



C.A.R.M.E.N.

Stand der Dinge bei der Energiekornverbrennung

**Sabine Hiendlmeier
C.A.R.M.E.N. e. V., Straubing**

21. Oktober 2006

**C.A.R.M.E.N. – Fachgespräche anlässlich der Fach- und
Verbrauchermesse für Nachwachsende Rohstoffe und Solarenergie**

Rosenheim



Heizen mit Energiekorn



- **Brennstoffsituation**
- **Rechtliche Rahmenbedingungen**
- **Brennstoffeigenschaften**
 - Technische Anforderungen u. Möglichkeiten
 - Emissionen
- **Marktschau**
- **Wirtschaftlichkeit**
- **Fazit**

Ziele der Bundesregierung

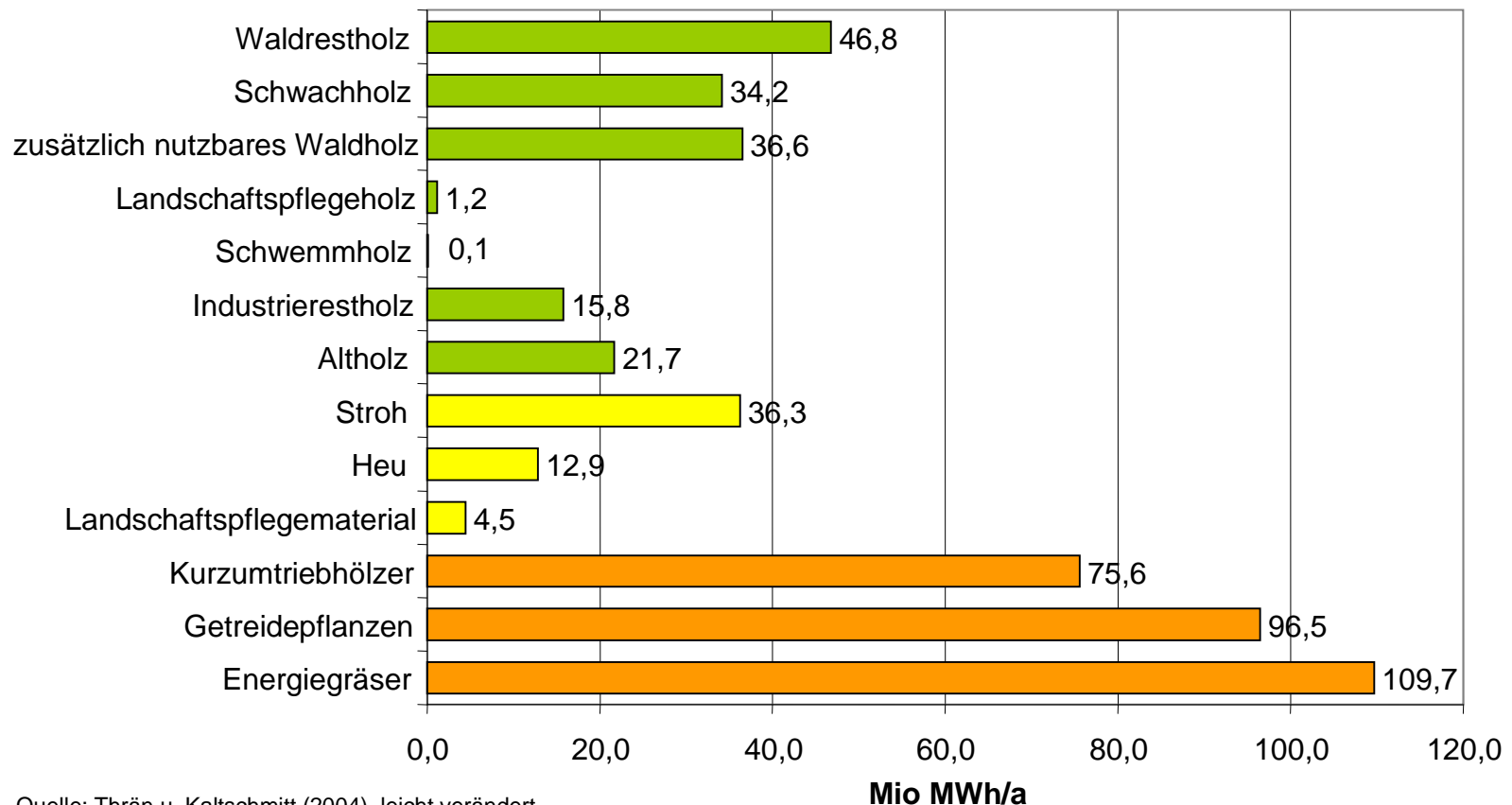


- Minderung der sechs **Treibhausgase** des Kyoto-Protokolls um 21% gegenüber 1990 im Zeitraum 2008-2012
- **Bis zum Jahr 2020:**
Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien bei der Primärerzeugung auf 10% und an der Stromerzeugung auf 20%
- **Bis zum Jahr 2050:**
Bereitstellung von 50% des Primärenergieverbrauchs aus regenerativen Quellen

Technische Potentiale von Festbrennstoffen in Deutschland



**Technische Potentiale von Festbrennstoffen in Deutschland
(Summe 491,6 Mio MWh/a)**



Quelle: Thrän u. Kaltschmitt (2004), leicht verändert

Brennstoffsortimente



C.A.R.M.E.N.

die Klassiker



Scheitholz



Holzhackschnitzel



**Holzpresslinge
(Pellets, Briketts)**

die Anspruchsvollen ...



Getreide/Kleie



**Stroh/Landschafts-
-pflegematerial**



**Rapspress-
kuchen**



**Miscanthus/
Kurzumtriebs-
plantagen**



Welcher Brennstoff kommt zum Einsatz ?



- **Regionale, betriebliche Verfügbarkeit**
- **Wärmebedarf, Anspruch auf Komfort**
- **Logistische Probleme (Dichte, Lagerfähigkeit)**

Lagerraumbedarf

Heizölbedarf:
5.000 l



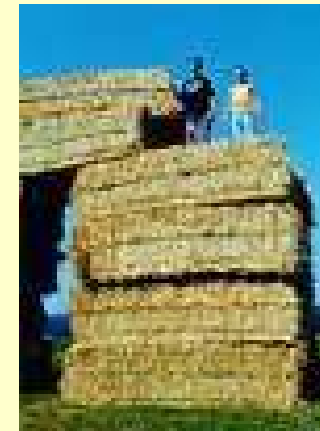
Holzpellets /
Getreide:
20 m³



Scheitholz:
30 m³



Hackschnitzel:
73 m³



Stroh (Ballen):
104 m³



Miscanthus
(Häcksel):
160 m³

Selbstfahrender Pelletierer



C.A.R.M.E.N.



Quelle: Haimer



Welcher Brennstoff kommt zum Einsatz ?

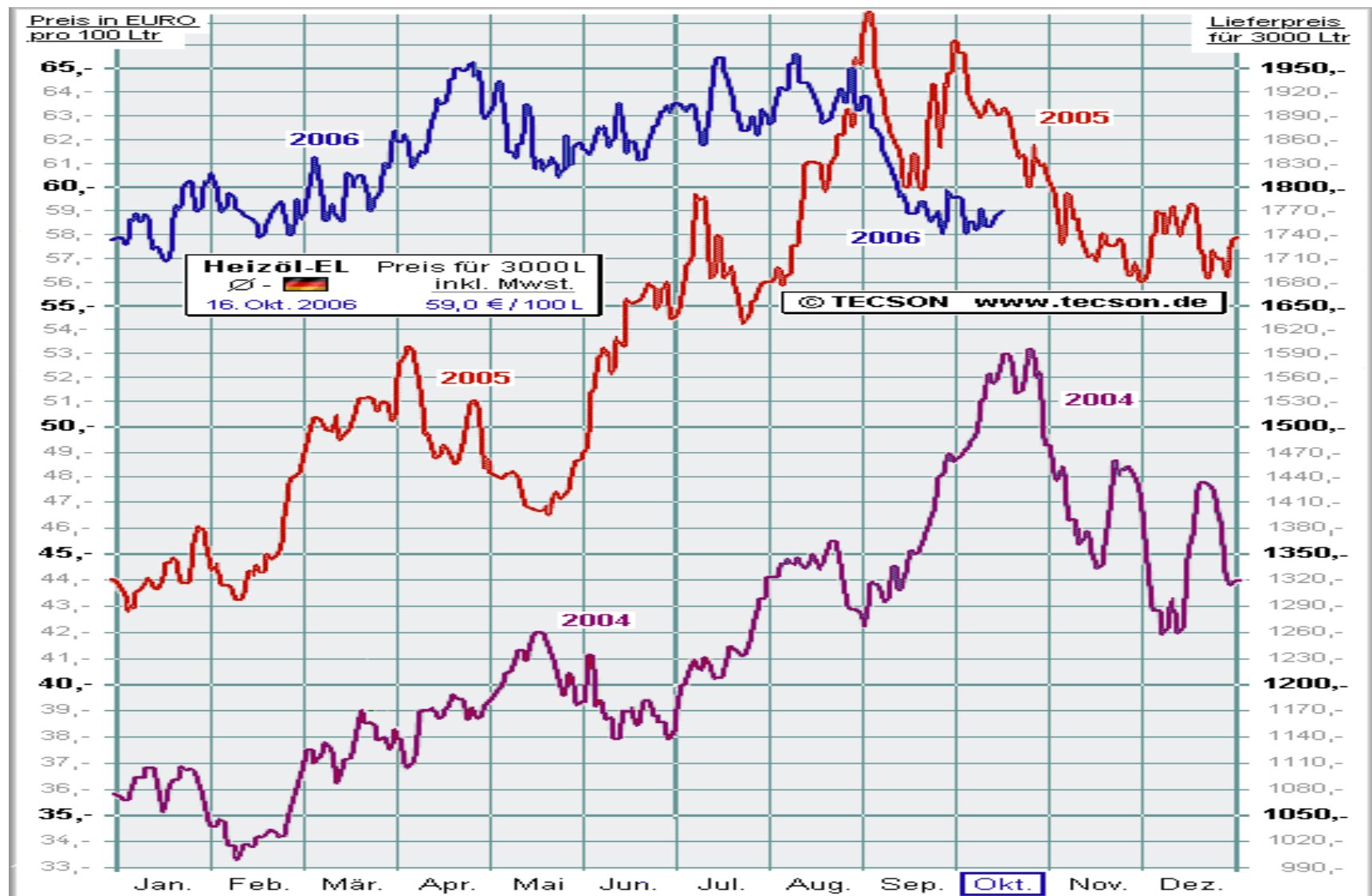


- Regionale, betriebliche Verfügbarkeit
- Wärmebedarf, Anspruch auf Komfort
- Logistische Probleme (Dichte, Lagerfähigkeit)
- **Normierung der Brennstoffe (Qualitätssicherung)**
- **Gesetzliche Rahmenbedingungen (Grenzwerte)**
- **betriebsichere und abgasarme Feuerungstechnik**
- **Preis (Heizöl, Nebenprodukte, Reststoffe)**

Preisentwicklung fossiler Brennstoffe



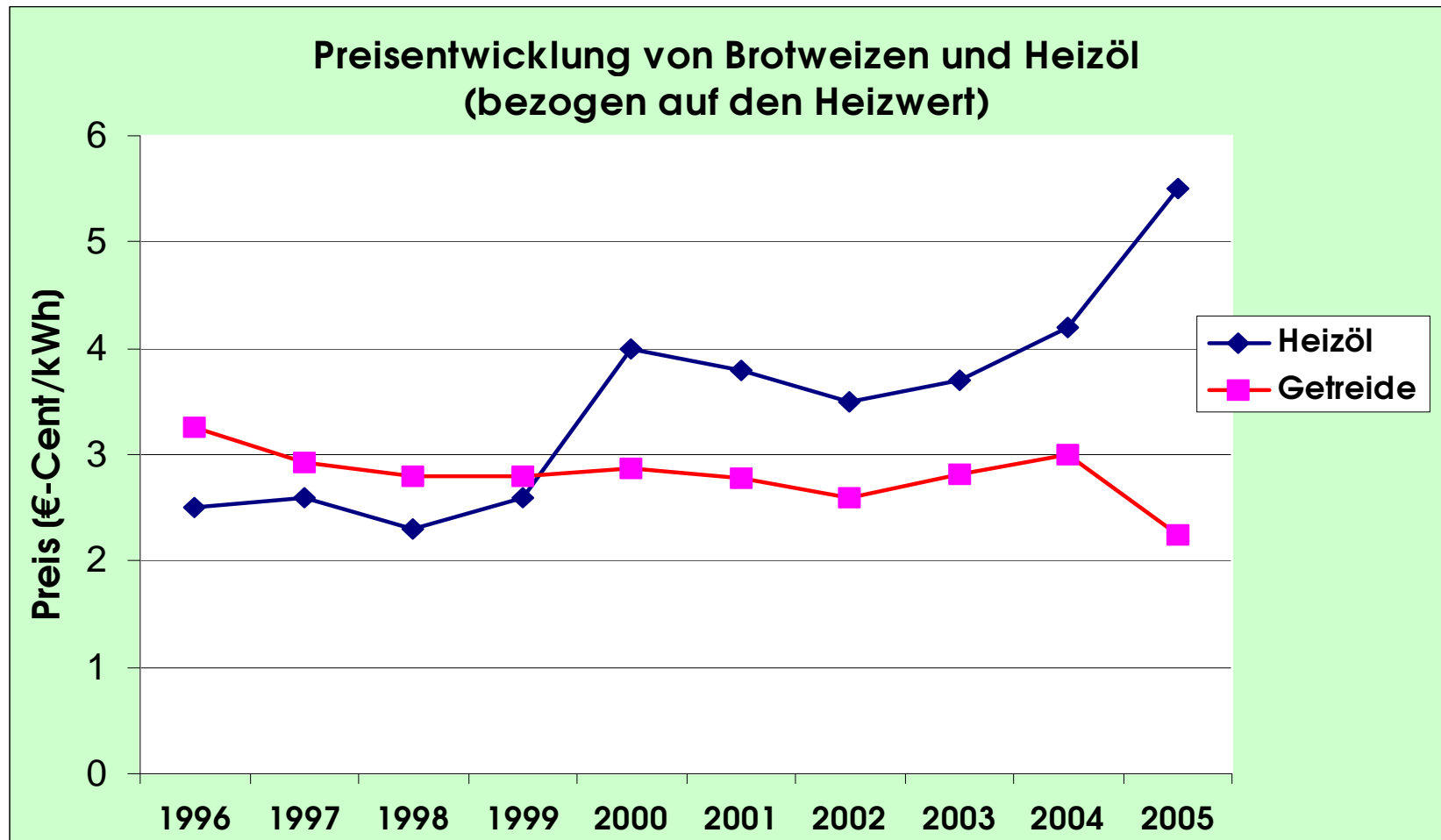
C.A.R.M.E.N.



Gegenläufige Marktsituation auf den Argar- und Energiemärkten



C.A.R.M.E.N.



➤ Bei Heizölpreis von 0,60 €/l ist Getreide 240 €/t wert

Brennstoffpreise

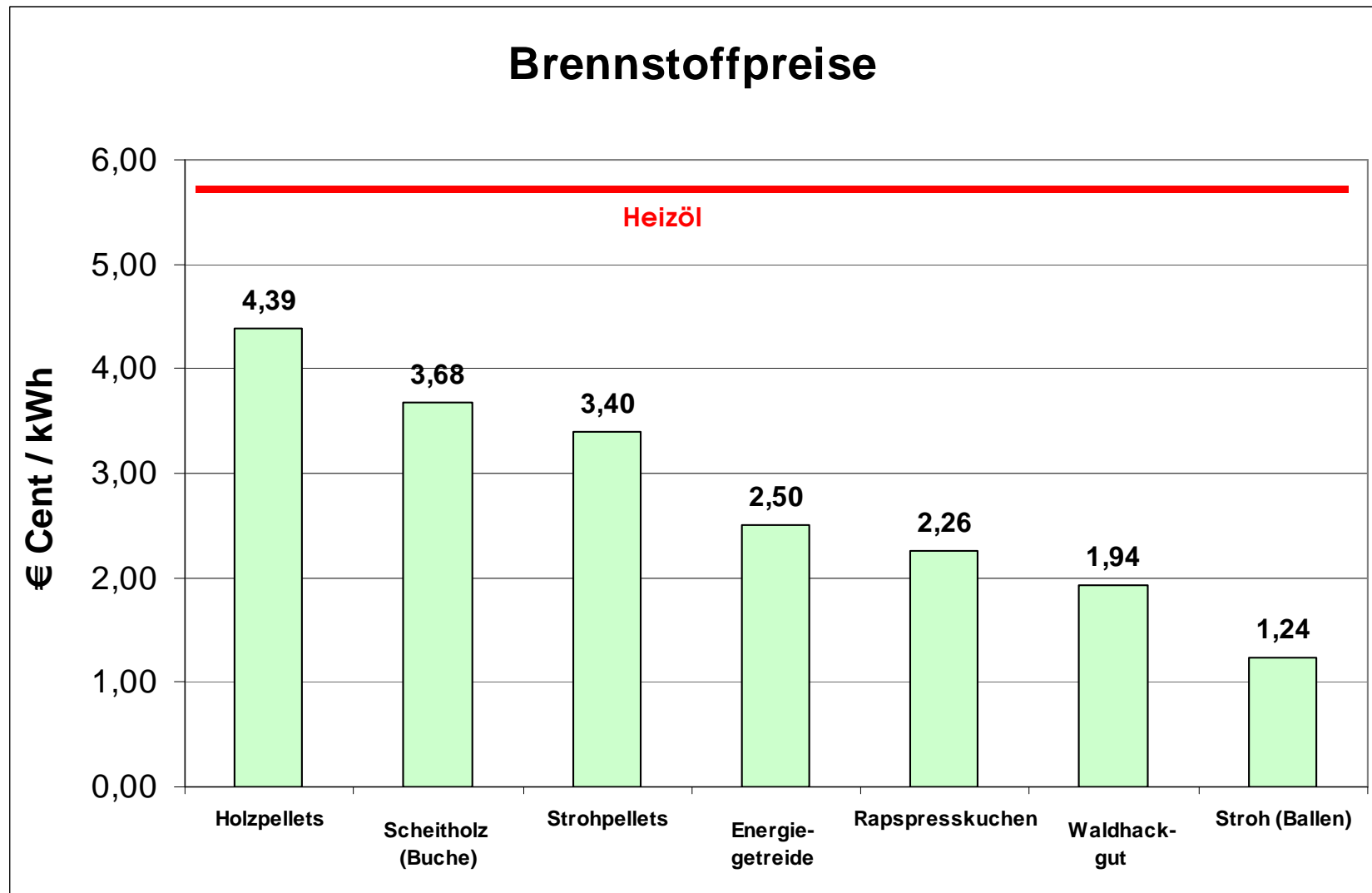
- Tendenz steigend -



C.A.R.M.E.N.

| | Heizwert (wf) (kWh/kg) | Heizwert (typ. Wassergeh.) (kWh/kg) | Preisspanne |
|-------------------------------|------------------------------|--|---------------|
| Heizöl | 10 | 10,00 | 0,60 €/l |
| Scheitholz lufttrocken | 5,19 | 4,00 | 50 - 100 €/rm |
| Hackschnitzel (35%) | 5,19 | 3,10 | 48 - 75 €/t |
| Sägerestholz (30%) | 5,19 | 3,20 | 25 - 40 €/t |
| Holzpellets | 5,19 | 4,90 | 175 - 300 €/t |
| Energiegetreide | 4,72 | 4,00 | 85 - 110 €/t |
| Stroh (Ballen) | 4,78 | 4,02 | 40 - 70 €/t |
| Strohpellets | 4,78 | 4,41 | 140 - 170 €/t |
| Rapspresskuchen | 5,77 | 5,31 | 100 - 140 €/t |

Große Preisdifferenzen

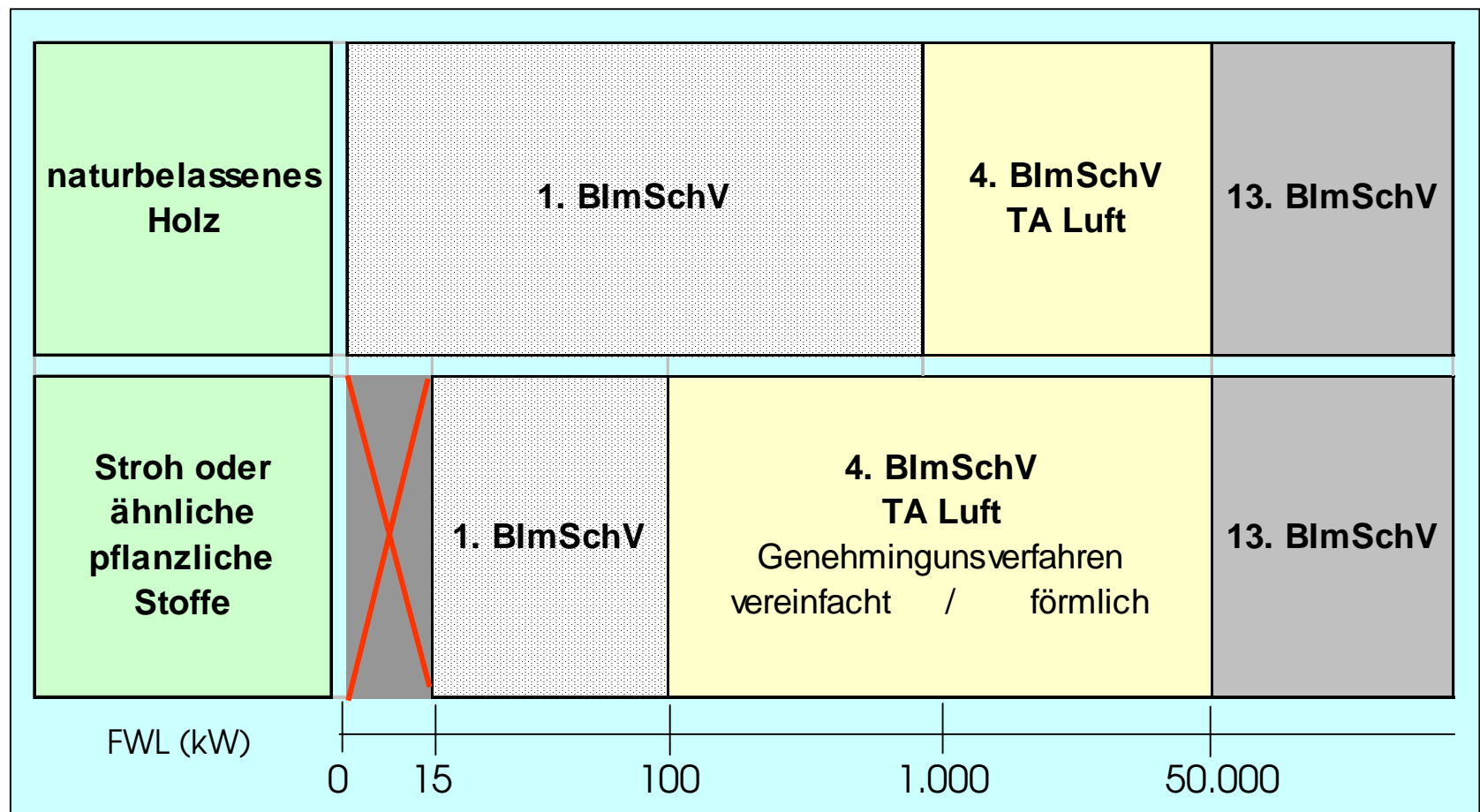


Rechtliche Situation I



C.A.R.M.E.N.

Emissionsrechtliche Grundlagen für die Verbrennung naturbelassener Biomasse in Abhängigkeit von der Feuerungswärmeleistung:





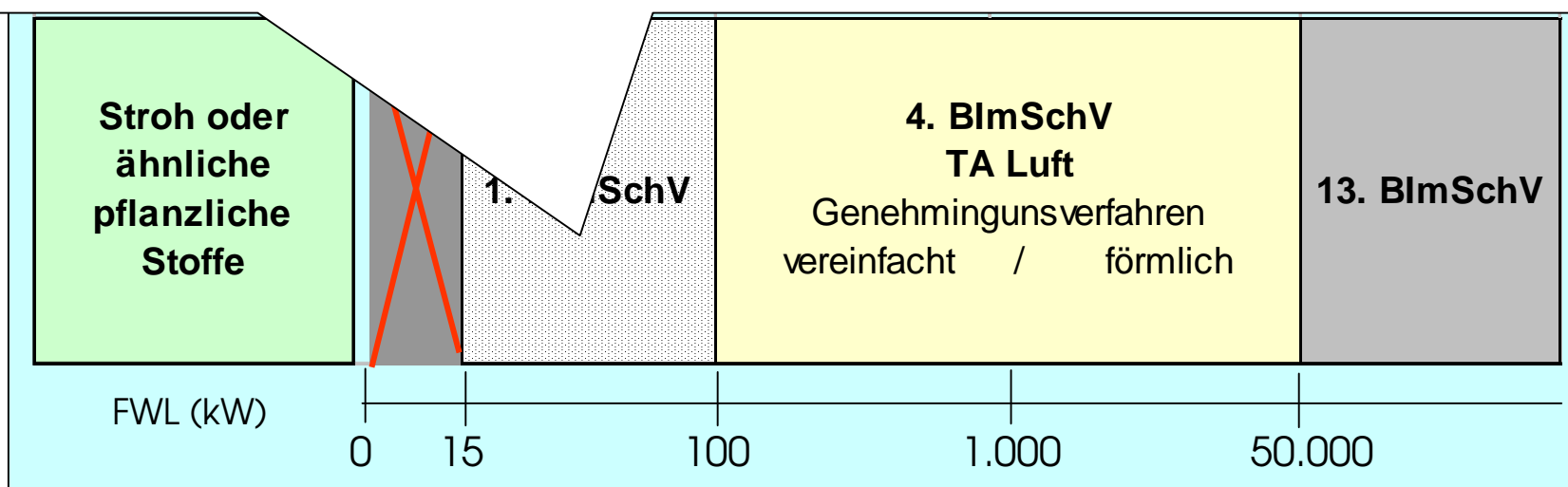
1. BImSchV (Kleingefährdungsverordnung):

§ 3 Brennstoffe, Nr. 8. **Stroh oder ähnliche pflanzliche Stoffe**

Erläuterungen:

Als stroh- oder strohähnliche Stoffe gelten Energiepflanzen, z. B. Schilf, Elefantengras, Heu, Maisspindeln.

**! Getreide nicht aufgeführt und damit kein
Regelbrennstoff ebenso Rapspresskuchen !**





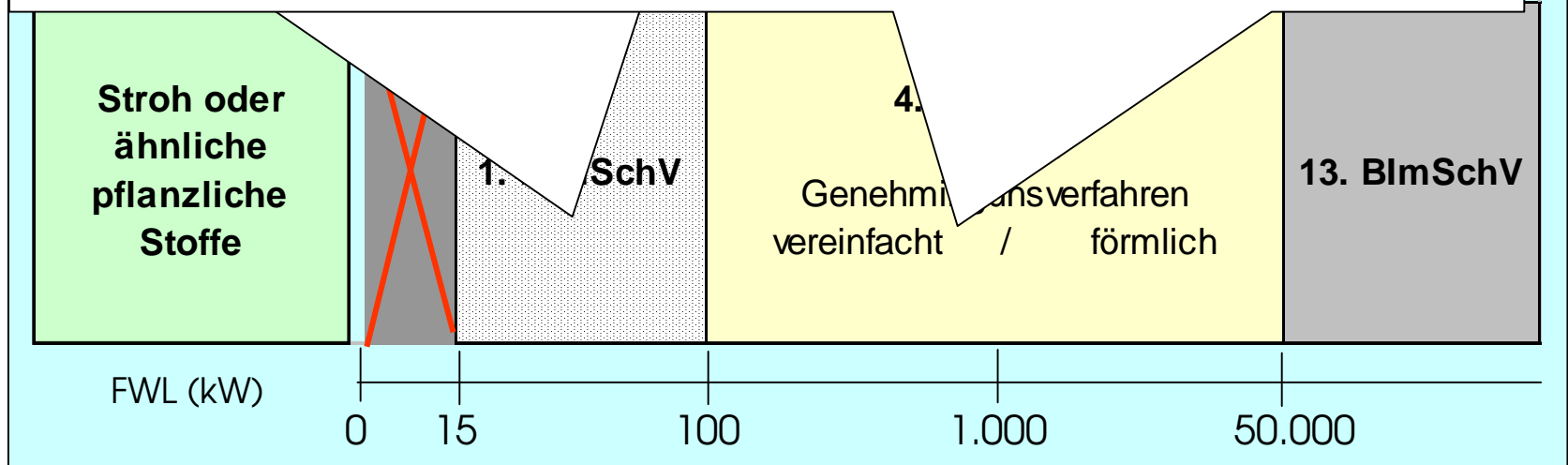
4. BImSchV (Genehmigungsbedürftige Anlagen nach TA Luft):

für **Stroh u. ähnliche pflanzliche Stoffe** gemäß Nr. 1.3 Anhang der 4. BImSchV gilt für Anlagen:

von 100 bis 1 MW_{FWL} **vereinfachtes Verfahren**
...ab 1 MW_{FWL} **förmliches Verfahren**

Benennung von **Stroh oder ähnliche pflanzliche Stoffe** nach TA Luft: z. B. Getreidepflanzen, Gräser, Miscanthus

! Einsatz von Getreide ist erlaubt !



Rechtliche Situation II

Auswahl von Emissionsgrenzwerten bei Verbrennung naturbelassener Biomasse:

| Vorschrift | Staub (mg/Nm ³) | CO (mg/Nm ³) | NOx (mg/Nm ³) | SO ₂ (mg/Nm ³) | HCl (mg/Nm ³) | Dioxine Furane (ng/Nm ³) |
|---|--------------------------------|---|------------------------------|--|------------------------------|--|
| 1. BImSchV Holz: 15 - 1000 kW _{FWL} Stroh: 15 - 100 kW _{FWL} | 75-50 150 | 4.000 Staffelung bei Holz bis 500 | - | - | - | - |
| TA-Luft Holz: 1 MW – 2,5 MW 2,5 MW – < 5 MW Stroh: 100 kW- 1 MW | 100 50 50 | 150 150 250 | 250 250 500 | - - 350 | - - 30 | - - 0,1 |

TA-Luft 2002 novelliert

1. BImSchV in der Novellierungsphase (2008)

Ausnahmegenehmigungen nach 1. BImSchV



Nach der 1. BImSchV ist Getreide kein Regelbrennstoff wie Stroh und ähnliche pflanzliche Stoffe. Die Auslegung, ob Getreide ein strohähnlicher Brennstoff ist oder nicht, ist Sache der Länder.

1. BImSchV § 20 Zulassung von Ausnahmen

"Die zuständige Behörde (*Landratsamt*) kann auf Antrag Ausnahmen von den Anforderungen der §§ 3 bis 11 und des § 18 (Ableitbedingungen für Abgase) zulassen, soweit diese im Einzelfall wegen

besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer **unbilligen Härte** führen und **schädliche Umwelteinwirkungen nicht zu befürchten** sind.,,

- Die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte reicht nicht aus!
- Das **Immissionsverhalten** in Nähe der Anlage wird mit betrachtet!

Vollzug der Ausnahmeregelungen nach § 20 in Bayern: 2005



Im Schreiben des BaySt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz vom 22.4.2005 an die Regierungen werden **einheitliche Auflagen** für **befristete Ausnahmegenehmigungen vorgeschlagen** (bis Regelung in novellierter 1. BImSchV in Kraft):

- Getreideganzpflanzen oder Getreidekörner dürfen nur von Anbauflächen stammen, die mindestens 1 Jahr lang **nicht** mit **chloridhaltigen** Mineraldüngemitteln gedüngt wurden,
- **Emissionsbegrenzungen nach Prüfzeugnissen** (nach DIN EN 303-5):
 - NO_x:** 500 mg/Nm³ (13 % O₂)
 - Staub:** 75 mg/Nm³ (13 % O₂)
- **Emissionsbegrenzungen bei wiederkehrenden Messungen** (Kaminkehrer):
 - Staub:**

| | |
|---------------|---|
| bis 50 kW | 100 mg/Nm ³ (13 % O ₂) |
| 50 bis 100 kW | 75 mg/Nm ³ (13 % O ₂) |
 - CO:**

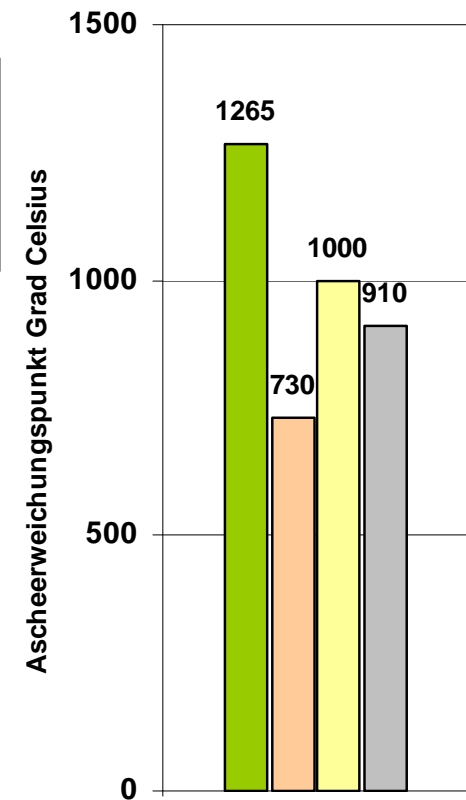
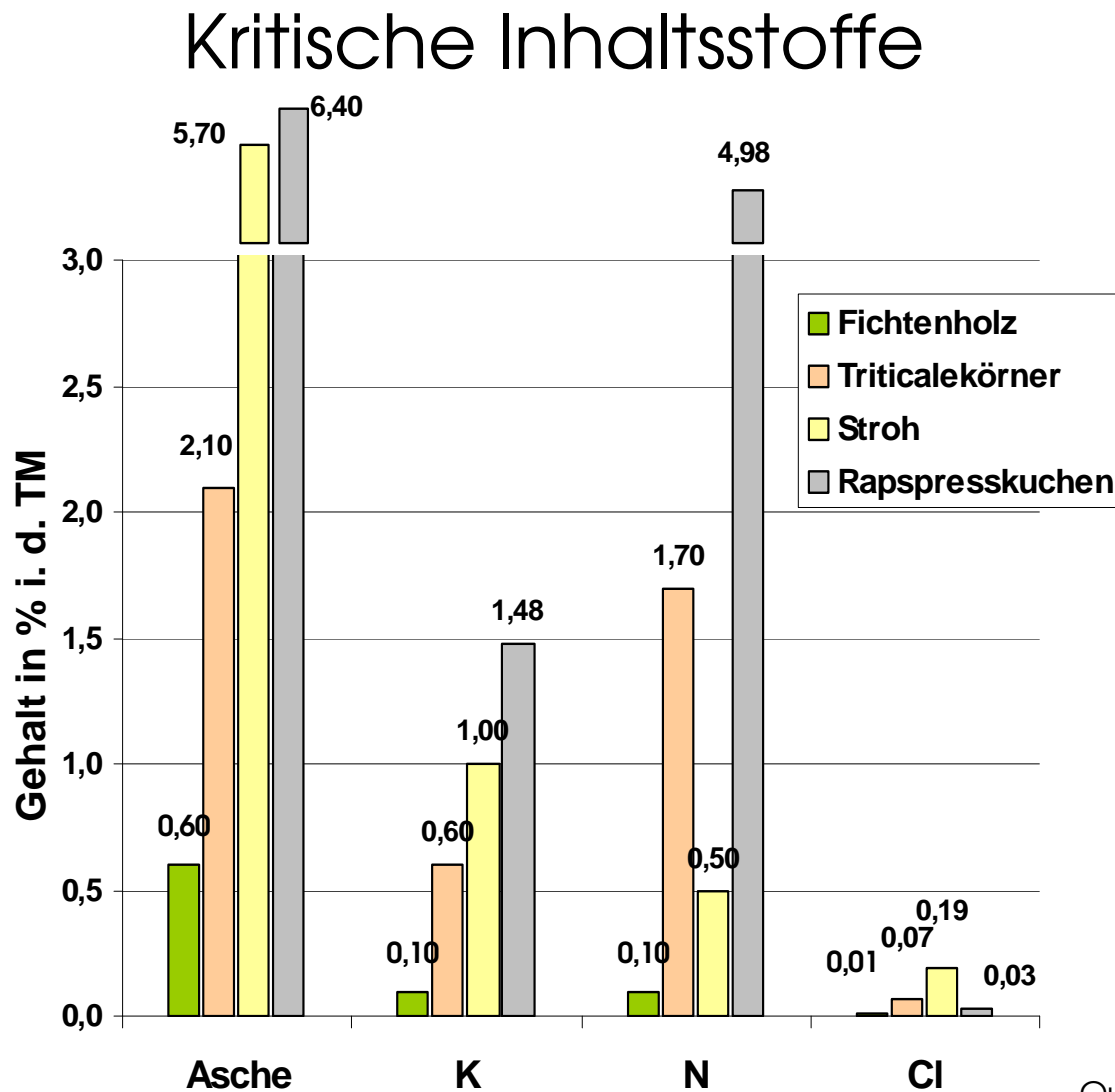
| | |
|---------------|--|
| bis 50 kW | 1,0 g/Nm ³ (13 % O ₂) |
| 50 bis 100 kW | 0,5 g/Nm ³ (13 % O ₂) |
- **Einsatz** nur in Betrieben der **Land- u. Forstwirtschaft, des Gartenbaus u. Agrargewerbes**

Besonderheiten von Körner- und Stroh brennstoffen



C.A.R.M.E.N.

Asche- erweichung



Quelle: nach Hartmann, verändert

Probleme beim Anlagenbetrieb: Verschlackung



- **Bewegung der Glut und Asche, leistungsstarke Entaschung**
- **Luft- und wassergekühlte Glutbettzone**
- **Mischen von Getreide und Holzbrennstoffe**
- **Zugabe von 1-3% Branntkalk**

Automatischer Kalkdosierer



C.A.R.M.E.N.



Quelle: Hiendlmeier

Probleme beim Anlagenbetrieb: Korrosion



- **Taupunktunterschreitung vermeiden**
- **Korrosionsbeständige Bauteile (Kamin)**
- **Kalk bindet augenscheinlich Chlor**
- **Chloridfreie Düngung**

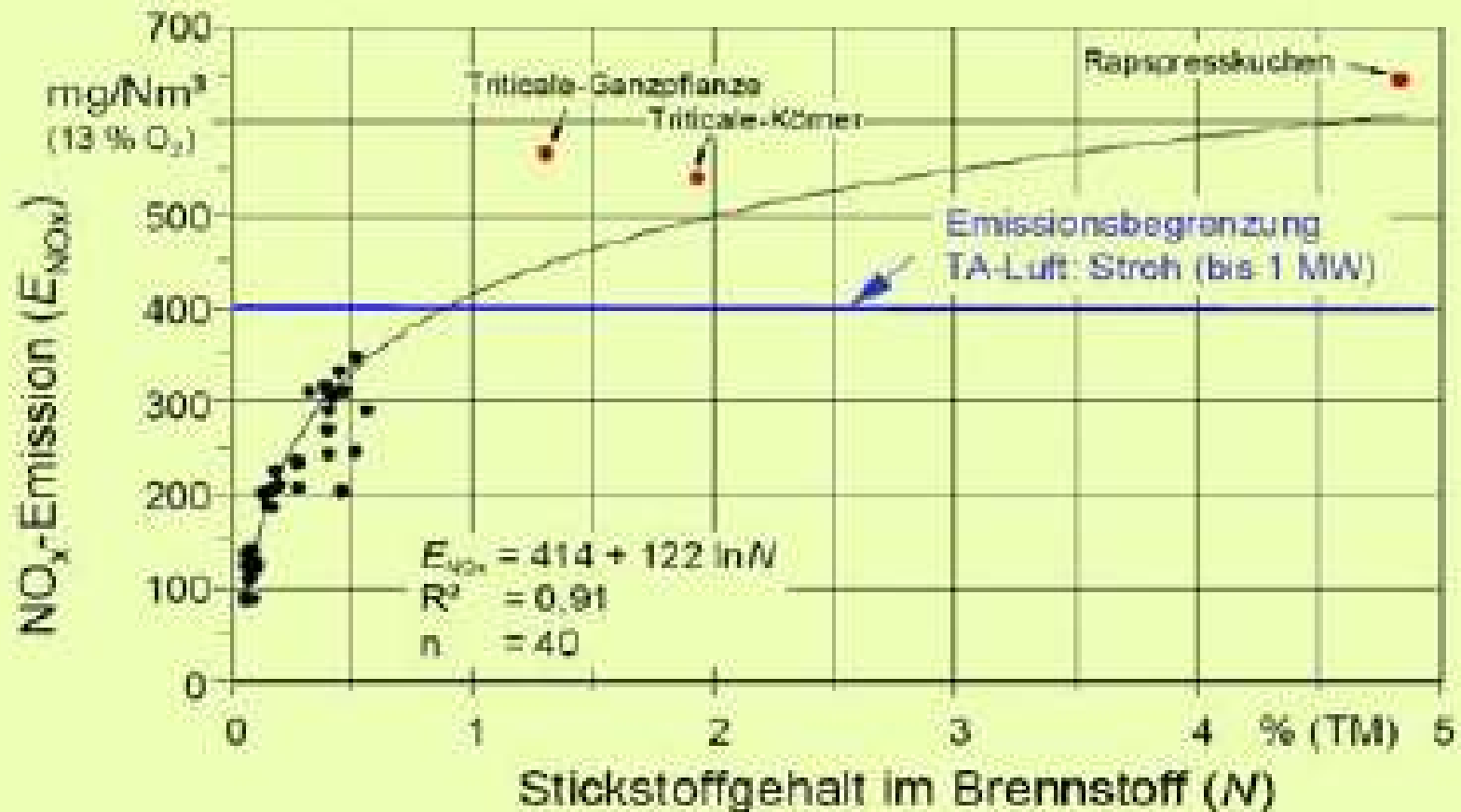


Probleme beim Anlagenbetrieb: weitere Aspekte



- **Geruchsemissionen** besonders beim Anfahren und bei Teillast
 - kein Gluterhalt, Pufferspeicher
 - Anfahren der Anlage mit Holzpellets oder Hackschnitzel
 - Sommerbetrieb mit Holzpellets
- **deutlich verminderte Kesselleistung** im Vergleich zu Holzbrennstoffen; Luftführung wird durch dichtere Lagerung von Getreide und Schlackebildung behindert
- **Zündschwierigkeiten**
- In der Regel erhöhter **Wartungsaufwand**

Emissionen bei Getreide: Stickoxide



Quelle: Hartmann 2004

Lösung: Forschungsbedarf
Reduzierung des N-Gehaltes im Brennstoff

Emissionen bei Getreide: Staub ↓



C.A.R.M.E.N.

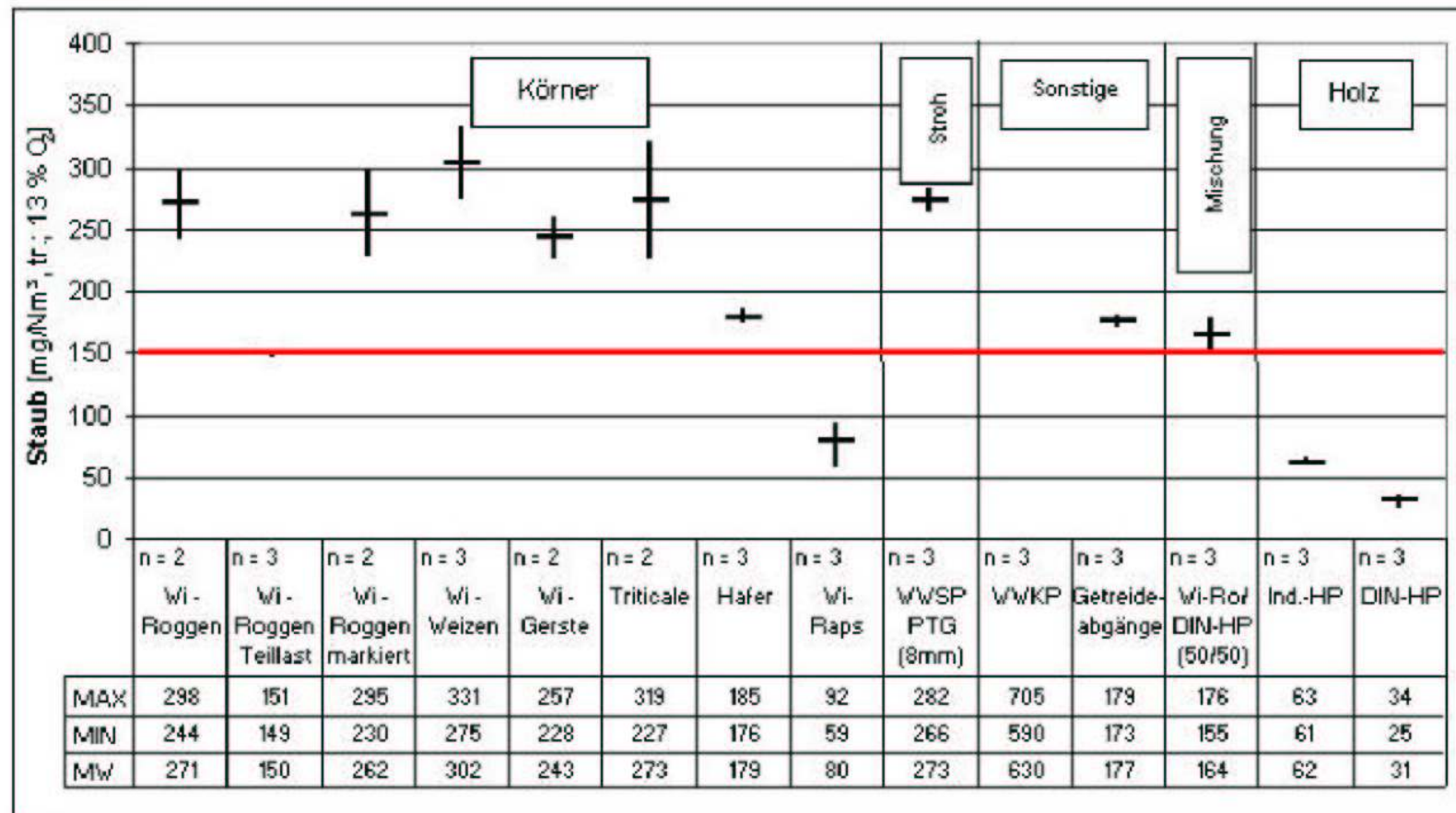


Abbildung 34: Vergleich der Staubemissionen verschiedener holz- und halmgutartiger Biomassen – Erhebung von Praxisdaten am MULTI HEAT 2,5, Fa. BAXI A/S – 2003/04; angegeben als Viertelstundenmittelwerte bezogen auf 13 % Restsauerstoffgehalt im trockenen Abgas unter Normbedingungen
(gemessen durch TLUG, 2003/04)

Quelle: TLL



Emissionen bei Getreide: Staub ↑



C.A.R.M.E.N.

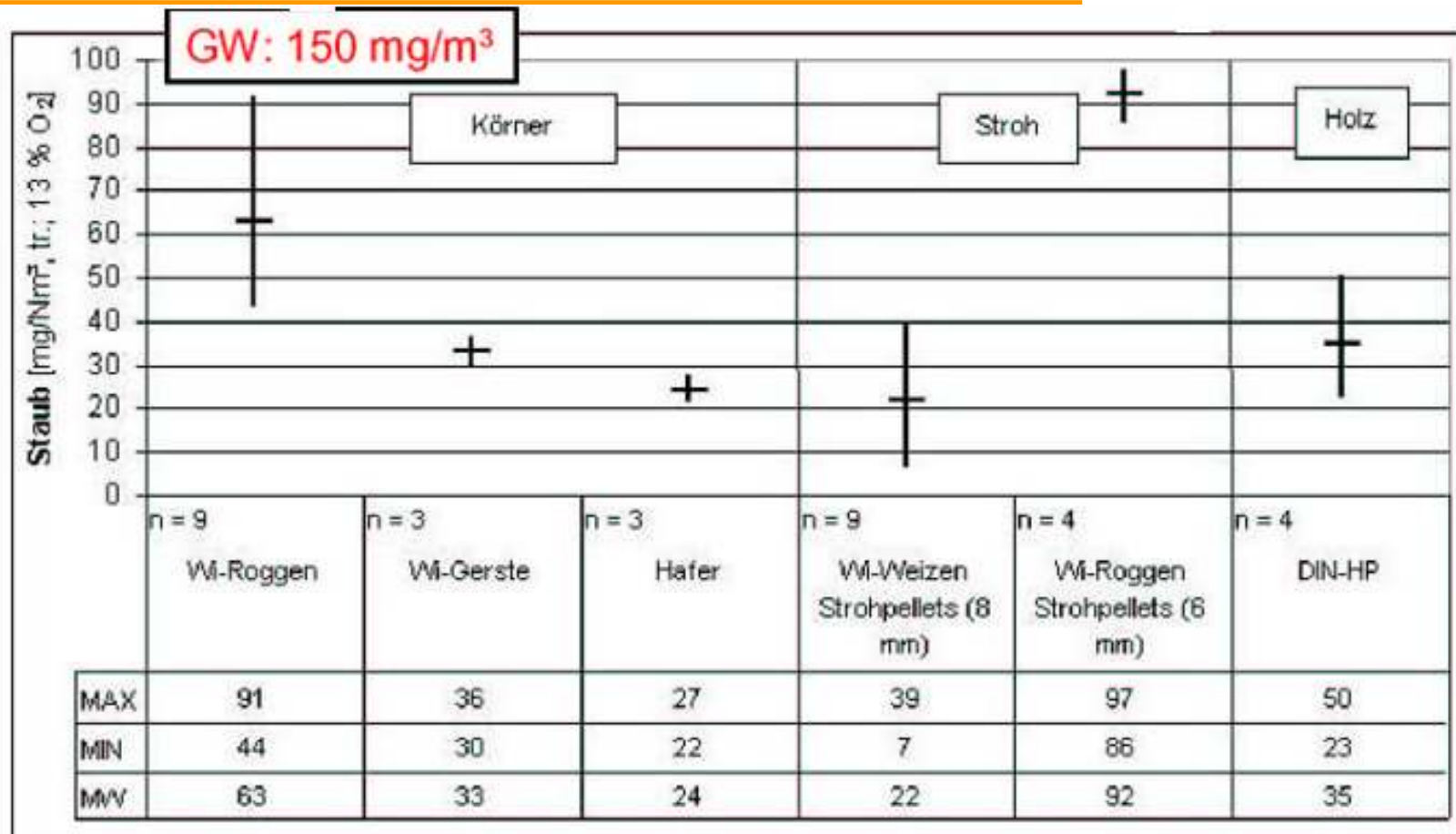


Abbildung 35: Vergleich der Staubemissionen (1. BImSchV) verschiedener holz- und halmgutartiger Biomassen – Erhebung von Praxisdaten am AGRO 40, Fa. Agrofamm – 2004/05, angegeben als Viertelstundenmittelwerte bezogen auf 13 % Restsauerstoffgehalt im trockenen Abgas unter Normbedingungen (gemessen durch TLUG, 2005)

Quelle: TLL

Emissionen bei Getreide: Staub ↑



C.A.R.M.E.N.

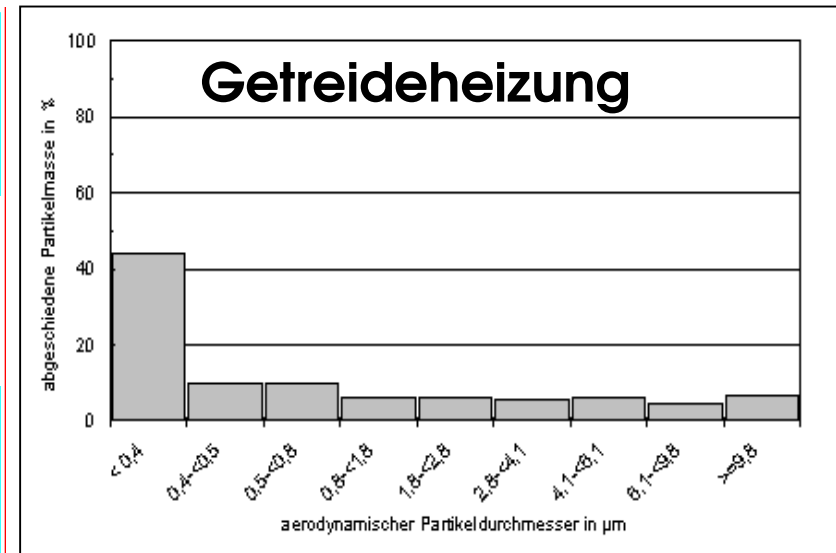
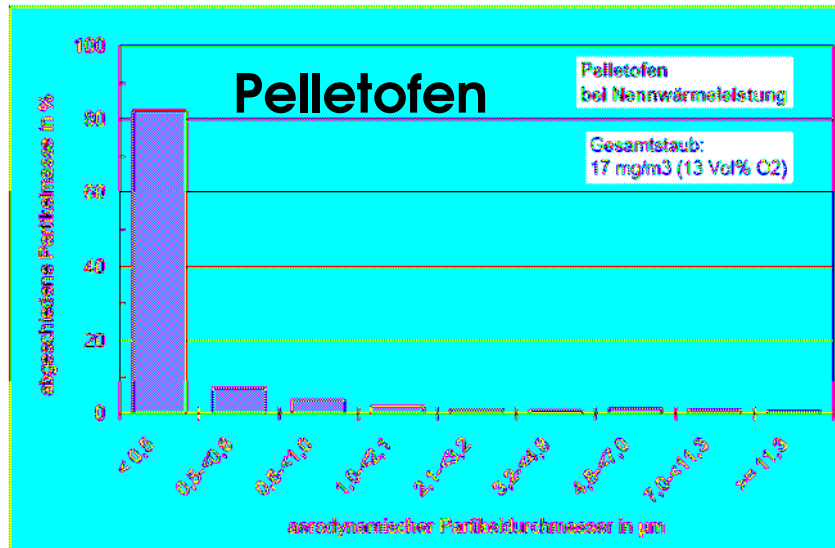


Abbildung 35: Vergleich der Staubemissionen (1. BImSchV) verschiedener holz- und halmgutartiger Biomassen – Erhebung von Praxisdaten am AGRO 40, Fa. Agroflamm – 2004/05, angegeben als Viertelstundenmittelwerte bezogen auf 13 % Restsauerstoffgehalt im trockenen Abgas unter Normbedingungen (gemessen durch TLUG, 2005)

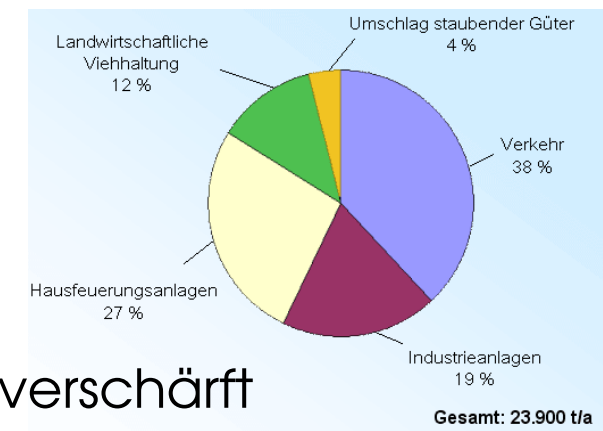
Quelle: TLL

Feinstaub

Partikelgrößenverteilung



- Feinstaub <math>< 10 \mu\text{m}</math>
- Hausfeuerungsanlagen tragen mit 27 % zur Feinstaubbelastung bei
- Luftqualitätsrichtlinie seit 1. Januar 2005 verschärft



Feinstaub

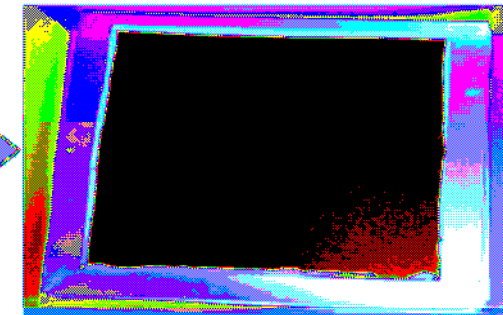


C.A.R.M.E.N.

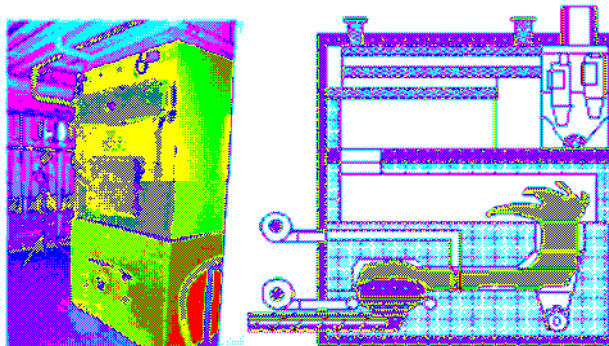


Euro 3 Diesel-PW ohne Partikelfilter

Abgas Dieselmotor

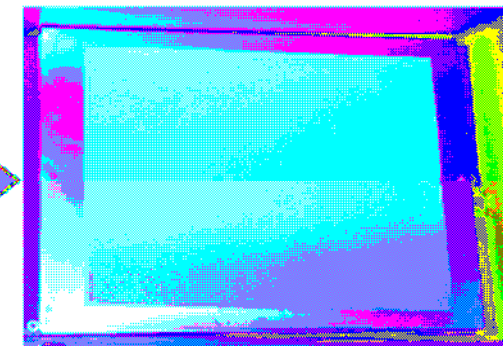


Filter beladen mit 0,5 g Feinstaub
(Dieselruß)



Automatische Holzfeuerung mit annähernd
vollständiger Verbrennung und ohne Filter

Abgas Holzfeuerung



Filter beladen mit 2 g Feinstaub
(vorwiegend Salze)

Abbildung 5 Vergleich von Dieselruß (Kohlenstoff und organische Verbindungen) und Staub einer automatischen Holzfeuerung (hauptsächlich Salze) nach [Nussbaumer et al. 2005].

Emissionen bei Getreide: Sekundäre Entstaubung



C.A.R.M.E.N.

Elektrofilter



Gewebefilter

Schüttschichtfilter



**Brennwerttechnik
Rauchgaswäscher**



Emissionen bei Getreide: Brennstoffaufbereitung



Getreidereinigung und Kalkzugabe

- + Positive Effekte auf die Staubemissionen

Mischen mit Holzbrennstoffen

- + Zündfähigkeit
- + Verschlackung
- + bei Erhöhung des Holzanteiles reduzieren sich die Staub-, NO_x-, SO₂-, und HCl-Emissionen
- optimale Einstellung der Anlage auf Brennstoff nicht möglich
- beim Mischen mit feuchtem Holz erhöhte Korrosionsgefahr



Marktschau



Beispiele

**Biomassefeuerungen für
schlackereiche Brennstoffe**

Kein Anspruch auf Vollständigkeit

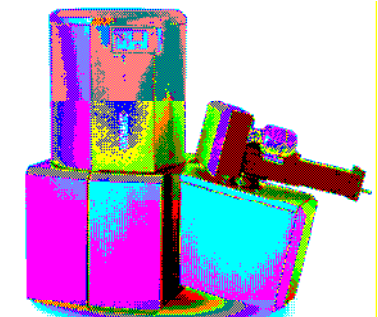


Bild: Werner Boos



Bild: www.baxi.dk

Getreidefeuerungen Dänische/finnische Hersteller



- **Twin Heat** (12 - 80 kW)
- **P&H** (12 - 300 kW)

Passat /Ferro (30-400 kW)
www.ferro-waermetechnik.de



ALA-Talkkari (30-300 kW)



Reka (20-250 kW)
www.reka.com

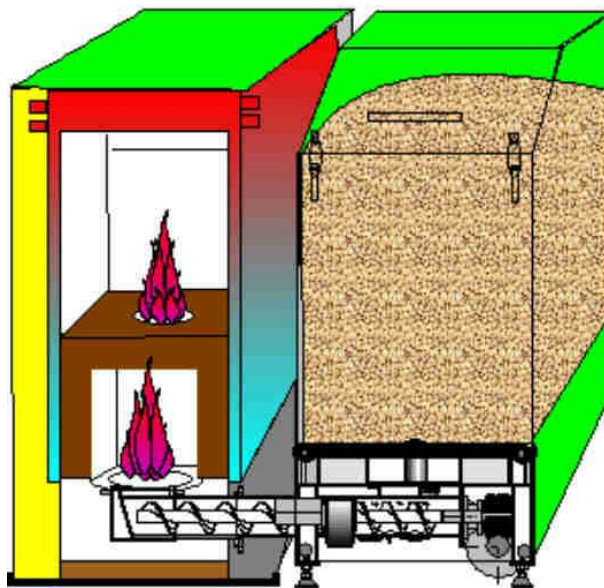


BAXI Multi-Heat(15-40 kW)
www.holzheizkessel.info

Getreidefeuerungen Biokompakt AWK



- Leistungsbereich: 10 - 130 kW
- **Brennstoffe:** Hackschnitzel, Pellets , Getreide, Rapskuchen, Sonnenblumen
- Getreide nur unter Zugabe von Kalk
- Vollständige Auskleidung mit Feuerbeton



Fotos: Brökeland
Graphik: www.biokompakt.com

www.biokompakt.com

Getreidefeuerungen

Öko Therm A.P. Bioenergietechnik



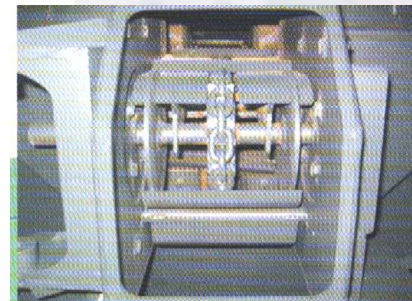
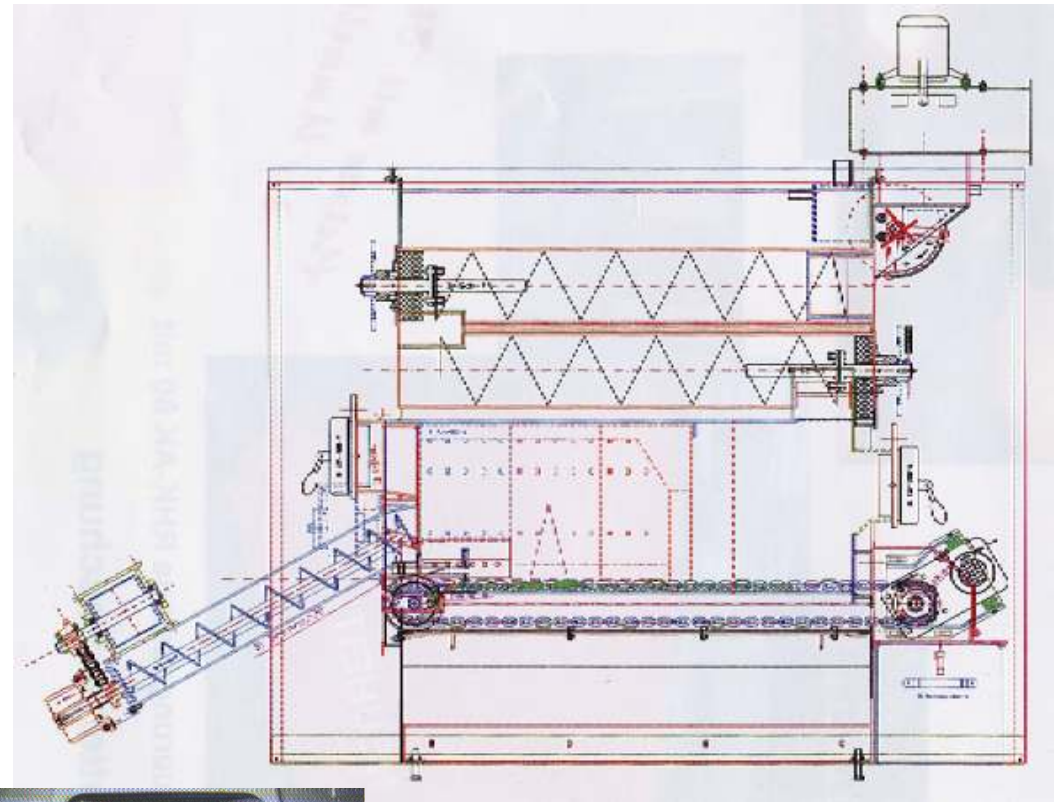
- Leistung: 49 - 800 kW
- Schubbodenfeuerung, wassergekühlter Feuerraum aus Edelstahl
- **Brennstoffe:** Holzhackschnitzel, Ganzpflanzenpellets, Graspellets, Nußschalen, Rapspreßkuchen, Stroh, Rinden, Abbruchholz



Fotos: Brökeland

Getreidefeuerungen

Heizomat RHK 15 kW - 850 kW



**Riegel-Ketten-
Entaschung**

Fotos: Heizomat

Getreidefeuerungen

Agroflamm Agro 40



- **Brennstoffe:** Holzpellets u. Agrarbrennstoffe (Strohpellets, Getreide, Grüngutpellets)
- **Besonderheit:** Neuentwicklung mit zwei Verbrennungsstufen

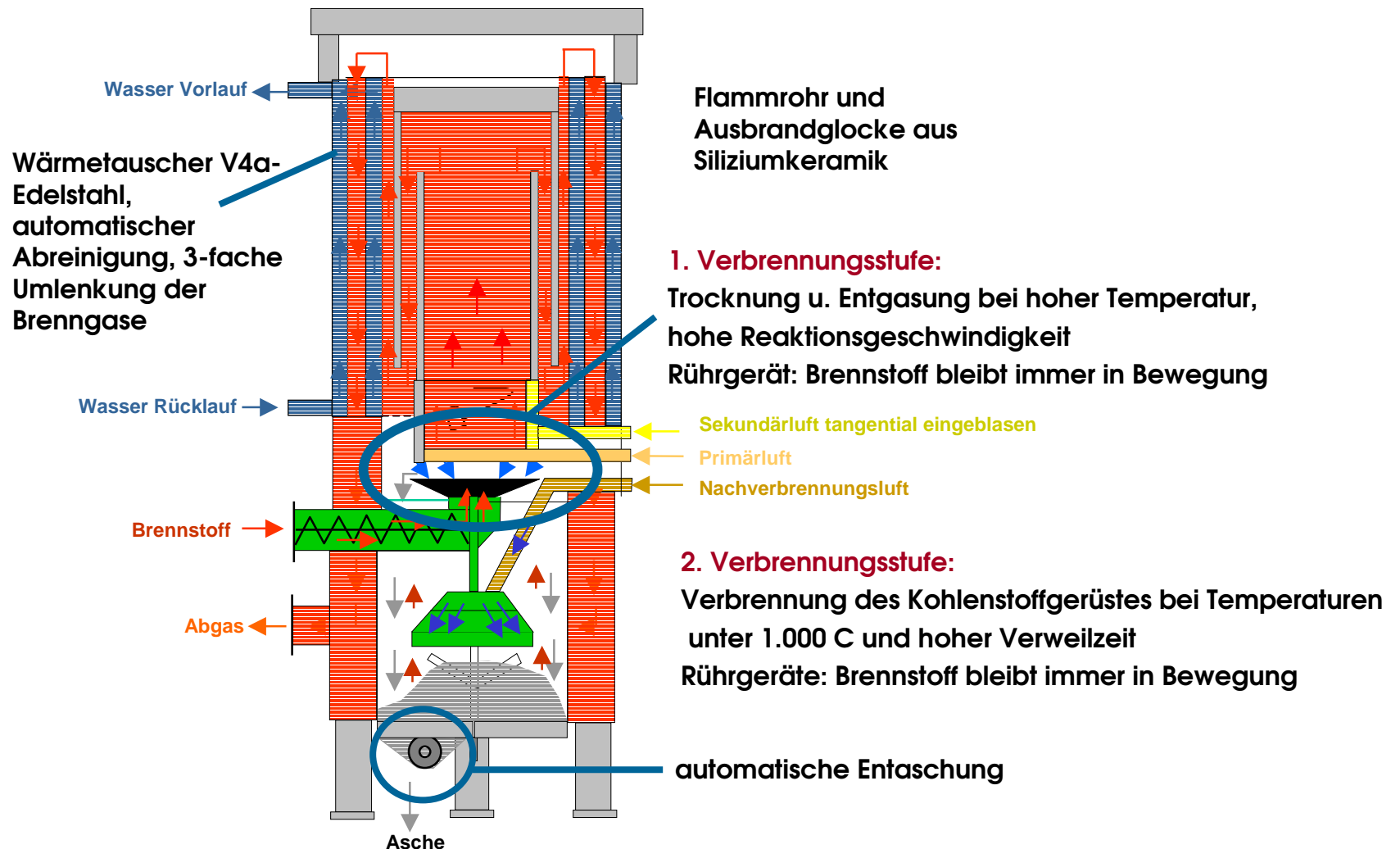


- **Leistung:** Holzpellets 50 kW
Agrarbrennstoffe 40 kW

www.agroflamm.de

Bild: Werner Boos

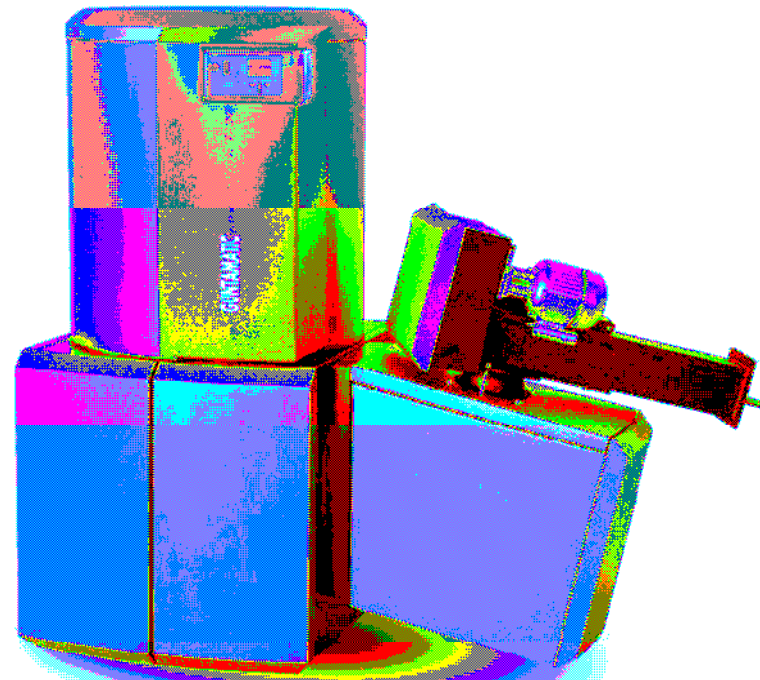
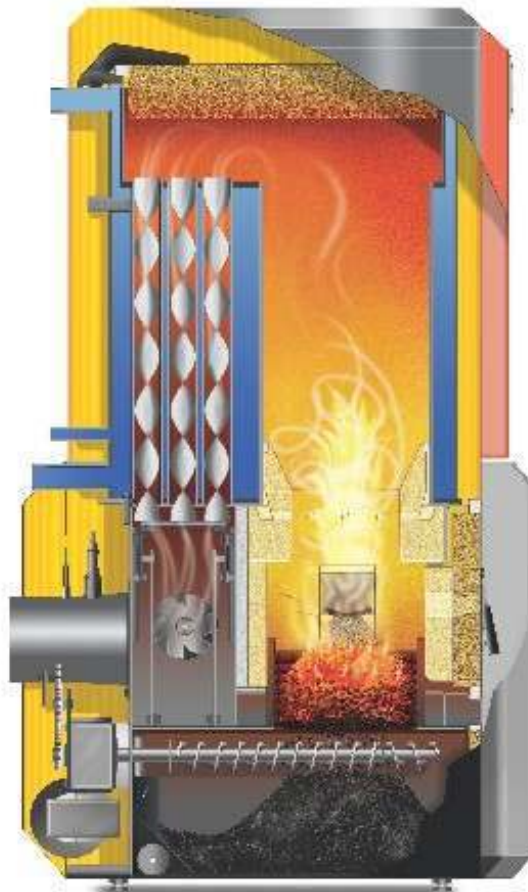
Getreidefeuerungen Funktionsweise Agro 40



Getreidefeuerungen Guntamatic Powercorn



- Österreichischer Hersteller, Leistungsbereich: 25 – 40 kW
- **Brennstoffe:** Holzpellets, Getreide (Weizen bei Zugabe von Kalk)



www.guntamatic.com

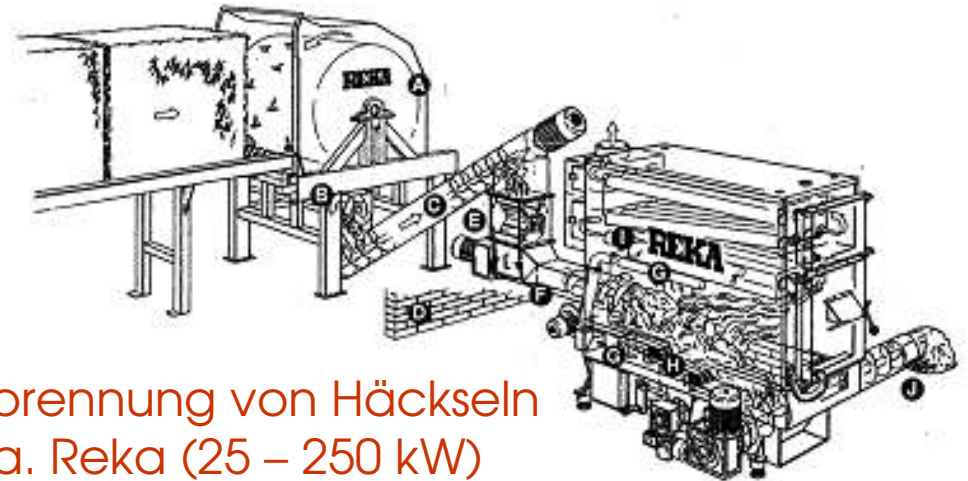
Strohfeuerungen (Ballen)



C.A.R.M.E.N.



Verbrennung von Ballen
Fa. Herlt (85 – 400 kW)



Verbrennung von Häckseln
Fa. Reka (25 – 250 kW)



Verbrennung von Ballen
Fa. Volunt (ab 3 MW)



C.A.R.M.E.N.

Wirtschaftlichkeit I

kapitalgebundene Kosten (Annuität)

- **Bauliche Investition (Heizraum, Lagerraum, Kamin, Nahwärmeleitung)**
- **Feuerungsanlage komplett mit Regelung und Raumaustragung**
- Pufferspeicher
- Installationsteile (Druckausgleichsgefäß, Speicherladepumpe usw.)
- Lieferung, Montage, Inbetriebnahme
- **Nutzungsdauer**

stark schwankend => Einzelfallbetrachtung

verbrauchsgebundene Kosten

- **Brennstoffkosten**
- **Hilfsenergie**

stark schwankend => Einzelfallbetrachtung

betriebsgebundenen Kosten

- Instandsetzung/Wartung
- **Arbeitskosten für Reinigung und Betrieb**
- Kaminkehrer

Jährliche Gesamtkosten

+

+

=

Wirtschaftlichkeit II

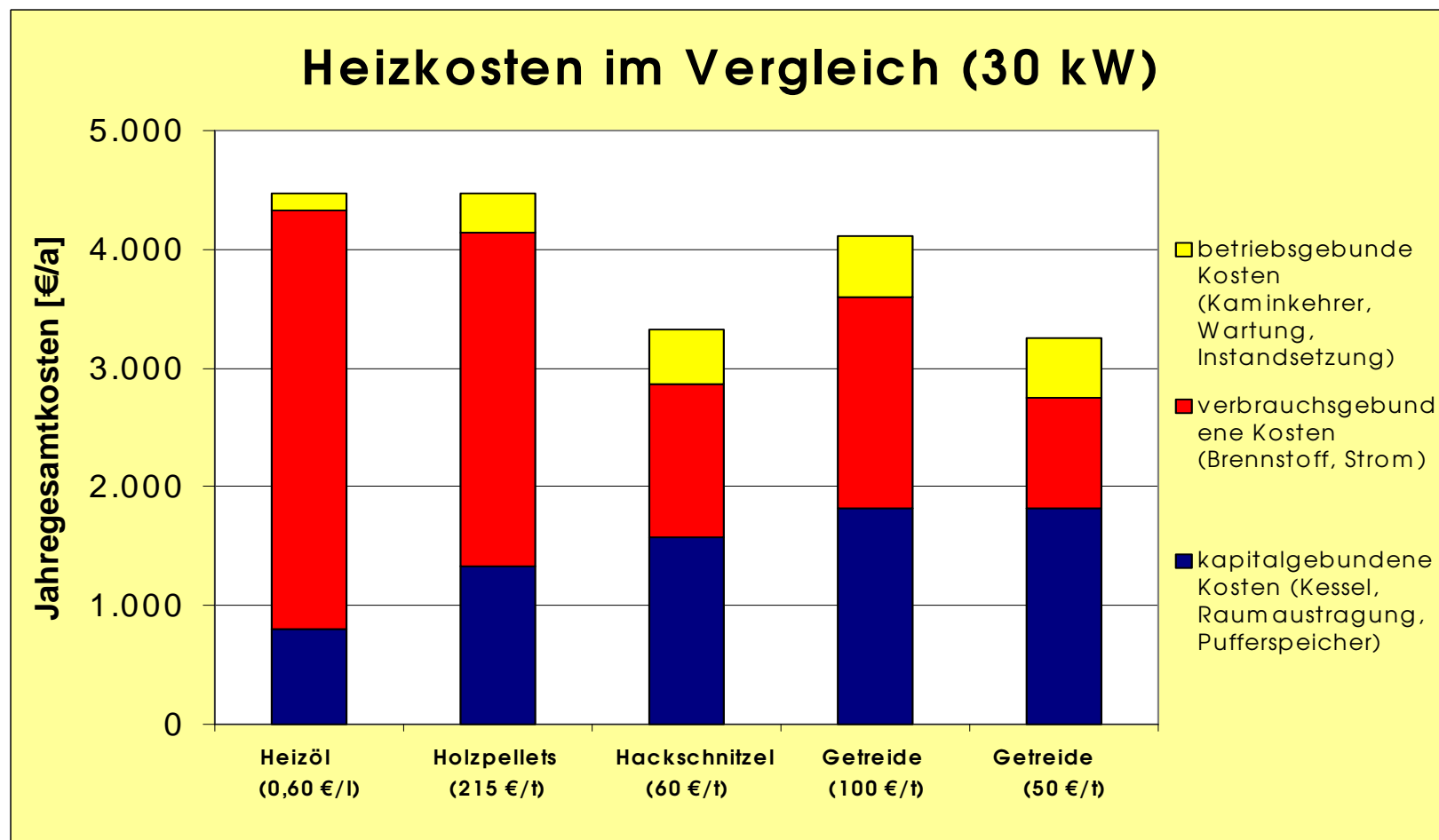


C.A.R.M.E.N.

| | Einheit | Heizöl | Holz- pellets | Hack- schnittel | Energie- getreide | Getreide minderw. |
|--|----------|--------|------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| Anlagen- und Betriebsdaten | | | | | | |
| Kesselnennleistung | kW | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Jahreswärmebedarf | MWh/a | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Jahresnutzungsgrad | % | 88 | 84 | 79 | 75 | 75 |
| Investitionskosten | | | | | | |
| Kessel/Regelung/Austragung | € | 9.000 | 15.000 | 17.500 | 17.500 | 17.500 |
| abzgl. Förderung | | | 1.152 | 1.152 | 1.152 | 1.152 |
| zzgl. Rauchgasreinigung | € | 0 | 0 | 0 | 2.500 | 2.500 |
| kapitalgebundene Kosten | | | | | | |
| | €/a | 722 | 1.334 | 1.575 | 1.816 | 1.816 |
| verbrauchsgebundene Kosten | | | | | | |
| | €/a | 3.527 | 2.805 | 1.296 | 1.786 | 936 |
| Angesetzter Brennstoffpreis | €/l o. t | 0,60 | 215 | 60 | 100 | 50 |
| Brennstoffkosten | €/a | 3.477 | 2.719 | 1.210 | 1.700 | 850 |
| Hilfsenergie | €/a | 50 | 86 | 86 | 86 | 86 |
| betriebsgeb. u. sonstige Kosten | | | | | | |
| | €/a | 137 | 336 | 455 | 505 | 505 |
| Emissionsmessung/Kaminkehren | €/a | 47 | 128 | 128 | 128 | 128 |
| Instandhaltung/Wartung | €/a | 90 | 208 | 327 | 377 | 377 |
| Jahresgesamtkosten | | | | | | |
| | €/a | 4.387 | 4.475 | 3.327 | 4.107 | 3.257 |
| Wärmegestehungskosten | | | | | | |
| | €/MWh | 86 | 88 | 65 | 81 | 64 |

Zinssatz 5% und 15 Jahre Nutzungsdauer bei Holz und Getreide, bei Öl 20 Jahre; Hilfsenergiebedarf bei Heizöl 0,7% der therm. Arbeit, bei autom.besch. Anlagen 1,2%; Pufferspeicher sonst 25 l/kW bei Hackschnitzel und Getreide; Instandhaltung Getreide und Hackschnitzel 2%, sonst 1%; Förderung: BAFA automatisch beschickte Anlagen

Wirtschaftlichkeit III



Zinssatz 5% und 15 Jahre Nutzungsdauer bei Holz und Getreide, bei Öl 20 Jahre; Hilfsenergiebedarf bei Heizöl 0,7% der therm. Arbeit, bei autom.besch. Anlagen 1,2%; Pufferspeicher sonst 25 l/kW bei Hackschnitzel und Getreide; Instandhaltung Getreide und Hackschnitzel 2%, sonst 1%; Förderung: BAFA automatisch beschickte Anlagen

Wirtschaftlichkeit IV



- **Getreidefeuerung** ist **günstiger** als die Ölfeuerung, aber teurer als die Hackschnitzelheizung bei gleicher Nutzungsdauer
- **Nutzungsdauer:** Muss die Anlage bereits nach 11 Jahren erneuert werden, ist eine Wirtschaftlichkeit nicht mehr gegeben, Standzeiten der Filteranlagen derzeit nicht bekannt
- Können **Getreidepartien** eingesetzt werden, die **unter 55 €/t** am Markt Erlösen, so ist die Getreidefeuerung günstiger als die Hackschnitzelheizung
- Bei **Betrachtung des gesamten Heizsystems** darf Getreide nicht mehr als **125 €/t** kosten um mit der Ölheizung bei einem Heizölpreis von 0,60 €/l konkurrieren zu können
 - ⇔ bei reiner Brennstoffbetrachtung **240 €/t**



C.A.R.M.E.N.

Fazit

- Für die Verbrennung von Holz stehen für jeden Bedarf ausgereifte Techniken zur Verfügung
- Getreideverbrennung im Spannungsfeld
Luftreinhaltung ↔ Nachhaltige Energieversorgung
- Für Agrarrohstoffe sind vielversprechende Kesselneuerungen am Markt, jedoch zukünftig sekundäre Rauchgasreinigung notwendig
- Aufnahme von Getreide als Regelbrennstoff gilt als relativ sicher, bei verschärften Grenzwerten und für eingeschränkten Nutzerkreis

Heizen mit Getreide



C.A.R.M.E.N.

so einfach ?

