



Metingen aan  
verwarmingsinstallaties  
efficiënt en veilig uitvoeren.

# Inhoud

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Controle van de werking en instellingen bij gasgestookte cv-installaties</b>  | <b>3</b>  |
| 1.1. Controleren van de gasaansluitdruk                                             | 3         |
| 1.2. Instellen van de gas-lucht-verhouding                                          | 4         |
| 1.3. Voorbereiden van de rookgasanalyser                                            | 6         |
| 1.4. Bepalen van het rookgasverlies                                                 | 6         |
| 1.5. Berekenen van het rendement ( $\eta$ )                                         | 9         |
| 1.6. Meting van de schoorsteentrek                                                  | 10        |
| 1.7. Meting van de CO-concentratie                                                  | 10        |
| 1.8. Controle rookgasweg                                                            | 11        |
| 1.9. Verzorging van het meetinstrument                                              | 11        |
| <b>2. Extra controles</b>                                                           | <b>12</b> |
| 2.1. Controle van stikoxiden ( $\text{NO}_x$ )                                      | 12        |
| 2.2. CO-omgevingsmeting                                                             | 12        |
| <b>3. Controle van de werking en instellingen bij oliegestookte cv-installaties</b> | <b>13</b> |
| 3.1. Meten van het roetgetal                                                        | 13        |
| 3.2. Instellingen van oliebranders                                                  | 14        |

## Controle van de werking en instellingen bij gasgestookte cv-installaties

De hier beschreven stappen en informatie geven bij wijze van voorbeeld aan hoe de functiecontrole en instelling bij het in bedrijf stellen van atmosferische gasketels en

HR-ketels eruit moeten zien. Niet genoemd worden de werkzaamheden aan gasgestookte ventilatorbranders.

### 1. Controleren van de gasaansluitdruk

Vóór de inbedrijfstelling moet de gasaansluitdruk als stromingsdruk worden gecontroleerd. Hij moet binnen het toegelaten drukbereik volgens de documentatie van de fabrikant liggen (bij aardgas meestal 18 – 25 mbar). Anders mag de gasketel niet in gebruik worden genomen en moet het bevoegde gasbedrijf geïnformeerd worden om de oorzaak te verhelpen. Om de gasaansluitdruk te

meten wordt bij gesloten gaskraan een drukmeter op de betreffende meet aansluiting van de kraan van de gasketel aangesloten. Bij geopende gaskraan wordt dan de brander via het bedieningsmenu tot maximaal vermogen gebracht en wordt de gasaansluitdruk als stromingsdruk gemeten. Bij een correcte aansluitdruk wordt de meet aansluiting weer gesloten en doorgegaan met de inbedrijfstelling.



Voor het instellen is een rookgasanalyser, bijv. testo 300i, onmisbaar



Aflezen van gasaansluit- en nozzeldruk op testo 510

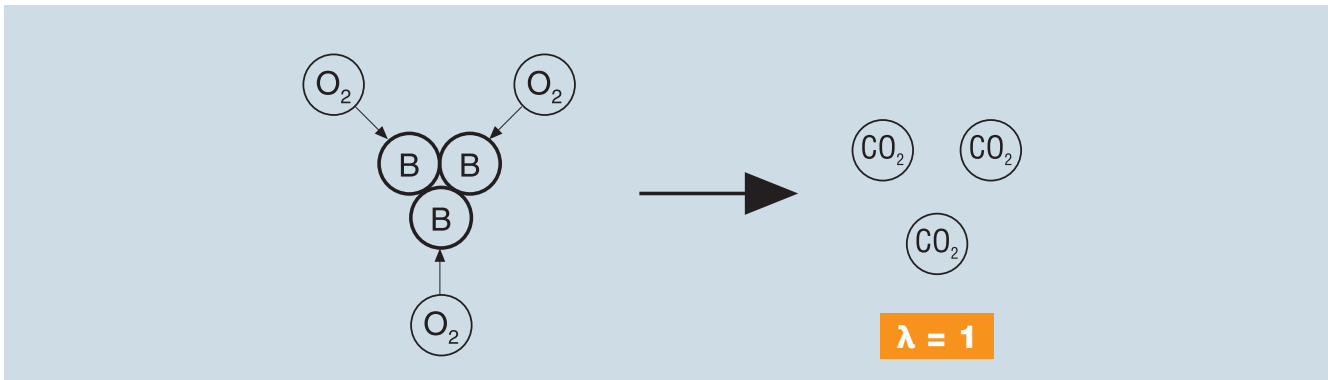
**Mogelijke gevolgen van verkeerde gasdruk**

| Te hoge gasdruk                                                                                                                                                                         | Te lage gasdruk                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vlam gaat uit</li> <li>• Onvolledige verbranding</li> <li>• Hoge CO-concentratie (kans op vergiftiging)</li> <li>• Hoog gasverbruik</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vlam gaat uit</li> <li>• Hoge rookgasverliezen</li> <li>• Hoog O<sub>2</sub>-gehalte</li> <li>• Laag CO<sub>2</sub>-gehalte</li> </ul> |

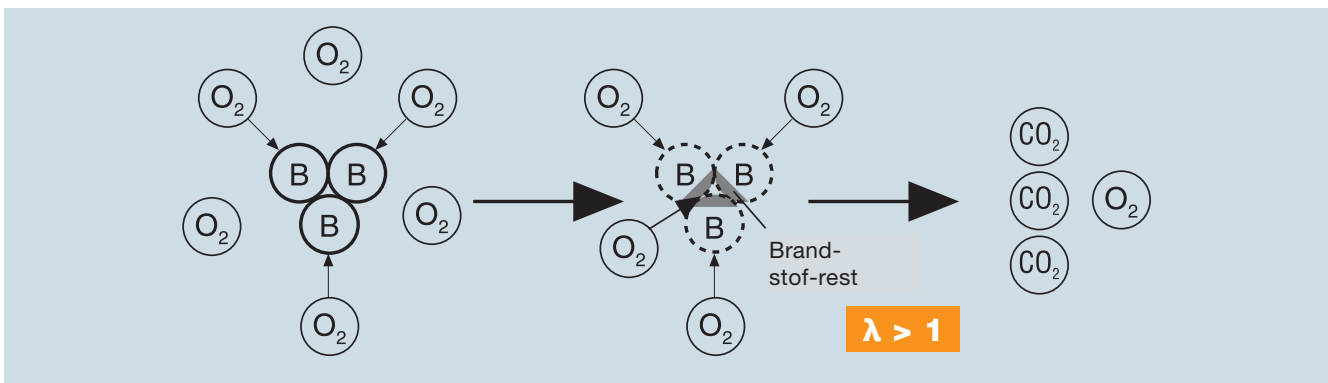
**2. Instellen van de gas-lucht-verhouding**

Het doel van een milieuvriendelijk werkende verwarming is de volledige verbranding van de brandstof en het maximale rendement uit de installatie. Een belangrijke grootte voor een optimale werking is de hoeveelheid verbrandingslucht. In de praktijk is gebleken dat een klein luchtoverschot optimaal is voor de werking. De verbranding krijgt iets meer lucht toegevoerd dan theoretisch nodig zou zijn. De verhouding van de overtollige verbrandingslucht tot

de theoretische luchtbehoefte noemt men luchtgetal of luchtvermaatfactor  $\lambda$  (lambda). Het volgende verbrandingsmodel laat deze situatie zien:



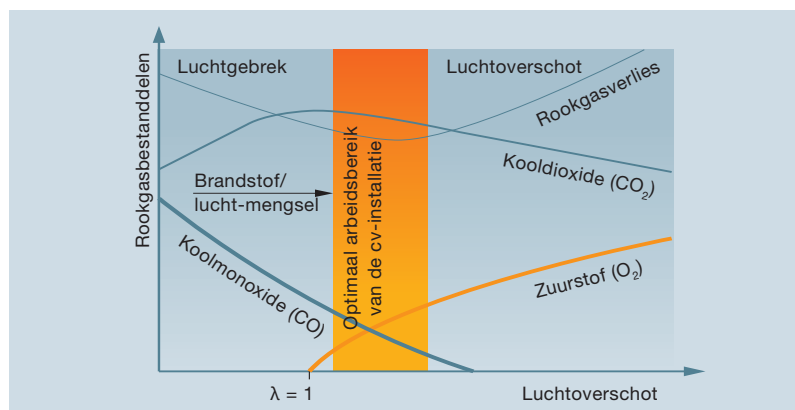
Ideale verbranding



Daadwerkelijke verbranding

Het luchtgetal wordt afhankelijk van de concentratie rookgascomponenten CO, CO<sub>2</sub> en O<sub>2</sub> bepaald. Het zgn. verbrandingsdiagram laat de samenhangen zien, (zie afb. beneden). Bij de verbranding hoort bij elk CO<sub>2</sub>-gehalte een bepaald CO- (bij luchtgebrek/ $\lambda < 1$ ) resp. O<sub>2</sub>-gehalte (bij luchtoverschot/ $\lambda > 1$ ). Aangezien de CO<sub>2</sub>-waarde boven

een maximum verloopt is alleen deze waarde niet duidelijk, zodat tevens een CO- of O<sub>2</sub>-meting nodig is. Bij werking met luchtoverschot (normaal) wordt tegenwoordig in de regel de voorkeur gegeven aan de O<sub>2</sub>-bepaling. Voor elke brandstof ontstaan een specifiek diagram en een eigen waarde voor CO<sub>2max</sub>.



Het diagram laat zien dat het rookgasverlies zowel bij een bepaalde mate aan luchtgebrek stijgt als bij een bepaalde mate aan luchtoverschot. Dat valt als volgt te verklaren:

1. In het bereik van luchtgebrek wordt de beschikbare brandstof niet volledig verbrand en in warmte omgezet.
2. In het bereik van luchtoverschot wordt te veel zuurstof verwarmd die dan direct via de schoorsteen naar buiten stroomt zonder gebruikt te worden om warmte te genereren.

Bij niet-condenserende ketels wordt de gas-luchtverhouding ingesteld met de manometrische methode, d.w.z. de nozzle druk voor minimaal en maximaal vermogen wordt ingesteld. Daartoe wordt de afdichtschroef op de meetaansluiting voor de inspuitedruk losgemaakt en er wordt een drukmeter aangesloten. De gasketel wordt dan via het bedieningsmenu in de regel eerst op maximaal (vollast) en dan op minimaal (kleinlast) vermogen gezet. Voor beide standen wordt de nozzle druk aan de betreffende instelschroeven op de gaskraan veranderd en via de drukmeter gecontroleerd. De gegevens voor de benodigde nozzle druk staan in de documentatie van de fabrikant (afhankelijk van de Wobbe-index van het gebruikte gas, die men kan aanvragen bij de gasleverancier): Bij HR-ketels wordt de gas-luchtverhouding meestal via meting van het koolstofdioxide-gehalte (CO<sub>2</sub>) in het rookgas ingesteld.

Daartoe wordt de rookgasanalyser, zoals beschreven in stap 3, voorbereid en de rookgassonde in het rookgaskanaal geplaatst. Via het bedieningsmenu wordt de ketel vervolgens op maximaal vermogen gezet en het CO<sub>2</sub>-gehalte in het rookgas gemeten. Om de gas-luchtverhouding in te stellen wordt dan de hoeveelheid gas via de instelschroef (gas-smoorschroef) veranderd, totdat de CO<sub>2</sub>-waarden in het rookgas overeenkomen met de voorschriften van de fabrikant. Deels schrijven fabrikanten nog instelwaarden voor het minimale vermogen van het toestel voor. De methode om deze in te stellen is net als bij die voor het maximale vermogen. Na deze principiële instellingen moet de ingestelde gasketel gecontroleerd worden. Hierbij worden het rookgasverlies (qA) en het koolstofmonoxide-gehalte (CO) in het rookgas gemeten.

| Nozzledruk (mbar)     |             | Warmtevermogen (kW) |     |      |      |
|-----------------------|-------------|---------------------|-----|------|------|
|                       |             | 11                  | 13  | 15   | 17   |
| Wobbe-index           | 12,0 – 16,1 | 6,0                 | 8,4 | 11,2 | 14,5 |
| (kWh/m <sup>3</sup> ) | 10,0 – 13,1 | 4,8                 | 6,9 | 8,7  | 11,3 |

Voorbeelden voor nozzledrukwaarden

| Type gas       | CO <sub>2</sub> bij maximaal warmtevermogen | CO <sub>2</sub> bij minimaal warmtevermogen |
|----------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Aardgas E (H)  | 9,5 %                                       | 8,7 %                                       |
| Aardgas LL (L) | 9,2 %                                       | 8,6 %                                       |

Voorbeelden voor CO<sub>2</sub>-instelwaarden

### 3. Voorbereiden van de rookgasanalyser

- Definitie van de sensorbescherming: om de sensoren bij hoge CO-concentraties te beschermen tegen overbelasting kunnen drempelwaarden worden vastgelegd vanaf wanneer de rookgaspomp wordt uitgeschakeld en er geen rookgas meer in het meetinstrument wordt getrokken. Bij sommige meetinstrumenten (testo 300\*, testo 330i) wordt het rookgas bij overschrijden van de drempelwaarde verdund met verse lucht en hoeft de meting niet onderbroken te worden.
- Dichtheidstest: om te voorkomen dat er ongemerkt verse lucht in het meetinstrument wordt getrokken en de meetresultaten worden vervalst moet vóór de meting een dichtheidstest worden uitgevoerd. De rookgassonde wordt daarbij met een kapje afgesloten zodat de doorstroom bij de meetgaspomp na enige tijd terugloopt tot nul. Als dit niet het geval is, is het instrument ondicht en dient men bijv. te controleren of de sluiting bij de condensopvangbak goed dicht zit.
- Nullen van de gassensoren en de treksensor: om de sensoren te nullen moet de rookgassonde zich buiten het rookgaskanaal, idealiter in de open lucht, bevinden. Het meetinstrument zuigt de omgevingslucht via de rookgassonde aan en leidt deze via de gassensoren. Deze worden daardoor 'gespoeld' en de gemeten gasconcentratie wordt als 'nulpunt' ingesteld. Tegelijkertijd wordt de druksensor van de rookgasanalyser op de luchtdruk in de omgeving van de stookplek genuld. Bij sommige meetinstrumenten, zoals de testo 300\*\* of de testo 330i, kan de sonde ook tijdens het nullen in het rookgaskanaal blijven. Hier worden zowel de weg van het gemeten gas als de druksensor tijdens het nullen losgekoppeld van de rookgassonde en wordt de gasconcentratie resp. de luchtdruk in de omgeving van de rookgasanalyser gebruikt voor het nullen.

### 4. Bepalen van het rookgasverlies

Het rookgasverlies is het verschil tussen de warmte-inhoud van het rookgas en de warmte-inhoud van de verbrandingslucht, gerelateerd aan de onderste verbrandingswaarde van de brandstof. Deze is dus een maat voor de warmte-inhoud van de via de schoorsteen afgevoerde rookgassen. Hoe hoger het rookgasverlies is, des te slechter is het rendement en dus de energie-

opbrengst en des te hoger zijn de emissies van een verwarmingsinstallatie. Daarom is het toegelaten rookgasverlies van cv-installaties in sommige landen beperkt. Na achterhalen van het zuurstofgehalte en het verschil tussen rookgas- en verbrandingsluchttemperatuur kan met de brandstofs specifieke factoren het rookgasverlies worden berekend. De brandstofs specifieke factoren (A2, B) zijn opgeslagen in de rookgasanalysers. Om ervoor te zorgen dat de juiste waarden voor A2 en B worden gebruikt moet de juiste brandstof op het instrument worden gekozen. In plaats van het zuurstofgehalte kan ook de koolstofdioxideconcentratie (CO<sub>2</sub>) voor de berekening worden gebruikt. De rookgastemperatuur (RT) en het zuurstof- resp. koolstofdioxidegehalte (CO<sub>2</sub>) moeten bij de meting tegelijkertijd op één punt worden gemeten. De VT moet eveneens tegelijkertijd worden gemeten.

Een optimale instelling van de verwarming via berekenen van het rookgasverlies is de moeite waard:

- 1 % rookgasverlies = 1 % meer verbruik aan brandstof
- Energieverlies/jaar = rookgasverlies x verbruik aan brandstof/jaar

Bij een berekend rookgasverlies van 10 % en een verbruik van 3000 l stookolie per jaar bedraagt het energieverlies ca. 300 l stookolie/jaar.

Een ongewoon hoog rookgasverlies kan de volgende oorzaken hebben:

- Verkeerd nullen van het meetinstrument
- Verkeerde brandstof ingesteld

Een plotselinge daling van de rookgastemperatuur kan de volgende oorzaken hebben:

- Op het thermokoppel (temperatuursensor) zit condensaat
- Oplossing: rookgassonde horizontaal of omlaag monteren opdat het condensaat eruit kan lopen.

\* Geldt alleen voor versies van de testo 300 met de functie 'verdunding'.

\*\* Geldt alleen voor versies van de testo 300 met de functie 'Nulling met sonde'.

### Rekenformules voor het rookgasverlies

**Rookgasverlies:**  
 $qA = \left[ (RT - VT) \left[ \frac{A2}{(21 - O_2)} + B \right] \right] - XK$

RT: Rookgas-Temperatuur  
 VT: Verbrandingslucht-Temperatuur  
 A2/B: brandstofspectifieke factoren (zie tabel)  
 21: zuurstofgehalte van de lucht  
 O<sub>2</sub>: gemeten O<sub>2</sub>-waarde (afgerond tot heel getal)  
 XK: coëfficiënt die bij overschrijden van het dauwpunt het rookgasverlies qA als min-waarde aangeeft. Noodzakelijk voor het meten bij HR-ketels. Als het dauwpunt niet wordt overschreden bedraagt de coëfficiënt XK = 0.

$qA = fx \frac{(RT - VT)}{CO_2}$

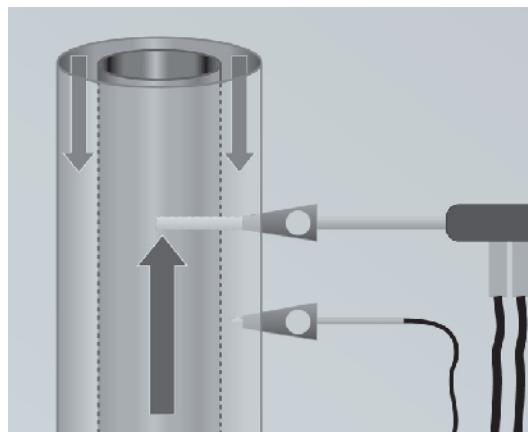
Formule van Siegert ter berekening van het rookgasverlies. Deze wordt gebruikt als de brandstofspectifieke factoren A2 en B (zie tabel) nul zijn.

### Tabel met brandstofspectifieke factoren

| Brandstof     | A2   | B     | f    | CO <sub>2max</sub> |
|---------------|------|-------|------|--------------------|
| Stookolie     | 0,68 | 0,007 | -    | 15,4               |
| Aardgas       | 0,65 | 0,009 | -    | 11,9               |
| Vloeibaar gas | 0,63 | 0,008 | -    | 13,9               |
| Cokes, kolen  | -    | -     | 0,74 | 20,0               |
| Briket        | -    | -     | 0,75 | 19,3               |
| Bruinkool     | -    | -     | 0,90 | 19,2               |
| Steenkool     | -    | -     | 0,60 | 18,5               |
| Cokesovengas  | 0,6  | 0,011 | -    | -                  |
| Stadsgas      | 0,63 | 0,011 | -    | 11,6               |
| Testgas       | -    | -     | -    | 13,0               |

### Verbrandingsluchttemperatuur (VT)

De meeste rookgasanalysers zijn standaard uitgerust met een temperatuurvoeler op het instrument. Zo kan door aanbrengen van het meetinstrument op het branderhuis de verbrandingsluchttemperatuur in de directe omgeving van het aanzuigpunt van de brander worden gemeten. Bij installaties die onafhankelijk van de omgevingslucht werken (gesloten installaties), wordt deze voeler vervangen door een aparte temperatuurvoeler die in de toevoer van de verse lucht/verbrandingslucht wordt gestoken:



Meting aan installaties die onafhankelijk zijn van de omgevingslucht

### Rookgastemperatuur (RT)

Via het thermokoppel in de rookgassonde wordt de rookgastemperatuur gemeten. Daartoe wordt de rookgassonde door de meetopening in het rookgaskanaal gestoken (de afstand van de meetopening tot de ketel moet minstens de dubbele diameter van het rookgaskanaal bedragen). Door permanente temperatuurmeting wordt het punt met de hoogste rookgastemperatuur gezocht (de zogenaamde kernstroom) en de sonde wordt daar geplaatst. In de kernstroom zijn de temperatuur en de kooldioxideconcentratie ( $\text{CO}_2$ ) het hoogste en is het zuurstofgehalte ( $\text{O}_2$ ) het laagste.

### $\text{O}_2$ -concentratie

De bij de verbranding in het geval van luchtoverschot niet verbruikte zuurstof speelt een rol als gasvormig rookgasbestanddeel en is een maat voor de efficiëntie van de verbranding. Het rookgas wordt met een pomp via de rookgassonde aangezogen en in het meetgaskanaal van de rookgasanalyser geleid. Daar wordt het via de gas-sensor (meetcel) voor  $\text{O}_2$  geleid en wordt de gasconcentratie bepaald. Het  $\text{O}_2$ -gehalte wordt ook gebruikt om op basis daarvan de  $\text{CO}_2$ -concentratie in het rookgas te berekenen, die zoals boven beschreven wordt gebruikt voor het instellen van gasgestookte HR-ketels.

### Kooldioxideconcentratie ( $\text{CO}_2$ )

In plaats van het zuurstofgehalte kan zoals boven reeds vermeld ook de kooldioxideconcentratie worden genomen om het rookgasverlies te berekenen. Als bij een gering luchtoverschot (volkomen verbranding) een zo hoog mogelijk  $\text{CO}_2$ -percentage voorhanden is, dan is het rookgasverlies het geringste. Voor elke brandstof is er een maximaal bereikbaar  $\text{CO}_2$ -gehalte ( $\text{CO}_{2\text{max}}$ ) in het rookgas, dat afhangt van de chemische samenstelling van de brandstof. Deze waarde is in de praktijk echter onbereikbaar omdat voor een veilige werking van de brander altijd een zeker luchtoverschot nodig is dat het procentuele aandeel

van de  $\text{CO}_2$  in het rookgas reduceert.

Daarom wordt bij het instellen van de brander niet gestreefd naar het maximale, maar naar een zo hoog mogelijk  $\text{CO}_2$ -gehalte.

$\text{CO}_{2\text{max}}$ -waarden voor verschillende brandstoffen:

- Stookolie 15,4 vol. %  $\text{CO}_2$
- Aardgas 11,8 vol. %  $\text{CO}_2$
- Kolen 1,5 vol. %  $\text{CO}_2$

In de documentatie van de fabrikant staan vaak gegevens over welke  $\text{CO}_2$ -concentraties bereikt kunnen worden en wat er in de instellingen van de luchthoeveelheid veranderd moet worden om deze waarden te bereiken. Bij de meeste rookgasanalysers zit geen  $\text{CO}_2$ -sensor, maar wordt de  $\text{CO}_2$ -concentratie in het rookgas berekend aan de hand van het gemeten  $\text{O}_2$ -gehalte. Dit is mogelijk omdat beide waarden in een vaste verhouding tot elkaar staan. Omdat het maximale  $\text{CO}_2$ -gehalte van de betreffende brandstof in deze berekening wordt meegenomen, moet vóór elke meting de juiste brandstof van de installatie op de rookgasanalyser worden ingevoerd.



## 5. Berekenen van het rendement ( $\eta$ )

### Bij conventionele verwarmingsinstallaties

Het stoektechnische rendement ( $\eta$ ) van een conventionele verwarmingsinstallatie wordt berekend door van de gehele toegevoegde energie (verwarmingswaarde  $H_U = 100\%$  van de toegevoegde energie) het rookgasverlies ( $q_A$ ) af te trekken.

### Bij HR-ketels

Omdat bij moderne HR-ketels condensatiewarmte wordt teruggewonnen, werd voor een correcte berekening bij Testo de extra waarde XK geïntroduceerd, die het gebruik van de condensatiewarmte in relatie tot de onderste verbrandingswaarde betreft. Bij afkoeling van de rookgassen onder hun dauwpunttemperatuur, waarvan de theoretische waarde brandstofspectief is opgeslagen in het Testo meetinstrument, geeft de coëfficiënt XK de teruggewonnen verdampingswaarde van het

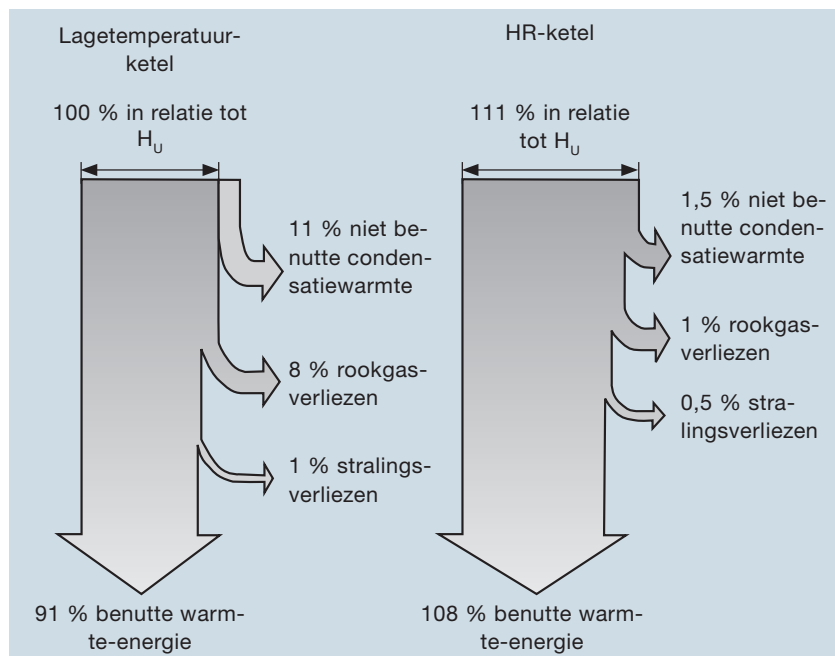
gecondenseerde water als negatieve waarde aan, waardoor het rookgasverlies gereduceerd resp. negatief kan worden.

Het aan de onderste verbrandingswaarde gerelateerde rendement kan daardoor waarden van boven de  $100\%$  aannemen.

### Bijvoorbeeld:

$A_2 = 0,68$   
 $B = 0,007$   
 $RT = 45\text{ °C}$   
 $VT = 30\text{ °C}$   
 $O_2 = 3\%$   
 $XK = 5,47\%$   
 $q_A \text{ (zonder coëfficiënt XK)} = 1\%$   
 $q_A \text{ (met coëfficiënt XK)} = -5\%$   
 $\eta = 100\% - (-5\%)$

In deze grafiek wordt aan de hand van nog een voorbeeld nog een keer duidelijk gemaakt waarom bij HR-ketels het rendement groter is dan  $100\%$ :



Energieverliezen bij lagetemperatuur- en HR-ketels

Als de brandstof volledig wordt omgezet, ontstaan warmte en waterdamp.

- Als de warmte volledig wordt opgenomen krijgt men  $100\%$  van de onderste verbrandingswaarde  $H_U$ .
- Als men de energie in de waterdamp (condensatiewarmte) erbij rekent, krijgt men de bovenste verbrandingswaarde  $H_S$ .
- De totale verbrandingswarmte  $H_S$  is altijd hoger dan de onderste verbrandingswaarde  $H_U$ .
- Bij het berekenen van het rendement wordt altijd uitgegaan van de onderste verbrandingswaarde  $H_U$ .
- HR-ketels maken echter behalve van de onderste verbrandingswaarde ook gebruik van de condensatie-energie. Daarom kan het rendement rekenkundig groter zijn dan  $100\%$ .

## 6. Meting van de schoorsteentrek

De schoorsteentrek is bij ketels met een natuurlijke trek de basisvoorwaarde voor het afvoeren van de rookgassen via de schoorsteen. Vanwege de geringere dichtheid van de hete rookgassen ten opzichte van de koudere buitenlucht ontstaat er in de schoorsteen een onderdruk die ook schoorsteentrek wordt genoemd. Door deze onderdruk wordt de verbrandingslucht aangezogen en weerstanden van de ketel en van de rookgaspijp worden overwonnen. Bij overdrukketels hoeft men niet te letten op de drukverhoudingen in de schoorsteen, omdat daar een ventilatorbrander zorgt voor de overdruk die nodig is om de rookgassen af te voeren. Bij dergelijke installaties kan een geringere schoorsteendiameter worden gekozen. Bij het meten van de schoorsteentrek wordt het verschil tussen de druk in het rookgaskanaal en de druk van de plek waar de ketel staat gemeten. Dit gebeurt net als bij het bepalen van het rookgasverlies in de kernstroom van het rookgaskanaal. Zoals boven beschreven moet de druksensor van het meetinstrument vóór het meten worden genuld.

### Typische waarden voor de schoorsteentrek:

Overdrukketel met ventilatorbrander + bovenste verbrandingswaarde:

0,12 – 0,20 hPa (mbar) overdruk olieverdampingsbrander en atmosferische gasverbranding: 0,03 – 0,10 hPa (mbar) onderdruk

Te lage waarden bij de trekmeting kunnen de volgende oorzaken hebben:

- Trekkanaal in meetinstrument niet dicht
- Druksensor niet correct genuld

Te hoge waarden kunnen de volgende oorzaken hebben:

- Te sterke schoorsteentrek
- Druksensor niet correct genuld

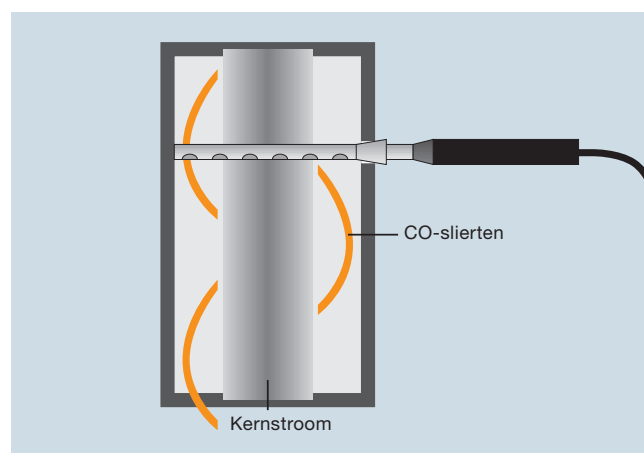
## 7. Meting van de CO-concentratie

Controle van de CO-waarde maakt conclusies over de kwaliteit van de verbranding mogelijk en dient voor de veiligheid van de gebruiker van de installatie. Bij verstopping van de rookgaswegen zouden bijvoorbeeld bij atmosferische gasketels de rookgassen via de

stromingsbeveiliging in de stookruimte terechtkomen wat tot een risico voor de gebruiker zou leiden. Daarom moeten na instelwerkzaamheden aan de gasketel de koolmonoxideconcentratie (CO) gemeten en de rookgaswegen gecontroleerd worden. Bij gasbranders met ventilator is deze veiligheidsmaatregel niet nodig omdat de rookgassen daar in de schoorsteen worden gedrukt.

De meting mag op zijn vroegst 2 minuten na inbedrijfstelling van de gasverbranding plaatsvinden omdat dan pas het verhoogde CO-gehalte tijdens het starten van de installatie is gedaald tot de normale bedrijfswaarde. Dit geldt ook bij gasketels met verbrandingsregeling, omdat die bij starten van de brander een kalibratie uitvoeren gedurende welke voor korte tijd zeer hoge CO-emissies kunnen optreden. De meting vindt net als bij het bepalen van het rookgasverlies plaats in de kernstroom van het rookgaskanaal. Aangezien het rookgas echter is verdund met verse lucht moet het CO-gehalte worden teruggerekend tot onverdund rookgas (anders zou het CO-gehalte door bijmenging van lucht gemanipuleerd kunnen worden). Daarvoor berekent het meetinstrument met het tegelijkertijd in het rookgaskanaal gemeten zuurstofgehalte ook de onverdunde CO-concentratie en geeft deze aan als CO onverdund.

Bij atmosferische gasketels is de CO-concentratie in de rookgaspijp niet overal even hoog (sliertvorming). Daarom moet de monsterneming bij een concentratie > 500 ppm met een sonde met meerdere gaten (bijv.: concentrische ringsonde van Testo met bestelnummer 0632 1260) worden uitgevoerd. Deze meergaatssonde vertoont een reeks openingen die de CO-concentratie over de hele diameter van de rookgaspijp opneemt.



CO-meting met meergaatssonde

## 8. Controle rookgasweg

### Controleren van de stromingsbeveiliging:

Bij atmosferische gasketels met stromingsbeveiliging is een perfecte afvoer van de rookgassen een voorwaarde voor de veilige werking van de cv-installatie. Hiervoor kan een terugstroommelder worden gebruikt die naast de stromingsbeveiliging wordt gehouden en daar de neerslag detecteert van het vocht dat in het rookgas zit.

De volgende oorzaken komen voor terugstromen in aanmerking:

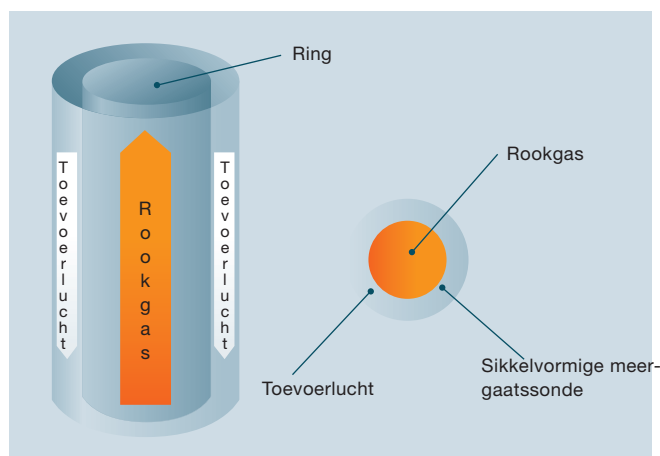
- Vernauwing van de rookgasleiding door vuil of vervorming
- Onvoldoende verbrandingsluchttoevoer
- Materiaalmoetheid van afdichtingen, uit elkaar gegleden pijpverbindingen, corrosie



Gebruik van de terugstroommelder testo 317-1

### Dichtheidscontrole van de rookgaswegen:

Bij gesloten verwarmingsinstallaties wordt de dichtheid van de rookgaswegen gecontroleerd door de  $O_2$ -toevoerluchtmeting in de ring. De  $O_2$ -concentratie in de aangezogen lucht in de ring moet principieel 21 % bedragen. Als er waarden onder 20,5 % worden gemeten dan moet dit gezien worden als een lekkage van het binnen liggende rookgaskanaal en moet de installatie geïnspecteerd worden. De sikkelvormige meergaatssonde van Testo (bestelnummer 0632 1260) maakt een zekere en snelle meting van het  $O_2$ -gehalte in de ring mogelijk. De gebruikelijke methode voor de dichtheidscontrole bij een rookgasleiding door de drukproef wordt tegenwoordig enkel nog bij schoorstenen gebruikt. Met een terugstroommelder zoals de testo 317-1 (bestelnummer: 0632 3170) kan men lekkages in het rookgaskanaal snel en betrouwbaar opsporen.



$O_2$ -ringmeting met sikkelvormige meergaatssonde

## 9. Verzorging van het meetinstrument

Na het meten dient de rookgassonde bij ingeschakelde meetgaspomp uit het rookgaskanaal te worden gehaald. Daardoor wordt de schone omgevingslucht over de gas-sensoren geleid en worden deze gespoeld.

## Extra controle bij cv-installaties

### Controle van stikoxiden (NO<sub>x</sub>)

Door meting van de stikoxiden kunnen de stooktechnische maatregelen ter vermindering van stikoxide-uitstoot bij cv-installaties gecontroleerd worden. Met stikoxiden (NO<sub>x</sub>) wordt de som van stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) bedoeld. De verhouding van NO en NO<sub>2</sub> is bij kleine cv-ketels (behalve bij HR-ketels) altijd hetzelfde (97 % NO, 3 % NO<sub>2</sub>). Daarom worden normaal gesproken de stikoxiden NO<sub>x</sub> na meting van de stikstofmonoxide NO berekend. Als exacte NO<sub>x</sub>-metingen vereist zijn dan moeten de stikstofmonoxide- (NO) en stikstofdioxide-percentages (NO<sub>2</sub>) worden gemeten en opgeteld. Dit is het geval bij HR-ketels of bij gebruik van gemengde brandstoffen, omdat de verhouding in deze gevallen niet 97 % tot 3 % bedraagt. Vanwege de goede wateroplosbaarheid van stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) moet voor een nauwkeurige bepaling van de NO<sub>2</sub>-

concentratie droog rookgas worden gemeten, omdat anders geen rekening wordt gehouden met de in het condensaat opgeloste NO<sub>2</sub>. Daarom moet bij stikstofdioxide-metingen altijd een gasbehandeling worden gebruikt die het rookgas voor het eigenlijke meten droogt.

- Wordt in de buurt van een elektrofilter gemeten dan moet de rookgassonde vanwege de statische oplading geaard worden.
- Als hoge belasting door stof en roet te verwachten valt, moeten gereinigde en droge filters worden gebruikt. Eventueel voorfilter gebruiken.

### CO-omgevingsmeting

Bij het onderhoud van gasketels in woonruimtes moet uit veiligheidsoverwegingen naast de rookgasmeting een CO-omgevingsmeting plaatsvinden, aangezien terugstromend rookgas kan leiden tot hoge CO-concentraties en dus tot

een vergiftigingsgevaar voor de gebruiker. Vanaf een CO-concentratie van 0,16 vol. % (1.600 ppm) in de ademlucht is dit voor mensen dodelijk.

Deze meting moet in elk geval vóór alle andere metingen worden uitgevoerd.

| CO-concentratie in de lucht |                  | Inhaleringstijd en gevolgen                                                                                                 |
|-----------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30 ppm                      | 0,003 %          | MAC-waarde (max. aanvaarde concentratie op de werkplek in Duitsland bij achturige werkdag)                                  |
| 200 ppm<br>400 ppm          | 0,02 %<br>0,04 % | Lichte hoofdpijn binnen 2 tot 3 uur<br>Hoofdpijn aan het voorhoofd binnen 1 tot 2 uur, verspreidt zich over het hele hoofd  |
| 800 ppm                     | 0,08 %           | Duizeligheid, misselijkheid en ongecontroleerde bewegingen van de ledematen binnen 45 minuten, bewusteloosheid binnen 2 uur |
| 1.600 ppm                   | 0,16 %           | Hoofdpijn, duizeligheid en misselijkheid binnen 20 minuten, <b>overlijden</b> binnen 2 uur                                  |
| 3.200 ppm                   | 0,32 %           | Hoofdpijn, duizeligheid en misselijkheid binnen 5 tot 10 minuten, <b>overlijden</b> binnen 30 minuten                       |
| 6.400 ppm                   | 0,64 %           | Hoofdpijn en duizeligheid binnen 1 tot 2 minuten, <b>overlijden</b> binnen 10 tot 15 minuten                                |
| 12.800 ppm                  | 1,28 %           | <b>Overlijden</b> binnen 1 tot 3 minuten                                                                                    |

## Controle van de werking en instellingen bij oliegestookte cv-installaties

De hier beschreven stappen en informatie geven bij wijze van voorbeeld aan hoe de functiecontrole en instelling bij het in bedrijf stellen van niet-condenserende ketels eruit moeten zien. Dit zijn laagtemperatuurketels met olieventilatorbrander. HR-ketels worden hier niet besproken.

### 1. Meten van het roetgetal

Hierbij wordt de roetpomp met ingelegd filterpapier in het rookgaskanaal gestoken en het rookgas met tien gelijkmatige slagen aangezogen. Vervolgens wordt het filterblaadje verwijderd en onderzocht op de aanwezigheid van oliederivaten (oliedruppels). Als een verkleuring door oliederivaten wordt vastgesteld of als het filter door condensaat vochtig is geworden, dan moet de meting herhaald worden. Voor een officiële roetgetalbepaling

in Duitsland moeten drie afzonderlijke metingen worden gedaan. De vlekken op het filterpapier worden vergeleken met de Bacharach-schaal. Door een gemiddelde waarde op basis van de afzonderlijke metingen te vormen wordt de definitieve waarde bepaald. Men dient te streven naar een roetgetal van 0.

Bij onbekende installaties moet eerst een roetmeting worden uitgevoerd om te voorkomen dat de meetinstrumenten onnodig worden belast door de eventueel aanwezige verbrandingsresten (roet en oliederivaten). Bij hoge roetgetallen moet eerst de basisinstelling van de oliebrander gecontroleerd en veranderd worden, alvorens de instellingen met behulp van een rookgasanalyser verder te optimaliseren. Stap 2 legt de methode hiervoor uit:

## 2. Instellingen van oliebranders

Bij de inbedrijfstelling en het onderhoud van oliebranders moeten de belangrijkste parameters ingesteld en gecontroleerd worden. De afzonderlijke stappen hiervoor staan gedetailleerd in de documentatie van de fabrikant en worden hier volgend algemeen voor de zogenaamde gele branders beschreven.

### **Keuze van de juiste nozzle:**

In de nozzletabel worden aan de hand van het gewenste brandervermogen de passende nozzle en de in te stellen oliedruk gekozen.

### **Basisinstelling van de luchthoeveelheid:**

In de documentatie van de fabrikant staat informatie over de basisinstelling van de benodigde luchthoeveelheid van de brander. Afhankelijk van het vereiste verwarmingsvermogen worden op een schaalverdeling de bijbehorende waarden voor het instellen van de luchtklep en van de keerplaat aangegeven.

### **Basisinstelling van de oliepomp (pompdruk):**

De pompdruk werd al vastgelegd aan de hand van het gewenste brandervermogen en de keuze van de nozzle in de nozzletabel. Om de pompdruk af te lezen wordt aan de oliepomp een drukmanometer geschroefd en de pompdruk wordt via de drukregelschroef van de pomp navenant ingesteld. Met een eveneens aan de oliepomp aangebrachte vacuümmeter wordt gecontroleerd of de onderdruk in de zuigleiding niet hoger is dan 0,4 bar.

### **Optimalisatie en controle van de verbranding:**

Met deze basisinstellingen van luchthoeveelheid en oliedruk moeten al adequate verbrandingswaarden worden bereikt, die met behulp van een rookgasmeting verder verbeterd kunnen worden. Daarbij wordt de optimalisatie van de verbranding over het algemeen verkregen via een verandering van de luchthoeveelheid aan de luchtklep (grove instelling) resp. aan de keerplaat (fijne instelling). Te weinig verbrandingslucht verhindert een volledige verbranding en daarmee volledige benutting van de brandstof en leidt tot roetvorming. Te veel verbrandingslucht leidt ertoe dat overtollige lucht in de verbrandingskamer wordt verwarmd en via de schoorsteen ongebruikt wordt afgevoerd. Afhankelijk van de branderfabrikant worden voor de optimalisatie van de verbranding voorschriften voor CO<sub>2</sub>- of CO-waarden, luchtoverschot of rookgasverlies/rendement gegeven. Deze waarden worden gemeten met een rookgasanalyser.

#### **Bij de gele brander**

wordt de stookolie via een nozzle verstoven en de vergassing van de olie vindt binnen de vlam plaats. Bij de verbranding is een geelachtige vlam te herkennen.

#### **Bij een blauwe brander**

wordt het hete rookgas gebruikt om de verstoven olie nog voor de daadwerkelijke verbranding te verwarmen en de vergassing van de olie vindt dus voor de vlam plaats. Hierdoor is een blauwachtige vlam te zien.

Be sure. **testo**



Alle meetinstrumenten voor  
verwarmingsinstallaties  
vindt u hier:  
[www.testo.com](http://www.testo.com)

0988 xxx4/airf/09.2018 – Wijzigingen, ook van technische aard, voorbehouden.