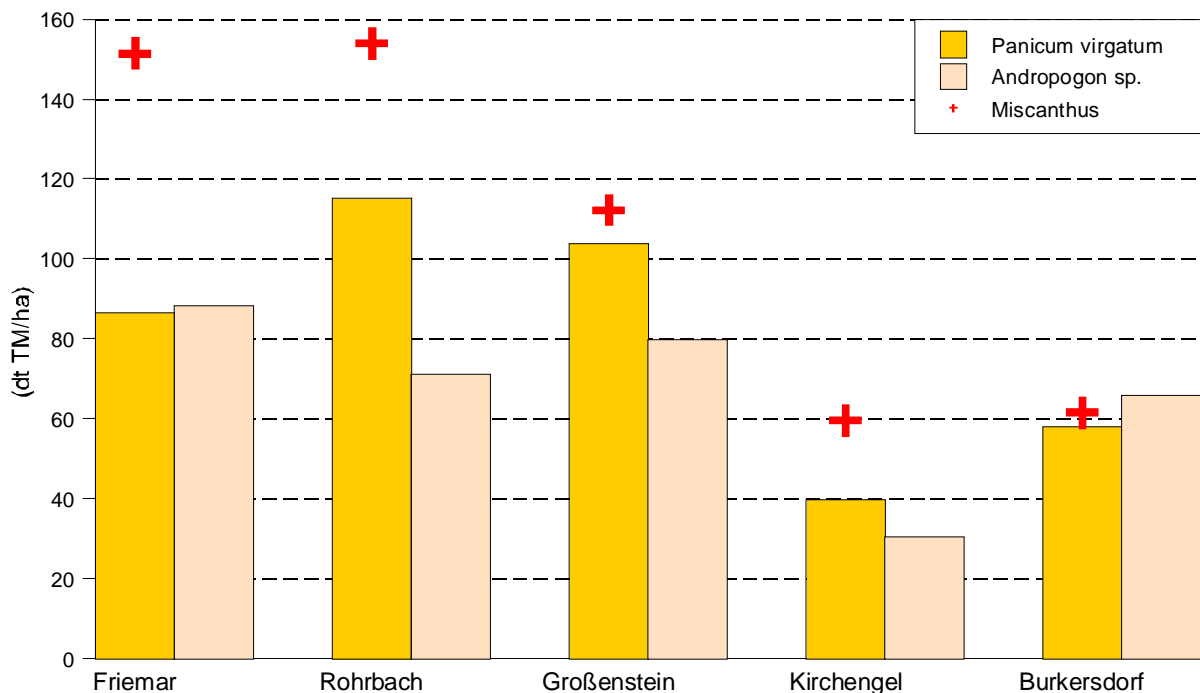
Standort	Bodenform	Bodenart	Ackerzahl	Höhenlage (m)	Temperatur (°C)	Niederschlag (mm)
<b>Friemar</b> Südwestl. Randgebiet des Thür. Beckens	Löss-Braun-Schwarzerde	Lehm	96	284	7,8	519
<b>Rohrbach</b> Südöstl. Randgebiet des Thür. Beckens	Löss-Braunerde	Lehm	80	300	7,8	520
<b>Kirchengel</b> Nördl. Randgebiet des Thür. Beckens	Löss-Rendzina	Lehm	60 bis 65	305	7,8	568
<b>Großenstein</b> Ostthür. Lösshügelland	Löss-Parabraunerde	Lehm	51 bis 58	300	7,8	608
<b>Burkersdorf</b> Östl. Thür. Schiefergebirge	Berglehm-Braunerde Berglehm-Staugley	Sandiger Lehm	36	440	7,0	642

Während die Untersuchungen in Friemar und Rohrbach bis heute weitergeführt werden, standen die Versuche in Großenstein bis 2001, in Kirchengel bis 2007 und in Burkersdorf bis 2004. Der Umbruch an den erstgenannten beiden Standorten erfolgte aufgrund eines Wechsels der Versuchsflächen, in Burkersdorf jedoch wegen der unbefriedigenden Erträge und einer zunehmenden Degeneration der Bestände. Dies widerspiegelt auch die hohen Standortanforderungen des Miscanthus. Einen Überblick über in den einzelnen Versuchstationen im Mittel aller geprüften Sorten und Jahre erzielten Erträge gibt Abbildung 2.



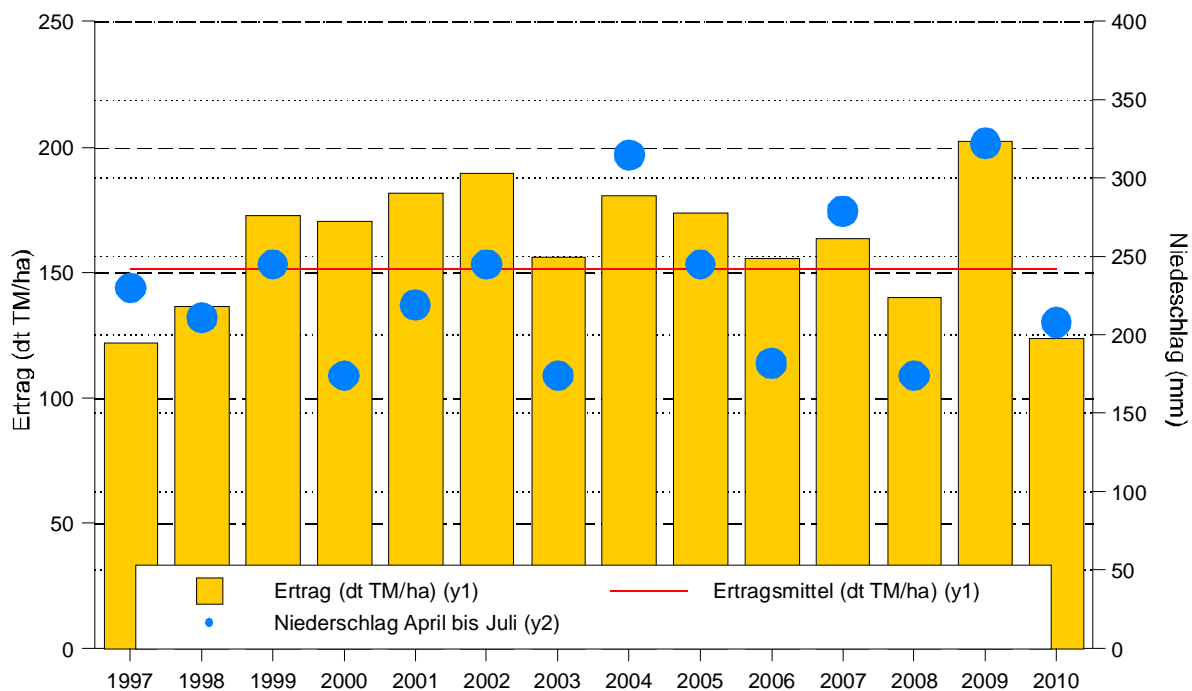
**Abbildung 2:** TM-Erträge von Miscanthus in Abhängigkeit vom Standort, Thüringen 1995 bis 2010

Dabei war Miscanthus an nahezu allen Standorten ertragsreicher als die ebenfalls geprüften Andropogon- und Panicum virgatum-Stämme. Lediglich in Burkersdorf, wo der Miscanthus schlecht gewachsen ist, reichten die Erträge des Blaustängel- und Switchgrases an diesen heran (Abb. 3), was auf etwas geringere Standortanforderungen der anderen Großgräser hindeutet.



**Abbildung 3:** TM-Erträge von Andropogon- und Panicum virgatum-Stämmen in Abhängigkeit vom Standort im Vergleich zu Miscanthus, Thüringen 1995 bis 2008 (Friemar bis 2010)

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse der Thüringer Versuche, dass die Erträge von Miscanthus in starkem Maße vom Standort abhängen. Mit abnehmender Bodengüte sinken auch die Erträge, insbesondere wenn, wie in den meisten Ackerbauregionen Thüringens, die Jahresdurchschnittstemperaturen relativ niedrig sind und während der Vegetationszeit meist wenig Wasser zur Verfügung steht. So zeigte sich in Friemar eine deutliche Abhängigkeit des Ertrages von der Niederschlagsmenge in der Hauptwachstumsphase des Miscanthus von April bis Juli (Abb. 4). Lagen die Niederschlagsmengen während dieser Zeit unter 200 mm, sank der Ertrag in der Regel unter das Standortmittel von 162 dt TM/ha. Eine Ausnahme bildet nur das Jahr 2000, in dem trotz geringer Regenmengen hohe Erträge erreicht wurden. Dies ist nur durch die ungewöhnlich hohe Jahresdurchschnittstemperatur von 9,2 °C erklärbar. Zudem begann die Vegetation im Jahr 2000 bereits sehr zeitig, so dass der Miscanthus die Winterfeuchte möglicherweise sehr gut nutzen konnte. Insgesamt reichten Niederschlagsmengen von etwa 250 mm in der Zeit von April bis Juli für überdurchschnittliche Erträge aus. Reichliche Niederschläge nach diesem Zeitraum wurden kaum noch ertragswirksam. Die geringen Erträge 2010 resultieren zudem aus hohen Ernteverlusten, die durch die starken Schneefälle im Winter 2010/11 und das dadurch verursachte Lager bedingt waren.



**Abbildung 4:** Einfluss der Niederschlagsmengen in der Hauptwachstumsphase auf den Ertrag von Miscanthus, Friemar 1997 bis 2010

### Fruchtfolge

Miscanthus stellt keine besonderen Ansprüche an die Vorfrucht. In Hinblick auf die Zulassungssituation bei Pflanzenschutzmitteln sollte die Vorfruchtwahl jedoch unter Berücksichtigung unkrautunterdrückender Eigenschaften getroffen werden. Getreide und Mais bieten sich an.

Als Dauerkultur kann Miscanthus über mindestens 15 Jahre genutzt werden. In dieser Zeit

bildet sich ein dichtes und ausgedehntes Wurzelsystem, das Wasser- und Winderosion entgegenwirkt, andererseits nach Umbruch des Miscanthus die Wiedereingliederung der Flächen erschwert. Eine mehrmalige Bearbeitung mit der Scheibenegge oder ähnlichen Geräten vor einer tiefen Pflugfurche ist erforderlich. Der vorherige Einsatz eines Totalherbizids ist anzuraten.

Nach Miscanthus sollte eine Blattfrucht folgen, um eventuellen Durchwuchs mit Graminiden bekämpfen zu können. Auch mehrschnittiges Ackerfutter bzw. Klee- oder Luzernegras bieten sich an, da durch das mehrmalige Schneiden eine Reservestoffeinlagerung in die Rhizome verhindert wird und die Pflanzen sich schnell erschöpfen.

### **Bodenbearbeitung**

Vor der Pflanzung von Miscanthusbeständen ist eine intensive Bodenbearbeitung erforderlich. Sie dient zum einen der gründlichen Lockerung, zum anderen aber auch der nochmaligen Unkrautbekämpfung, der bereits in der Vorfrucht intensive Beachtung geschenkt werden sollte.

Im Herbst vor der Pflanzung ist der Boden tiefgründig zu lockern. Am günstigsten ist eine wendende Bearbeitung mit dem Pflug. Unmittelbar vor der Pflanzung im Frühjahr folgt eine feuchtigkeitsbewahrende Bereitung eines feinkrümeligen Pflanzbetts. Um Bodenverdichtungen zu vermeiden sollten Gerätekombinationen zum Einsatz kommen. Für eine gleichmäßige Ablage der Rhizome bzw. um einen optimalen Wurzelraum zu schaffen, ist bis in eine Tiefe von 8 bis 10 cm zu lockern. Ein möglichst ebenes Pflanzbett erleichtert später die Pflege- und Erntearbeiten.

### **Pflanzung**

Miscanthusbestände werden in der Regel in einem Pflanzverband von 1 m x 1 m (10.000 Pflanzen/ha) angelegt, wobei die Spurbreite der vorhandenen Traktoren und Pflegegeräte zu beachten ist. Engere Abstände führen zwar zu einem etwas früheren Bestandesschluss, aber gleichzeitig auch zu einer zeitigen Konkurrenz der Miscanthuspflanzen untereinander.

Zur Pflanzung können Rhizome oder in vitro vermehrte Jungpflanzen verwendet werden. Die Rhizome müssen frisch sein und über mindestens 3 Augen verfügen. Die Pflanzung erfolgt ab Ende April bis Mitte Mai in einer Ablagetiefe von 5 bis 8 cm. Der Einsatz modifizierter Kartoffellege-technik ist möglich.

Jungpflanzen sollten nicht vor dem letzten Spätfrost ins Feld gestellt werden. In den meisten Regionen Thüringens ist das ab Mitte Mai der Fall. Die Pflanzung erfolgt mit Gemüsepflanzmaschinen in einer Tiefe von 3 bis 5 cm.

Durch die in Thüringen häufig auftretende Vorsommertrockenheit kann es zu Anwuchsproblemen, insbesondere bei Jungpflanzen, kommen. Die Möglichkeit zur Anpflanzbewässerung ist deshalb günstig. Bei Sommerpflanzungen ab Mitte Juni ist das Risiko der Bestandesetablierung jedoch noch größer.

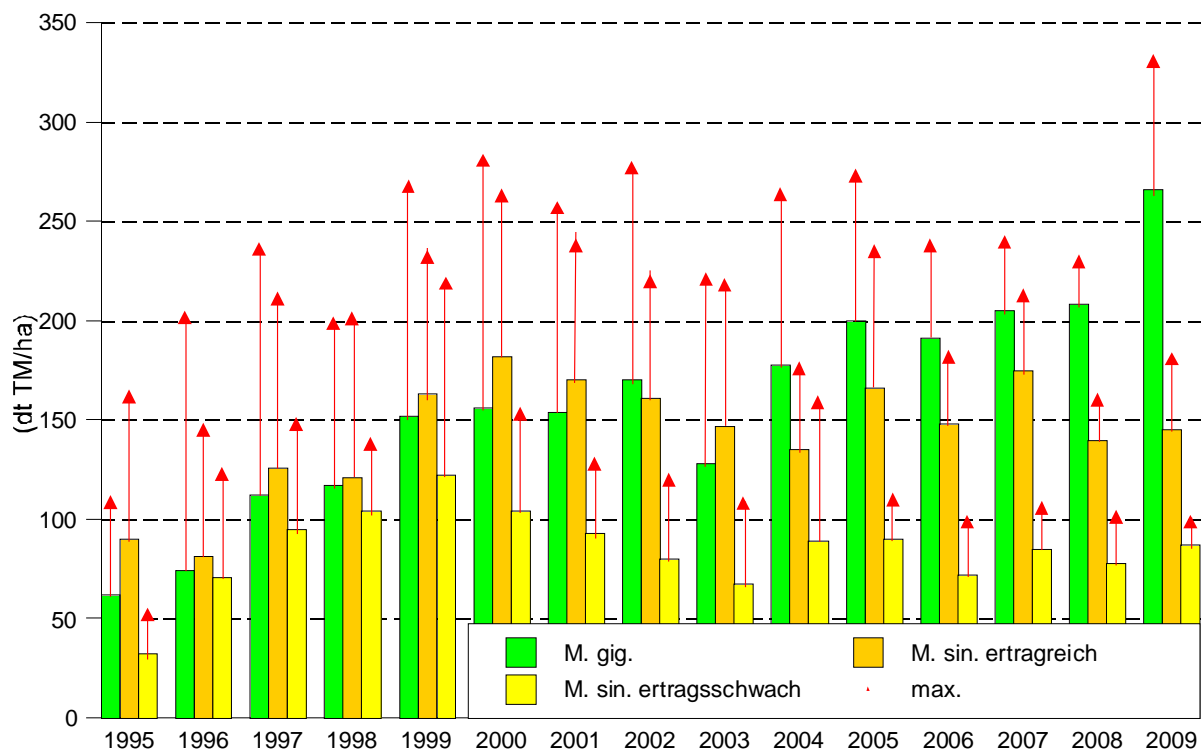
Zu späte Pflanzung (August/September) führt wiederum zu einer geringeren Frostbestän-

digkeit der Pflanzen und deshalb zu einem erhöhten Auswinterungsrisiko im ersten Winter.

## Sorten

Im Handel werden verschiedene, biomassereiche Sorten mit guter Winterfestigkeit angeboten. Besonders ertragreich ist *Miscanthus giganteus* sowie verschiedene Sorten, wie ‚Goliath‘ oder ‚Silberfeder‘, der Art *Miscanthus sinensis*. Relativ neu am Markt ist die Mehrklonsorte ‚Amuri‘, die aus Arthybriden von *M. sacchariflorus* und *M. sinensis* besteht. Die Sorte ist ähnlich ertragreich, aber frühreifer als *M. giganteus* und kann so zur Erweiterung des Erntefensters dienen.

In den Thüringer Sortenversuchen wurden unterschiedliche Stämme von *Miscanthus giganteus* sowie Sorten bzw. Stämme von *Miscanthus sinensis* geprüft. Dabei zeigte sich, dass *Miscanthus giganteus* unter Thüringer Standortbedingungen insgesamt ertragreicher war und, insbesondere bei *Miscanthus sinensis*, die richtige Sortenwahl eine entscheidende Rolle spielt (Abb. 5).



**Abbildung 5:** TM-Erträge von *Miscanthus giganteus* sowie ertragreichen und –schwachen Stämmen/Sorten von *Miscanthus sinensis*, Thüringen 1995 bis 2009 (Mittel der Standorte)

Im Mittel der Standorte erreichte *Miscanthus giganteus* Erträge von 149 dt TM/ha mit Maximalwerten von 277 dt TM/ha. Der mittlere Ertrag der biomassereichen *M. sinensis*-Typen belief sich auf 137 dt TM/ha mit Spitzenerträgen von bis zu 263 dt TM/ha. Die schwachwüchsigeren Typen von *M. sinensis*, oft auch aus dem Zierpflanzenbau stammend, realisierten im Mittel nur 87 dt TM/ha und sind demzufolge für einen landwirtschaftlichen Anbau nicht geeignet.

## Pflanzenschutz

### Unkrautbekämpfung:

Im Anpflanzjahr und dem Folgejahr besitzt der Miscanthus nur eine sehr geringe Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern. Um eine optimale Pflanzenentwicklung zu gewährleisten, ist eine Bekämpfung dringend erforderlich.

Zugelassene Herbizide für Miscanthus gibt es gegenwärtig nicht. Gemäß Pflanzenschutzgesetz ist eine Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, die nicht in der jeweiligen Kultur zugelassen sind, verboten. Über den aktuellen Zulassungsstand bzw. die Möglichkeiten der Erteilung von Genehmigungen der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln nach § 18b PflSchG informieren die zuständigen Pflanzenschutzstellen.

Eine laubabgeschirmte Ausbringung von Glyphosat-Präparaten (z. B. Roundup) ist aufgrund der weiten Pflanzabstände möglich. Ansonsten kann die Beikrautregulierung nur mechanisch mit Maschinenhacken, Striegeln, Fräsen o. ä. erfolgen. Da die ersten beiden Anbaujahre für einen langfristigen erfolgreichen Anbau entscheidend sind, muss in diesem Zeitraum alles für die Etablierung kräftiger, konkurrenzstarker Bestände getan werden.

## Düngung

Miscanthus benötigt zur Bildung hoher Biomasseerträge verhältnismäßig geringe Nährstoffmengen. Einen Überblick über die Nährstoffgehalte in der Pflanze und die mittleren Entzüge bei unterschiedlichem Ertragsniveau gibt Tabelle 2.

**Tabelle 2:** Nährstoffgehalte von Miscanthus, Thüringen 1994 bis 2008

Nährstoff	Anzahl Werte	Nährstoff (% TM)	Entzug (kg/ha)	
			̄ alle Orte (116 dt TM/ha)	̄ Friemar (156 dt TM/ha)
Stickstoff	296	0,47	54,8	74,2
Kalium	287	0,58	66,7	61,1
Phosphor	281	0,09	10,0	8,1
Magnesium	272	0,10	12,6	14,9

Im Anpflanzjahr ist auf eine N-Düngung zu verzichten, damit die Pflanzen möglichst gut ausgereift in den Winter gehen und somit die Auswinterungsgefahr minimiert wird. Im Folgejahr ist zum Austrieb eine Startgabe von max. 50 kg/ha in Abhängigkeit vom N<sub>min</sub>-Gehalt des Bodens zu empfehlen, um eine zügige Weiterentwicklung zu gewährleisten und die Konkurrenzfähigkeit zu erhöhen. Zu hohe Stickstoffgaben fördern aufgrund des weiten Pflanzabstandes die Entwicklung von Unkräutern.

Je nach Standort erreicht der Miscanthus ab dem 3. bzw. 4. Standjahr sein volles Ertragspotenzial. Der N-Sollwert beträgt dann bei einer Ertragserwartung von 150 dt TM/ha 70 kg/ha. Die Düngung sollte zum Austrieb in einer Gabe verabreicht werden. Eine organische Düngung, z. B. mit Gülle oder Gärresten, ist ebenfalls möglich, sollte aber ebenfalls erst frühestens ab dem 3. Standjahr Anwendung finden.

Die Phosphor-, Kalium- und Magnesiumdüngung sollte nach Entzug erfolgen. Regelmäßige Beprobungen der Flächen bilden die Grundlage zur Berechnung der Düngermengen.



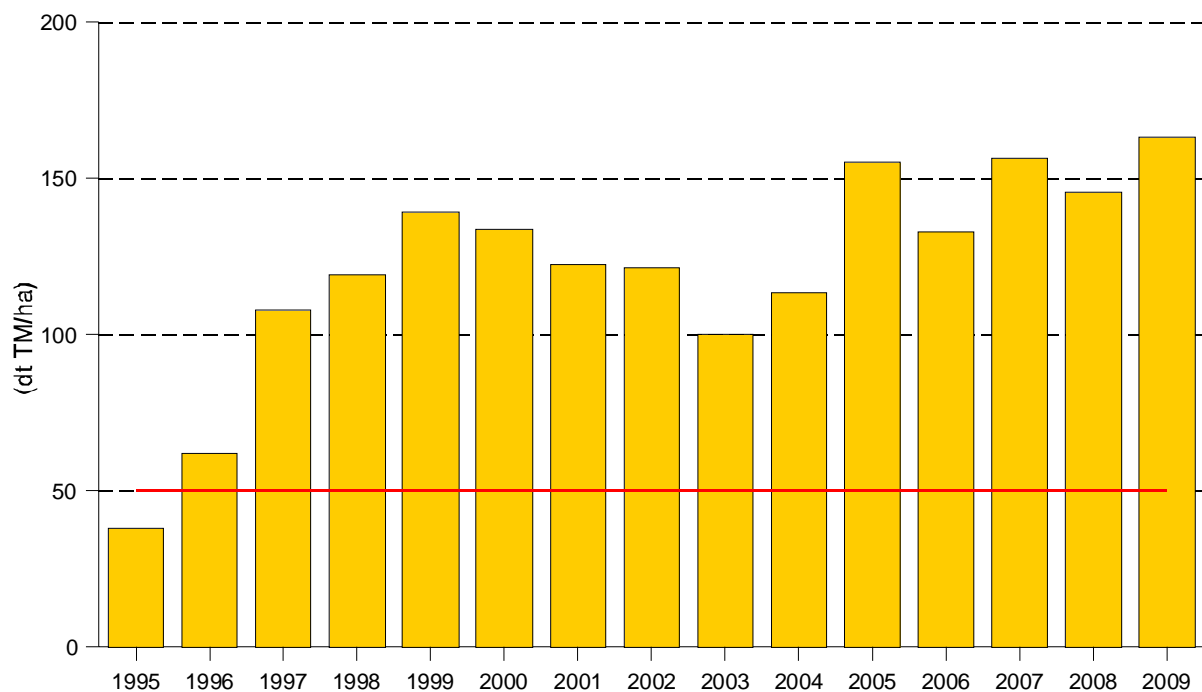
In Anhängigkeit vom Ertrag ist mit jährlichen Entzügen von:

- 8 bis 10 kg P/ha
- 60 bis 70 kg K/ha
- 10 bis 15 kg Mg/ha

zu rechnen. Die Erhaltung der Versorgungsstufe C des Bodens sollte Ziel der Düngung sein, wobei eine Applikation im zwei- bis dreijährigen Turnus möglich ist.

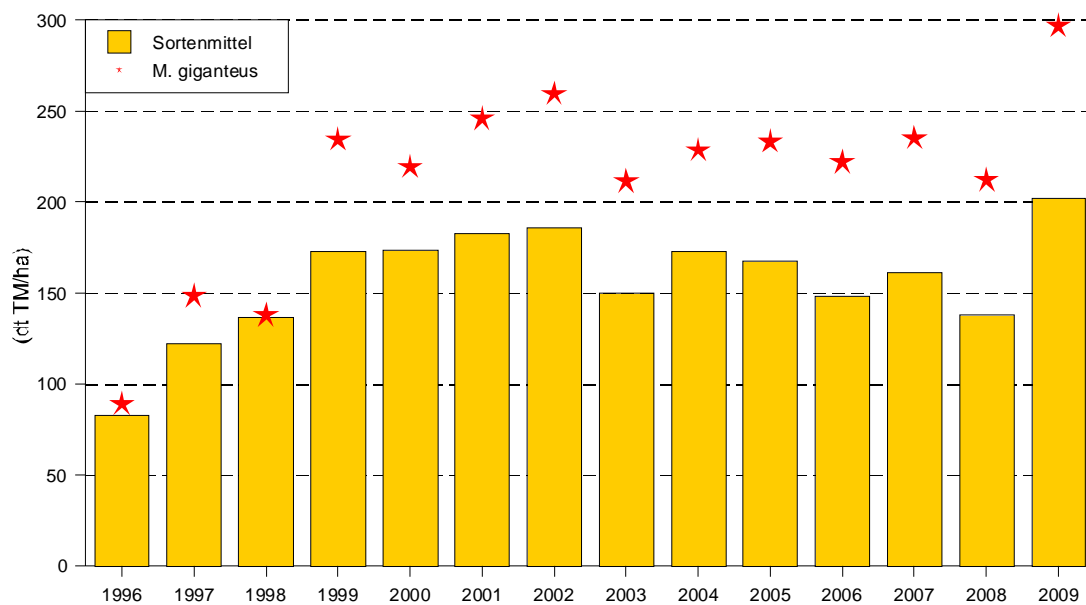
### Ernte, Transport und Lagerung

Die Ernte des Miscanthus erfolgt während der Vegetationsruhe von November bis März, wobei in der Regel erst der dritte Aufwuchs lohnenswerte Erträge > 50 dt TM/ha liefert (Abb. 6).



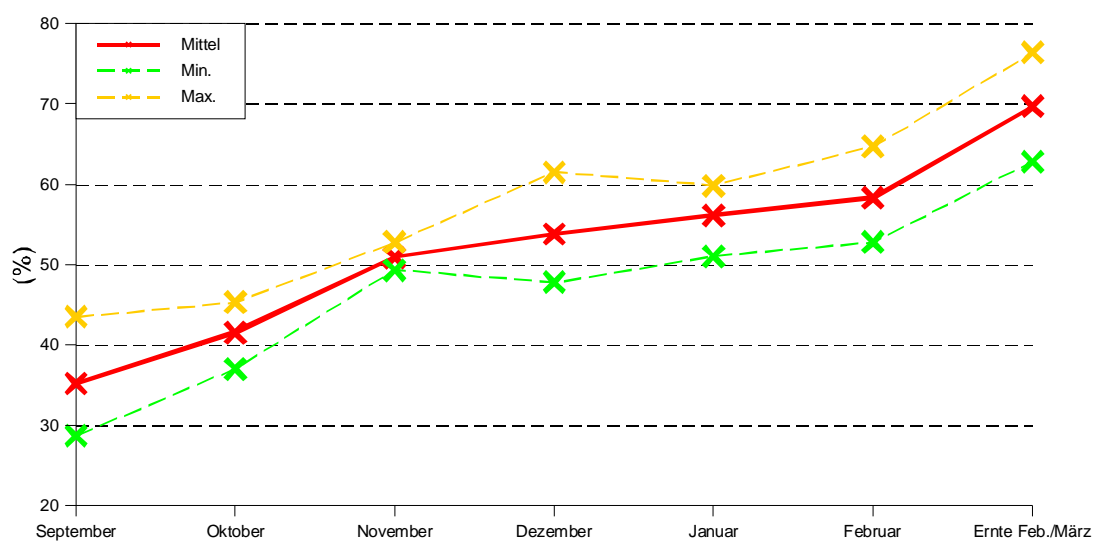
**Abbildung 6:** Entwicklung der Miscanthuserträge nach der Pflanzung 1994 in Thüringen, Mittel aller Standorte

Ab dem 4. Vegetationsjahr erreicht der Miscanthus seine Hauptertragsphase und liefert in Abhängigkeit von Standort und Sorte 100 bis 200 dt TM/ha und Jahr. Dabei sind die Bestände langjährig nutzbar. An den fruchtbaren Standorten Rohrbach und Friemar setzte auch nach 15jähriger Nutzungsdauer noch kein Ertragsrückgang ein, wie Abbildung 7 für Friemar beispielhaft verdeutlicht. Der ertragsstarke Miscanthus giganteus erreichte dabei in den letzten 10 Jahren durchgehend Erträge von über 200 dt TM/ha.



**Abbildung 7:** Ertragsentwicklung von Miscanthus (Sortenmittel und Miscanthus giganteus) in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer, Friemar 1996 bis 2009

Die Trockensubstanzgehalte des Erntegutes liegen je nach Erntetermin und Witterung zwischen 60 und 80 %, wobei für eine problemlose Lagerung max. 20 % Feuchte erforderlich sind. Die Einhaltung der Lagerfeuchte bei der Ernte bereitet dabei in Thüringen Probleme, wie die Ergebnisse mehrjähriger Probeernten bei Miscanthus giganteus in Rohrbach verdeutlichen (Abb. 8). So gelang es während der vierjährigen Versuche nicht, den Miscanthus bei mindestens 80 % TS zu ernten.



**Abbildung 8:** Entwicklung des Trockensubstanzgehaltes von Miscanthus giganteus von September bis Februar/März, Rohrbach 1993 bis 1996

Zur Ernte sollte der Boden gut befahrbar, am besten gefroren sein, um die Rhizome möglichst wenig zu beschädigen. Die Schnitthöhe ist zwischen 10 und 15 cm zu wählen, ein zu tiefer Schnitt kann wiederum Beschädigungen an den Rhizomen hervorrufen.

Unterschieden wird bei der Ernte in die Häckselgutlinie und die Ballenlinie. Bei erstgenanntem Verfahren kommt zur Ernte ein selbstfahrender Maishäcksler mit reihenunabhängigem Schneidwerk zu Einsatz. Das gehäckselte Erntegut hat mit ca.  $60 \text{ kg/m}^3$  eine sehr geringe Schüttdichte. Die Transportaufwendungen sind deshalb relativ hoch, ebenso wie der Bedarf an Lagerraum.

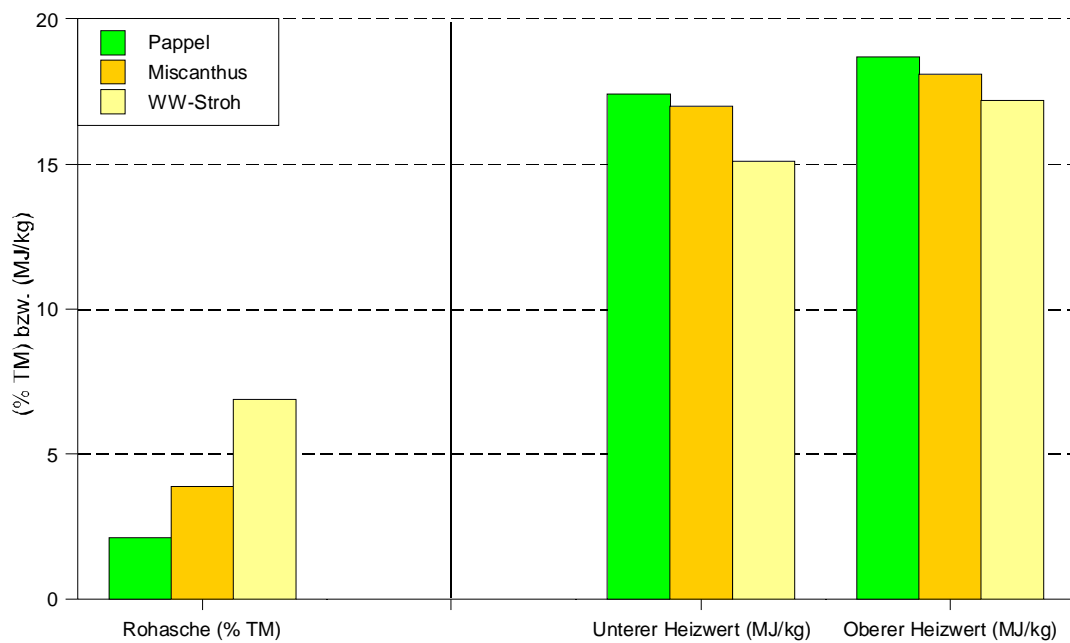
Bei der Ballenlinie wird in zwei Stufen geerntet. Im ersten Schritt wird der Miscanthus gemäht und im Schwad abgelegt. Abschließend wird das Schwad aufgenommen und mit Strohpressen zu Rund- bzw. Quaderballen verpresst. Hier liegt die Pressdichte bei  $160 \text{ kg/m}^3$ , so dass die Aufwendungen für Transport und Lagerung gegenüber der Häcksellinie sinken. Gefahren des zweistufigen Verfahrens liegen in der möglichen Wiederbefeuchtung des Erntegutes durch die Feldablage bzw. einer insgesamt zu hohen Feuchte zur Ernte. Dadurch kann es im Ballen zur Erwärmung und/oder zur Schimmelbildung kommen.

Gelingt es nicht, bei Lagerfeuchte zu ernten, muss das Erntegut nachgetrocknet werden, was mit passiver oder aktiver Kaltbelüftung möglich ist. Eine Abdeckung des geernteten Miscanthus mit Planen oder unter Dach ist generell erforderlich, um die Qualität zu sichern.

## **Verwendung**

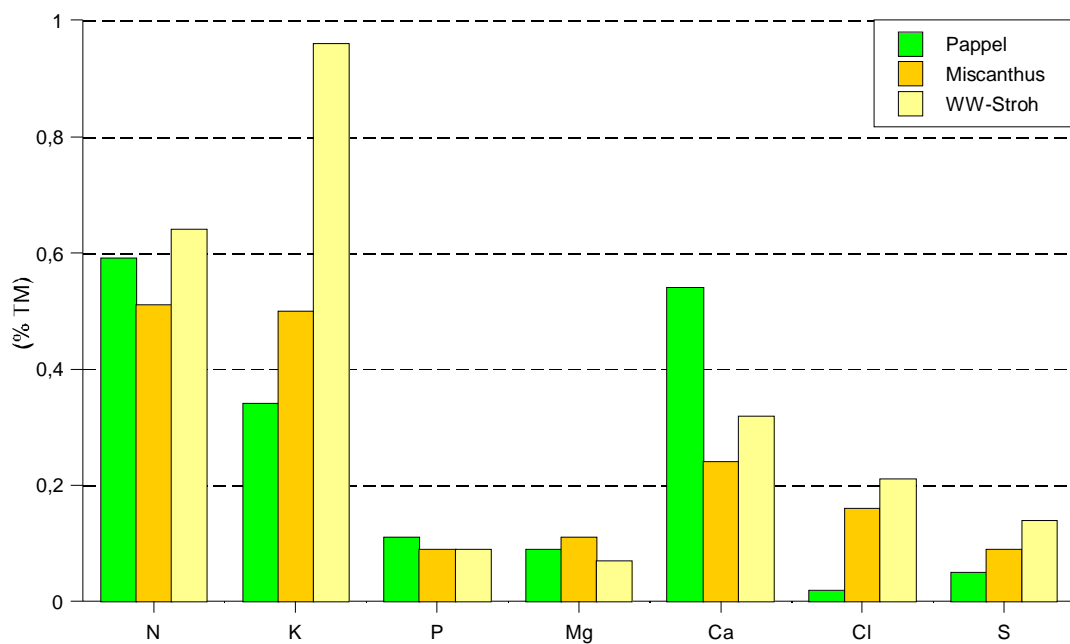
Miscanthus wird sowohl energetisch als auch stofflich genutzt. In erstgenanntem Fall wird das geerntete Material als Häckselgut, Großballen oder Pellet entsprechend den Anforderungen der Heizanlage in Heiz- oder Heizkraftwerken zur Erzeugung von Wärme und Strom eingesetzt. Dabei ist die Herstellung von Pellets nur zusammen mit Holz in einem Mischungsverhältnis von ca. 70 % Miscanthus und 30 % Holz möglich. Reine Miscanthuspellets sind mit der üblichen Holzpelletiertechnik und dem zulässigen Bindemittelzusatz von 2 % nicht herstellbar.

Der Heizwert entspricht in etwa dem von Kurzumtriebsholz und ist höher als der von Winterweizenstroh. Bezüglich des Aschegehalts ordnet sich Miscanthus zwischen Holz und Stroh ein (Abb. 9).



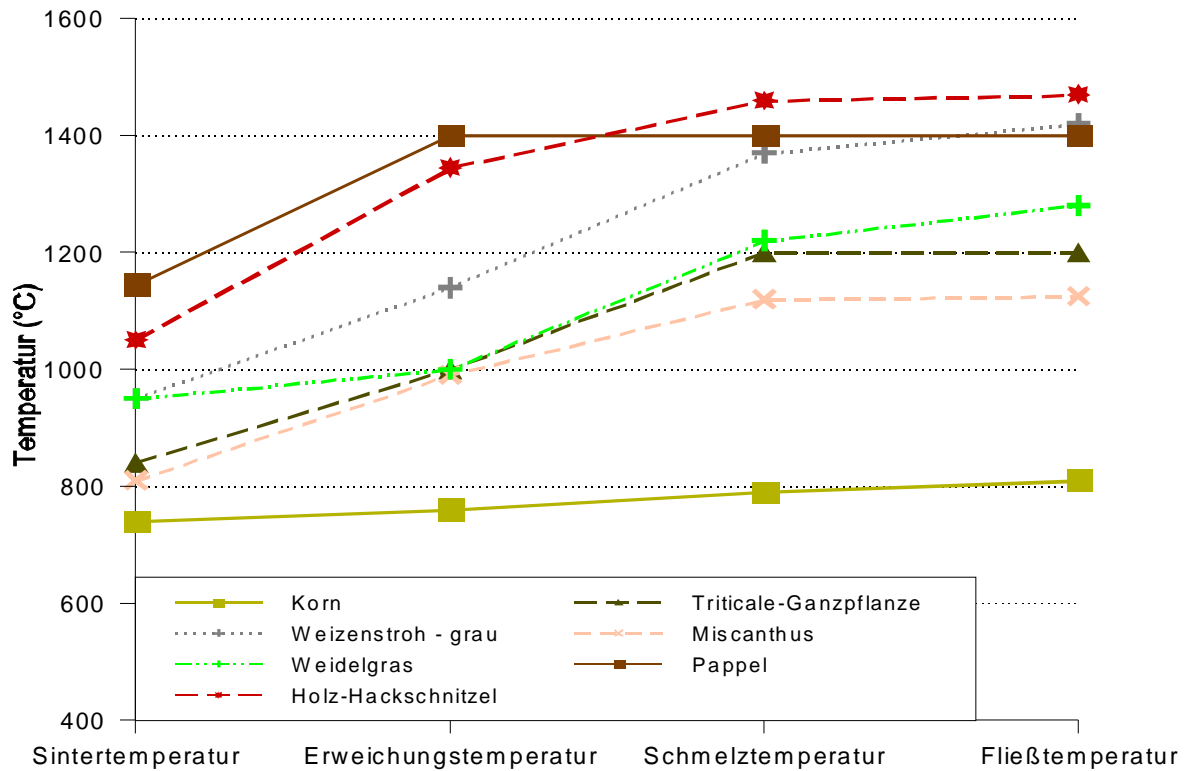
**Abbildung 9:** Rohaschegehalt sowie unterer und oberer Heizwert von Miscanthus im Vergleich zu Pappelholz und Winterweizenstroh

Auch hinsichtlich der Gehalte an weiteren verbrennungstechnisch relevanten Inhaltsstoffen nimmt Miscanthus eine Zwischenstellung zwischen Holz und Stroh ein. Insbesondere bezüglich der Kalium- und Stickstoffgehalte liegt Miscanthus näher an den für die thermische Nutzung günstigeren Holzwerten. Deutlich höher als bei Holz sind dagegen die Chlorwerte, wenngleich sie auch unter Stroh bleiben (Abb. 10).



**Abbildung 10:** Verbrennungstechnisch relevante Inhaltsstoffe von Miscanthus im Vergleich zu Pappelholz und Winterweizenstroh

Bezüglich des Ascheschmelzverhaltens entspricht Miscanthus dagegen eher Getreideganzpflanze (Abb. 11).



**Abbildung 11:** Variabilität des Ascheschmelzverhaltens bei biogenen Energieträgern (oxidierende Atmosphäre-Pflanzen)

Im Bereich der stofflichen Verwertung findet Miscanthus Verwendung als Bauzuschlagstoff bei der Herstellung von Isolier- und Dämmplatten, in Formteilen oder auch als Zementbeimischung. Außerdem dient er als Rohstoff für Verpackungsmaterialien, bei der Zelluloseherstellung oder als Torfersatz.