



**Ejecución de mediciones aún
más eficientes y seguras en
instalaciones de calefacción.**

Contenido

1. Prueba de funcionamiento y ajustes en las cámaras de combustión por gas	3
1.1. Comprobación de la presión en la toma de gas	3
1.2. Ajuste de la relación gas/aire	4
1.3. Preparación del analizador de combustión	6
1.4. Determinación de la pérdida de gases de combustión	6
1.5. Cálculo de la eficacia energética (η)	9
1.6. Medición del tiro de la chimenea	10
1.7. Medición de la concentración de CO	10
1.8. Revisión de las vías de escape	11
1.9. Cuidado del analizador	11
2. Revisiones adicionales	12
2.1. Revisión de óxidos nítricos (NO_x)	12
2.2. Medición de CO ambiental	12
3. Prueba de funcionamiento y ajustes en las cámaras de combustión por fuel oil	13
3.1. Medición del número de opacidad	13
3.2. Ajustes en quemadores del fuel	14

Prueba de funcionamiento y ajustes en las cámaras de combustión por gas

Los pasos de trabajo y las indicaciones descritos aquí muestran ejemplos de cómo deben ser la prueba de funcionamiento y el ajuste durante la puesta en marcha de

calderas de gas atmosféricas y aparatos de condensación. No se incluyen las actividades en los quemadores de soplador de gas.

1. Comprobación de la presión en la toma de gas

Antes de la puesta en marcha deberán comprobarse la presión en la toma de gas como presión de flujo. Esta deberá estar dentro del rango de presión permitido conforme a los datos del fabricante (en gas natural generalmente entre 18 y 25 mbar). De lo contrario, no podrá ponerse en marcha la caldera de gas y deberá informarse a la empresa de abastecimiento de gas para eliminar la causa.

Para la medición de la presión en la toma de gas se conecta un manómetro en las boquillas de medición correspondientes de las válvulas de la caldera de gas con la llave de gas cerrada. Con llave de gas abierta se lleva el quemador a la potencia máxima mediante el menú de mando correspondiente y se mide la presión en la toma de gas como presión de flujo. Con la presión de conexión correcta se vuelve a cerrar la boquilla de medición y se continúa con la puesta en marcha.



Para los trabajos de ajuste es imprescindible un analizador de gases de combustión, p. ej. el testo 300



Lectura de la presión en la toma de gas y en la tobera en la testo 510

Posibles consecuencias de la presión de gas incorrecta

Demasiada presión de gas

- La llama se apaga
- Combustión incompleta
- Concentración de CO elevada (peligro de intoxicación)
- Alto consumo de gas

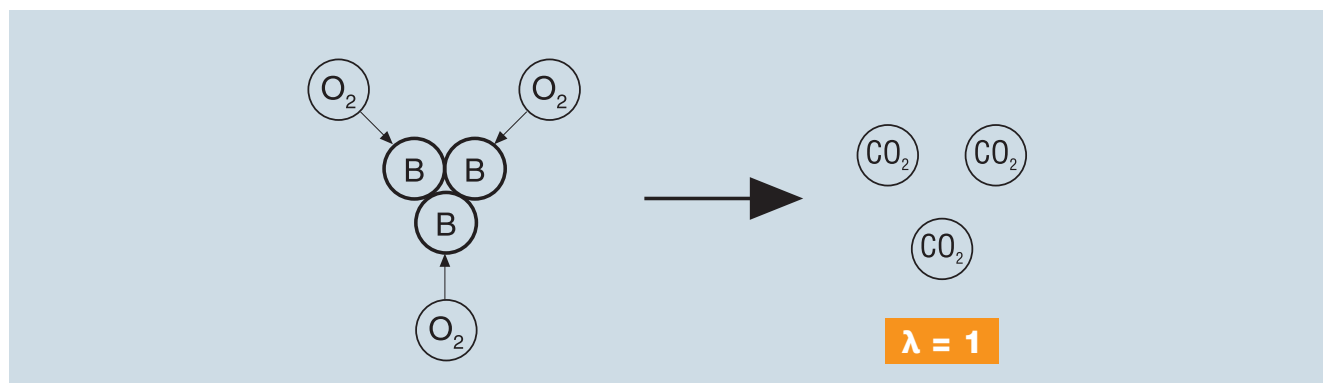
Presión de gas demasiado baja

- La llama se apaga
- Altas pérdidas de gases de combustión
- Contenido elevado de O_2
- Contenido mínimo de CO_2

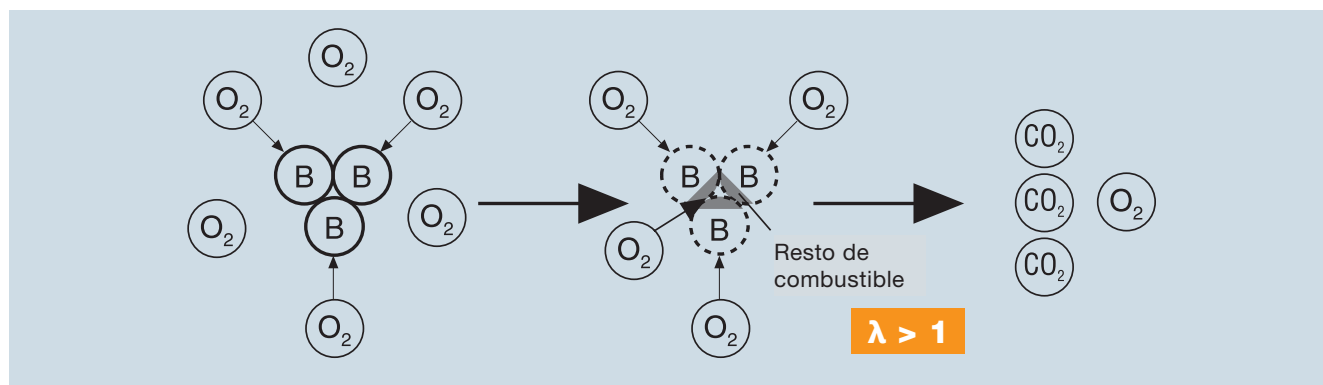
2. Ajuste de la relación gas/aire

El objetivo de un servicio de la instalación respetuoso con el medio ambiente es la combustión completa del combustible y el mejor aprovechamiento posible. Una dimensión determinante para el servicio óptimo es la cantidad de aire de combustión. En la práctica se ha demostrado que un pequeño exceso de aire es óptimo para el servicio de la instalación. En la combustión se añade un poco más de aire de lo que sería necesario teóricamente.

La proporción del aire de combustión adicional en relación con la demanda de aire teórica se denomina factor lambda λ . El siguiente modelo de combustión representa esta proporción:



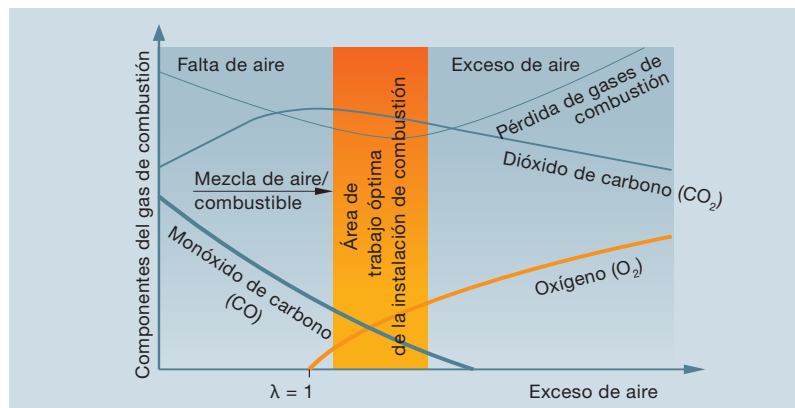
Combustión ideal



Combustión real

El factor lambda se determina en relación con la concentración de los componentes de los gases de combustión CO , CO_2 y O_2 . Las relaciones se muestran en el denominado diagrama de combustión, (v. fig. abajo). En la combustión, a cada contenido de CO_2 le corresponde un contenido de CO (cuando falta aire/ $\lambda < 1$) o de O_2 (cuando sobra aire/ $\lambda > 1$). Debido a que el valor de CO_2 marcha

sobre un máximo, este no es determinante, de tal forma que será necesaria una medición de CO o de O_2 . En el servicio con exceso de aire (caso normal) hoy en día se prefiere generalmente la determinación del O_2 . Para cada combustible resultan un diagrama específico y un valor propio $\text{CO}_{2\text{máx}}$.



El diagrama muestra que la pérdida de gases de combustión aumenta tanto para una magnitud determinada de falta de aire como con una dimensión determinada de exceso de aire. La explicación es la siguiente:

1. En el área de la falta de aire no se quema completamente ni se transforma en energía el combustible disponible.
2. En el área del exceso de aire se calienta demasiado oxígeno y se libera al aire libre directamente a través de la chimenea, sin ser utilizado para la generación de calor.

En los aparatos de poder calorífico el ajuste de la relación gas-aire se realiza mediante el método manométrico, esto es, se ajusta la presión de las toberas para el rendimiento máximo y mínimo. Para ello, en la boquilla de medición para la presión de la tobera se afloja el tornillo de junta y se conecta un manómetro. La caldera de gas se pone primero al máximo rendimiento del aparato (carga completa) mediante el menú de mando y después a mínimo (carga pequeña). Para los dos niveles de potencia se modifica la presión de la tobera en los tornillos de ajuste correspondientes de las válvulas de gas y se controla mediante el manómetro. Los datos sobre la presión de la tobera necesaria están indicados en la documentación del fabricante (en relación con el índice de Wobbe del gas empleado, el cual se puede consultar al proveedor de gas): En los aparatos de condensación, la mezcla de la relación de gas-aire se ajusta generalmente mediante la medición del contenido de dióxido de carbono (CO_2) en los gases de combustión.

Para ello se prepara el analizador de gas de combustión como se describe en el paso 3 y se coloca la sonda de humo en el canal de gases de combustión. Finalmente se pone la caldera a la máxima potencia a través del menú de mando y se mide el contenido de CO_2 en los gases de combustión. Para ajustar la relación de gas-aire se modifica ahora la cantidad de gas mediante el tornillo de ajuste (estrangulación de gas), hasta que los valores de CO_2 en los gases de combustión se correspondan con las indicaciones del fabricante. Los fabricantes prescriben en parte también los valores de ajuste para el rendimiento mínimo del aparato. El ajuste se realiza conforme indicado para el rendimiento máximo. Después de estos ajustes básicos debe realizarse un control de la caldera de gas ajustada. Esta comprende la medición de la pérdida de gas de combustión (q_A) y del contenido de monóxido de carbono (CO) en los gases de combustión.

Presión de la tobera (mbar)		Rendimiento calorífico (kW)			
		11	13	15	17
Índice de Wobbe (kWh/m^3)	12,0 – 16,1	6,0	8,4	11,2	14,5
	10,0 – 13,1	4,8	6,9	8,7	11,3

Ejemplos para los valores de la presión de toberas

Tipo de gas	CO_2 con máximo rendimiento calorífico	CO_2 con mínimo rendimiento calorífico
Gas natural E (H)	9,5 %	8,7 %
Gas natural LL (L)	9,2 %	8,6 %

Ejemplos para valores de ajuste de CO_2

3. Preparación del analizador de gases de combustión

- **Definición de la protección del sensor:** Para proteger los sensores frente a sobrecarga en caso de concentraciones de CO elevadas pueden definirse valores límite a partir de los cuales se desconecta la bomba de gases de combustión y estos dejan de entrar en el analizador. En algunos analizadores (testo 300*, testo 330i), al sobrepasarse el valor límite se produce una dilución de los gases de combustión con aire limpio y no es necesario interrumpir la medición.
- **Prueba de estanqueidad:** Para evitar que entre aire limpio en el analizador y distorsione los resultados de la medición, se recomienda realizar una prueba de estanqueidad antes de la medición. La sonda de humo se cierra con una tapa de tal forma que, transcurrido cierto tiempo, el flujo en la bomba de gas de medición sea cero. Si no fuera el caso, existe una fuga en el instrumento por lo que deberá revisarse, para comprobar, por ejemplo, si el cierre en la caída de agua condensada está cerrado correctamente.
- **Puesta a cero de los sensores de gas y del sensor de tiro:** Para la puesta a cero de los sensores la sonda de humo deberá estar fuera del canal de gases de combustión, en caso ideal en el aire limpio. El analizador aspira el aire del entorno a través de la sonda de humo y lo lleva a través de los sensores de gas. De esta forma se "aclaran" y la concentración de gas medida se pone "a cero". Al mismo tiempo se pone a cero el sensor de presión del analizador de combustión respecto a la presión de aire en el entorno. En algunos analizadores, como el testo 300** o el testo 330i, la sonda también puede estar en el conducto de gases de combustión durante la puesta a cero. Aquí se desacoplan tanto el conducto de gas de medición como el sensor de presión durante la puesta a cero de la sonda de humo y se emplea para la puesta a cero la concentración de gas o la presión de aire en el entorno del analizador de gases de combustión.

4. Determinación de la pérdida de gas de combustión

La pérdida de gas de combustión es la diferencia entre la entalpía del gas de combustión y la del aire de combustión, en relación al poder calorífico del combustible. Es por tanto una magnitud para la entalpía de los gases de combustión

que salen por la chimenea. Cuanto mayor sea la pérdida de gas de combustión, peor será la eficacia energética y, con ello, el aprovechamiento de energía, y más altas serán las emisiones de una instalación de calefacción. Por este motivo, la pérdida de gas de combustión permitida para los sistemas de combustión está limitada en algunos países. Después de determinar el contenido de oxígeno y la diferencia entre la temperatura del aire de combustión y de la combustión puede calcularse la pérdida de gas de combustión con los factores específicos del combustible. Los factores específicos al combustible (A2, B) aparecen en los analizadores de combustión. Para emplear los valores correctos para A2 y B es necesario elegir el combustible correspondiente en el analizador. En lugar del contenido de oxígeno puede usarse también la concentración de dióxido de carbono (CO₂) para el cálculo. La temperatura de los gases de combustión (TG) y el contenido de oxígeno o de dióxido de carbono (CO₂) deben medirse simultáneamente durante la medición en un punto. La temperatura del aire de combustión debería medirse simultáneamente.

El ajuste óptimo de la instalación de calefacción mediante el cálculo de la pérdida de gas de combustión merece la pena:

- 1 % Pérdida de gases de combustión = 1 % Consumo adicional de combustible
- Pérdida de energía/año = Pérdida de gases de combustión x Consumo de combustible/año

Con una pérdida de gases de combustión calculada del 10 % y un consumo de 3000 l de gasóleo al año, esto corresponde a una pérdida de gases de combustión de aprox. 300 l gasóleo/año.

Una pérdida de gases de combustión atípicamente elevada puede tener las siguientes causas:

- Una puesta a cero incorrecta del analizador
- Combustible incorrecto ajustado

Una reducción repentina de la temperatura de los gases de combustión puede tener las siguientes causas:

- En el termopar (sensor de temperatura) se encuentra el condensado
- Solución: Montar la sonda de humo en horizontal o hacia abajo para que el agua condensada pueda gotear.

* Válido para las versiones del testo 300 con la función „Dilución“.

** Válido para las versiones del testo 300 con la función „Puesta a cero con sonda en los gases de combustión“.

Fórmulas de cálculo para la pérdida de gases de combustión

Pérdida de gases de combustión:

$q_A =$

$$\left[(TG - TA) \left[\frac{A2}{(21 - O_2)} + B \right] - XK \right]$$

TG: Temperatura de los gases de combustión

TA: Temperatura del aire de combustión

A2/B: Factores específicos al combustible (ver la tabla)

21: Contenido de oxígeno en el aire

O₂: valor de O₂ medido (redondeado)

XK: Coeficiente que, al no llegar al punto de rocío, emite la pérdida de gases de combustión q_A como valor negativo. Necesario para la medición en calderas de condensación. Si no se baja de la temperatura de punto de rocío, el valor XK = 0.

$$q_A = fx \frac{(TG - TA)}{CO_2}$$

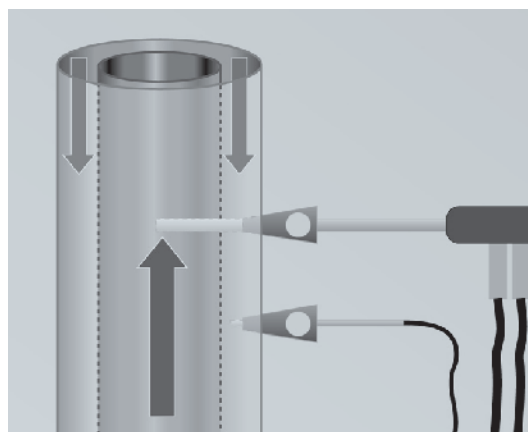
Fórmula de Siegert para calcular la pérdida de gases de combustión. Se emplea cuando los factores específicos al combustible A2 y B (ver tabla) son igual a cero.

Tabla de los factores específicos al combustible

Combustible	A2	B	f	CO _{2máx}
Gasóleo para calefacción	0,68	0,007	–	15,4
Gas natural	0,65	0,009	–	11,9
Gas licuado	0,63	0,008	–	13,9
Coque, carbón	–	–	0,74	20,0
Briqueta	–	–	0,75	19,3
Lignito	–	–	0,90	19,2
Hulla	–	–	0,60	18,5
Gas de coque	0,6	0,011	–	–
Gas ciudad	0,63	0,011	–	11,6
Gas patrón	–	–	–	13,0

Temperatura del aire de combustión (TA)

La mayoría de los analizadores de gases de combustión vienen equipados de forma estándar con un sensor de temperatura en el instrumento. De esta forma, al colocar el analizador en la carcasa del quemador se mide la temperatura del aire de combustión en las inmediaciones del punto de aspiración del quemador. En los sistemas independientes del aire del entorno, este sensor se reemplaza por un sensor de temperatura separado, que se coloca en la entrada del aire limpio/aire de combustión:



Medición en instalaciones independientes del aire del entorno

Temperatura del gas de combustión (TG)

Mediante el termopar en la sonda de humo se mide la temperatura de los gases de combustión. Para ello se introduce la sonda de PdC por la apertura de medición en el conducto de gases de combustión (la distancia de la apertura de medición a la caldera debería ser de al menos el doble de diámetro del conducto de gases de combustión). Mediante una medición continua de la temperatura se busca la temperatura máxima de los gases de combustión (el denominado núcleo de la corriente) y se coloca allí la sonda. En la corriente central, la temperatura y la concentración de dióxido de carbono (CO_2) tienen la máxima elevación y el contenido de oxígeno (O_2) es el mínimo.

Concentración de O_2

El oxígeno no utilizado en caso de exceso de aire en la combustión aparece como parte gaseosa en los gases de combustión y es un factor de medición para determinar la eficacia energética de la combustión. Una bomba aspira los gases de combustión mediante una sonda de humo y lo lleva al conducto de medición del analizador de gases de combustión. Allí se pasa a través del sensor de gas (célula de medición) para O_2 y se determina la concentración de gas. El contenido de O_2 también se emplea para calcular la concentración de CO_2 en los gases de combustión, la cual, como se ha descrito anteriormente, se emplea para ajustar los instrumentos del valor calorífico de gas.

Concentración de dióxido de carbono (CO_2)

En lugar del contenido de oxígeno, como ya se ha mencionado, puede usarse también la concentración de dióxido de carbono para calcular la pérdida de gases de combustión. Si con un exceso de aire bajo (combustión completa) existe una parte de CO_2 lo más alta posible, entonces las pérdidas de gases de combustión son lo más bajas posibles. Para cada combustible hay un contenido de CO_2 máximo alcanzable ($\text{CO}_{2\text{máx}}$) en los gases de combustión, que viene dado por la composición química del combustible. Sin embargo, este valor no puede

obtenerse en la práctica, ya que para un servicio seguro del quemador es siempre necesario determinado exceso de aire, que reduce la parte porcentual de CO_2 en los gases de combustión.

Por este motivo, al ajustar el quemador no se busca el máximo sino un contenido de CO_2 lo más alto posible.

Valores de $\text{CO}_{2\text{máx}}$ para diferentes combustibles:

- Gasóleo para calefacción 15,4 Vol. % CO_2
- Gas natural 11,8 Vol. % CO_2
- Carbón 1,5 Vol. % CO_2

En la documentación del fabricante encontrará frecuentemente datos sobre las concentraciones de CO_2 que pueden alcanzarse y sobre las modificaciones que deben llevarse a cabo en los ajustes de la cantidad de aire para obtener estos valores. La mayoría de los analizadores de gases de combustión no tiene un sensor de CO_2 , sino que la concentración de CO_2 en los gases de combustión se mide por el contenido de O_2 . Esto es posible ya que los dos valores están relacionados entre sí. Como en este cálculo el contenido de CO_2 máximo del combustible correspondiente encoge, antes de cada medición debe introducirse el combustible adecuado de la instalación en el analizador de gases de combustión.

5. Cálculo de la eficacia energética (η)

En las instalaciones de calefacción convencionales

La eficacia energética de la combustión (η) de una instalación de calefacción convencional se calcula extrayendo la pérdida de gases de combustión (q_A) de la energía total introducida (poder calorífico HU = 100 % de la energía introducida).

En las calderas de condensación

Como en las calderas de condensación modernas se obtiene calor de vaporización, para realizar un cálculo correcto en Testo se ha introducido el valor adicional XK, que contiene el aprovechamiento del calor en relación con el poder calorífico. Cuando los gases de combustión se enfrían por debajo de su temperatura de punto de rocío, cuyo valor teórico específico para el combustible está

registrado en el analizador Testo, el coeficiente XK indica el calor de vaporización recuperado del agua condensada como valor negativo, al tiempo que la pérdida de gases de combustión se reduce o puede volverse negativa.

La eficacia energética relativa al poder calorífico puede alcanzar así valores por encima del 100 %.

Por ejemplo:

$A_2 = 0,68$

$B = 0,007$

$TG = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$

$TA = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

$O_2 = 3\text{ }\%$

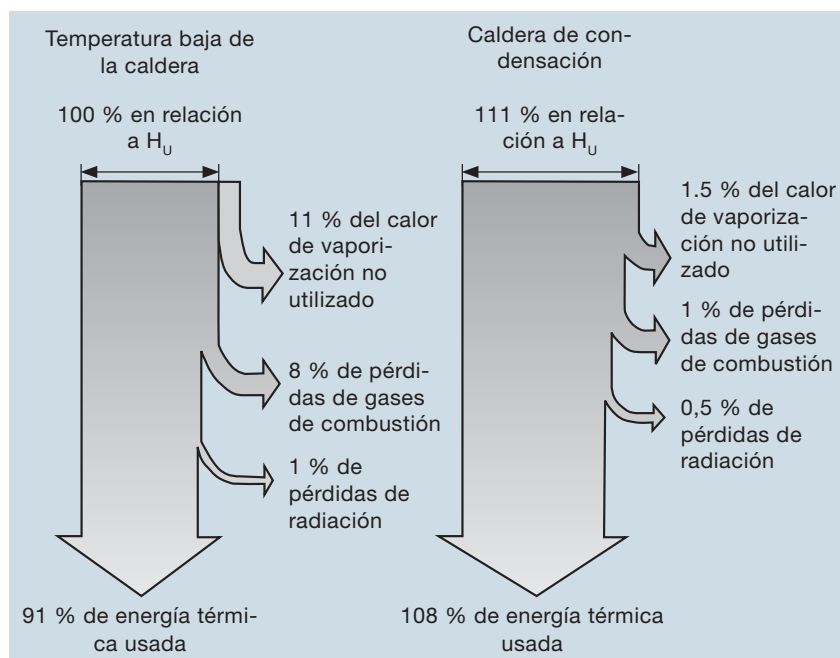
$XK = 5.47\text{ }\%$

q_A (sin coeficiente XK) = 1 %

q_A (con coeficiente XK) = -5 %

$\eta = 100\text{ \%} - (-5\text{ \%})$

En este gráfico se muestra claramente con otro ejemplo por qué la eficacia energética es superior a 100 % en calderas de condensación:



Pérdidas de energía en calderas de baja temperatura y calderas de condensación

Cuando se ha transformado completamente el combustible, se genera calor y vapor de agua.

- Si se detecta completamente el calor, se obtiene un 100 % del poder calorífico HU.
- Si se añade la energía obtenida en el vapor de agua (calor de vaporización), se obtiene el valor calorífico HS.
- El valor calorífico total HS es siempre superior al poder calorífico HU.
- Al calcular la eficacia energética se toma siempre como base el poder calorífico HU.
- Las calderas de condensación aprovechan adicionalmente para el poder calorífico también la energía de condensación. Por este motivo, el cálculo de su eficacia energética puede ser superior al 100 %.

6. Medición del tiro de la chimenea

La ascensión o el tiro de la chimenea son el requisito básico en calderas de tiro natural para extraer los gases de combustión por la chimenea. Debido a la baja densidad de los gases de combustión calientes frente al aire externo frío, en la chimenea se forma un vacío, denominado también tiro de la chimenea. Este vacío succiona el aire de combustión y se superan todas las resistencias de la caldera y del tubo de gases de escape. En las calderas de sobrepresión no es necesario tener en cuenta las relaciones de presión en la chimenea ya que un quemador de soplador genera la sobrepresión necesaria para extraer los gases de combustión. En estas instalaciones puede emplearse un diámetro de chimenea menor. Durante la medición del tiro de la chimenea se calcula la diferencia entre la presión dentro del canal de gases de combustión y la presión en el lugar de emplazamiento. Esto se realiza como en la determinación de la pérdida de gases de combustión en la corriente central del canal de gases de combustión. Como se ha descrito más arriba, el sensor de presión del analizador debe ponerse a cero antes de la medición.

Valores típicos del tiro de la chimenea:

Caldera de sobrepresión con quemador de soplador + valor calorífico:

0,12 – 0,20 hPa (mbar) Sobrepresión del quemador de

evaporización de fuel oil y combustión de gas atmosférica:

0,03 – 0,10 hPa (mbar) presión negativa

Unos valores muy bajos en la medición de tiro pueden tener las siguientes causas:

- El trayecto del tiro en el analizador no es estanco
- El sensor de presión no se ha puesto correctamente a cero

Unos valores muy elevados pueden tener las siguientes causas:

- Un tiro de la chimenea demasiado fuerte
- El sensor de presión no se ha puesto correctamente a cero

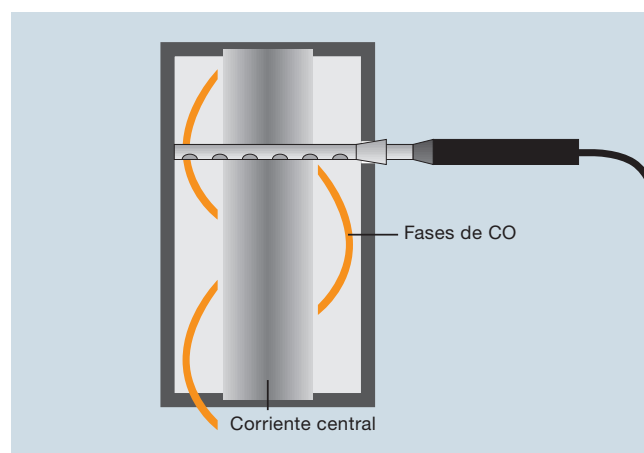
7. Medición de la concentración de CO

La comprobación del valor de CO ofrece información concluyente sobre la calidad de la combustión y ayuda a la seguridad del operario de la instalación. Si las vías de escape están obstruidas, los gases de combustión, por ejemplo en calefactores de gas atmosféricos, saldrían a la habitación de la calefacción a través de los seguros de flujo, lo que supondría un riesgo para el operario. Por este motivo,

después de realizar los trabajos de ajuste en la caldera de gas, debe medirse la concentración de monóxido de carbono (CO) y deben revisarse las vías de escape. En los quemadores de gas con soplador esta medida no es necesaria ya que allí los gases de combustión se comprimen en la chimenea.

La medición deberá realizarse al menos 2 minutos después de la puesta en servicio de la combustión por gas, ya que solo entonces el contenido de CO aumentado durante el arranque de la instalación habrá bajado al valor normal. Esto se aplica también a las calderas de gas con regulación de la combustión, ya que estas realizan un calibrado al arrancar el quemador, durante el cual aparecen brevemente emisiones de CO muy elevadas. La medición se realiza como en la determinación de la pérdida de gases de combustión en la corriente central del canal de gases de combustión. Sin embargo, y debido a que los gases de combustión están diluidos en aire fresco, debe calcularse el contenido de CO en los gases de combustión no diluidos (ya que si no, el contenido de CO podría resultar manipulado al mezclarlo con aire). Para ello, el analizador calcula la concentración de CO no diluido junto con el contenido de oxígeno medido en el conducto de gases de combustión y la muestra como CO no diluido.

En las instalaciones de gas atmosféricas la concentración de CO en el tubo de gas de combustión no es igual en todos los puntos (formación de fases). Por esta razón, la extracción de una prueba con una concentración de > 500 ppm debe realizarse con una sonda multiorificios (p.ej.: sonda de paso anular de Testo con el modelo 0632 1260). La sonda multiorificios presenta una serie de orificios que registran la concentración de CO a lo largo de todo el diámetro del tubo de gas de combustión.



Medición de CO con la sonda multiorificios

8. Revisión de las vías de escape

Revisión del seguro de flujo:

En las calderas de gas atmosféricas con seguro de flujo, la perfecta extracción de los gases de combustión es un requisito necesario para un funcionamiento seguro de la instalación de combustión. Para ello puede emplearse un detector de fugas que se mantiene junto el seguro de flujo y detecta allí la precipitación de la humedad contenida en los gases de combustión.

Las siguientes causas deben considerarse para una obstrucción de retorno:

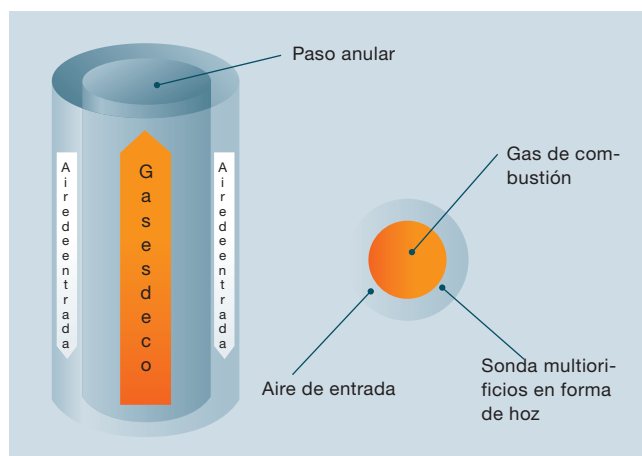
- Estrechamiento de la tuberías de gases de combustión por suciedad o deformación
- Suministro de aire de combustión insuficiente
- Fatiga de material en juntas, uniones de tuberías desplazadas, corrosión



Uso del detector de escapes testo 317-1

Prueba de estanqueidad de las vías de escape:

En las instalaciones de calefacción independientes del aire del entorno, la estanqueidad de las vías de escape se comprueba mediante la medición de entrada de O_2 en el paso anular. La concentración de O_2 en el aire succionado en el paso anular debería ser generalmente del 21%. Si se miden valores por debajo del 20.5 %, esto debe interpretarse como una fuga en el canal interno de los gases de combustión y debe revisarse la instalación. La sonda multiorificios en forma de hoz de Testo (modelo 0632 1260) permite una medición segura y rápida del contenido de O_2 en el paso anular. El método convencional para la prueba de estanqueidad en un conducto de gases de combustión mediante la prueba de presión se emplea hoy en día solo en la chimenea. Con un detector de escapes como el testo 317-1 (modelo: 0632 3170) es posible detectar fugas en la vía de los gases de combustión de forma rápida y fiable.



Medición de paso anular de O_2 con sonda multiorificios en forma de hoz

9. Cuidado del analizador

Después de la medición deberá extraerse la sonda de humo del canal de gases de combustión con la bomba de gas de medición todavía conectada. Esto ayuda a llevar el aire limpio del entorno a través de los sensores de gas y a limpiarlos.

Revisiones adicionales en sistemas de combustión

Revisión de óxidos nítricos (NO_x)

Al realizar la medición de óxido nítrico pueden comprobarse las medidas relativas a la combustión para reducir la expulsión de óxido nítrico en los sistemas de combustión. Como óxidos nítricos (NO_x) se denominan la suma de monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). La proporción de NO y NO₂ es siempre la misma en el área de combustiones pequeñas (excepto las calderas de condensación) (97 % de NO, 3 % de NO₂). Por este motivo, los óxidos nítricos NO_x se calculan normalmente después de medir el monóxido de nitrógeno NO. Si es necesario realizar mediciones de NO_x más precisas, las partes de monóxido de nitrógeno (NO) y de dióxido de nitrógeno (NO₂) deberán medirse y sumarse. Esto se aplica a las calderas de condensación o al utilizar combustibles mixtos, ya que la relación en estos casos no es del 97 % al 3 %.

Debido a la alta solubilidad en agua del dióxido de nitrógeno (NO₂) para calcular exactamente la concentración de NO₂ deben medirse los gases de combustión secos, ya que de lo contrario no se tendrá en cuenta el NO₂ diluido en el agua condensada. Por este motivo, en las mediciones de dióxido de nitrógeno debe emplearse una preparación de gas que seque los gases de combustión antes de la medición.

- Si la medición se realiza en las inmediaciones de un filtro estático, deberá ponerse a tierra la sonda de humo debido a la carga estática.
- Si se esperan cargas de polvo y hollín elevadas, deben emplearse filtros limpios y secos. Emplear prefiltros en caso necesario.

Medición de CO ambiental

Al realizar el mantenimiento de las calderas de gas en viviendas, por motivos de seguridad debería realizarse en paralelo a la medición de los gases de combustión una medición de CO ambiental ya que, si los gases de combustión retroceden, puede producir concentraciones de

CO elevadas y, con ello, suponer un peligro de intoxicación para el operario. Una concentración de CO por encima del 0,16 Vol. % (1.600 ppm) en las vías respiratorias es causa de muerte para las personas.

Esta medición se debe realizar siempre en primer lugar, antes que el resto de mediciones.

Concentración de CO en el aire		Tiempo de inhalación y consecuencias
30 ppm	0,003 %	Valor MAK (máx. concentración en el puesto de trabajo en Alemania con una jornada laboral de ocho horas)
200 ppm 400 ppm	0.02 % 0.04 %	Dolores de cabeza leves a las 2 o 3 horas, dolores de cabeza en la zona de la frente a la hora o 2 horas, se extiende por toda la cabeza
800 ppm	0.08 %	Mareos, náuseas y contracciones en los miembros a los 45 minutos, pérdida del conocimiento a las 2 horas
1.600 ppm	0.16 %	Dolores de cabeza, náuseas y mareos a los 20 minutos, muerte a las 2 horas
3.200 ppm	0.32 %	Dolores de cabeza, náuseas y mareos a los 5 o 10 minutos, muerte a los 30 minutos
6.400 ppm	0.64 %	Dolores de cabeza y mareos entre 1 y 2 minutos, muerte entre 10 y 15 minutos
12.800 ppm	1.28 %	Muerte entre 1 y 3 minutos

Prueba de funcionamiento y ajustes en las cámaras de combustión por fuel oil

Los pasos de trabajo y las indicaciones descritos aquí muestran ejemplos de cómo deben ser los ajustes y las mediciones durante la puesta en marcha de aparatos de poder calorífico. Estos son calderas de temperaturas bajas con quemador de soplador de fuel oil. Aquí no se tienen en cuenta los aparatos de condensación.

1. Medición del número de opacidad

En este sentido se introduce la bomba de opacidad con el papel de filtro colocado en el canal de gases de combustión y se succiona los gases de combustión mediante diez carreras uniformes. A continuación se extrae la hoja del filtro y se examina la presencia de derivados del petróleo (gotas de aceite). Si se determina una coloración por derivados del petróleo, o el filtro está húmedo por la formación de agua condensada, deberá repetirse la

medición. Para determinar oficialmente el número de opacidad en Alemania deben realizarse tres mediciones individuales. Los ennegrecimientos del papel de filtro se comparan con los de la escala de Bacharach. Calculando el valor medio de las mediciones individuales, se determina el valor final. Deberá intentar obtenerse un número de opacidad de 0.

En las instalaciones desconocidas debería realizarse primero una medición del hollín para no cargar innecesariamente los analizadores por los posibles residuos de la combustión (hollín y derivados del petróleo). Con números de opacidad mayores deberá revisarse y modificarse primero el ajuste básico del quemador del fuel antes de seguir optimizando los ajustes con ayuda de un analizador de gases de combustión. El paso 2 explica el procedimiento a seguir:

2. Ajustes en quemadores del fuel

Durante la puesta en servicio y el mantenimiento de quemadores del fuel debe realizarse un ajuste y control de los parámetros más importantes. Los pasos de trabajo individuales para ello están detallados en la documentación del fabricante y descritos a continuación de forma general para los denominados quemadores de soplador de llama amarilla.

Selección de la tobera correcta:

En la tabla de selección de toberas se eligen la tobera adecuada y la presión del fuel que debe ajustarse en función del rendimiento deseado del quemador.

Ajuste básico de la cantidad de aire:

La documentación del fabricante contiene información sobre los ajustes básicos para la cantidad de aire necesaria para el quemador. En función del rendimiento calorífico necesario para la combustión se indican en una escala los valores correspondientes para el ajuste de la válvula de aire y del disco deflector.

Ajuste básico de la bomba de aceite (presión de la bomba):

La presión de la bomba ya ha sido definida en función del rendimiento deseado para el quemador y de la elección de la tobera en la tabla de selección de toberas. En la bomba de aceite se enrosca un manómetro para leer la presión de la bomba y se ajusta correspondientemente la presión de la bomba mediante el tornillo de regulación de la presión. Con un vacuómetro instalado también en la bomba de aceite se comprueba que la presión negativa en el conducto de succión no supere los 0.4 bar.

Optimización y control de la combustión:

Con estos ajustes básicos de la cantidad de aire y de la presión del fuel deberían obtenerse valores de combustión

adecuados que, con ayuda de una medición de los gases de combustión, puedan seguir optimizándose. Al tiempo se realiza la optimización de la combustión generalmente mediante la modificación de la cantidad de aire en la válvula de aire (ajuste básico) o del disco deflector (ajuste fino). Muy poco aire de combustión evita una combustión completa y, con ello, un aprovechamiento completo del combustible, produciendo la formación de hollín. Demasiado aire de combustión produce un calentamiento del exceso de aire en la cámara de combustión, que se extraerá por la chimenea sin ser utilizado. Dependiendo del fabricante del quemador, para la optimización de la combustión se dan especificaciones para los valores de CO_2 o de CO , del exceso de aire o la pérdida de gases de combustión/la eficacia energética. Estos valores se determinan con un analizador de gases de combustión.

En el quemador de soplador de llama amarilla, el gasóleo para calefacción se pulveriza en una tobera y la gasificación del fuel oil se produce dentro de la llama. Durante la combustión se puede ver una llama amarillenta.

En el quemador de soplador de llama azul, los gases de combustión se utilizan para calentar el fuel oil pulverizado antes de la combustión real y, de esta forma, la gasificación del fuel oil se produce antes de la llama. Aquí se ve una llama azulácea.

Be sure. **testo**



Todas las soluciones
de medición para
instalaciones de
calefacción se
encuentran en:
www.testo.com

0985 xxx4/alr/09/2018 - Reservado el derecho a realizar modificaciones, también de

www.testo.com