

---

Fachtagung  
Holz 2011 – Mit Energieholz effizient und emissionsarm heizen  
Haus Düsse, 27. Januar 2011

# Emissionsarme Holzverbrennung

## Stand der Technik und Perspektiven

Klaus Reisinger, Dipl. Ing. (FH)



Technologie- und Förderzentrum  
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe



# Technologie- und Förderzentrum (TFZ)



# Inhaltsübersicht

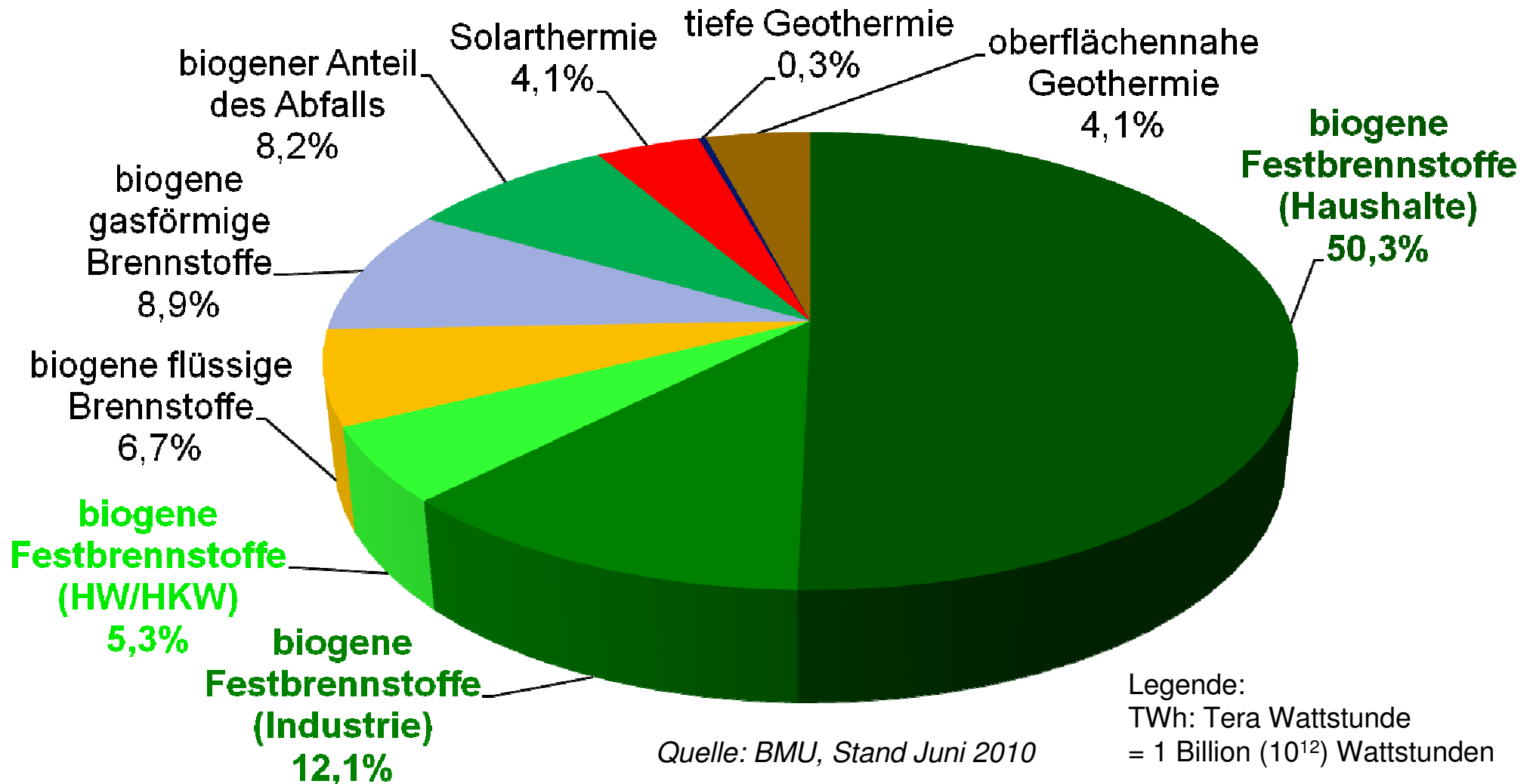
---

1. Einführung
2. Kennzeichen moderner Holzfeuerungen
  - Scheitholzkessel
  - Hackschnitzelkessel
  - Pelletkessel
3. Emissionen und Wirkungsgrade / Stand der Technik
4. Entwicklungstendenzen
  - Brennwerttechnik
  - Sekundäre Emissionsminderung
5. Zusammenfassung



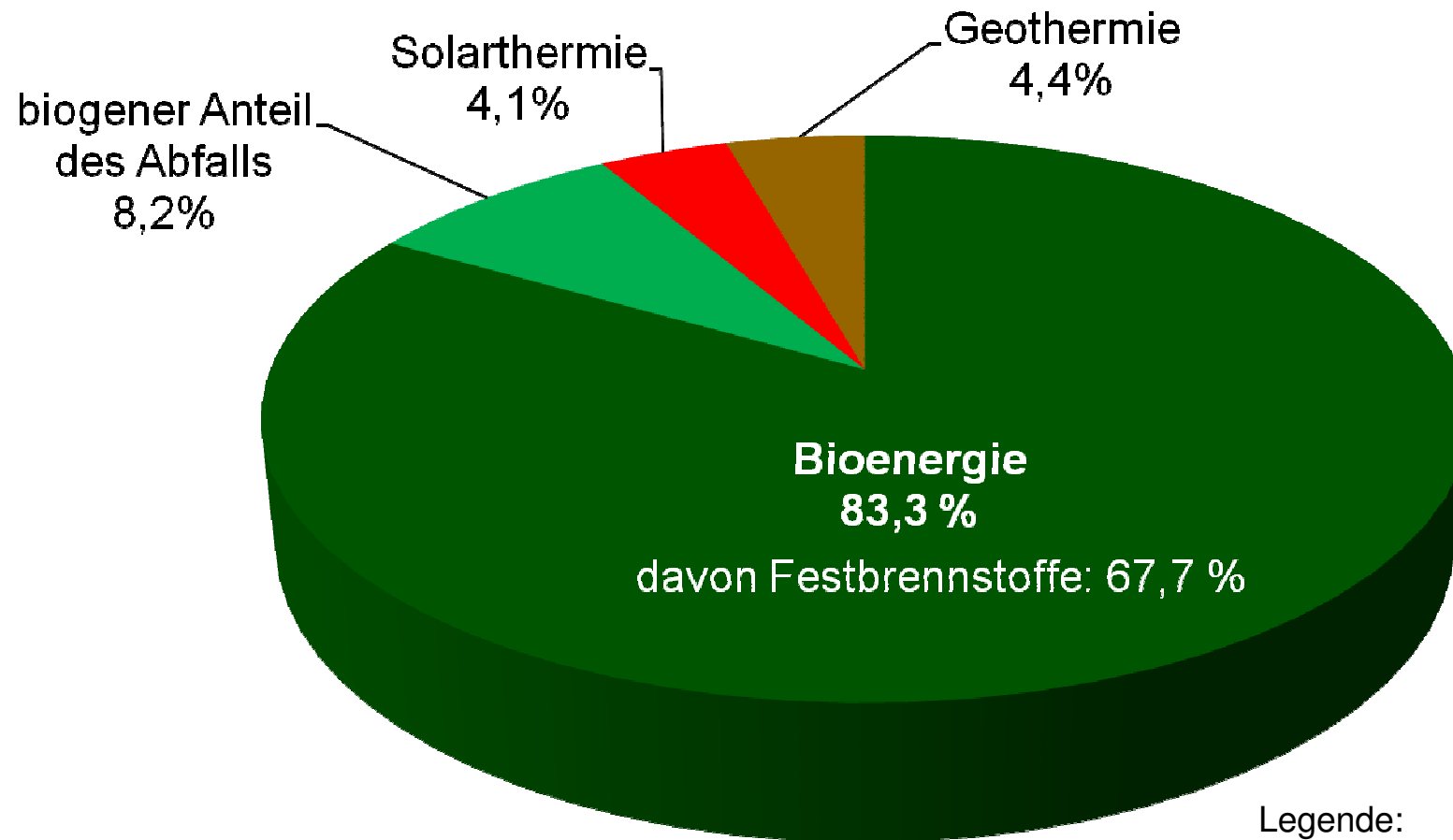
# Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in 2009

(Gesamt: rund 115,0 TWh, d.h. ca. 8,8 % Anteil am Wärmeverbrauch)



# Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien in 2009

(Gesamt: rund 115,0 TWh, d.h. ca. 8,8 % Anteil am Wärmeverbrauch)

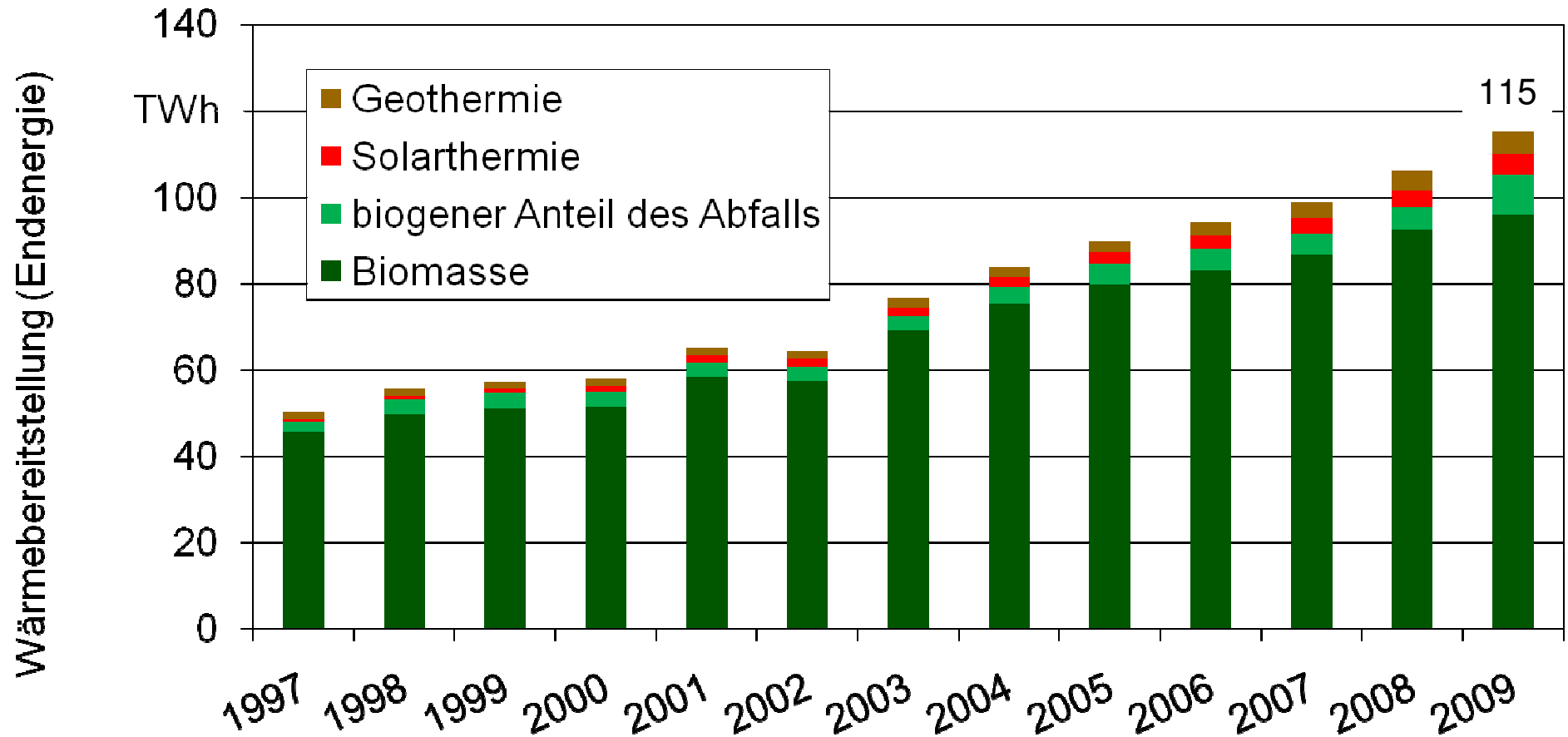


Quelle: BMU, Stand Juni 2010

Legende:  
TWh: Tera Wattstunde  
= 1 Billion ( $10^{12}$ ) Wattstunden



# Entwicklung der Wärmebereitstellung erneuerb. Energien



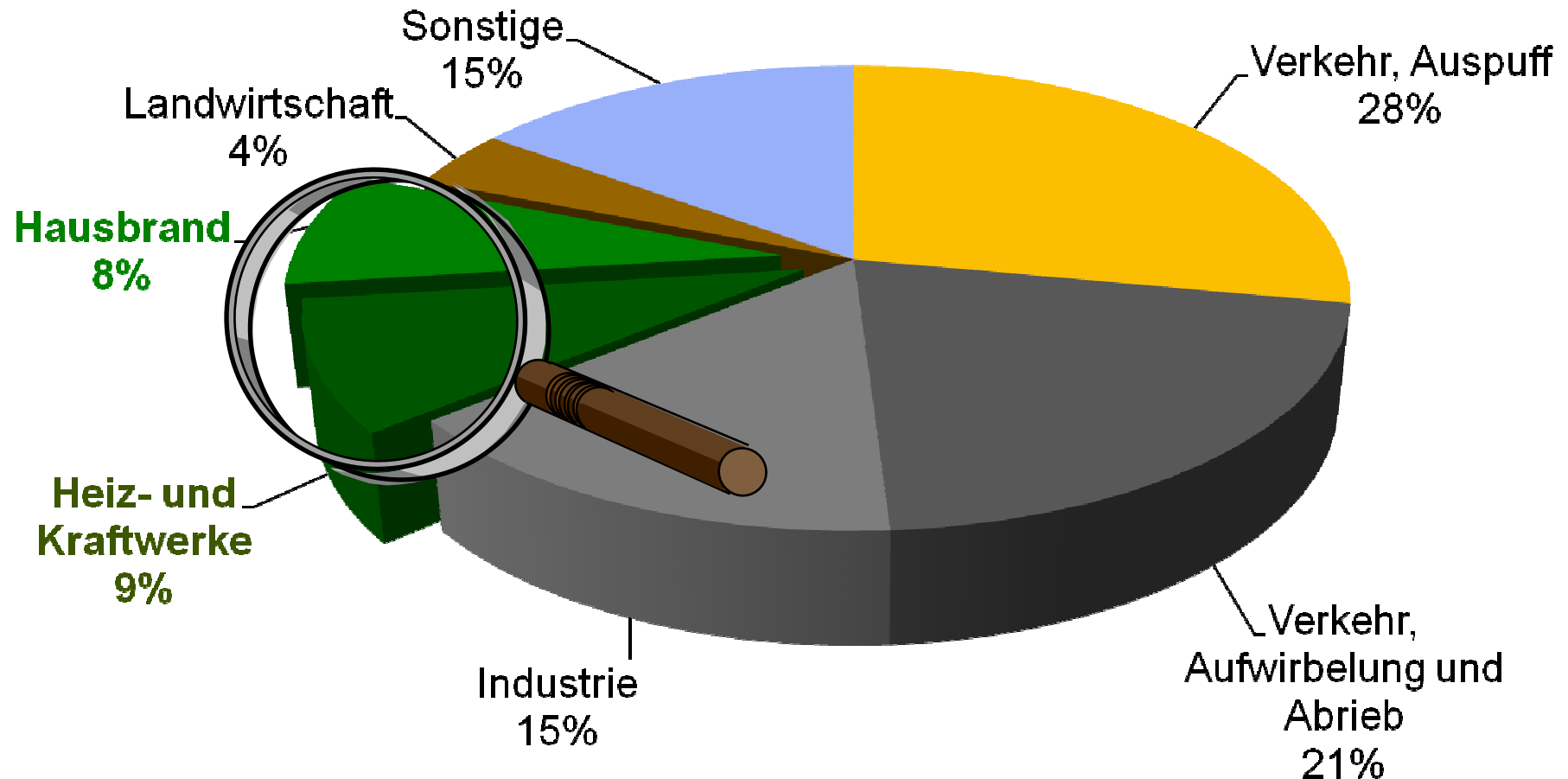
Quelle: BMU, Stand Juni 2010

Legende:  
TWh: Tera Wattstunde  
= 1 Billion ( $10^{12}$ ) Wattstunden



# Beiträge verschiedener Quellgruppen zur PM<sub>10</sub>-Belastung

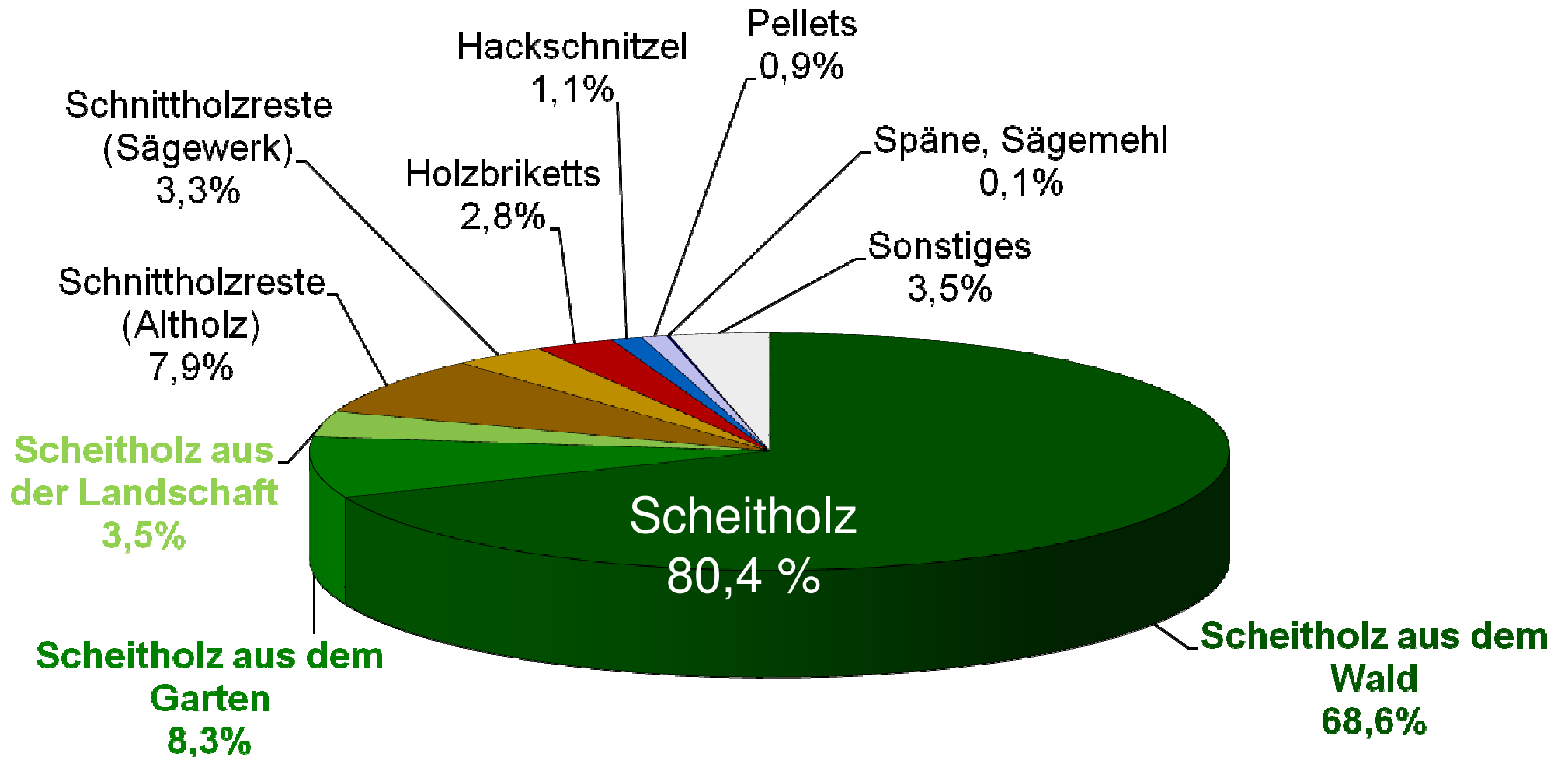
(verkehrsgeprägte Messstelle: Frankfurter Allee, Berlin)



Quelle: BMU, Stand Juni 2009



# Holzverbrauch in den Haushalten



Quelle: Mantau und Sörgel 2006

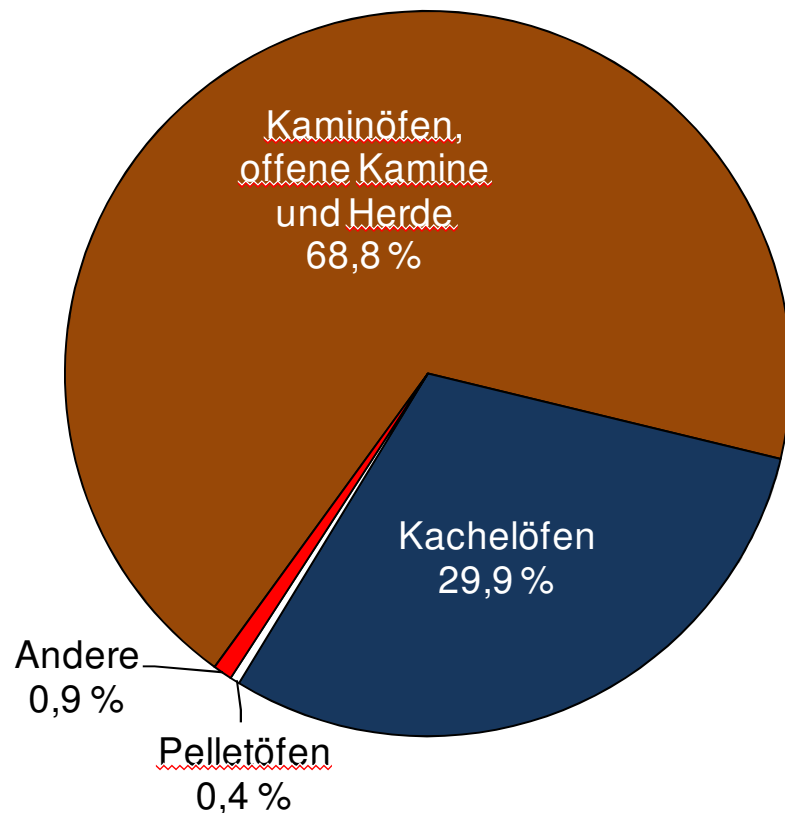




# Holzfeuerungen in Deutschland

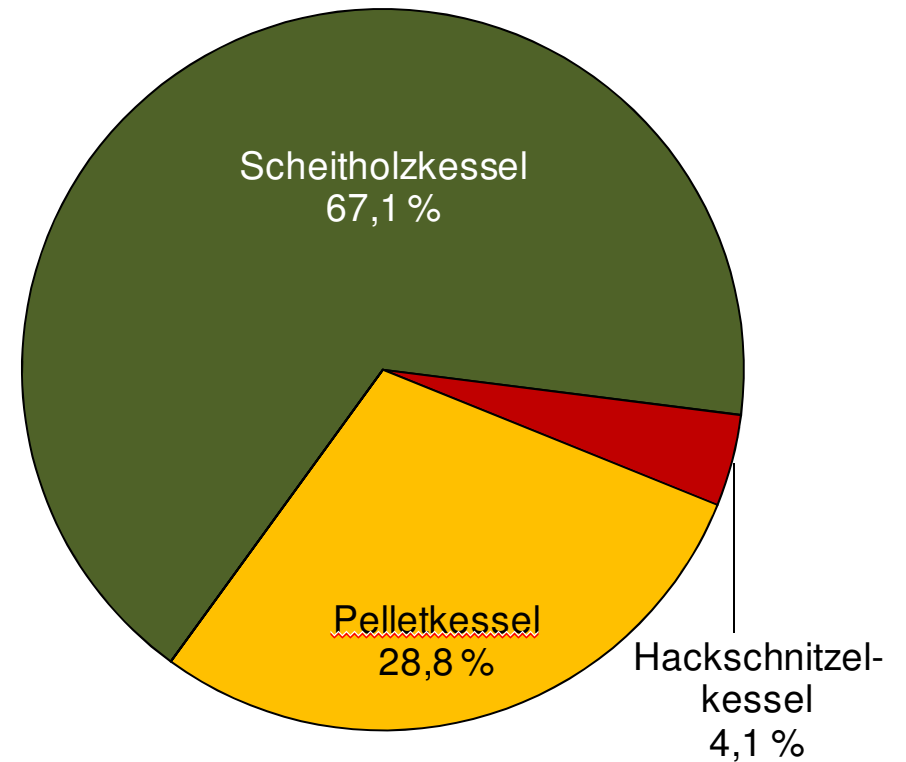
## Einzelfeuerstätten

Gesamt: 14,1 Millionen (2007)



## Zentralheizungskessel

Gesamt: 0,3 Millionen (2007)

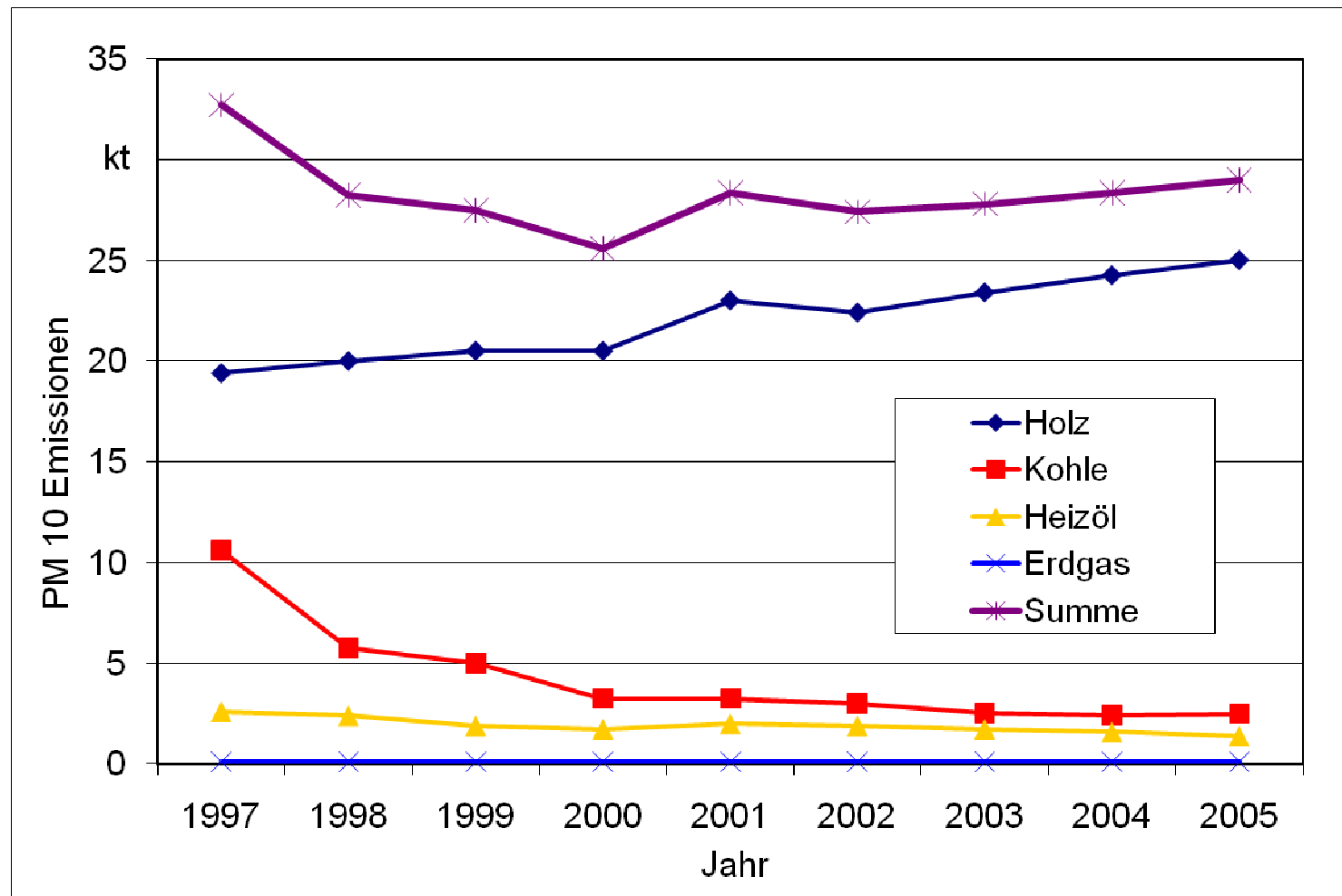


Quelle: IE Leipzig



# Entwicklung der Feinstaubemissionen in Deutschland

Feinstaubemissionen aus häuslichen Heizungen: ca. 29.000 t/a entsprechend einem Anteil von 14 % der gesamten PM 10 Emissionen in Deutschland



Quelle:  
UBA, 2007



# Inhaltsübersicht

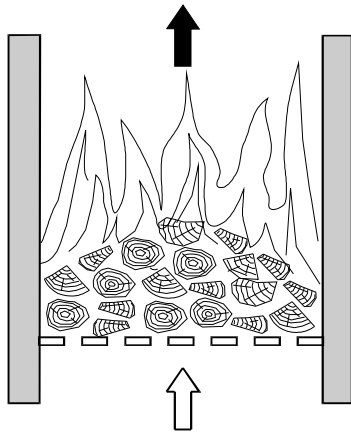
---

1. Einführung
2. Kennzeichen moderner Holzfeuerungen
  - Scheitholzkessel
  - Hackschnitzelkessel
  - Pelletkessel
3. Emissionen und Wirkungsgrade / Stand der Technik
4. Entwicklungstendenzen
  - Brennwerttechnik
  - Sekundäre Emissionsminderung
5. Zusammenfassung

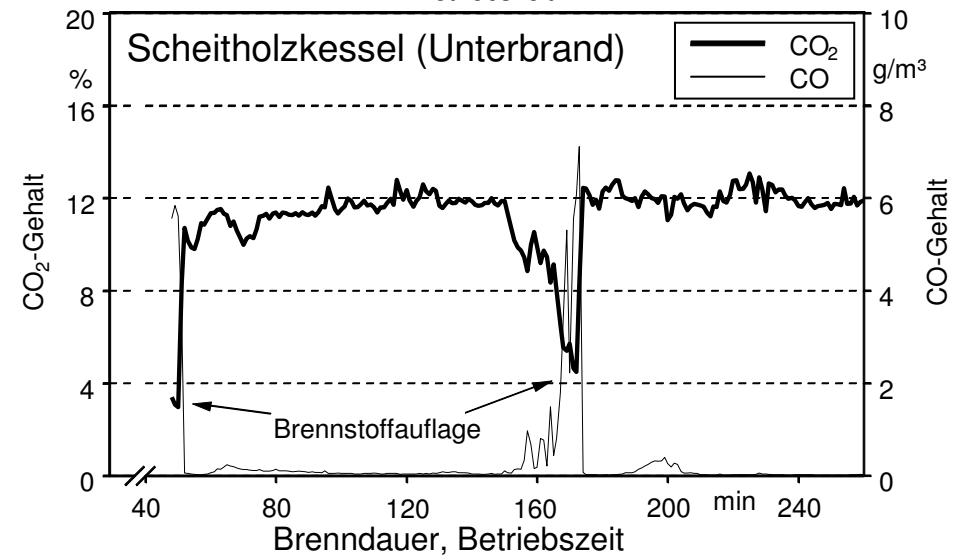
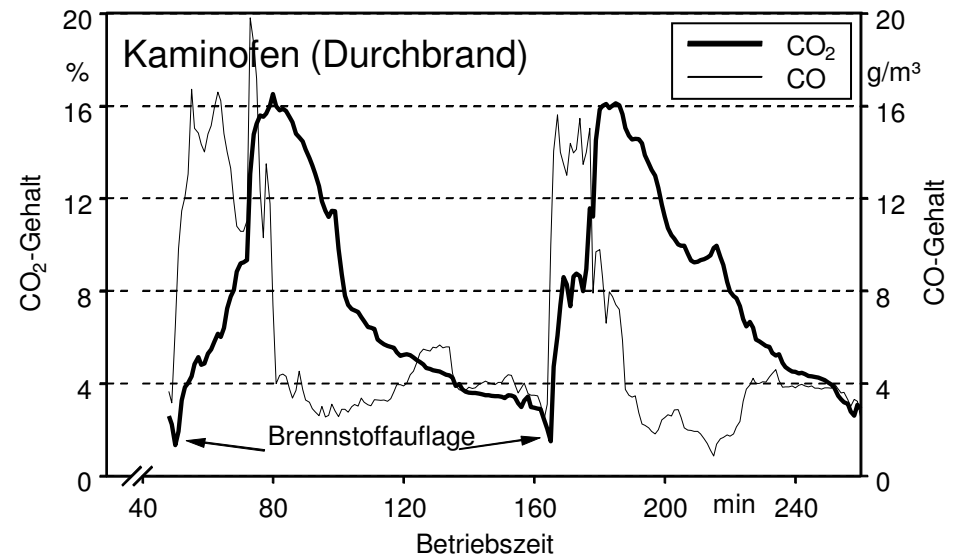
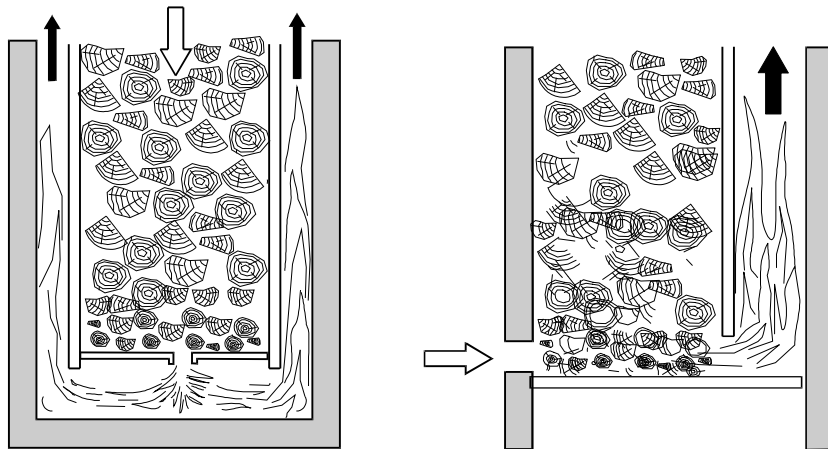


# Verbrennungsprinzipien bei Scheitholzfeuerungen

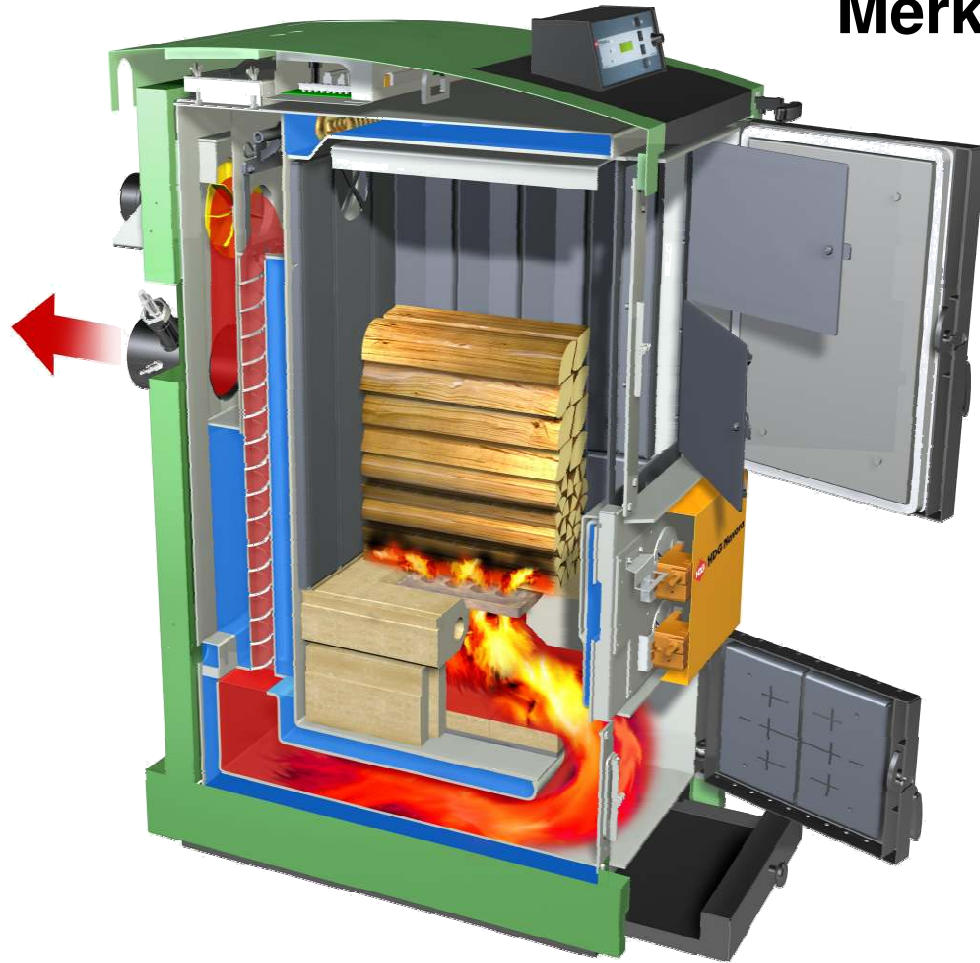
**Durchbrand**



**Unterer Abbrand**



# Scheitholzessel mit unteren Abbrand



System: HDG - Navora

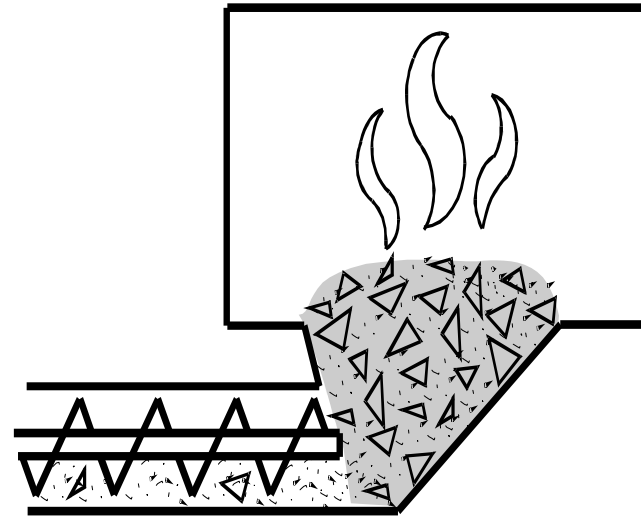
## Merkmale moderner Scheitholzessel:

- Leistungsregelung und abgasgeführte Verbrennungsregelung,
- großes Gewicht (hohe Durchbrennbarkeit durch große Wandstärke),
- einfache Wärmetauscherreinigung (gut zugängliche Wärmetauscher bzw. Einhebelmechanik für Turbulatoren),
- Lastvariabilität von ca. 50 bis 100 %,
- einfache Entaschung (2 – 4 Wochen),
- großer Füllschacht mit großer Tür,
- Wirkungsgrad  $\geq 90\%$ ,
- niedrige Emissionen (Typenprüfungen):
  - $\text{CO} \leq 250 \text{ mg/Nm}^3$  bei  $13\% \text{ O}_2$ ;
  - $\text{Staub} \leq 50 \text{ mg/Nm}^3$  bei  $13\% \text{ O}_2$ .

# Verbrennungsprinzipien bei Hackschnitzelfeuerungen (1)

---

## Unterschubfeuerung



## Vorteile:

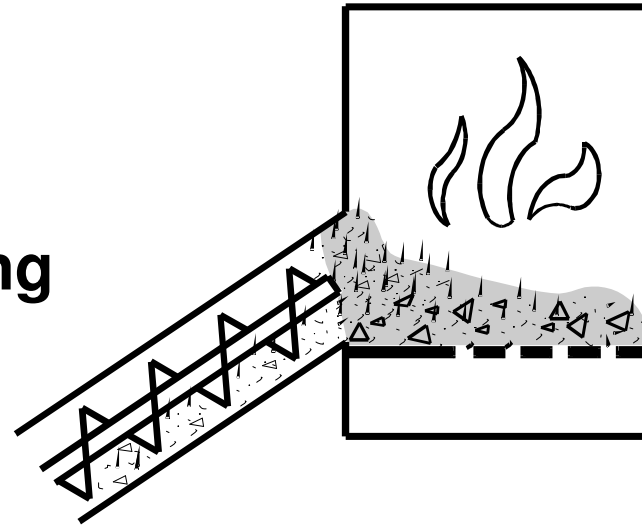
- langsames Nachschieben der Hackschnitzel  $\Rightarrow$  stört Glutbett nur wenig,
- oft einfache, robust aufgebaute Anlagen  $\Rightarrow$  zuverlässig, wartungsarm,
- geringe Masse der Kesselkonstruktion  $\Rightarrow$  wenig Trägheit, wenig Nachwärme, kurze Aufheizzeiten,
- Asche wird durch nachschiebende Hackschnitzel in die Aschelade geschoben  $\Rightarrow$  einfache Entaschung, keine mechanischen Entaschungseinrichtungen im heißen Glutbett.



# Verbrennungsprinzipien bei Hackschnitzelfeuerungen (2)

---

## Quereinschubfeuerung



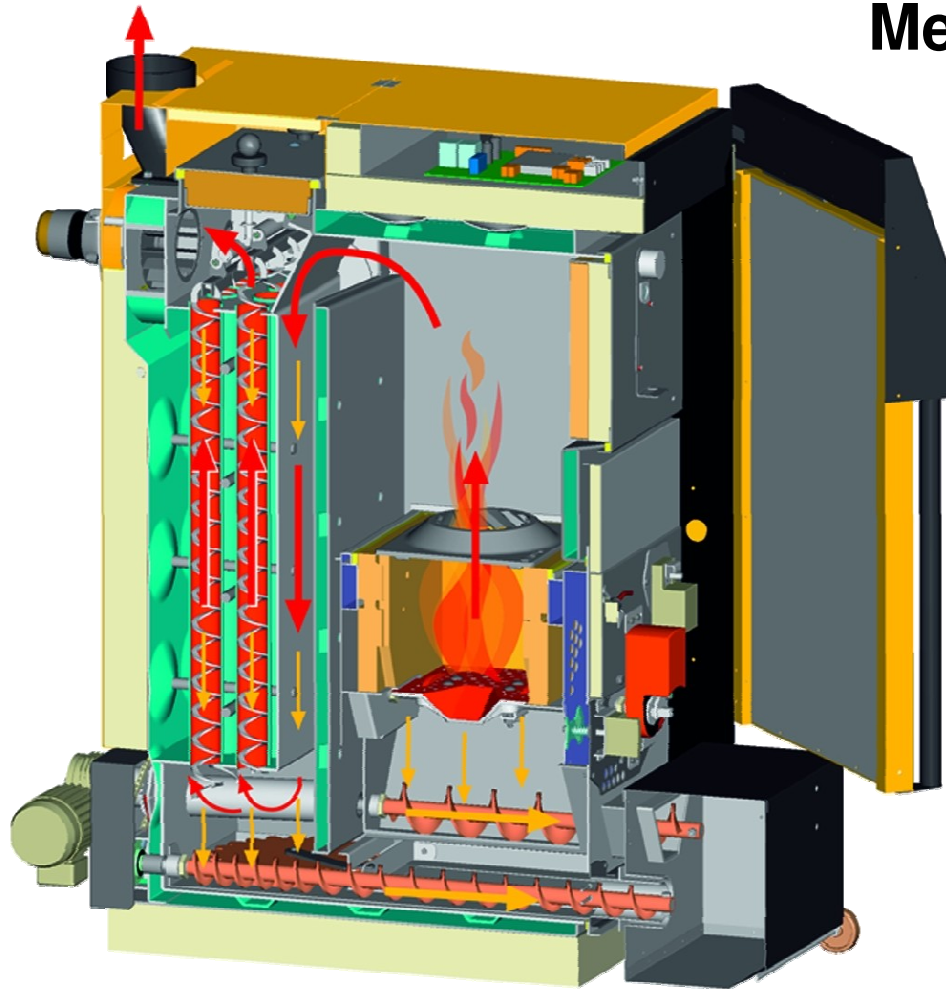
### Vorteile:

- kompakter Aufbau der Feuerungsanlage möglich,
- Brennstoffaufgabe mit geringem Kraftaufwand  $\Rightarrow$  geringe Brennstoffverdichtung,
- einfache Füllstandsmessung möglich (z.B. über Niveaufühler),
- Hochtemperatur-Brennkammer mit Querschnittsverengung  $\Rightarrow$  hohe Temperaturen und Wirkungsgrade bei niedrigen Emissionen.



# Hackgut- Quereinschub-Rostfeuerung mit Kipprost

## Merkmale moderner Hackgutkessel:



- Leistungsregelung und abgasgeführte Verbrennungsregelung,
- vollautomatische Reinigung der Wärmetauscher mittels Turbulatoren,
- Lastvariabilität von ca. 30 bis 100 % (unterhalb 30 % Ein-Aus-Betrieb mit automatischer Zündung),
- vollautomatische Reinigung des Verbrennungsrostes und automatischer Ascheaustrag,
- Wirkungsgrad  $\geq 90$  %,
- niedrige Emissionen (Typenprüfungen):
  - $\text{CO} \leq 250 \text{ mg/Nm}^3$  bei 13 %  $\text{O}_2$ ;
  - $\text{Staub} \leq 50 \text{ mg/Nm}^3$  bei 13 %  $\text{O}_2$ .

System: ETA HACK



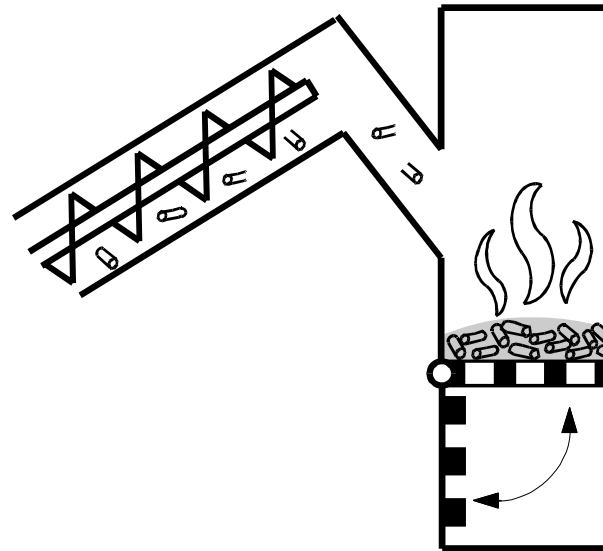


# Verbrennungsprinzipien bei Pelletfeuerungen

---

Neben Unterschub- und Quereinschubfeuerungen, wie bei den Hackschnitzelfeuerungen vorgestellt, werden auch Abwurffeuerungen eingesetzt.

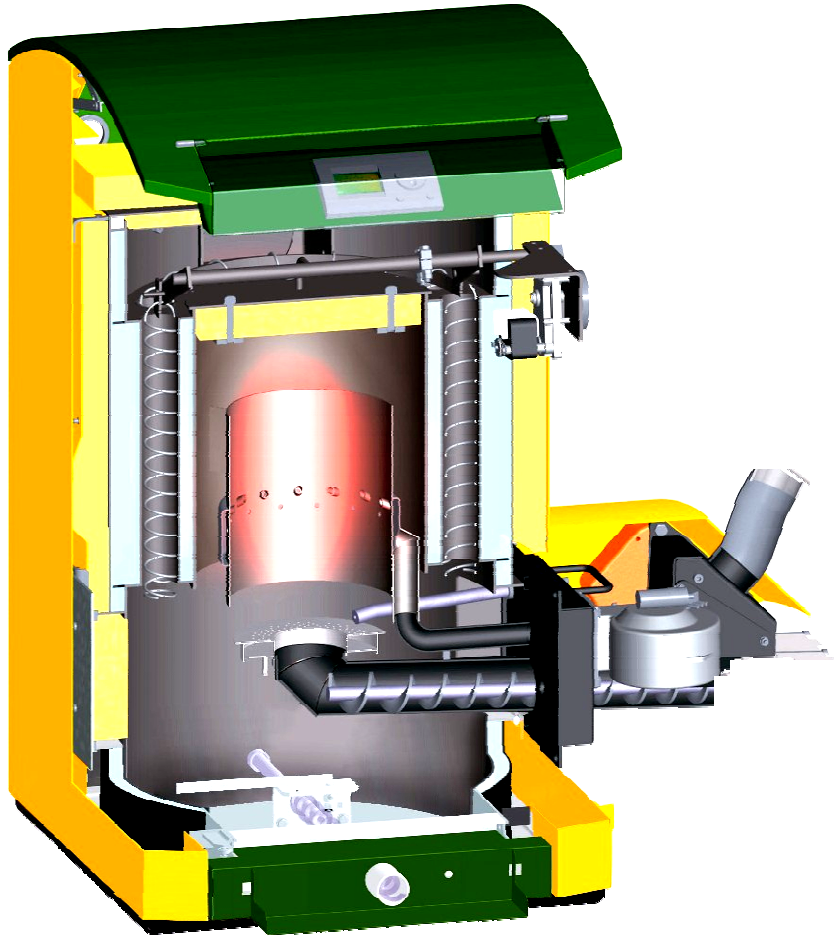
## Abwurffeuerung



## Vorteile:

- Abwurfschacht dient als einfache Rückbrandsicherung,
- Pellets stehen nicht direkt in Verbindung mit der Glutzone ⇒ schnelles und emissionsarmes Abstellen der Anlage möglich,
- kleines Glutbett ⇒ Verbrennung gut regelbar.

# Pellet- Unterschubfeuerung



System: KWB Easyfire

## Merkmale moderner Pelletkessel:

- Komfort ähnlich Öl- oder Gasfeuerung,
- Leistungsregelung und abgasgeführte Verbrennungsregelung,
- vollautomatische Reinigung der Wärmetauscher mittels Turbulatoren,
- Lastvariabilität von ca. 30 bis 100 % (unterhalb 30 % Ein-Aus-Betrieb mit automatischer Zündung),
- vollautomatische Reinigung des Verbrennungsrostes und automatischer Ascheaustrag,
- Wirkungsgrad  $\geq 90$  %,
- niedrige Emissionen (Typenprüfungen):
  - $\text{CO} \leq 250 \text{ mg/Nm}^3$  bei 13 %  $\text{O}_2$ ;
  - $\text{Staub} \leq 50 \text{ mg/Nm}^3$  bei 13 %  $\text{O}_2$ .



# Inhaltsübersicht

---

1. Einführung
2. Kennzeichen moderner Holzfeuerungen
  - Scheitholzkessel
  - Hackschnitzelkessel
  - Pelletkessel
3. Emissionen und Wirkungsgrade / Stand der Technik
4. Entwicklungstendenzen
  - Brennwerttechnik
  - Sekundäre Emissionsminderung
5. Zusammenfassung



# Emissionen moderner Holzfeuerungen bei praxisorientierten Messungen

## Auswahl der Feuerungen



Pelletkessel, 25 kW  
*KWB Easyfire USP 25*



Hackschnitzelkessel, 50 kW  
*HDG Compact 50*



Scheitholzboiler, 30 kW  
*Fröling FHG Turbo 3000*

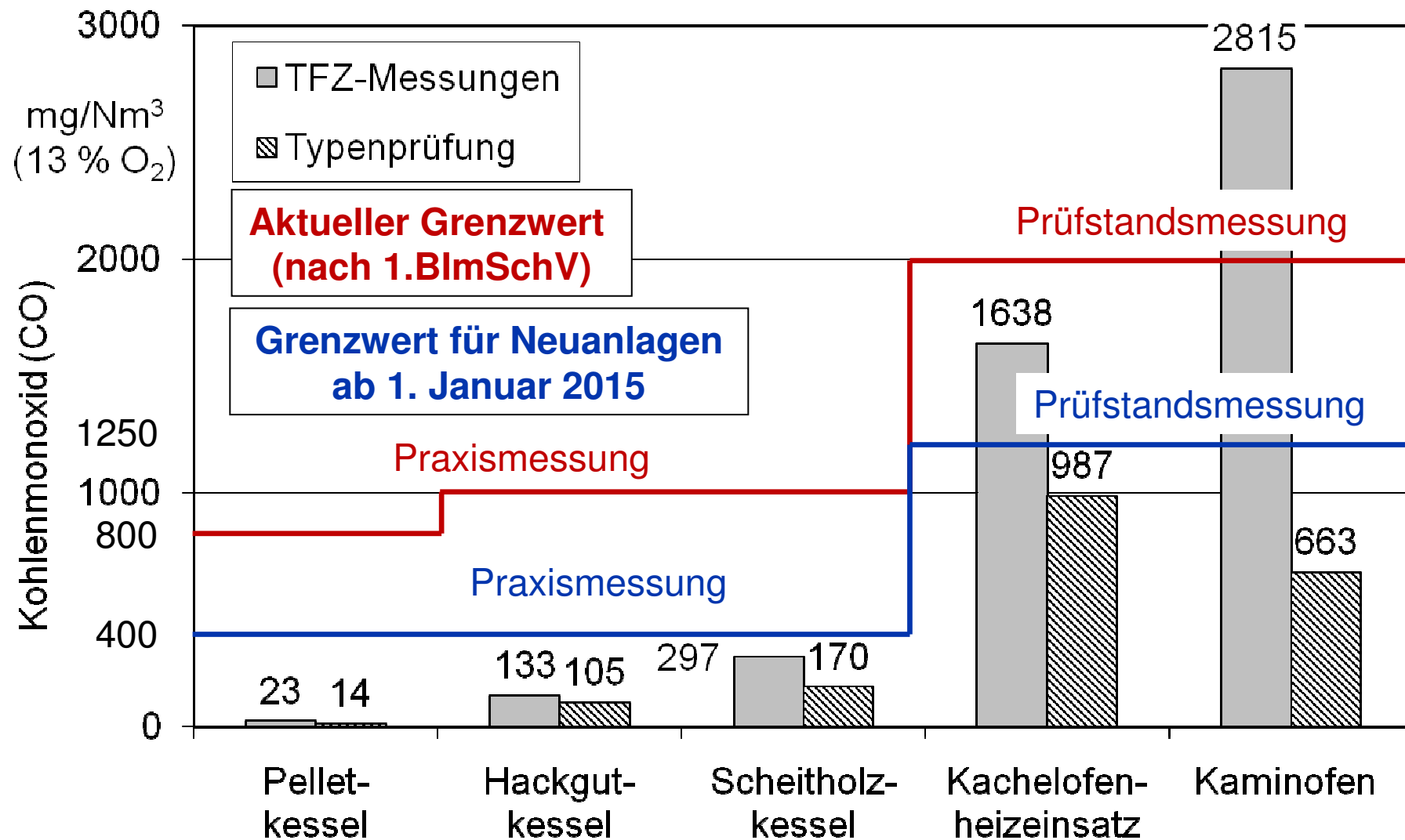


Kaminofen, 7 kW  
*Wodtke Moon*

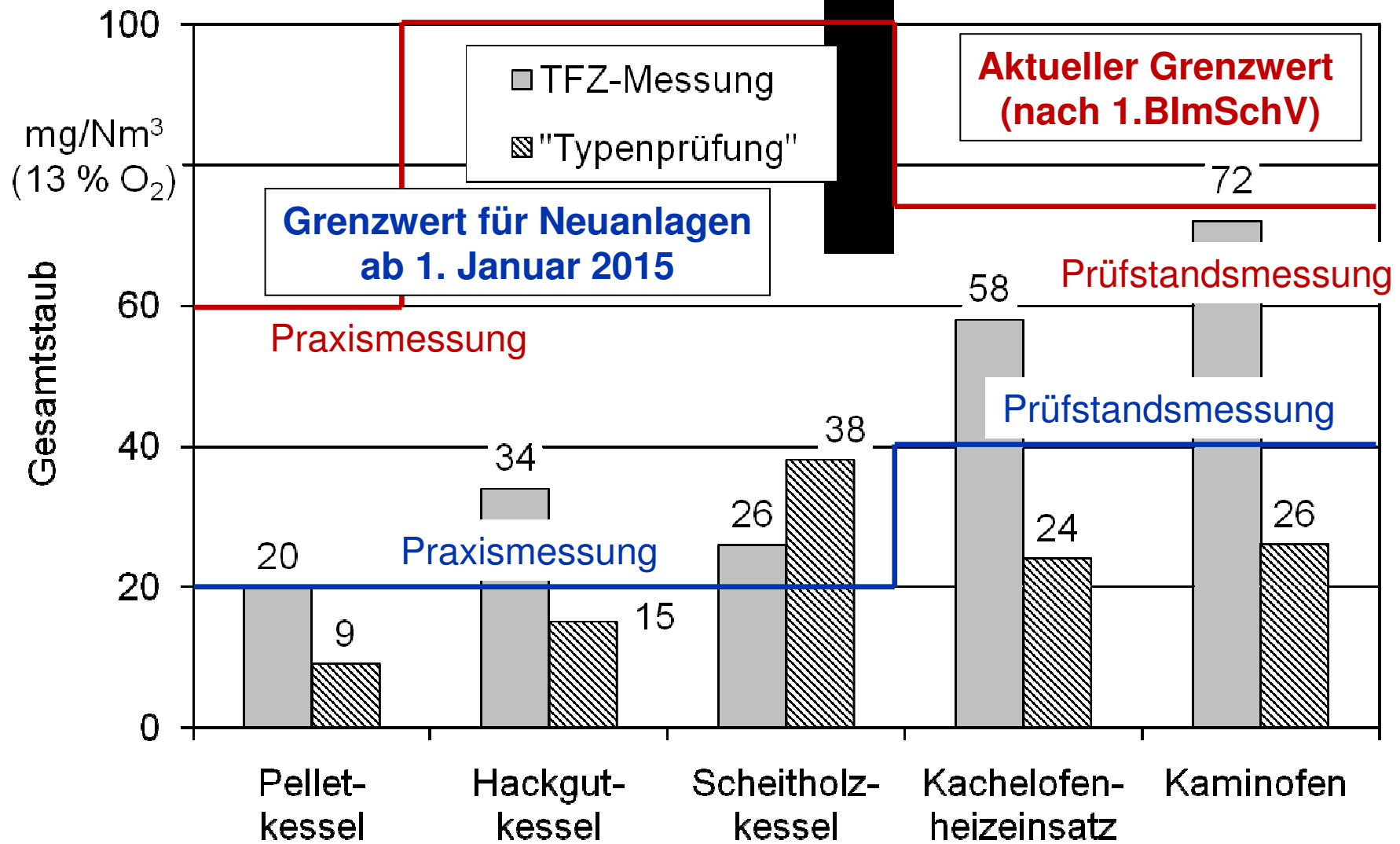
Kachelofenheizeinsatz,  
10 kW, *Brunner HKD 5.1*



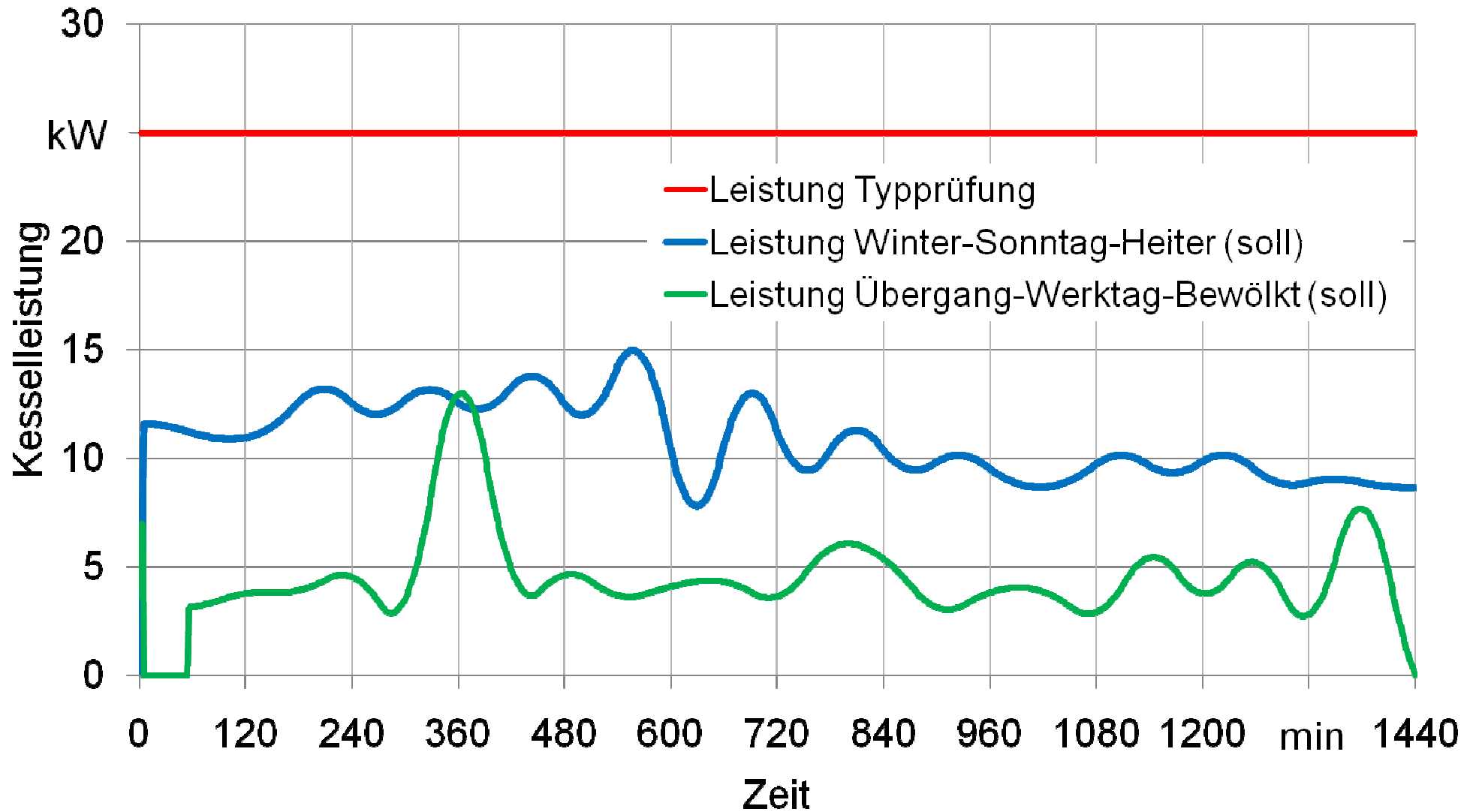
# Emissionen moderner Holzfeuerungen: Kohlenmonoxid (CO)



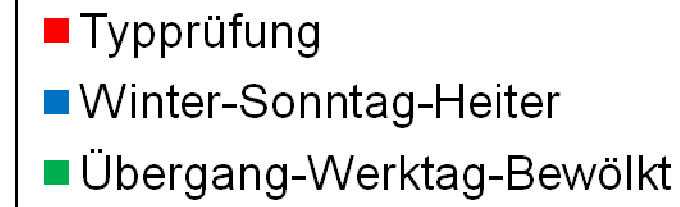
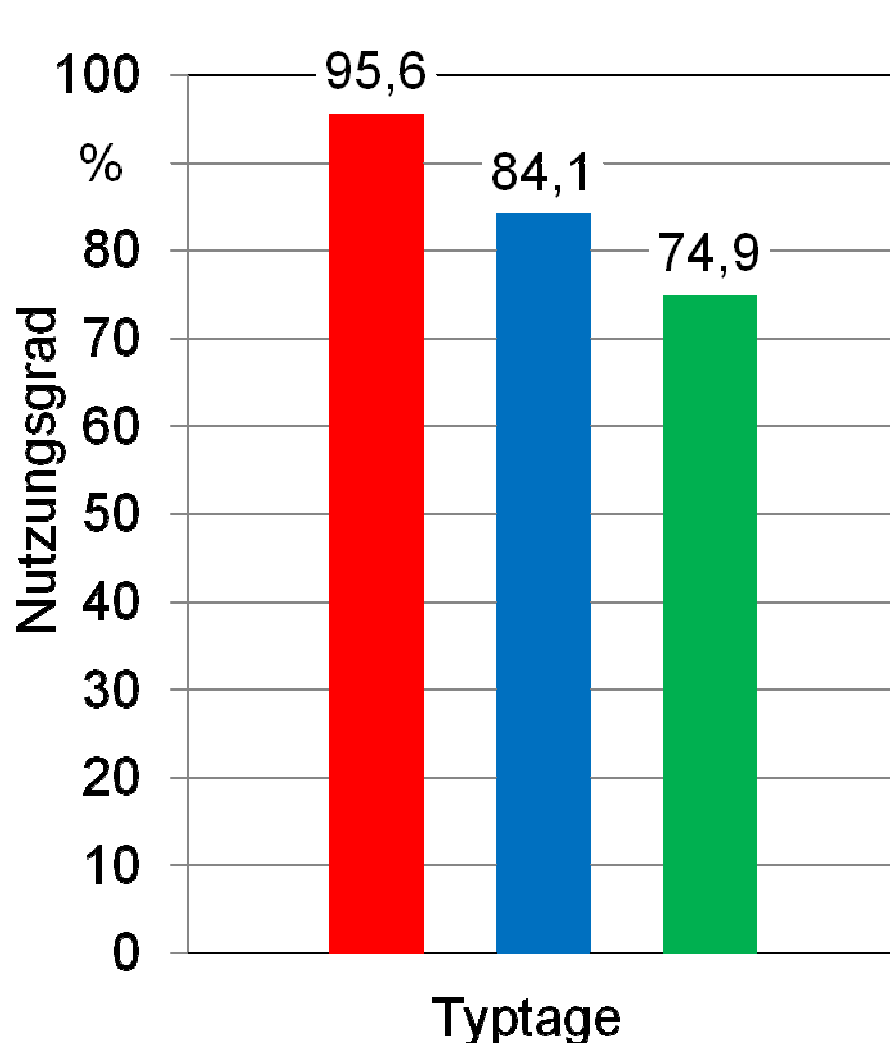
# Emissionen moderner Holzfeuerungen: Gesamtstaub



# Lastverlauf während der Messung (25 kW-Kessel)



# Wirkungs- bzw. Nutzungsgrade moderner Holzfeuerungen



## Wirkungsgrad

Verhältnis Nutzenergie zu eingesetzter Brennstoffenergie unter stationären Bedingungen Bestimmung unter Vollast- und unter

## Der Nutzungsgrad

Teilastbetrieb auf dem Prüfstand Verhältnis Nutzenergie zu eingesetzter Brennstoffenergie unter Betriebsbedingungen Unter Berücksichtigung der Verluste durch Lastwechsel, Bereitschafts- und Stillstand-zustände, Verluste beim An- und Abschalten und den

## Elektroenergieeinsatz





# Inhaltsübersicht

---

1. Einführung
2. Kennzeichen moderner Holzfeuerungen
  - Scheitholzkessel
  - Hackschnitzelkessel
  - Pelletkessel
3. Emissionen und Wirkungsgrade / Stand der Technik
4. Entwicklungstendenzen
  - Brennwerttechnik
  - Sekundäre Emissionsminderung
5. Zusammenfassung



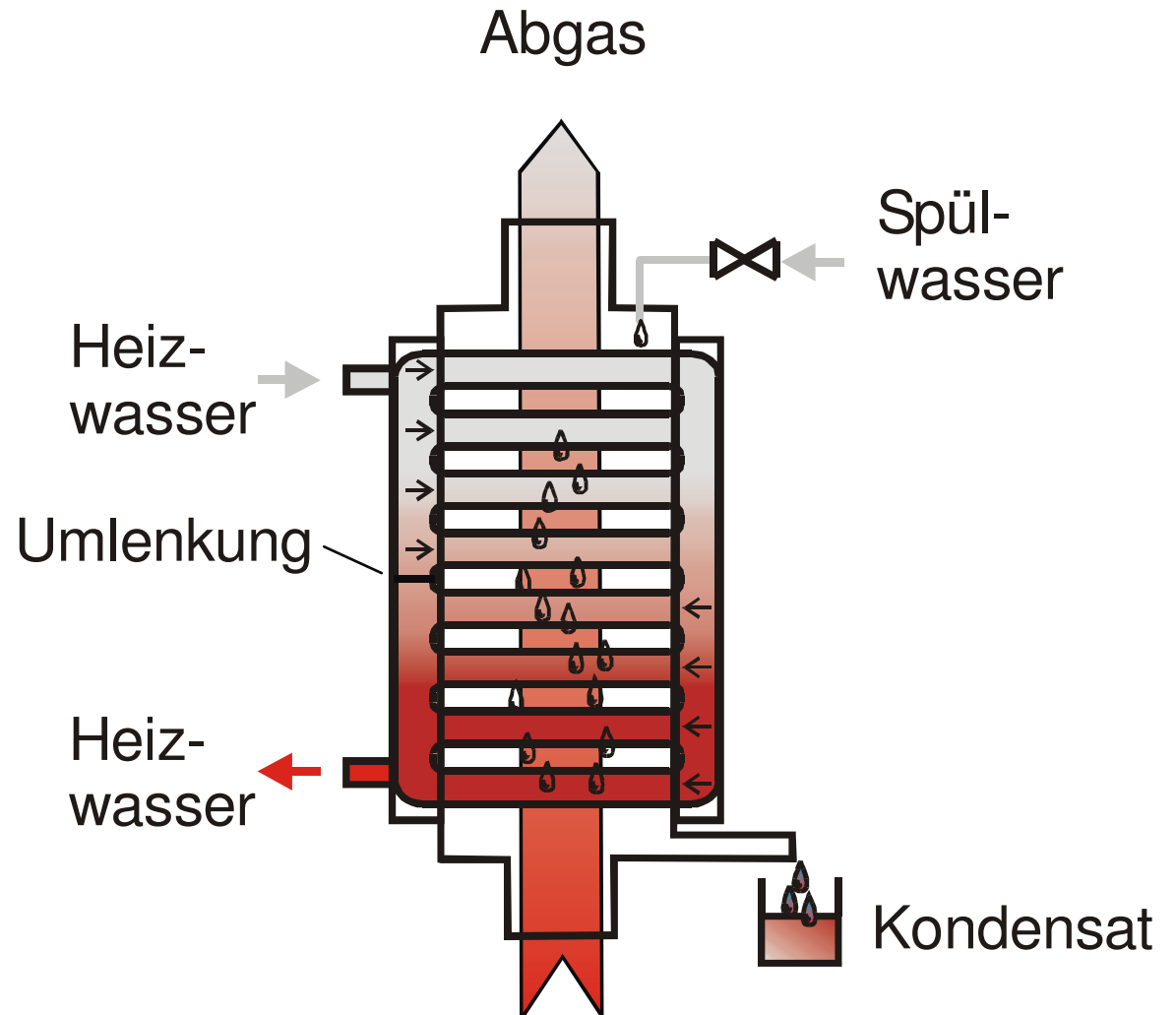
# Abgaskondensation

## Vorteile:

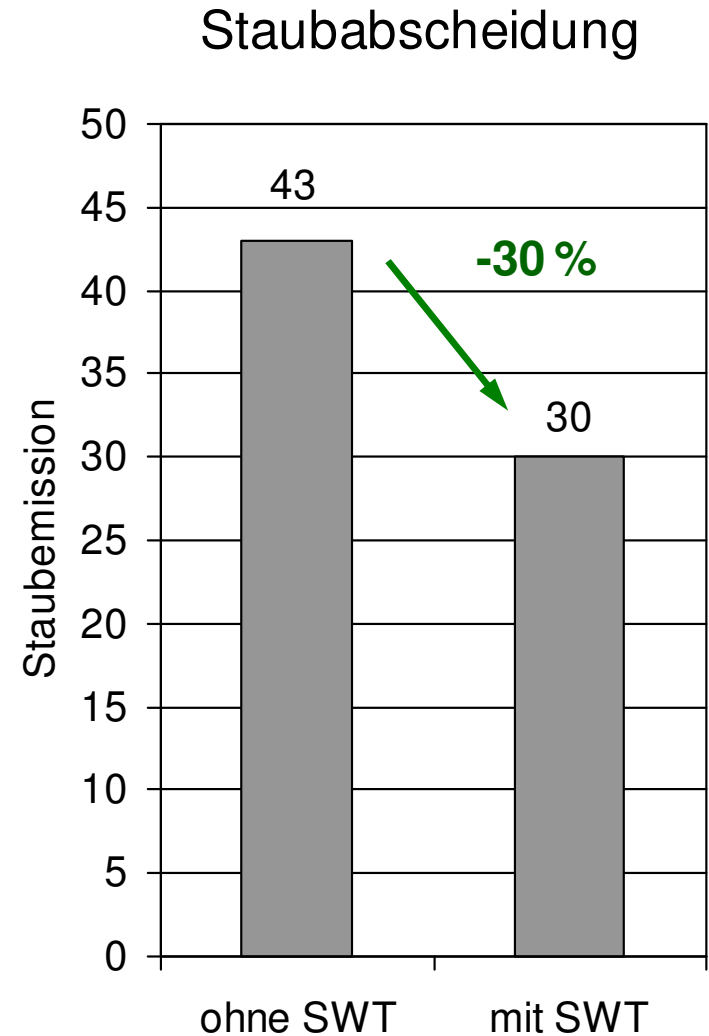
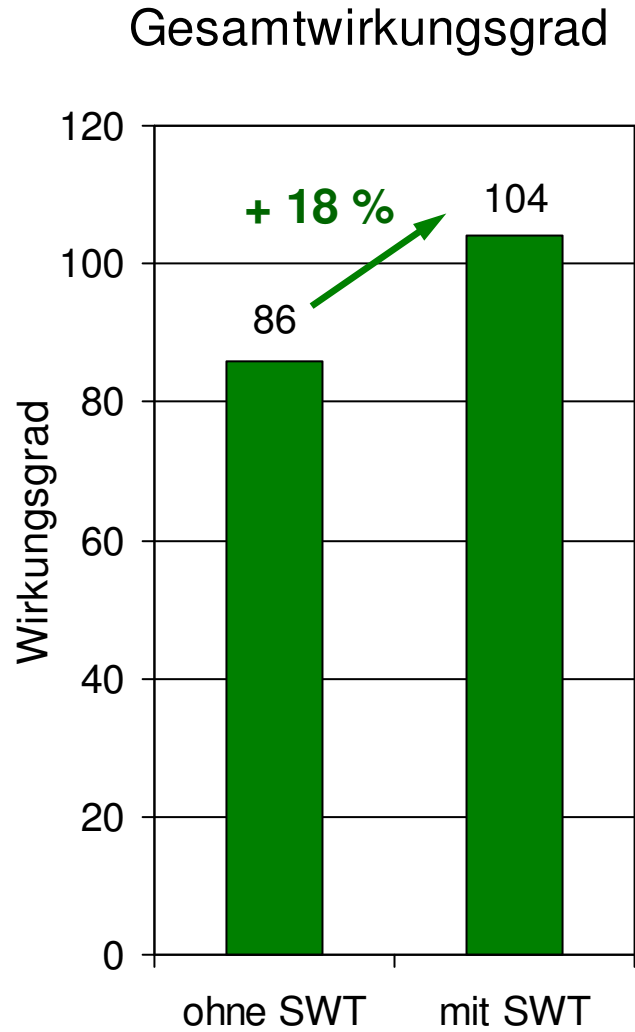
- zusätzlicher Wärmegewinn
- geringer Druckverlust

## Nachteile:

- Staubabscheidung von Kondensatanfall abhängig
- Rahmenbedingungen für die Kondensatableitung ungeklärt
- hohe Investitionskosten



# Wirkung der Brennwerttechnik bei Holzfeuerungen



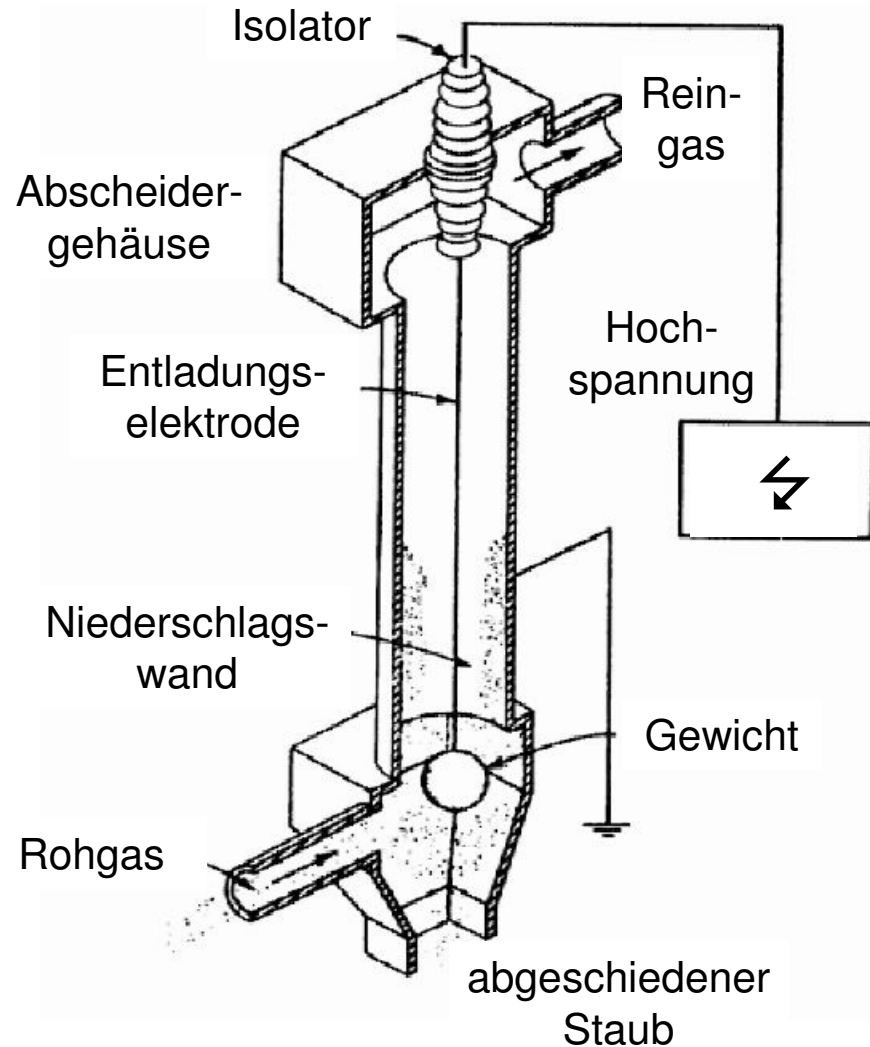
# Elektrostatische Abscheider

## Vorteile:

- gute Abscheideleistung
- geringer Druckverlust
- Temperaturbeständigkeit

## Nachteile:

- hohe Kosten
- verursacht zusätzliche Betriebskosten



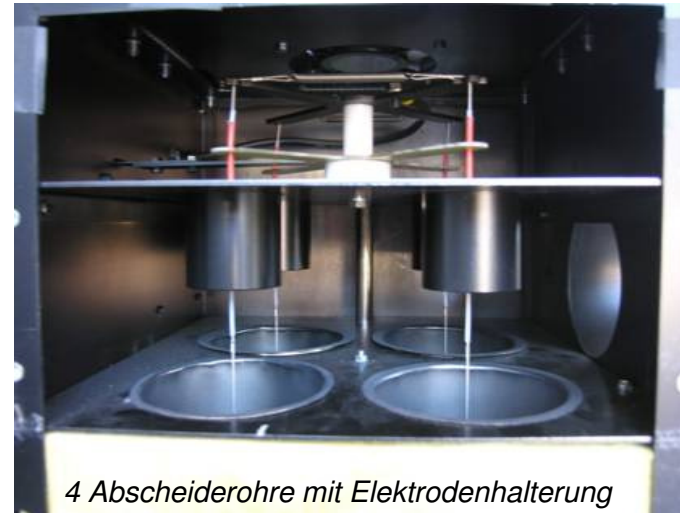
Quelle: Prof. Dr. Lohrengel, FH Heilbronn



# Elektrostatische Abscheider für Holzfeuerungen

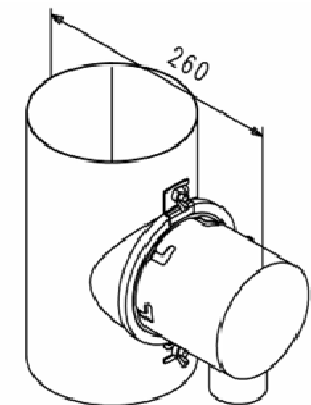
## System Spanner Re<sup>2</sup>

- zunächst für Kessel (<20 / <50 kW)
- Spannung: 15 kV
- Druckverlust: 40 Pa
- Staubemission: <10 mg/Nm<sup>3</sup>
- Reinigung: automatisch (Vibration)
- Zielpreis: ab 1500,- €

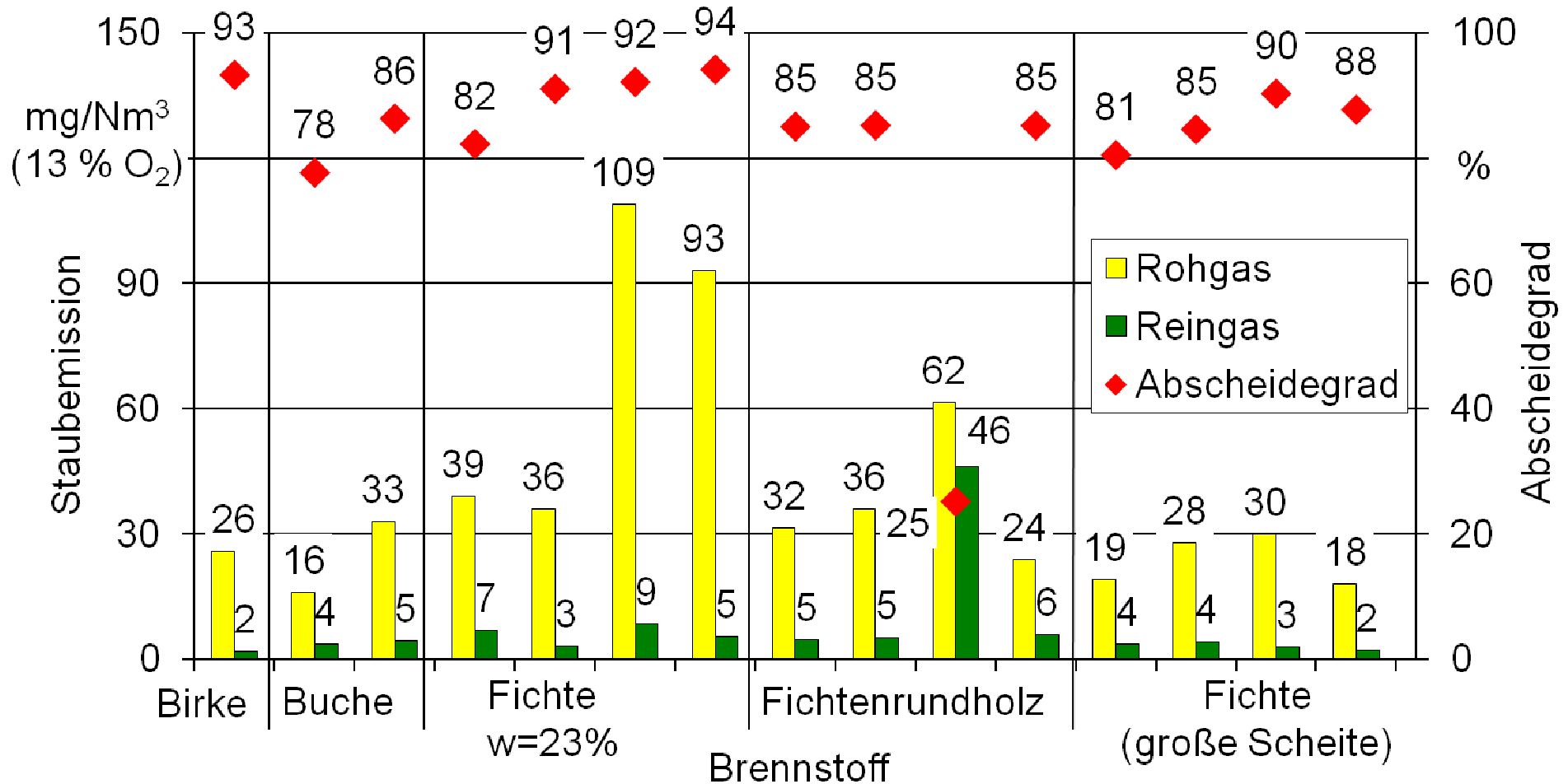


## System Rüegg und Kutzner&Weber

- zunächst für Einzelfeuerstätten
- benötigt min. 2 m metallisches Abgasrohr
- Spannung: 20 kV
- Reinigung: Manuell
- Preis: ca. 1300,- €



# Wirkung eines elektrostatischen Abscheiders



Messungen an einem Kessel Fröling FHG 3000 Turbo mit elektrostatischem Abscheider Fa. Spanner



# Zusammenfassung

---

- Moderne Kesselanlagen für Holz haben bereits einen hohen Entwicklungsstand erreicht. Zukünftig werden die Verbesserungen in kleineren Schritten erfolgen.
- Aufgrund ihrer großen Bedeutung im Anlagenbestand und des noch bestehenden Optimierungspotenzials sind insbesondere die weiteren Entwicklungen bei Einzelfeuerstätten interessant.
- Bei den sekundären Einrichtungen zur Minderung der Staubemissionen zeichnen sich die elektrostatischen Abscheider als bevorzugtes Verfahren ab.
- Bei Kesselanlagen sollte zukünftig die Optimierung des Nutzungsgrades anstelle des Wirkungsgrades (bei Nennleistung) im Vordergrund stehen.



---

*Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit*

