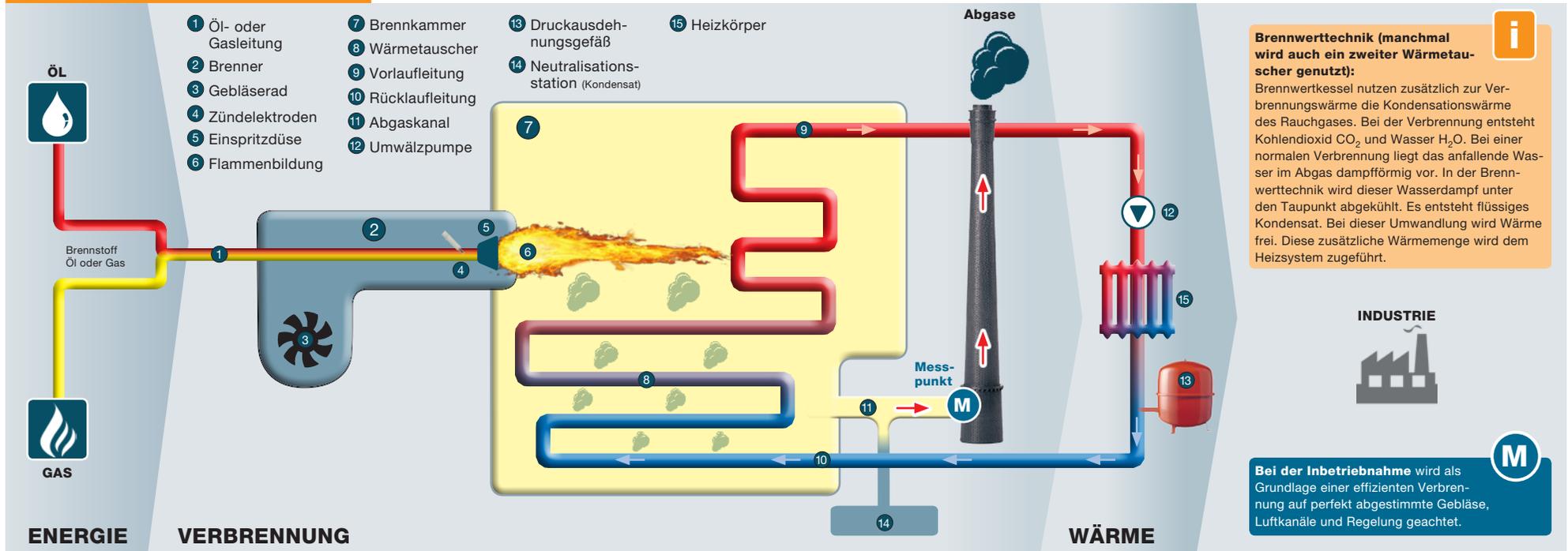


# Anwendungsbeschreibung Brenner / Kessel

## Skizze & Funktion



## Typische Verbrennungsprozesse eines Heizkesselsystems

### I. Brennstoffzufuhr und -aufbereitung

**A: Öl** Der Brennstoff wird über eine Pumpe vom Öltank zum Brenner gepumpt, der Anstoß dazu wird über die Heizungsregelung gegeben (abhängig vom Bedarf an Wärmeenergie). Der Brennstoff wird über eine Vorwärmung erwärmt. Das Magnetventil öffnet sich, der Brennstoff wird in der Einspritzdüse zerstäubt und in die Brennkammer gesprüht.

**B: Gas** Der Brennstoff wird durch den Druck im Gasnetz zum Brenner geströmt, der Anstoß dazu wird über die Heizungsregelung gegeben (abhängig vom Bedarf an Wärmeenergie). Das Magnetventil öffnet sich, der Brennstoff wird in der Einspritzdüse zerstäubt und in die Brennkammer gesprüht.

### II. Verbrennungsluftzufuhr

Die Verbrennungsluft wird mit einem Gebläse der Brennerflamme zugeführt. Die ausreichende Versorgung mit Verbrennungsluft sichert einen weiten Regelbereich, eine stabile Verbrennung und beste Emissionswerte.

### III. Zündung des Brenners

Zündfunken (Zündelektroden) sorgen dafür, dass sich das Brennstoff-Luft-Gemisch entzündet und selbständig weiter brennt. Flammenüberwachung durch:

Gas: Ionisations-Flammenwächter (Ionisationselektroden)  
Öl: fotoelektrischer Flammenwächter oder Infrarot-Detektor

### IV. Verbrennung

Die Heizgase durchlaufen die Wärmetauscherflächen des Kessels und geben dabei über die inneren Flächen die Wärmeenergie an das Heizungswasser ab. Das Heizungswasser wird über die Umwälzpumpe zu den Heizkörpern über die Vorlaufleitung gepumpt und gibt dort die Wärme an die Umgebung ab. Das abgekühlte Wasser fließt über die Rücklaufleitung zurück, um erneut erwärmt zu werden. Um einen gewissen Vorrat an Heizwasser zu erhalten, kann ein Warmwasserspeicher installiert werden. Eine gute Dämmung und Einhaltung der Solltemperatur (z.B. 60°C) muss gewährleistet sein.

# Anwendungsbeschreibung Brenner / Kessel

## Messung

### Messpunkt **M** testo 340 / testo 350

#### Wo wird gemessen?

- Im Abgaskanal

#### Warum wird gemessen?

- Abgasmessung bei der Fehlersuche/Diagnose
- Abgasmessung bei regelmäßigen Inspektionen und Wartungen
- Einhaltung von Emissions-Grenzwerten
- Optimierung des Brenner-Wirkungsgrads
- Einstellung bei verschiedenen Lastpunkten

#### Was wird gemessen ?

- O<sub>2</sub>
- CO<sub>2</sub> (wird beim testo 340 berechnet)
- CO
- NO
- NO<sub>2</sub>
- SO<sub>2</sub>
- Abgasverlust
- Zug/Druck
- Differenzdruck
- Temperatur
- Differenztemperatur

#### Typische Messwerte an der Messstelle:

Messgröße	Öl-Abgaszusammensetzung	Gas-Abgaszusammensetzung
O <sub>2</sub>	2 ... 5 %	2 ... 3 %
CO	5 ... 80 ppm	0 ... 50 ppm
CO <sub>2</sub>	10 ... 15,4 %	6 ... 12 %
NO	20 ... 100 ppm	10 ... 100 ppm
NO <sub>2</sub>	2 ... 25 ppm	2 ... 25 ppm
SO <sub>2</sub>	5 ... 40 ppm (abhängig vom Schwefelgehalt des Brennstoffes)	5 ... 40 ppm (abhängig vom Schwefelgehalt des Brennstoffes)

#### Öl:

- Abgastemperatur: +40 °C ... +200 °C (+40 °C bei Brennwertanlagen)
- Druck im Abgaskanal: -0,5 ... +0,5 mbar/hPa

#### Gas:

- Abgastemperatur: +250 °C ... +500 °C (+40 °C bei Brennwertanlagen)
- Druck im Abgaskanal: -0,5 ... +0,5 mbar/hPa

## Vorteile der Testo-Emissionsmessgeräte

### testo 340: Einstell- und Servicemessung

#### Vorteile:

- Immer funktionsbereit durch robuste und wartungsarme Technik
- Selbstreinigungseffekt im Spezialschlauch (PTFE): Kondensat und Schmutzpartikel bleiben nicht haften
- Komfortables Einregeln: mit der Schlauchverlängerung (bis zu 7,8 m) haben Sie das Display des Kessels auch an weit entfernten Messorten im Blick
- Keine Ausfallzeiten durch vorkalibrierte und wechselbare Gassensoren
- Messbereichserweiterung (Faktor 5): hohe Konzentrationen (CO bis 50.000 ppm) uneingeschränkt messen
- Geeignet für den Einsatz bei Biogas und der Messung von SO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>S



### testo 350: Offizielle Emissionsmessung (länderabhängig)

Für offizielle Emissionsmessungen wird das testo 350 empfohlen (Gaskühler vorhanden, Verdünnung hoher CO-Werte).

#### Vorteile:

- Integrierte Gasaufbereitung für präzise (trockene) Ergebnisse auch bei unbeaufsichtigten Langzeitmessungen
- Bluetooth-Verbindung erlaubt komfortables Arbeiten auch bei großen Distanzen (bis zu 100 m Freifeld) zwischen Control Unit und Messort
- Geeignet für offizielle Emissionsmessungen (länderabhängig)
- Messbereichserweiterung (Faktor 2, 5, 10, 20 oder 40fach): hohe Konzentrationen (CO bis 400.000 ppm bei Faktor 40) uneingeschränkt messen
- Geeignet für den Einsatz bei Biogas und der Messung von SO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>S



## Typische Messöffnung



## Praxistipps

### Absinken / geringe Abgastemperatur:

- Ein Tropfen Kondensat befindet sich auf dem Thermoelement → Sonde waagrecht oder nach unten fixieren, damit das Kondensat abgesaugt wird bzw. abtropfen kann
- Ausfall von viel Kondensat, wodurch die Messwerte verfälscht werden bzw. das Messgerät zerstört wird → Verwendung einer Gasaufbereitung anstelle der Kondensatfalle

### Untypisch hohe Abgasverluste:

- Falsche Kalibrierung des Messgerätes
- Falscher Brennstoff eingestellt
- Externer VT-Fühler wird direkt an der Anlage gemessen

### Niedrige Werte bei der Druckmessung:

- Drucksensor nicht richtig genullt
- Der Zugweg im Messgerät ist undicht

### Hohe Werte bei der Druckmessung:

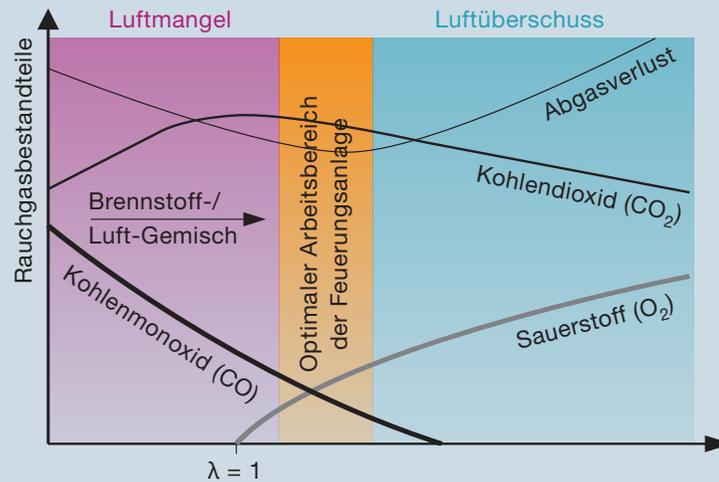
- Drucksensor nicht richtig genullt
- Zu starker Schornsteinzug → Einbau eines Kaminzugreglers, Reinigungsklappe öffnen und messen

# Anwendungsbeschreibung Brenner / Kessel

## Theoriewissen 1

### Ermittlung der Emissionen anhand des Verbrennungsdiagramms

→ optimales Verhältnis von Brennstoff- zu Brennluftmenge (Luftzahl  $\lambda$ )



#### Verbrennungsluft und Feuchtigkeit beeinflussen das Abgasvolumen:

- Abgasvolumen wird verdünnt, d.h. die relative Konzentration der Gaskomponenten sinkt
- Für die Vergleichbarkeit von Ergebnissen mit Vorgaben oder Ergebnissen anderer Messungen ist die Verwendung von Bezugswerten notwendig
- Beispiel: relative SO<sub>2</sub>-Konzentration schwankt zwischen 0,14 und 0,20% je nach Feuchtigkeit und Luftüberschuss (siehe Tabelle)

	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	O <sub>2</sub>
stöchiometrisch / trocken	82,6	16	0,20	0	0
stöchiometrisch / feucht	74,7	14,4	0,18	10,7	
25 % LÜ / trocken	82,8	12,7	0,16	0	4,4
25 % LÜ / feucht	75,6	11,6	0,14	8,7	4

Abb. 1 Bezugswerte

Stöchiometrisch = Zuordnung von Luftmenge zu Brennstoffmenge (bei der Verbrennung wird genau die Menge an Sauerstoff zugeführt, die rechnerisch für eine vollständige Verbrennung nötig ist)  
LÜ = Luftüberschuss

#### Durchschnittlicher Luftüberschuss:

Gas:  $\lambda = 1,05 \dots 1,15$   
Öl:  $\lambda = 1,1 \dots 1,2$   
(1,21 bei starkem Kaminzug)

### Luftüberschuss (Optimaler Arbeitsbereich)

#### Nachteile:

- Geringe Brennstoffausnutzung (unverbrannte Rückstände im Abgas)
- Anstieg der NO<sub>x</sub>-Werte (Stickoxide)
- Energieverluste durch Verdünnung mit kühler Luft
- Geringer Wirkungsgrad (viel Wärme geht verloren)

#### Vorteile:

- + Sicherer Betrieb
- + Brennstoff wird vollständig verbrannt (fast kein Ruß)

#### CO (Kohlenmonoxid):

Beim Luftüberschuss nimmt O<sub>2</sub> zu, da der zugeführte Sauerstoff mangels CO nicht mehr durch Oxidation verbraucht wird. Durch die zunehmende Menge (Verdünnungseffekt) wird der Abgasverlust größer.

Partikelgröße des Brennstoffs: je kleiner die Partikelgröße des Brennstoffs ist, desto intensiver ist der Kontakt mit Sauerstoff und desto weniger Luftüberschuss ist erforderlich.

#### CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid):

CO<sub>2</sub> nimmt bei  $\lambda=1$  wieder ab, jedoch nicht durch eine chem. Reaktion, sondern als Verdünnungseffekt durch die zunehmende Menge an Verbrennungsluft, die selbst nahezu kein CO<sub>2</sub> einbringt.

### Luftmangel

#### Nachteile:

- Brennstoff wird unvollständig verbrannt
- Entstehung störender / giftiger Stoffe (z.B. Ruß und CO)
- Verringerung der Energieausnutzung
- Unsicherer Betrieb bis zum Abschalten

#### CO (Kohlenmonoxid):

CO ist vorhanden → Sauerstoff fehlt für die vollständige Oxidation von CO zu CO<sub>2</sub>.

#### O<sub>2</sub> (Sauerstoff):

Sauerstoff ist in diesem Bereich nur wenig vorhanden bzw. nicht messbar, da der zugeführte Sauerstoff sofort durch Oxidation des CO verbraucht wird.

#### CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid):

Bei steigender O<sub>2</sub>-Konzentration nimmt CO durch Oxidation zu CO<sub>2</sub> ab. In gleichem Maße nimmt CO<sub>2</sub> zu. Dieser Vorgang wird bei oder etwas über  $\lambda=1$  abgeschlossen, CO geht gegen Null und CO<sub>2</sub> erreicht sein Maximum.

### Rußemission im Abgas (Heizöl)

Ruß (Kohlenstoff) entsteht, wenn nicht alle Bestandteile des Heizöles vollständig verbrannt werden.

Ursachen:

- Luftmangel bei der Verbrennung durch zugestellte, verschlossene Zuluft
- Überdimensionierte Kessel bzw. Brenner, Kessel mit sehr geringen Wasserinhalten (häufiges Ein- und Ausschalten)
- Brennstoffüberschuss, zu hoher Brennstoffdurchsatz des Brenners für die Kesselgröße
- Schlechte Versprühcharakteristik / falscher Sprühwinkel der Düse (insbesondere bei älteren Brennern ohne Öl-Vorwärmung)

- Längere Brennerlaufzeiten, Anstieg der Abgastemperatur

- Verbrennungsaussetzer durch verstopfte Ölfiler, Wassertröpfchen im Öl, Mängel bei der Ölvorwärmung, Luft in der Ölzuführung oder im Filter, zähere Bestandteile im Öl (Alterung), schwankende Heizöleigenschaften

→ Hoher Wirkungsgrad: Abgastemperatur so niedrig wie möglich (1 mm Rußschicht erhöht die Abgastemperatur um ca. 50 Grad → Energiemehrbedarf von ca. 2,5 ... 3%)

# Anwendungsbeschreibung Brenner / Kessel

## Theoriewissen 2

### Einsatz Brenner- / Kesselanlagen in der Praxis

#### Heizungen öffentlicher Gebäude

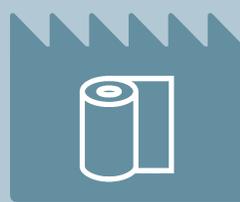


**Wo:** Krankenhaus, Universität, Museum, Schule, Fußballstadion...

**Nutzen:** Heizung, Lüftung, Warmwasser

**Leistungsbereich:** ca. 10 - 1.600 KW

#### Heißdampf Papierwerke



**Wo:** Papierwerke

**Nutzen:** Dampf- und Warmwassererzeugung

**Leistungsbereich:** ca. 150 - 6.000 KW

#### Heizung Greenhouse



**Wo:** Greenhouse

**Nutzen:** Back-up-System für eine Blockheizkraftwerkanlage, Wärme- und CO<sub>2</sub>-Versorgung

**Leistungsbereich:** ca. 300 - 1.000 KW

#### Heißdampf Ölförderungen



**Wo:** Ölförderung

**Nutzen:** Dampf- und Warmwassererzeugung

**Leistungsbereich:** ca. 500 - 7.500 KW

### Unterschiede beheizte und unbeheizte Messgasleitung und Sonde

#### Beheizte Messgasleitung und Sonde

	Vorteile	Nachteile
<b>Abgas-sonde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Geringere Verschmutzung und weniger Ablagerung von Staubpartikeln</li> <li>+ Verringerung der Temperaturgradienten und Kondensation des Abgases bei hohen Unterschieden zwischen Abgas- und Umgebungstemperatur</li> <li>+ Keine Versottungseffekte im Sondenrohr durch Kondensat, da die Heiztemperatur über dem Abgastaupunkt liegt</li> <li>+ Geringe Korrosionseffekte</li> <li>+ Für Langzeitmessungen im Bereich &gt;1 Tag bis Monate besser geeignet</li> <li>+ Höhere Messgenauigkeit bei Langzeitmessungen von NO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrische Versorgung notwendig</li> <li>- Sondengröße und -gewicht erschweren das Handling an der Messstelle und den Transport</li> <li>- Messung der Abgastemperatur wird durch beheizte Sonde beeinflusst</li> </ul>
<b>Messgas-leitung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Geringere Verschmutzung und weniger Ablagerung von Staubpartikeln</li> <li>+ Für Langzeitmessungen besser geeignet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrische Versorgung notwendig</li> <li>- Größeres Gewicht erschwert das Handling an der Messstelle und den Transport</li> </ul>

#### Unbeheizte Messgasleitung und Sonde

	Vorteile	Nachteile
<b>Abgas-sonde</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Schnelle und komfortable Kurzzeitmessungen</li> <li>+ Keine elektrische Versorgung notwendig</li> <li>+ Genaue Messung der Abgastemperatur, keine Verfälschung durch Wärme der beheizten Sonde</li> <li>+ Einfaches Handling an der Messstelle und beim Transport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stärkere Verschmutzung bei Langzeitmessungen und häufigem Einsatz</li> <li>- Stärkere Korrosionseffekte, da sich im Bereich der Sonde außerhalb der Messöffnung Kondensat bildet</li> <li>- Stärkere Absorptionseffekte auf SO<sub>2</sub> und NO<sub>2</sub> bei Langzeitmessungen, wenn die Sonde nicht regelmäßig gereinigt wird</li> </ul>
<b>Messgas-leitung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Kurzzeitmessungen schnell und komfortabel möglich</li> <li>+ Keine elektrische Versorgung notwendig</li> <li>+ Einfaches Handling bei Messung und Transport</li> <li>+ Einfache Verlängerung der Leitung</li> <li>+ Schnelle Ansprechzeit der Gasmessgrößen durch sehr geringes Totvolumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stärkere Ablagerungen in der Messgasleitung, besonders bei Langzeitmessungen und häufigem Einsatz</li> <li>- Stärkere Absorptionseffekte auf SO<sub>2</sub> und NO<sub>2</sub>, wenn die Messgasleitung nach längerem Betrieb verschmutzt ist</li> </ul>