



# Miscanthusstroh als Heizstoff

*Dipl.-Ing. agr. Mario Rampérez und Priv.-Doz. Dr. Ralf Pude*

Forschungsbereich Nachwachsende Rohstoffe  
Universität Bonn



## Campus Klein-Altendorf, Universität Bonn



### Science-to-Business Center AgroHort: **Start am 22.8.2009**



Freilandanbau Energiepflanzen



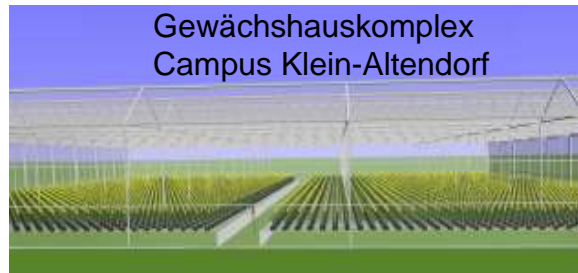
AgroHort energy  
(Pude)



AgroHort solar  
(Pude)

Geschützter Anbau

Gewächshauskomplex  
 Campus Klein-Altendorf



AgroHort med  
(Noga, Schurr)



AgroHort phäno  
(Goldbach, Léon)



AgroHort rainout  
(Léon, Goldbach)

Freilandanbau Nahrungspflanzen



„Nachhaltige Energieversorgung“

„Anpassung an Klimawandel“





## Anbau von low-input Pflanzen

### Miscanthus

- Mehrjähriges Landschilf aus Asien
- C<sub>4</sub>-Gras (wie Mais)
- Wuchshöhe 3 - 4 Meter
- Überwinterungsorgan: Rhizom
- Düngbedarf Stickstoff: 50 kg/ha \*a
- Ernte März-April (Maishäcksler)
- <18 % Feuchte (lagerfähig)
- Erträge: 15 bis 25 t TM/ha+a

etwa **7.000 l HÄ/ha** (17,5 MJ/kg)



=> [www.miscanthus.de](http://www.miscanthus.de)



# Umweltwirkungen



## **Energetische Nutzung:**

- CO<sub>2</sub> neutral
- bis 7.000 l HÄ/ha

## **Stoffliche Nutzung:**

- dauerhafte Bindung von 30 t CO<sub>2</sub> pro ha\*a
- Minderung Energieverbrauch

### **unterirdisch:**

#### **Organische Substanz**

**Miscanthus:** + 8,5 t/ha\*a

Luzerne: + 6,5 t/ha\*a

Switchgrass: + 5,8 t/ha\*a

Gerste + Stroh: + 4,8 t/ha\*a

Weizen -- Stroh: - 3,0 t/ha\*a

**Silomais:** - 3,0 t/ha\*a





## Miscanthus-Genotypenpool am Campus Klein-Altendorf (seit 2002)



*M. x giganteus*



*M. sacchariflorus*



*M. sinensis*



*M. robustus*

**=>Ziel: Qualitätsverbesserung**

abhängig von

- Standort / Düngung
- Ernte / Erntetermin
- Herkunft

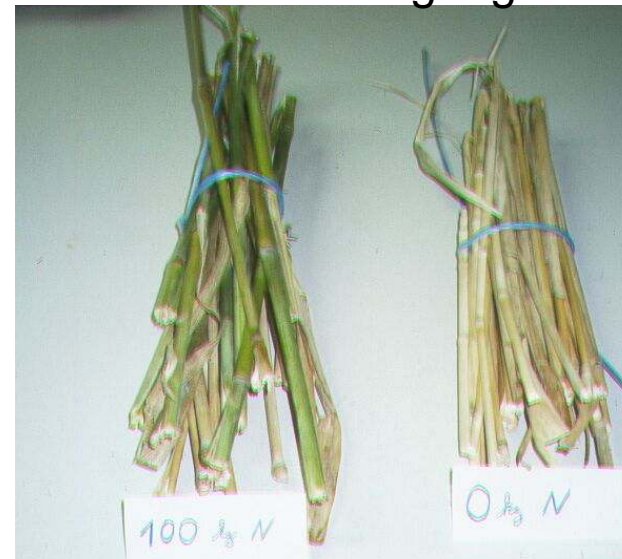
# Miscanthus-Genotypenpool



Einfluss Genotyp

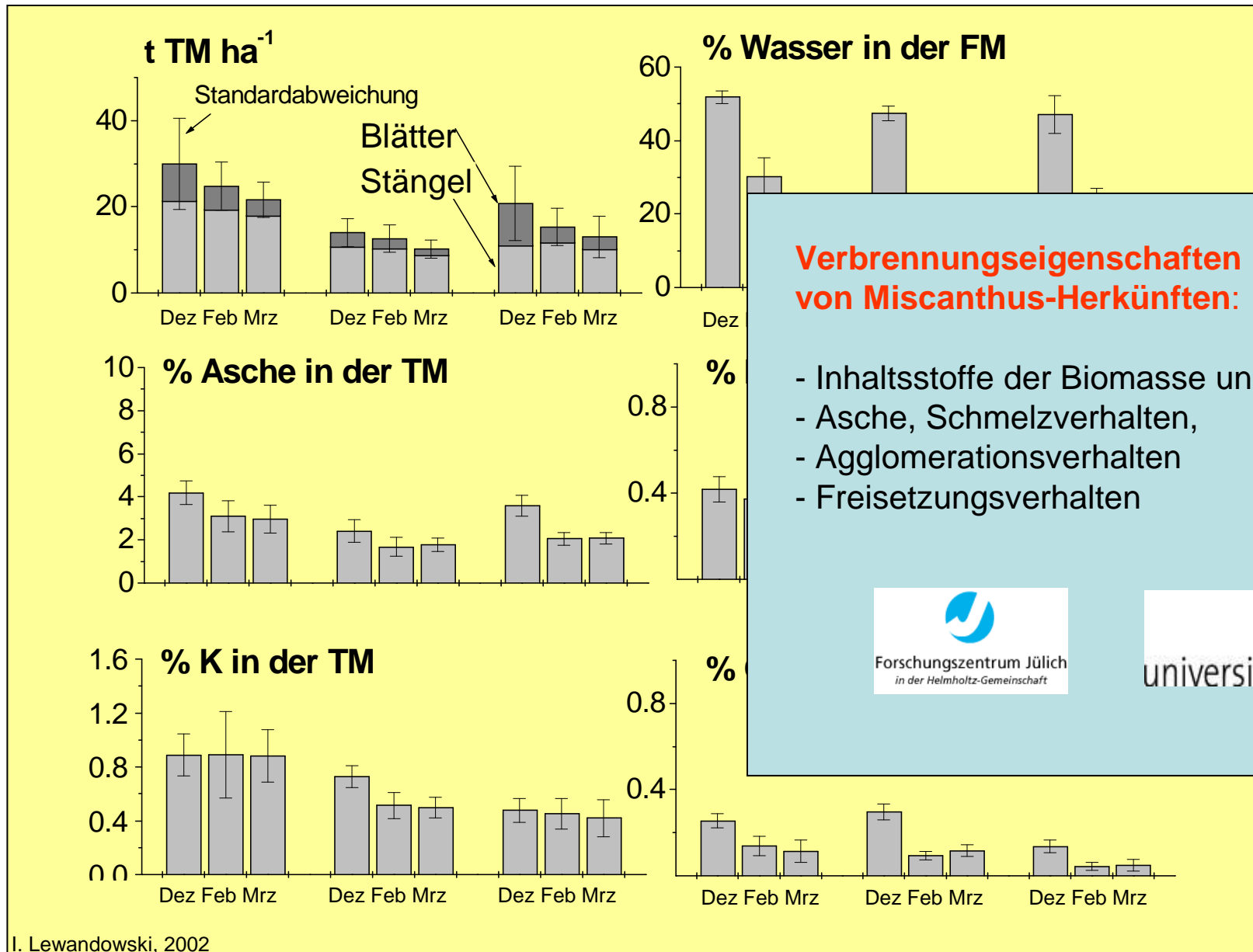


Einfluss Düngung





## Verbrennungsqualität – Wahl des Erntetermines:



### Verbrennungseigenschaften von Miscanthus-Herkünften:

- Inhaltsstoffe der Biomasse und Asche
- Asche, Schmelzverhalten,
- Agglomerationsverhalten
- Freisetzungsverhalten





# Herkünfte und ihre Erträge:



*Miscanthus sinensis*  
2, 21, 25



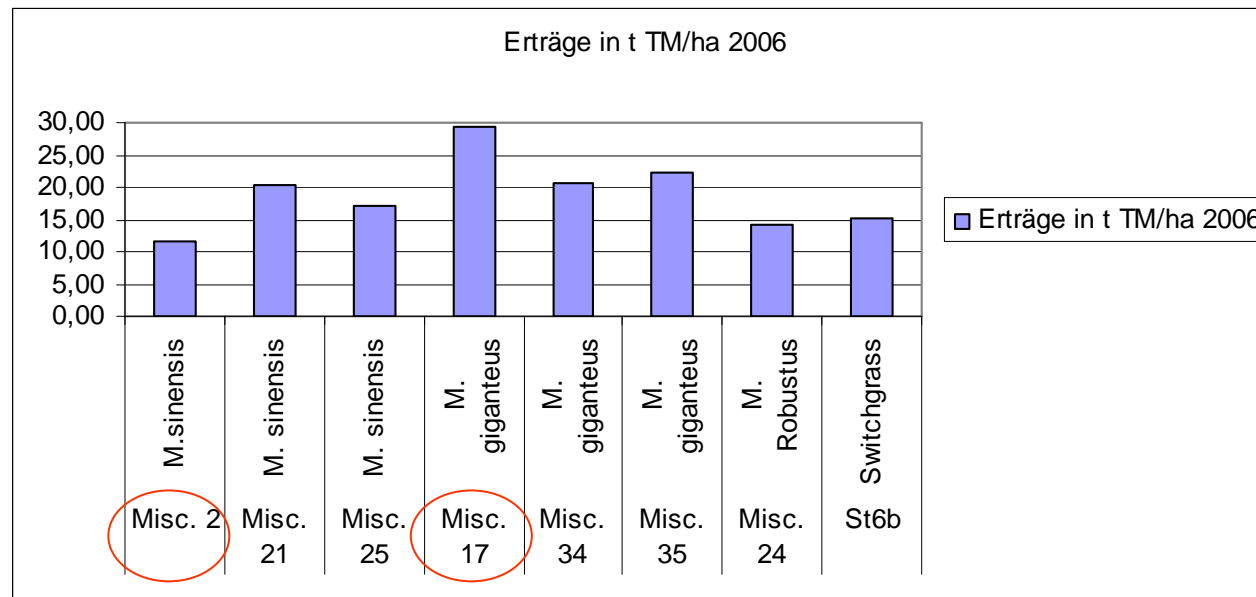
*Miscanthus x giganteus* 17, 35, 34



*Miscanthus Robustus* 24



Switchgrass *Panicum virgatum* Cave-in-Rock



Erträge Miscanthus Campus Klein-Altendorf, Pflanzung 2002 nach Pude (unveröffentlicht)





# HT-Rotationsviskosimeter

## Ascheschmelz-, Agglomerationsverhalten

- 1 g Probe in Zylinder
- Rampe 2 Grad/ Minute
- 200°C – 800°C

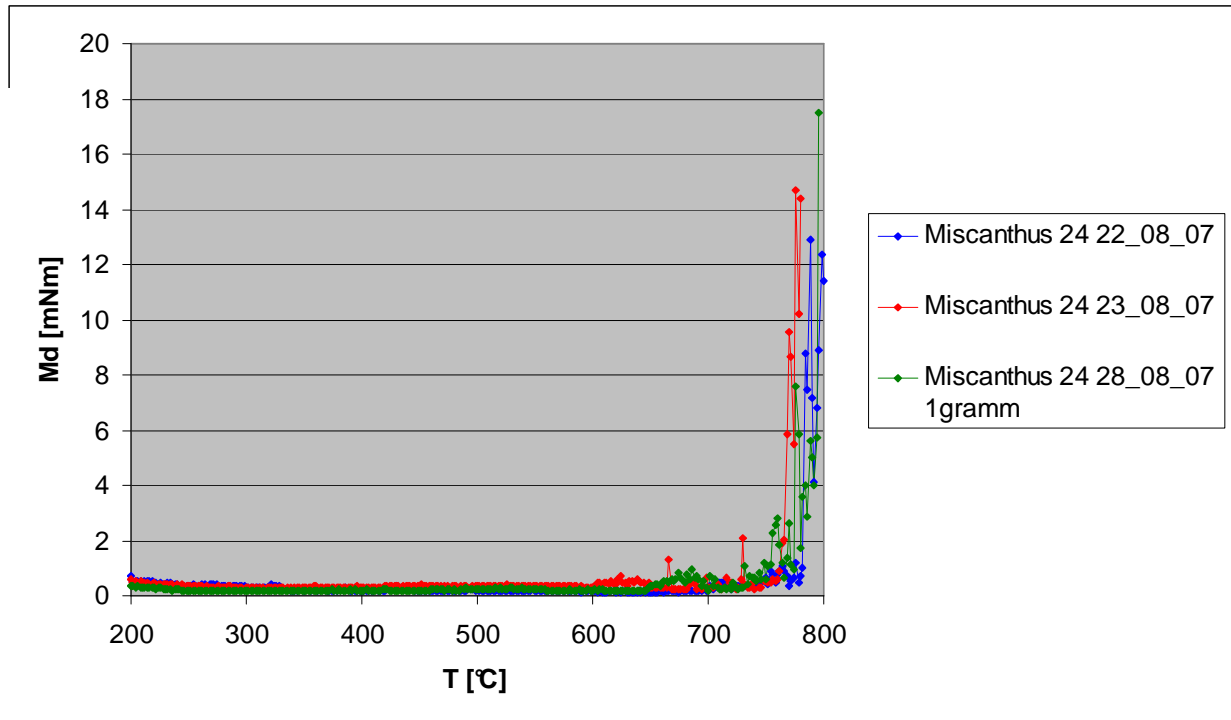
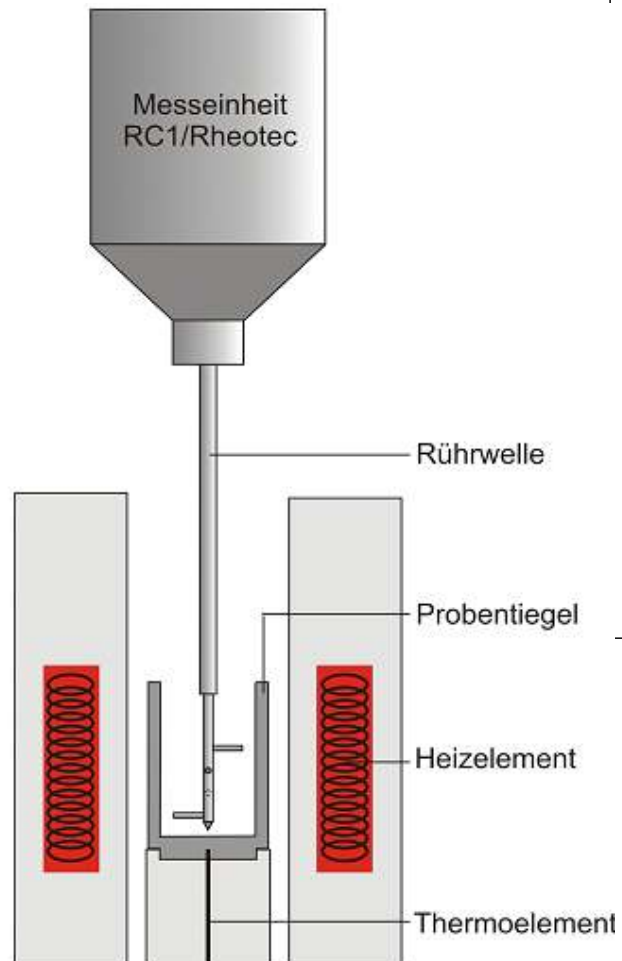
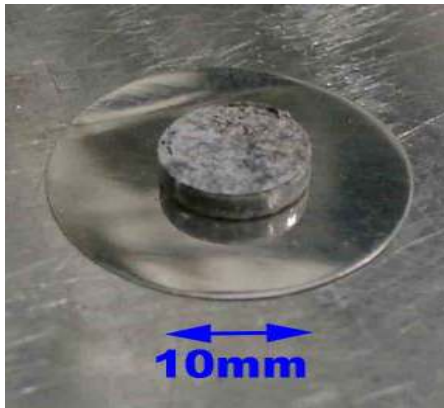


Diagramm HT Rotationsviskosimetrie Misc 24 550 °C  
Asche

# Erhitzungsmikroskopie

Erweichungstemperatur

- Zylinder gepresst 10x2 mm
- Bis auf 1200 °C
- Kamera mit Vergrößerung



Aschepressling vor Erhitzen



Ofen mit Kamera und Vergrößerung



Aschepresslinge nach Erhitzen

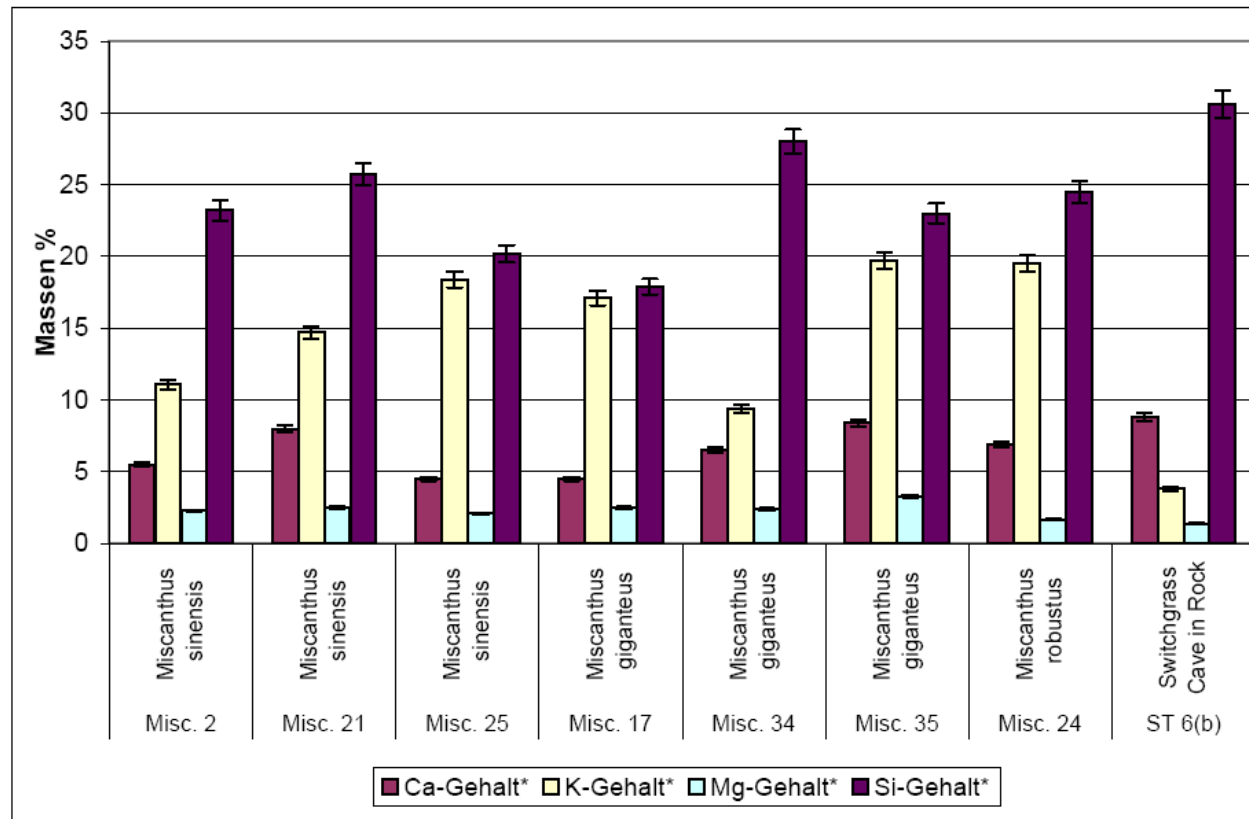


# Beispiel Ergebnis Erhitzungsmikroskopie



Erhitzen des Aschepresslings Misc 24 bis auf 1130 °C

## Ascheanalyse:



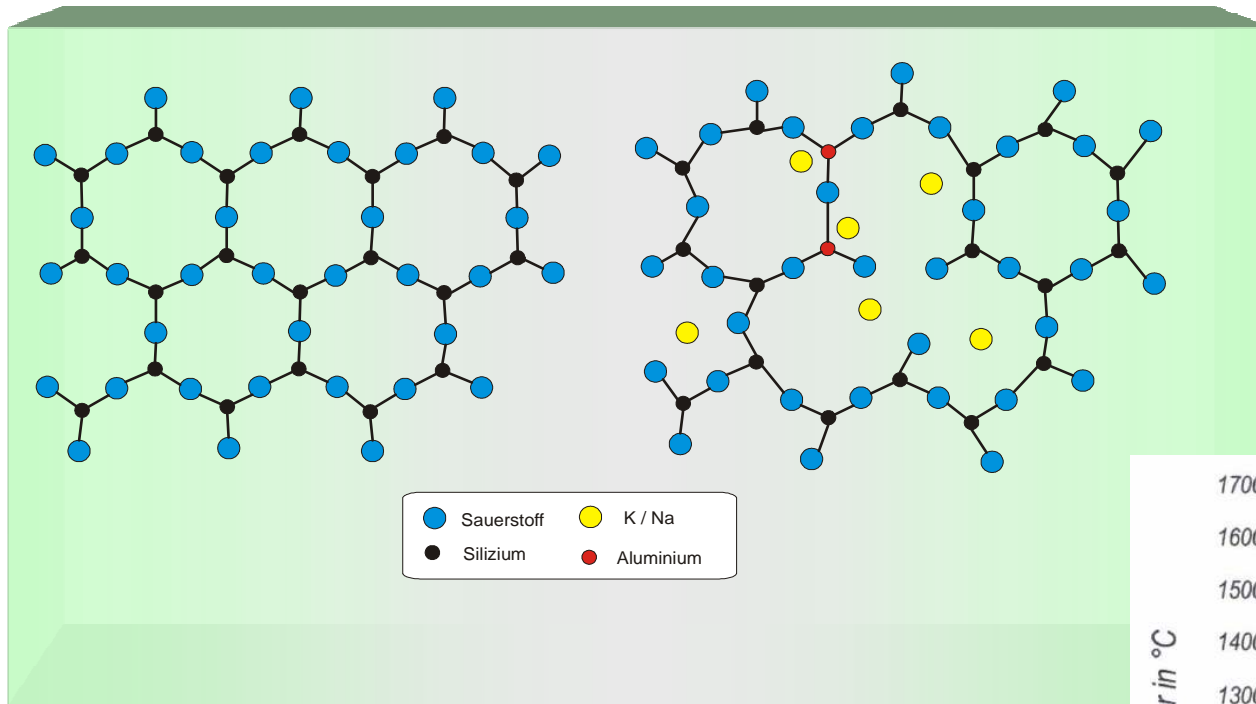
550°C-Ascheanalyse (Miscanthus/Switchgrass) der Elemente Ca, K, Mg und Si

Probe	Aschegehalt [%] atro
Misc. 2 Misc. sinensis	2,6
Misc. 21 Misc. sinensis	3,7
Misc. 25 Misc. sinensis	4,0
Misc. 17 Misc. giganteus	3,1
Misc. 34 Misc. giganteus	2,3
Misc. 35 Misc. giganteus	1,9
Misc. 24 Misc. Robustus	2,8
ST 6b Switchgrass	5,8

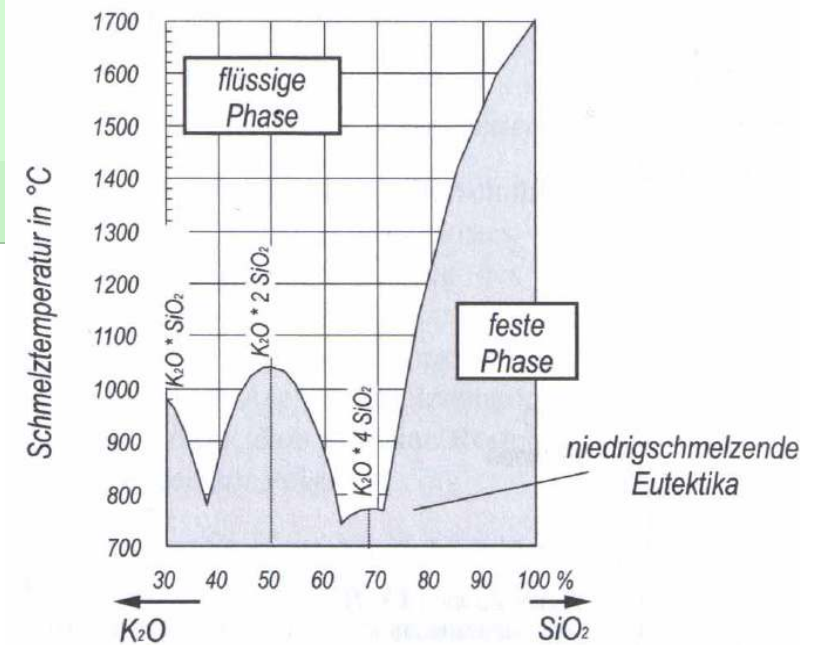




# Netzwerkwaner

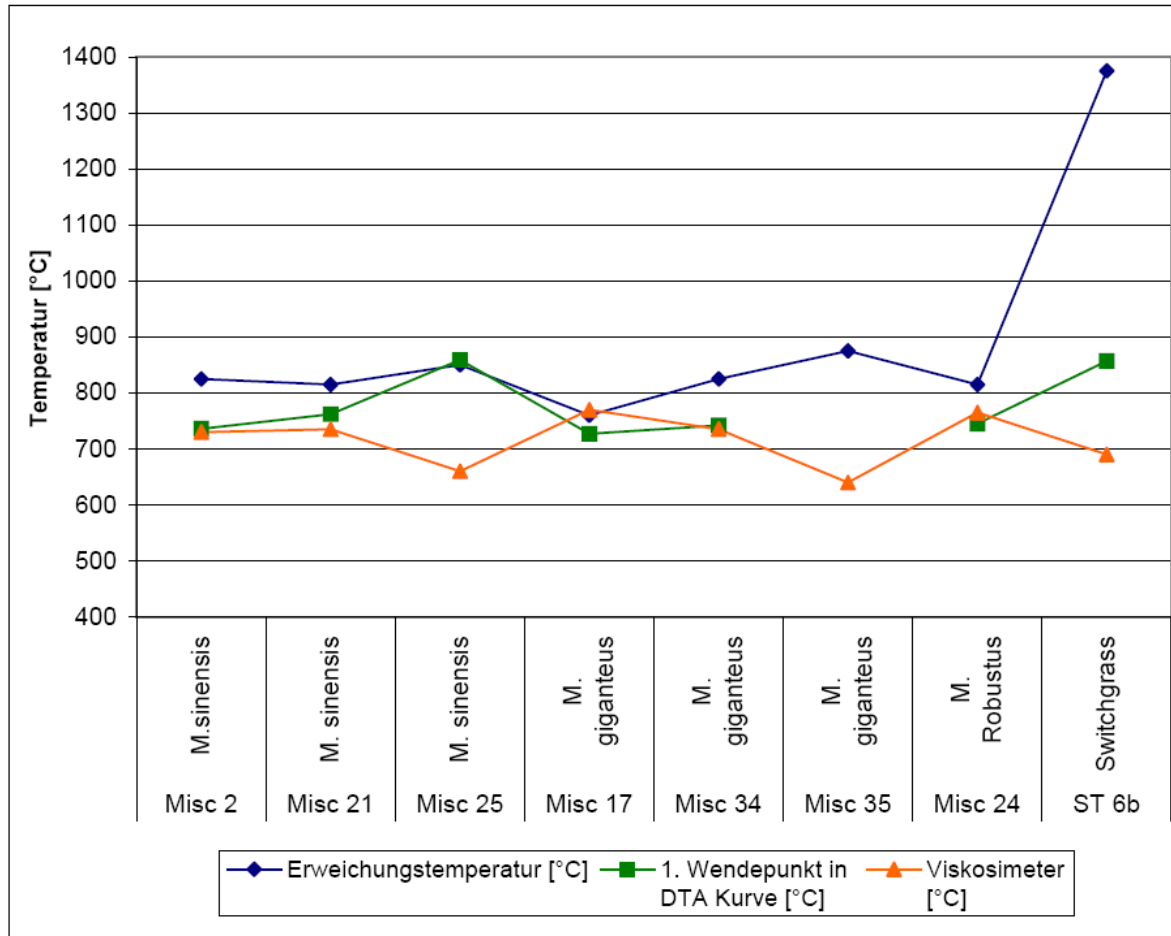


Links: Struktur eines  $\text{SiO}_2$  Kristalls. (Erweichungstemperatur  $1430\text{ }^\circ\text{C}$ )  
 Rechts: Silikatisches Glas/Schmelze mit Netzwerkwanern (Alkalien) und dem Netzwerkbildner Aluminium.



2-Phasendiagramm K/Si

# Ergebnisse



gut



schlecht

Ergebnisse aus Erhitzungsmikroskopie, DTA und Viskosimeter



## Anwendung in der Praxis: Bauen und Heizen



Lohnunternehmen  
Freudiger,  
Gals, CH



Fröling-Miscanthus-Heizung

