

---

20 Jahre Miscanthusforschung in Bayern – Eine Bilanz für die Praxis  
Status Quo-Seminar, 18. September 2009  
TFZ Straubing

# Thermische Verwertung von Miscanthus im Vergleich zu Holz

Klaus Reisinger, Dipl. Ing. (FH)



**Technologie- und Förderzentrum**  
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



# Vortragsgliederung

---

1. Rechtliche Rahmenbedingungen  
Aktueller Diskussionsstand zur Novellierung der 1. BImSchV
2. Brennstoffeigenschaften
3. Technische Konzepte zur Verbrennung von Agrarbrennstoffen  
(Miscanthus)
4. Emissionen bei der Verbrennung von Miscanthus  
gasförmig + Partikel
5. Sekundäre Maßnahmen zur Emissionsminderung
6. Schlussfolgerungen



# Emissionsgrenzwerte bei Biomassefeuerungen

| Anlagenleistung                                                              | N/F* | relevante<br>Vorschrift | Bezugs-<br>sauerstoff<br>Vol.% O <sub>2</sub> | Emissionsbegrenzung                                |                              |                                       |                             |
|------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                              |      |                         |                                               | CO<br>g/Nm <sup>3</sup>                            | Ges.-C<br>mg/Nm <sup>3</sup> | NO <sub>x</sub><br>mg/Nm <sup>3</sup> | Staub<br>mg/Nm <sup>3</sup> |
| <b>Emissionswerte bei der Verbrennung von naturbelassenem Holz</b>           |      |                         |                                               |                                                    |                              |                                       |                             |
| bis 15 kW                                                                    | N    | 1. BImSchV              |                                               | keine Begrenzung (außer „heller als Grauwert 1“)** |                              |                                       |                             |
| 15 - < 50 kW                                                                 | N    | 1. BImSchV              | 13                                            | 4                                                  | -                            | -                                     | 150                         |
| 50 - < 150 kW                                                                | N    | 1. BImSchV              | 13                                            | 2                                                  | -                            | -                                     | 150                         |
| 150 - < 500 kW                                                               | N    | 1. BImSchV              | 13                                            | 1                                                  | -                            | -                                     | 150                         |
| 500 - < 1 MW                                                                 | N    | 1. BImSchV              | 13                                            | 0,5                                                | -                            | -                                     | 150                         |
| 1 - < 2,5 MW                                                                 | F    | TA Luft                 | 11                                            | 0,15                                               | 10                           | 250                                   | 100                         |
| 2,5 - < 5 MW                                                                 | F    | TA Luft                 | 11                                            | 0,15                                               | 10                           | 250                                   | 50                          |
| <b>Emissionswerte bei der Verfeuerung von Stroh und ähnlichen Stoffen***</b> |      |                         |                                               |                                                    |                              |                                       |                             |
| bis 15 kW                                                                    | N    | 1. BImSchV              |                                               | nicht zulässig!                                    |                              |                                       |                             |
| 15 - < 100 kW                                                                | N    | 1. BImSchV              | 13                                            | 4                                                  | -                            | -                                     | 150                         |
| 100 kW - <1 MW                                                               | F    | TA Luft                 | 11                                            | 0,25                                               | 50                           | 500                                   | 50                          |

\*: N = Nennwärmeleistung,  
F = Feuerungswärmeleistung

\*\* : Allg. Anforderung der 1.BImSchV: Abgasfahne muss heller sein als „Grauwert 1“  
(Grauwertskala in Anlage 1 zur 1.BImSchV)

\*\*\* Ab 100 kW zusätzl. Begrenzungen PCDD/F 0,1 ng TE/Nm<sup>3</sup>, HCl 30 mg/Nm<sup>3</sup>



# Novelle der 1. BImSchV – Eckpunkte

(Referentenentwurf vom 20.05.2009; Verabschiedung Bundestag 02.07.2009)

---

- Festlegung von emissionsbegrenzenden Anforderungen an Einzelraumfeuerstätten
- Messpflicht für alle Biomasse-Zentralheizungen ab 4 kW; Überwachung alle zwei Jahre
- Deutliche Verschärfung der Emissionsgrenzwerte in zwei Stufen
- Emissionsbegrenzungen gelten nach einer Übergangsfrist grundsätzlich auch für Altanlagen
- Einsatz von Stroh und ähnlichen pflanzlichen Stoffen (Miscanthus) nur in automatisch beschickten Anlagen
- Pufferspeichereinsatz grundsätzlich bei allen neuen Heizkesseln
- Zulassung von Getreide als Brennstoff in Anlagen der 1. BImSchV



# Emissionsgrenzwerte bei Biomasse-Zentralheizungsanlagen

(Referentenentwurf vom 20.05.2009; Verabschiedung Bundestag 02.07.2009)

|                                                                                                        | Brennstoff<br>(gemäß §3 Abs. 1)                 | Nennwärme-<br>leistung (kW)         | Staub<br>(mg/Nm <sup>3</sup> ) | CO<br>(g/Nm <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| <b>Stufe 1:</b><br>Anlagen, die<br>ab dem<br>Inkrafttreten<br>der<br>Verordnung<br>errichtet<br>werden | Nr. 4 bis 5<br>(naturbelassene Holzbrennstoffe) | $\geq 4 \leq 500$                   | 100                            | 1,0                        |
|                                                                                                        |                                                 | $> 500$                             | 100                            | 0,5                        |
|                                                                                                        | Nr. 5a<br>(Holzpellets bzw. Briketts)           | $\geq 4 \leq 500$                   | 60                             | 0,8                        |
|                                                                                                        |                                                 | $> 500$                             | 60                             | 0,5                        |
|                                                                                                        | Nr. 6 bis 7<br>(behandelte Holzbrennstoffe)     | $\geq 30 \leq 100$                  | 100                            | 0,8                        |
|                                                                                                        |                                                 | $> 100 \leq 500$                    | 100                            | 0,5                        |
|                                                                                                        |                                                 | $> 500$                             | 100                            | 0,3                        |
|                                                                                                        | <b>Nr. 8 u. 13 Agrarbrennstoffe<sup>^</sup></b> | <b><math>\geq 4 &lt; 100</math></b> | <b>100</b>                     | <b>1,0</b>                 |
| <b>Stufe 2:</b><br>Anlagen, die<br>nach dem<br>31.12.2014 *<br>errichtet<br>werden                     | Nr. 1 bis 5a                                    | $\geq 4$                            | 20                             | 0,4                        |
|                                                                                                        | Nr. 6 bis 7                                     | $\geq 30 \leq 500$                  | 20                             | 0,4                        |
|                                                                                                        |                                                 | $> 500$                             | 20                             | 0,3                        |
|                                                                                                        | <b>Nr. 8 und 13<sup>^</sup></b>                 | <b><math>\geq 4 &lt; 100</math></b> | <b>20</b>                      | <b>0,4</b>                 |

<sup>^</sup> Typprüfung: Dioxine und Furane 0,1 ng/m<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub> 0,6 (Stufe 1) bzw. 0,5 g/m<sup>3</sup> (Stufe 2), CO 0,25 g/m<sup>3</sup>  
 \* Ausnahme Scheitholzfeuerungen: hier 31.12.2016 bezogen auf 13 % O<sub>2</sub>



# Übergangsfristen für Grenzwerteinhaltung

Regelung für Zentralheizungsanlagen:

| Zeitpunkt der Errichtung                     | Zeitpunkt der Einhaltung Grenzwerte Stufe 1 |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| bis einschließlich 31.12.1994                | 01.01.2015                                  |
| vom 01.01.1995 bis einschließlich 31.12.2004 | 01.01.2019                                  |
| vom 01.01.2005 bis Inkrafttreten Verordnung  | 01.01.2025                                  |

Regelung für Einzelfeuerstätten (ohne Typenprüfungsnachweis):

| Datum auf dem Typenschild                                        | Zeitpunkt Nachrüstung oder Stilllegung* |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| bis einschließlich 31.12.1974 oder Datum nicht mehr feststellbar | 31.12.2014                              |
| 01.01.1975 bis 31.12.1984                                        | 31.12.2017                              |
| 01.01.1985 bis 31.12.1994                                        | 31.12.2020                              |
| 01.01.1995 bis Inkrafttreten der Verordnung                      | 31.12.2024                              |

\* nicht für: Herde < 15 kW, offene Kamine, Grundöfen, Altanlagen von 1950 gebaut ; Zentralheizungssysteme; Sonderfrist: bei eingemauerten Kamin- bzw. Kachelofeneinsätzen bis 31.12.2013



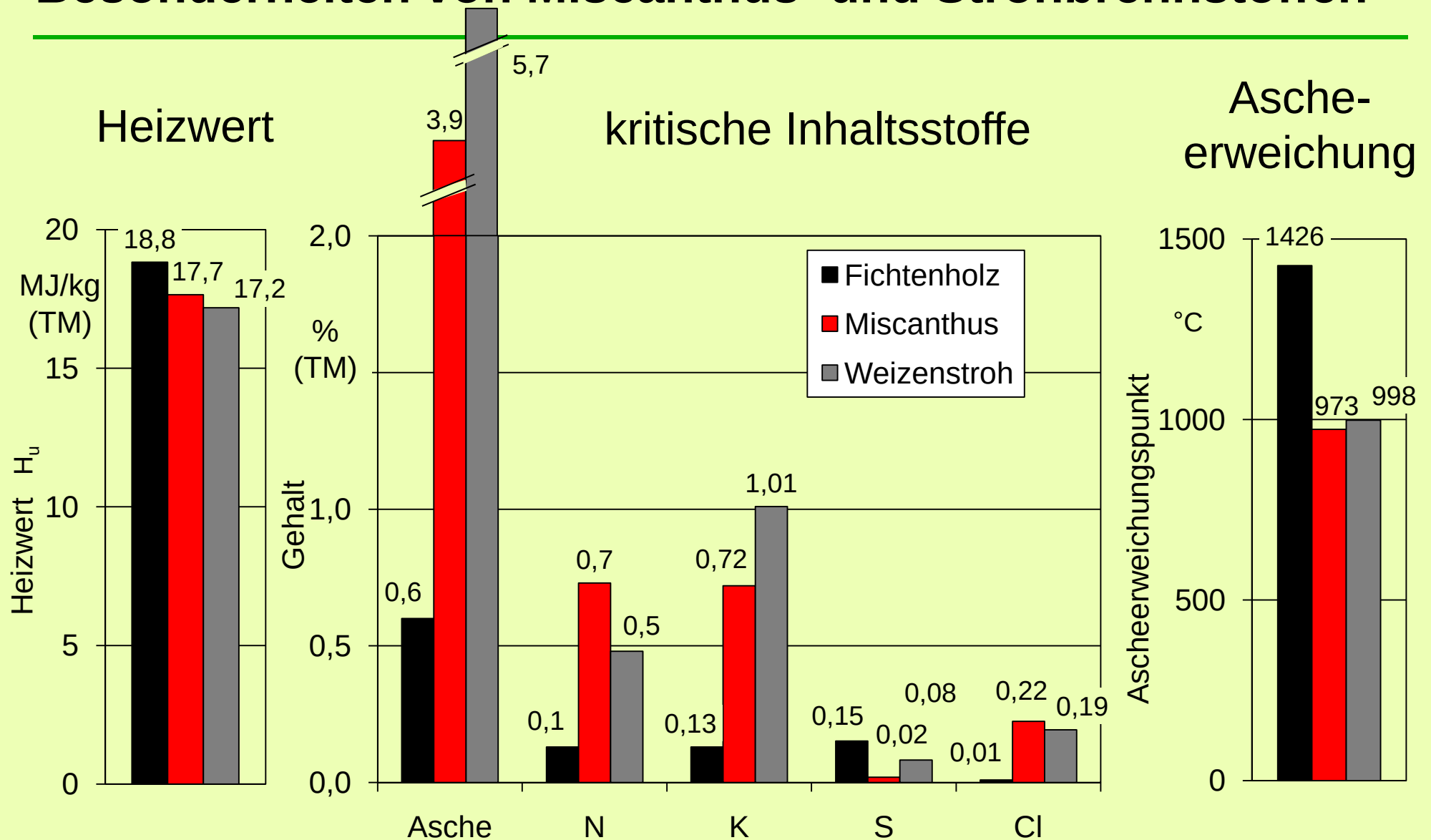
# Vortragsgliederung

---

1. Rechtliche Rahmenbedingungen  
Aktueller Diskussionsstand zur Novellierung der 1. BImSchV
2. Brennstoffeigenschaften
3. Technische Konzepte zur Verbrennung von Agrarbrennstoffen  
(Miscanthus)
4. Emissionen bei der Verbrennung von Miscanthus  
gasförmig + Partikel
5. Sekundäre Maßnahmen zur Emissionsminderung
6. Schlussfolgerungen

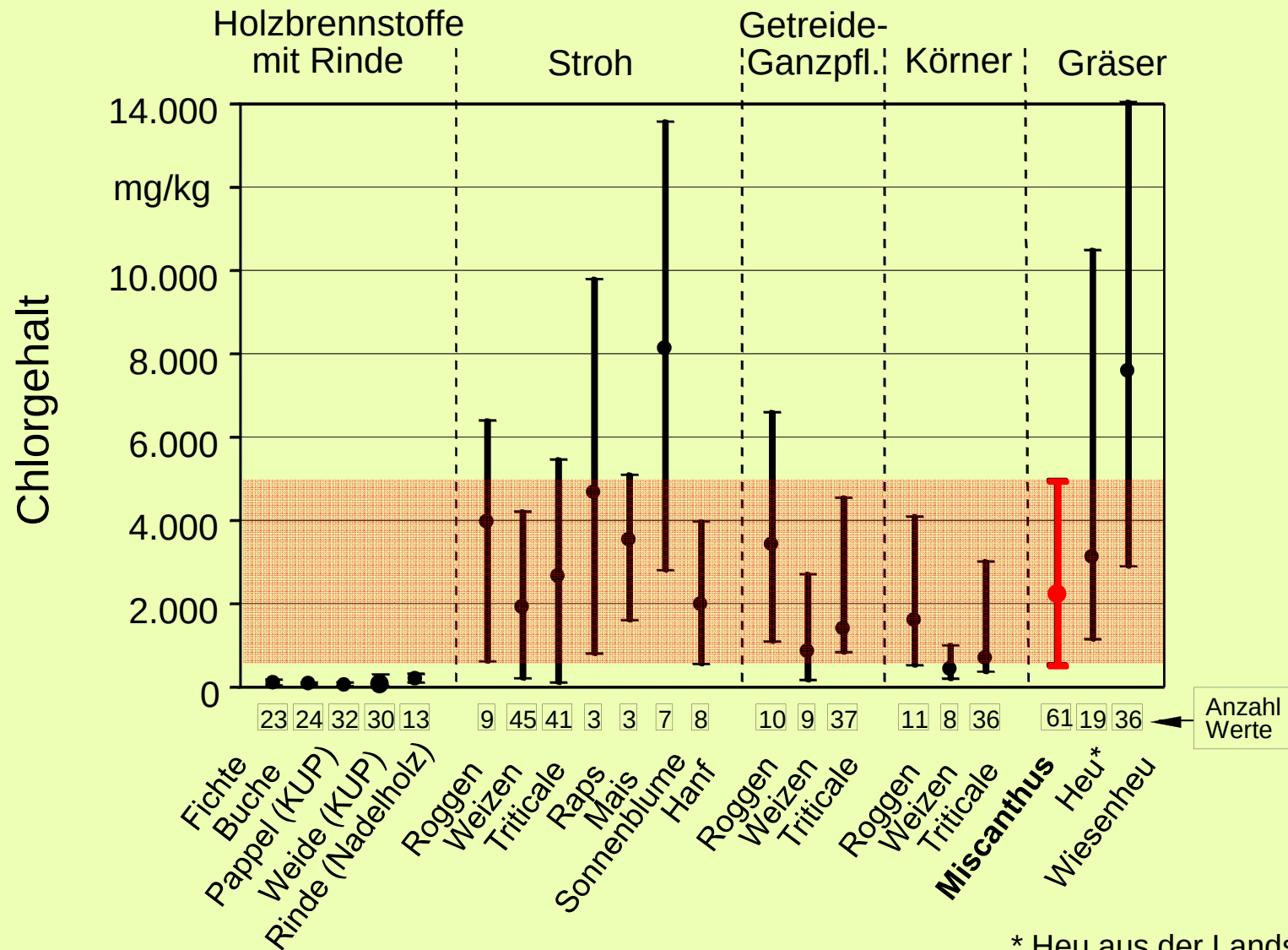


# Besonderheiten von Miscanthus- und Stroh Brennstoffen





# Chlorgehalte von Biomasse-Brennstoffen



\* Heu aus der Landschaftspflege



# Brennstoffeigenschaften

Aschegehalt und Gehalt an Aerosolbildnern in Miscanthus im Vergleich zu Fichtenholz bzw. Weizenstroh

| Parameter                               | Fichtenholz              | Miscanthus                             | Weizenstroh              |
|-----------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|--------------------------|
| Aschegehalt                             | 0,6 %<br>0,23 % - 1,95 % | <b>3,9 %</b><br><b>2,31 % - 5,60 %</b> | 5,7 %<br>4,24 % - 8,38 % |
| Gehalt an Aerosolbildnern*              | 0,17 %                   | <b>1,10 %</b>                          | 1,29 %                   |
| Wesentliche Elemente der Aerosolbildner | K + S<br>86 %            | <b>K + Cl</b><br><b>86 %</b>           | K + Cl<br>93 %           |

\* Aerosolbildner: K, Na, Cl, S, Zn und Pb

Daten aus Landtechnikbericht Nr.: 154



# Vortragsgliederung

---

1. Rechtliche Rahmenbedingungen  
Aktueller Diskussionsstand zur Novellierung der 1. BImSchV
2. Brennstoffeigenschaften
3. Technische Konzepte zur Verbrennung von Agrarbrennstoffen  
(Miscanthus)
4. Emissionen bei der Verbrennung von Miscanthus  
gasförmig + Partikel
5. Sekundäre Maßnahmen zur Emissionsminderung
6. Schlussfolgerungen



# Technik der Energienutzung: Konzepte

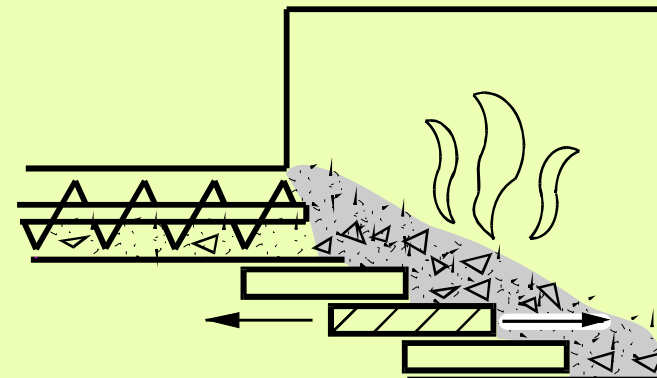
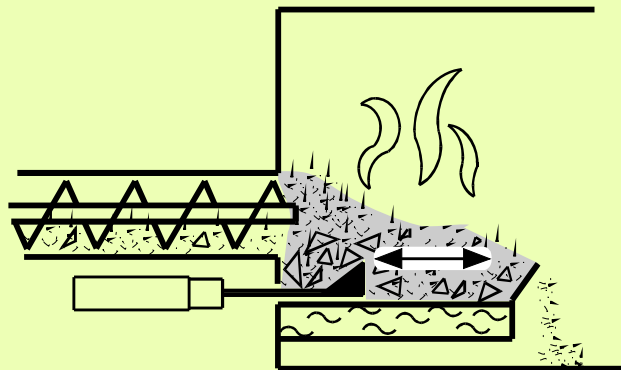
---

## 1. Anpassung des Brennstoffs an die Feuerung

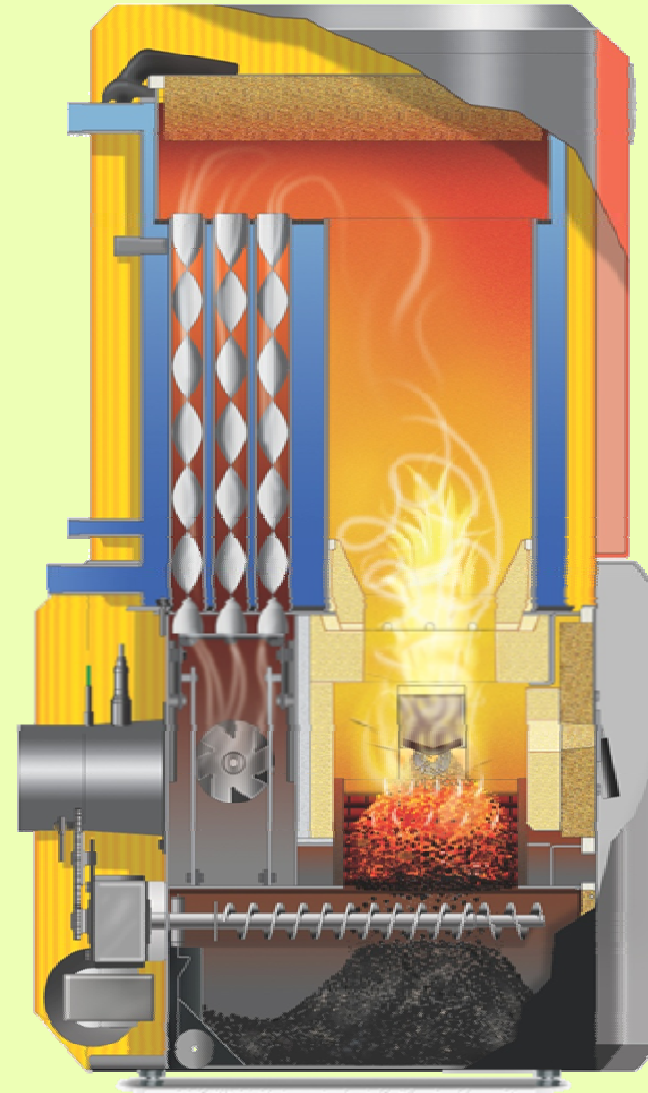
- Verwendung von Zuschlagsstoffen (z.B. Branntkalk, Kaolin)
- Herstellung definierter Brennstoffmischungen (z. B. Hackschnitzel-Miscanthus-Gemisch)

## 2. Anpassung der Feuerung an den Brennstoff

- Begrenzung der Verbrennungstemperaturen im Glutbett
- kontinuierliches In-Bewegung-Halten von Brennstoff und Asche



# Vorschubrostfeuerung (Guntamatik Powercorn, bis 75 kW)



# Vorschubrostfeuerung - Innenansicht

---

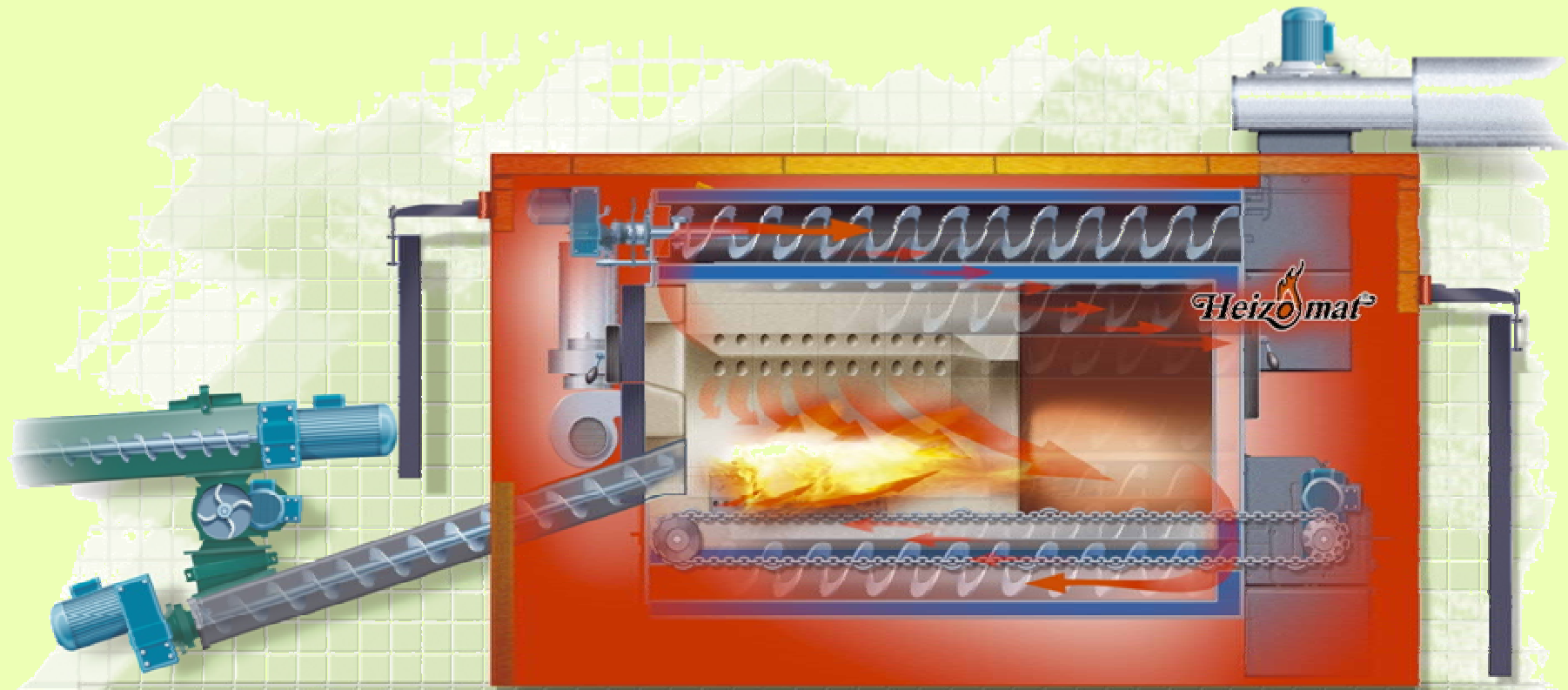


Stufenrostfeuerung:  
Guntamatic  
Powercorn (30 kW)



# Schrägrostfeuerung mit Kettenförderer

(Heizomat RHK-AK, bis 300 kW)



# Schrägrostfeuerung mit Kettenförderer - Innenansicht

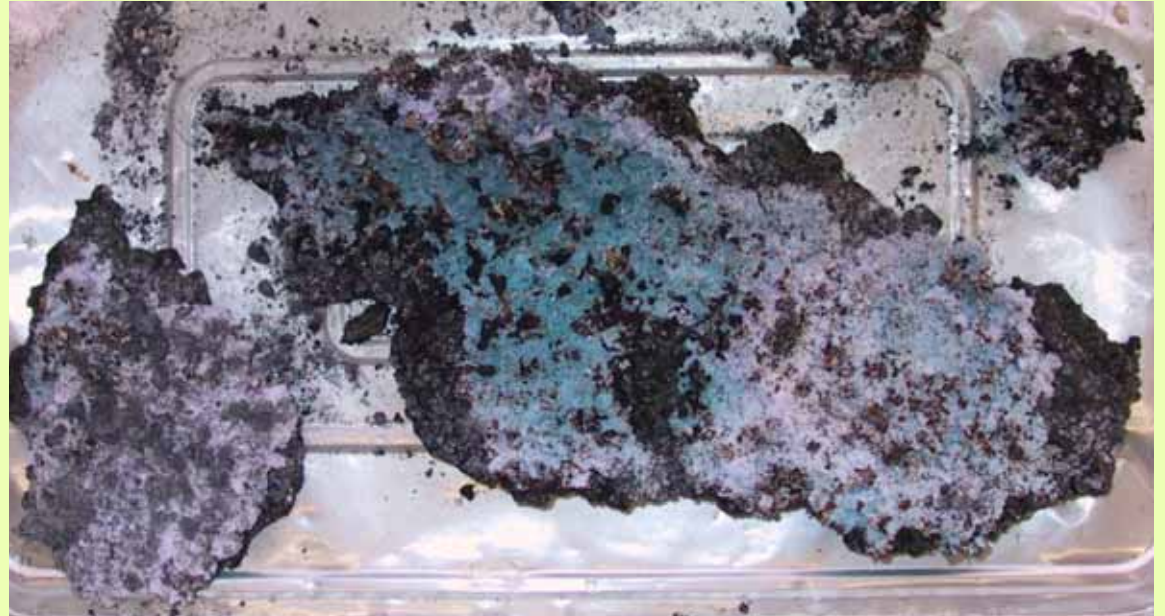


Schrägrostfeuerung:  
Heizomat  
RHK-AK (30 kW)



# Schlackebildung

---



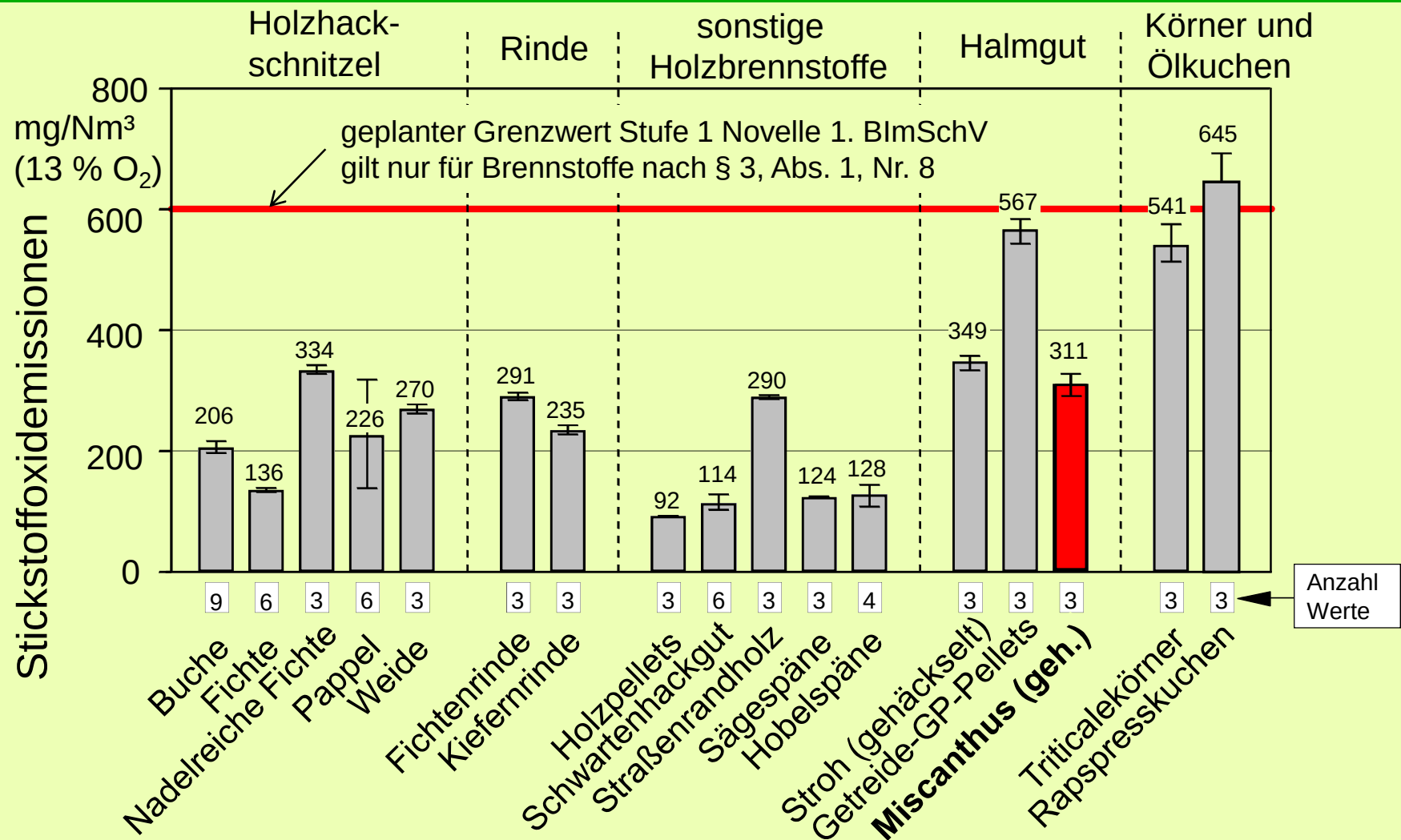
# Vortragsgliederung

---

1. Rechtliche Rahmenbedingungen  
Aktueller Diskussionsstand zur Novellierung der 1. BImSchV
2. Brennstoffeigenschaften
3. Technische Konzepte zur Verbrennung von Agrarbrennstoffen  
(Miscanthus)
4. Emissionen bei der Verbrennung von Miscanthus  
gasförmig + Partikel
5. Sekundäre Maßnahmen zur Emissionsminderung
6. Schlussfolgerungen



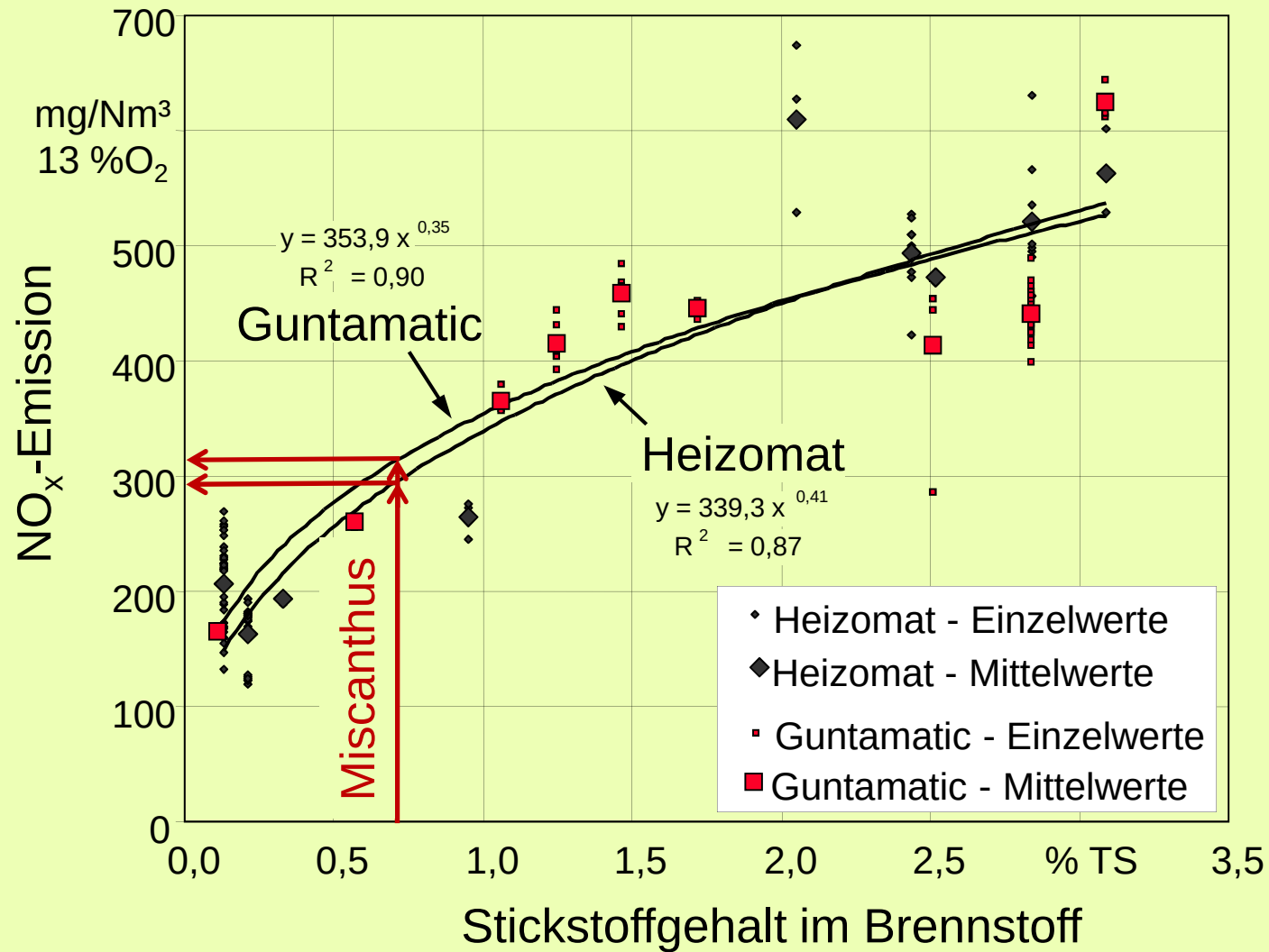
# Gasförmige Emissionen: Stickoxide



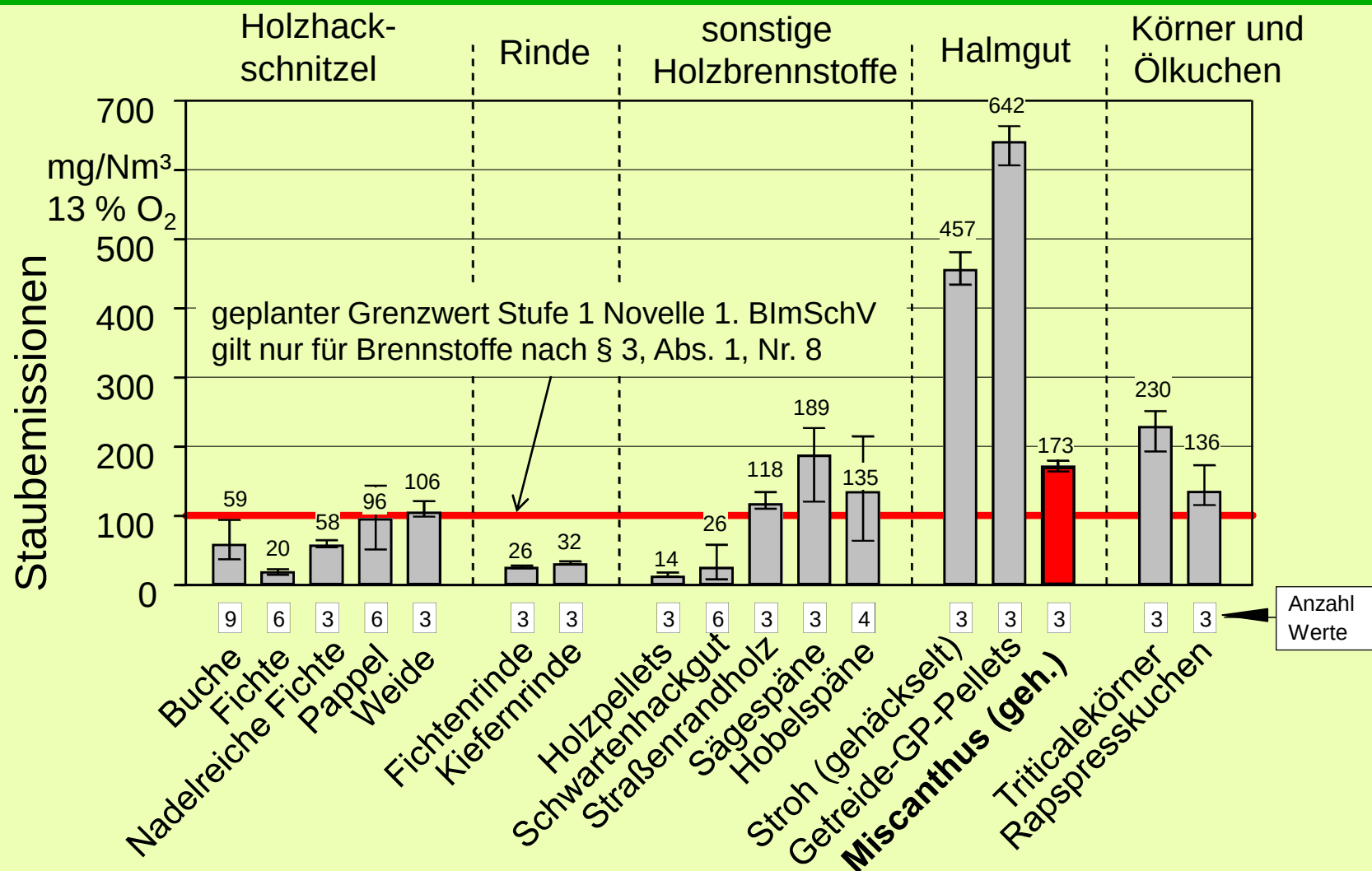
Einsatz verschiedener Brennstoffe; Messungen an Heizomat HSK-RA-50 (49 kW).



# Gasförmige Emissionen: Stickoxide



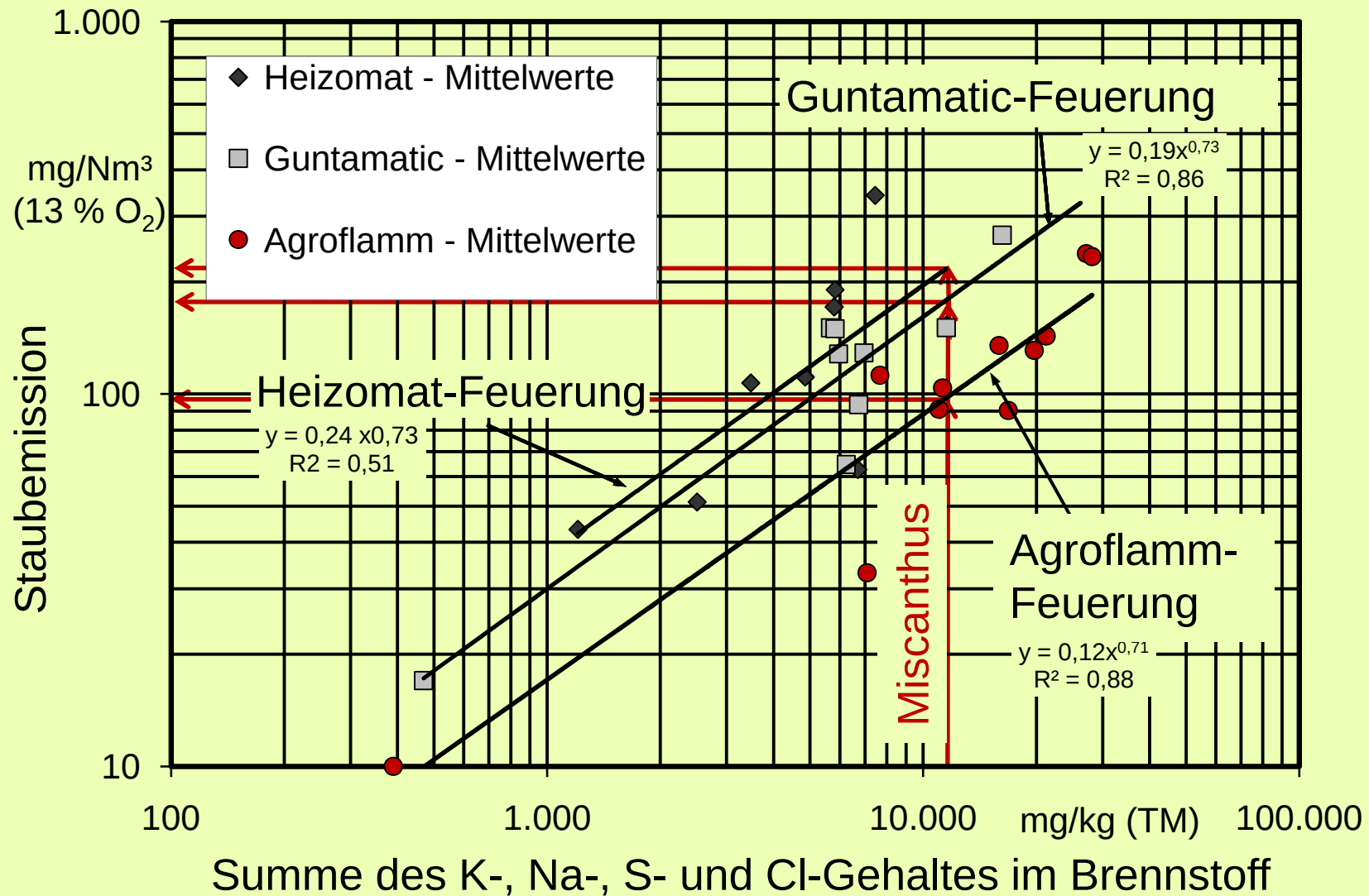
# Partikelemissionen



Einsatz verschiedener Brennstoffe, Messungen an Heizomat HSK-RA-50 (49 kW)

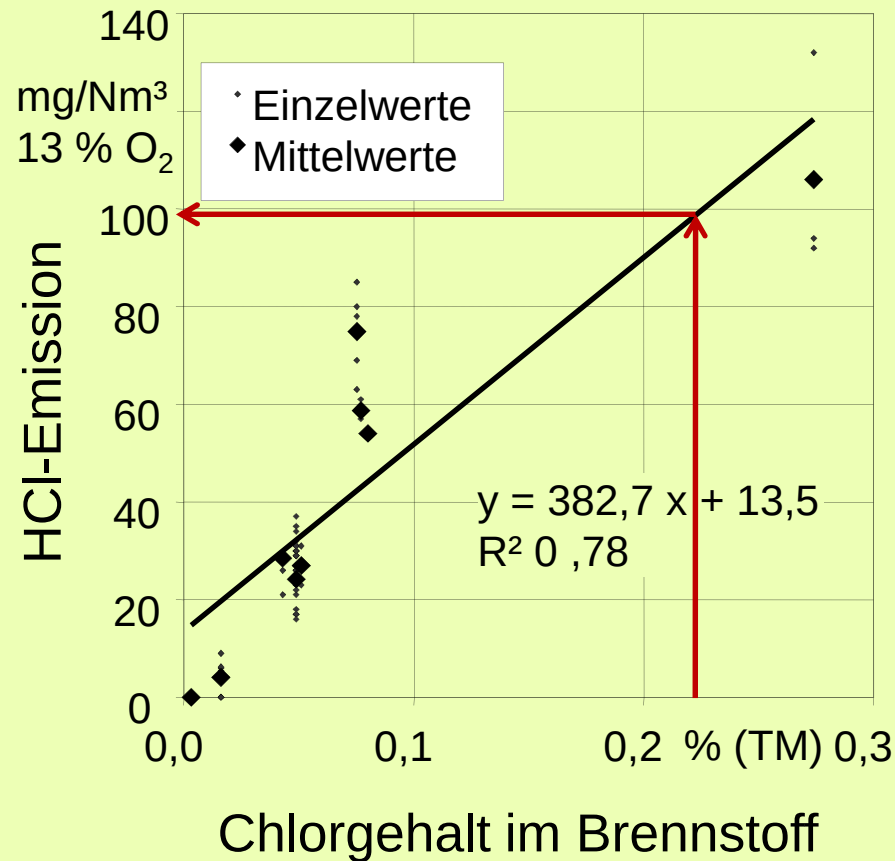


# Staub-Emissionen in Abhängigkeit an Aerosolbildnern

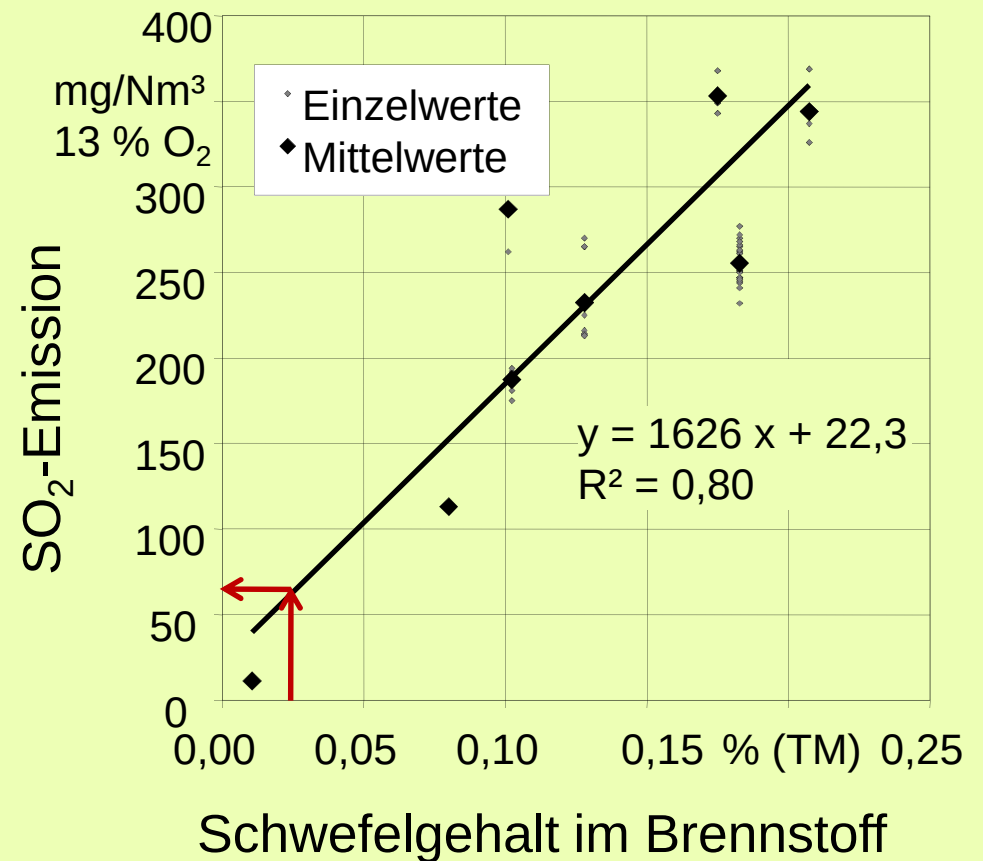


# Gasförmige Emissionen: HCl und SO<sub>2</sub>

Guntamatic Powercorn 30, HCl



Guntamatic Powercorn 30, SO<sub>2</sub>



Messungen an Guntamatic Powercorn 30





# Vortragsgliederung

---

1. Rechtliche Rahmenbedingungen  
Aktueller Diskussionsstand zur Novellierung der 1. BImSchV
2. Brennstoffeigenschaften
3. Technische Konzepte zur Verbrennung von Agrarbrennstoffen  
(Miscanthus)
4. Emissionen bei der Verbrennung von Miscanthus  
gasförmig + Partikel
5. Sekundäre Maßnahmen zur Emissionsminderung
6. Schlussfolgerungen



# Elektrostatischer Staubabscheider (Spanner SFF 20)



# Rauchgaskondensation

---

## Vorteile:

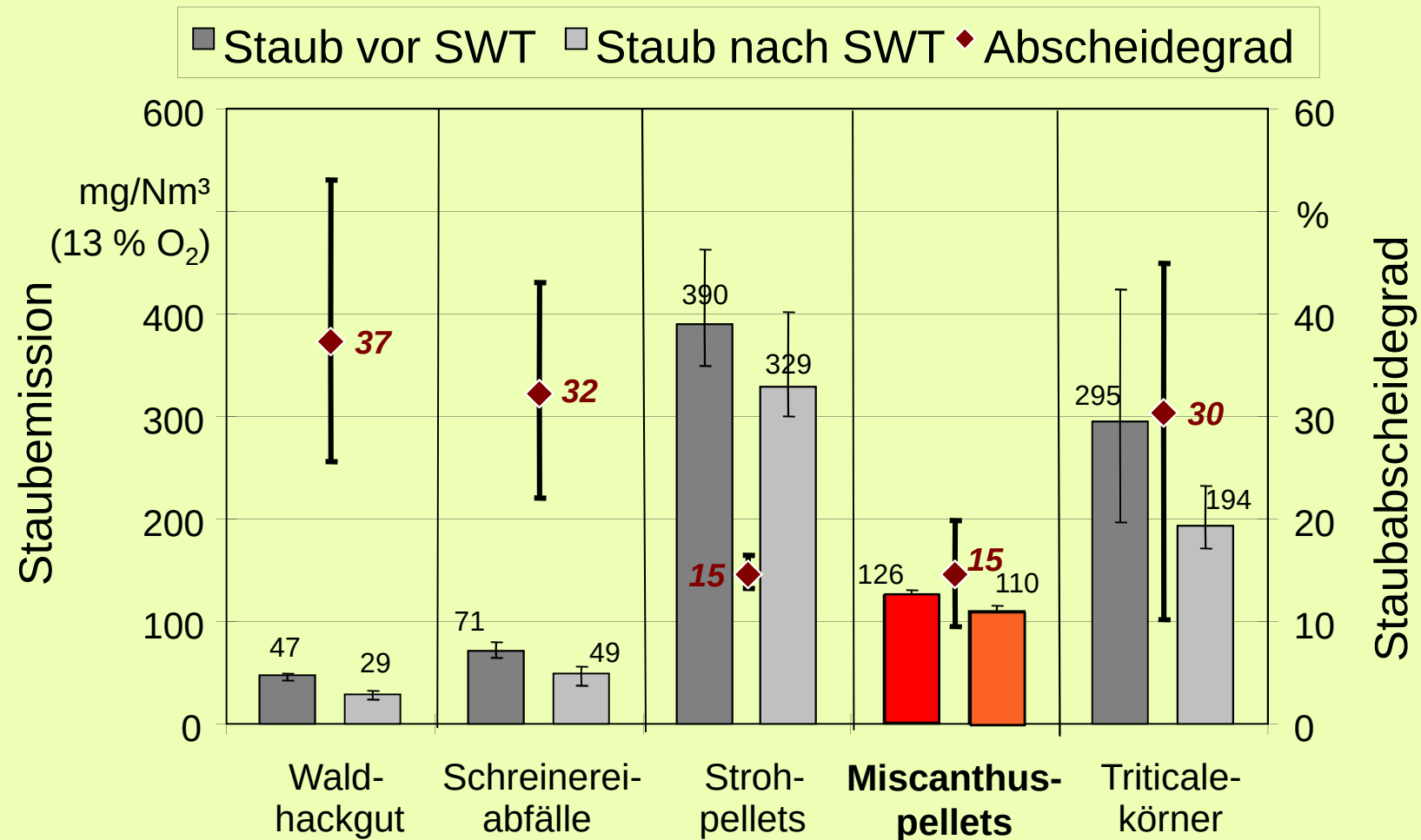
- zusätzlicher Wärmegewinn
- geringer Druckverlust

## Nachteile:

- Staubabscheidung von Kondensatanfall abhängig
- Kondensatableitung ungeklärt
- hohe Kosten



# Wirkung Sekundärwärmetauscher



Einsatz verschiedener Brennstoffe. Messungen an einer Kombination aus einer HDG-Hackschnitzelfeuerung (Comapct 100) und einem Bomat Sekundärwärmetauscher (AWR 532).



# Vortragsgliederung

---

1. Rechtliche Rahmenbedingungen  
Aktueller Diskussionsstand zur Novellierung der 1. BImSchV
2. Brennstoffeigenschaften
3. Technische Konzepte zur Verbrennung von Agrarbrennstoffen  
(Miscanthus)
4. Emissionen bei der Verbrennung von Miscanthus  
gasförmig + Partikel
5. Sekundäre Maßnahmen zur Emissionsminderung
6. Schlussfolgerungen



# Schlussfolgerungen

---

- Die Emissionen an Stickoxiden sowie an korrosiven Abgas-komponenten (HCl, SO<sub>2</sub>) werden im wesentlichen durch die Brennstoffzusammensetzung bestimmt.  
→ Kein Einsatz von Miscanthusbrennstoffen in konventionellen Hackschnitzel- oder Pelletfeuerungen!
- Die höheren Aschegehalte erfordern immer einen erhöhten Betreuungs- und Wartungsaufwand.
- Die höheren Investitionen für einen geeigneten Kessel müssen durch einen geringeren Brennstoffpreis kompensiert werden.
- Die Staubemissionen können in der Regel nur durch sekundäre Maßnahmen auf ein tolerierbares Niveau gesenkt werden (derzeit noch keine Serienprodukte verfügbar).



---

*Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit !*

