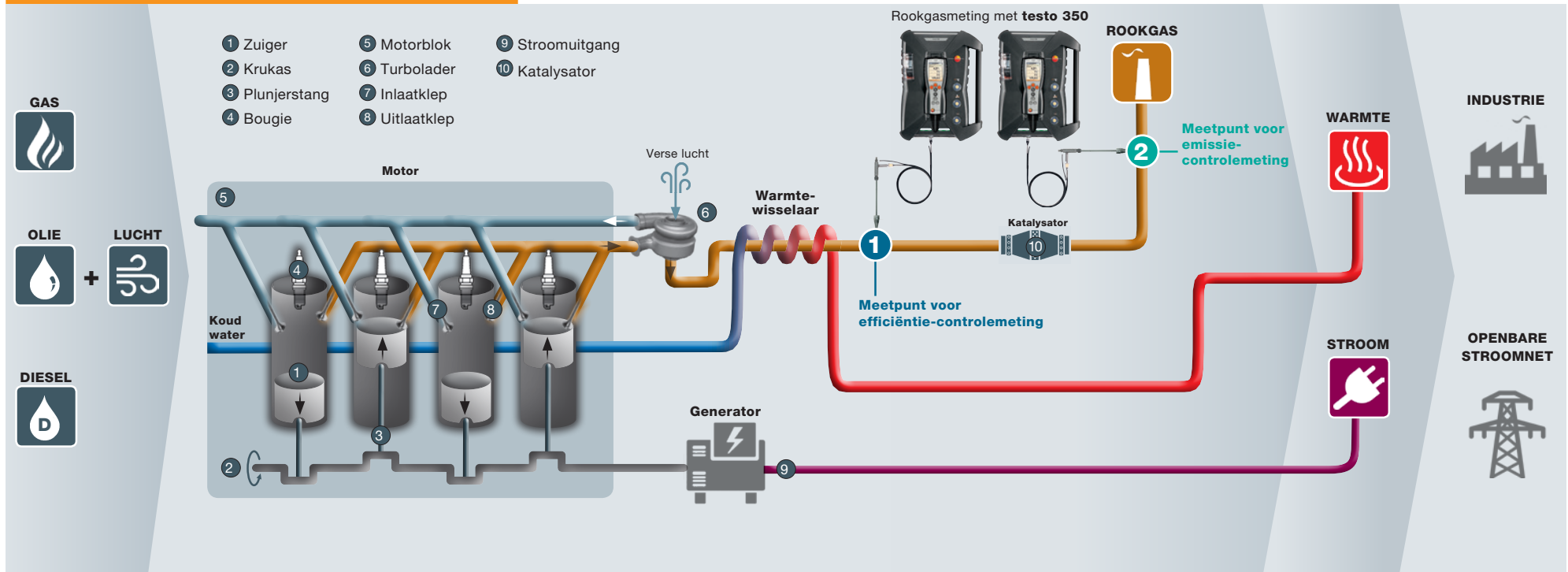


Beschrijving toepassing warmtekrachtcentrale – WKC*

Tekening & functie WKC



Typisch verbrandingsproces van een WKC motor

- I. **Aanzuigen** van het brandstof-lucht-mengsel door de inlaatklep.
- II. **Comprimeren** en verwarmen van het mengsel.
- III. **Ontsteking** van het brandstof-lucht-mengsel (bij mengselmotoren door de bougie, bij dieselmotoren door zelfontbranding).
- IV. De krukas begint te **draaien**. De draaibeweging wordt door een generator omgezet in elektriciteit.
- V. **Uitstoten** van het verbrande rookgas door de geopende uitlaatklep.
- VI. De **turbolader**, aangedreven door het rookgas, comprimeert de verbrandingslucht die naar de motor wordt geleid. Het resultaat is een hoger motorvermogen met tegelijkertijd een geringer verbruik en betere emissiewaarden.
- VII. De **warmtewisselaar** gebruikt de in het rookgas aanwezige warmte om het verwarmingssysteem te laten werken of om het als **proceswarmte** te benutten.

* geldt voor alle applicaties op het gebied van motoren

Beschrijving toepassing warmtekrachtcentrale – WKC*

Meting

Meetpunt 1 efficiëntie-controlemeting

Meetpunt vóór de katalysator (na de turbolader)

Waarom wordt gemeten?

- Testen en controleren van de motorrendementen
- Fouten opsporen/analyseren van de bedrijfsvoorwaarden van de motor incl. motormanagement
- Optimaal instellen van de motor ter besparing van brandstofkosten
→ hogere efficiëntie
- Correct instellen van de samenhangen van ontbrandingsinstelling, overtollige lucht enz. van de motor

Typische rookgaseigenschappen:

- **Temperatuur:** ca. +650 °C
- **Overdruk:** tot ca. 100 mbar (afhankelijk van turbolader en katalysator)

Typische meetwaarden met testo 350**:

Meetstof	Aardgas	Stortgas	Olie
O ₂	8 %	5 ... 6 %	8 ... 10 %
NO	100 ... 300 ppm	100 ... 500 ppm	800 ... 1000 ppm
NO ₂	30 ... 60 ppm	90 ... 110 ppm	10 ... 20 ppm
CO	20 ... 40 ppm	350 ... 450 ppm	450 ... 550 ppm
CO ₂	10 %	13 %	7 ... 8 %
SO ₂		30 ppm	30 ... 50 ppm

** Arm-mengsel motoren

Praktische informatie:

Luchtoverschot, brandstofdruk, motorinstelling of omgevingstemperatuur of -vocht kunnen grote invloed uitoefenen op de emissies. Met al deze zaken moet bij de optimalisatie of instelling van de motor rekening worden gehouden.



* geldt voor alle applicaties op het gebied van motoren

Meetpunt 2 emissie-controlemeting

Meetpunt na de katalysator (aan het einde van het rookgaskanaal)

Waarom wordt gemeten?

- Controle van de efficiëntie van de katalysator
- Controle van de emissiegrenswaarden (afhankelijk van nationale emissievoorschriften, bijv. Duitse TA-Luft)

Typische rookgaseigenschappen:

- **Temperatuur:** ca. +250 °C
- **Overdruk:** geen hoge overdruk in het rookgas
- **NO_x-waarde:** ca. 480 mg/m³ (Richtcijfer omdat het net onder de grenswaarde van 500 mg/m³ ligt)

Typische meetwaarden met testo 350:

Meetstof	Soort motor	Grenswaarden
CO	Aardgas	650 mg/m ³
NO + NO ₂	Zelfontbrander (diesel) < 3 MW	4.000 mg/m ³
NO + NO ₂	Zelfontbrander (diesel) > 3 MW	2.000 mg/m ³
NO + NO ₂	Overige 4-takt (gasmotoren)	500 mg/m ³
NO + NO ₂	Overige 2-takt (gasmotoren)	800 mg/m ³
O ₂	Referentiewaarde	5 vol.-%
SO ₂	Volgens DIN 51603	

Meetopening

- Kort, aangelaste stomp met buitenschroefdraad
- Direct in het rookgaskanaal geïntegreerde opening met binnenschroefdraad
- Allerlei flensoplossingen



Opmerking:

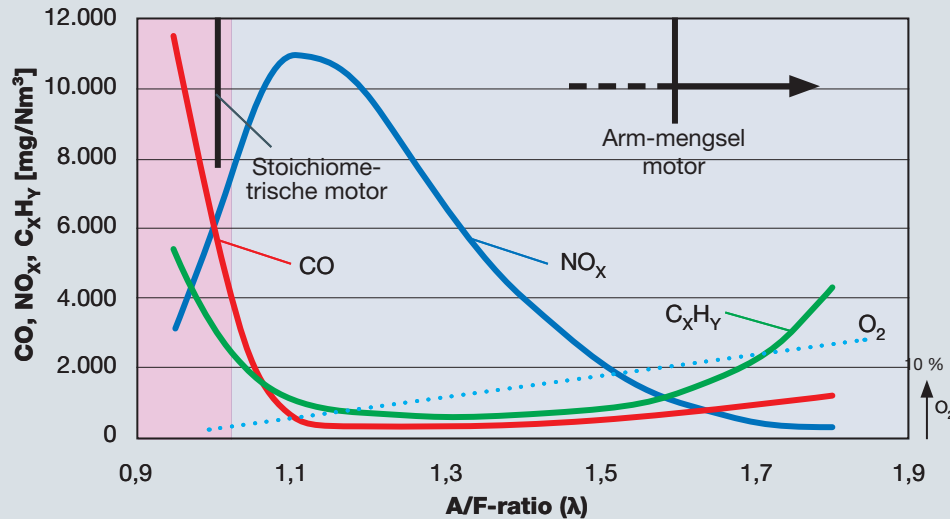
Deze meetpunten zijn vaak slechts met behulp van een ladder, platform o.i.d. bereikbaar.



Beschrijving toepassing warmtekrachtcentrale – WKC*

Theoretische kennis 1

Ontwikkeling van de emissies aan de hand van λ -waarden



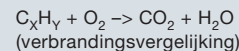
Algemeen geldt:

al naargelang de verhouding van lucht tot brandstofaandeel verschuift de curve in de verbrandingsgrafiek.

NO_x:

- NO_x = NO + NO₂
-> NO_x apart meten
- NO₂-percentages kunnen sterk schommelen
- Bestaande uit brandstof NO_x en thermische NO_x
- Hoogste NO_x-waarde = hoogste mechanische rendement

C_xH_y:



Rijk-mengsel motoren ($\lambda \leq 1$)

Eigenschappen:

- Motoren met luchttekort ($\lambda = 1$ regeling): brandstof wordt daardoor niet efficiënt benut
- Typische toepassingen: compressor-stations, bijv. gastransport (vergelijkbaar met gasmotoren in de autobranche)
- Typisch werkbereik: $\lambda \sim 0,85 \dots 0,95$

Voor- en nadelen van een rijk-mengsel motor:

- + Hoge vermogensdichtheid
- + Kosten inbedrijfstelling relatief geringer dan bij arm-mengsel motoren
- + Veilige werking
- Hoog brandstofverbruik
- Hoge emissies (indien niet bewaakt)
- Ongeschikt voor gebruik bij biogas

NO_x (stikstofoxiden):

NO_x ≤ NO_x max.:
gering NO_x-percentage vanwege onvolledig of niet verbrande brandstof (HC)

-> geen max. temperatuurontwikkeling (minder thermische NO_x)

C_xH_y of HC (koolwaterstof bijv. methaan):

vanwege het zuurstoftekort worden niet alle brandstoffen (HC) verbrand
-> hoge C_xH_y-waarde

CO (koolmonoxide):

zuurstoftekort leidt er in het verbrandingsproces toe dat niet alle CO-moleculen kunnen worden omgezet in CO₂. Brandstof verlaat de motor dus onvolledig of niet verbrand.
-> leidt tot een hoog brandstofverbruik (HC-slip)

Arm-mengsel motoren ($\lambda > 1$)

Eigenschappen:

- Motoren met luchtoverschot (arm-mengsel motoren)
-> Brandstof wordt efficiënt benut
- Typische toepassingen: stroomverzorging voor ziekenhuizen, overheidsgebouwen, server-huizen, waterzuiveringsinstallaties, mijnbouw
- Typisch werkbereik: $\lambda \sim 1,05 \dots 1,3$

Voor- en nadelen van een arm-mengsel motor:

- + Geeignete Nutzung für den Einsatz bei Biogas
- + Hoge brandstofefficiëntie
- + Geringe emissie
- Gering rendement

NO_x (stikstofoxiden):

NO_x > NO_x max.: hogere O₂-waarde leidt tot verlaging van de verbrandingskamertemperatuur, dus gering NO_x-percentage (minder thermische NO_x)

C_xH_y of HC (koolwaterstof bijv. methaan):

bij een te hoog zuurstofoverschot wordt de verbrandingstemperatuur zo zeer verlaagd dat de vlamtemperatuur niet meer voldoende is om de hele brandstof (HC) te verbranden
-> stijging C_xH_y-waarde

CO (koolmonoxide):

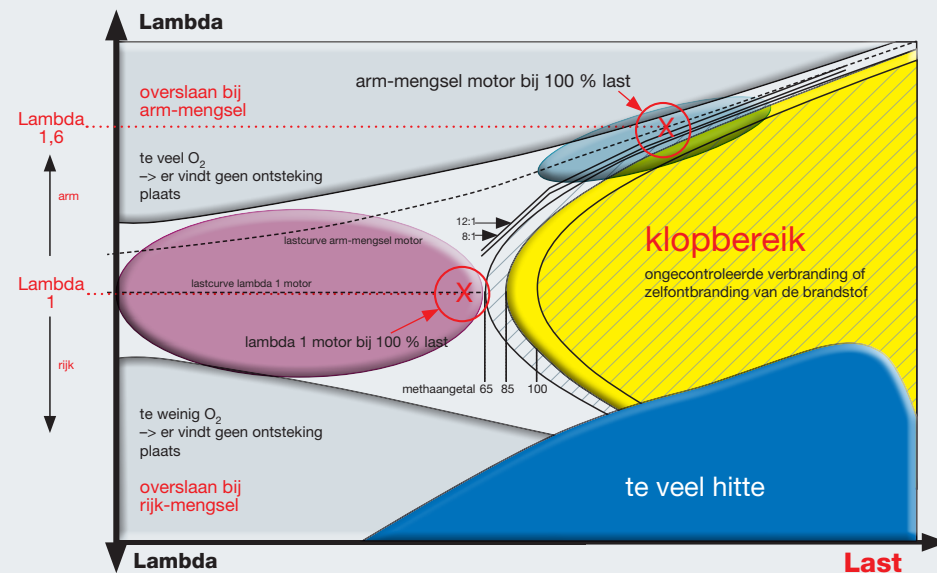
zuurstofoverschot leidt er binnen het verbrandingsproces toe dat de CO-moleculen met O₂ kunnen reageren tot CO₂
-> zuurstof blijft over

* geldt voor alle applicaties op het gebied van motoren

Beschrijving toepassing warmtekrachtcentrale – WKC*

Theoretische kennis 2

Juiste instelling om 'kloppen' en 'overslaan' van de motor door onregelmatige ontstekingsvonken te vermijden



Instelmogelijkheden bij rijk-mengsel motoren

Verkeerde instelling van het brandstof-lucht-mengsel:
afhankelijk van lastpunt en de specificaties van de motorfabrikant resp. de nationale emissievoorschriften

Hoge HC- resp. NO_x-waarden volgens TWC (3-weg-katalysator):
-> meting voor/na TWC resp. zie hoge NO_x-waarden vóór TWC

Hoge NO_x-waarden vóór TWC:
-> hoge temperaturen in de verbrandingskamer: ontsteking richting 'vroeg' instellen en lambdasonde controleren

Hoge NO_x- of HC-waarden vóór TWC:
-> cilinderfout door overslaan: samenstelling brandergas, omgevingstemperatuur en luchtvochtigheid, temperatuur en druk van het brandergas, inlaatluchttemperatuur na de turbolader enz.

Instelmogelijkheden bij arm-mengsel motoren

Hoge NO_x-waarden na Selective Catalytic Reduction (SCR):
-> meting voor/na SCR resp. zie hoge NO_x-waarden vóór SCR

Hoge NO_x-waarden vóór SCR:
-> ontstekingstijdstip te vroeg
-> verschuiving ontstekingstijdstip richting laat

Te laag methaangetal (schommeling vaak bij biogas):
-> lagere ontstekingstemperatuur
-> te vroeg ontsteken

Instelmogelijkheden bij kloppen:
-> gloeiende verbrandings- en olieresten aan wanden van verbrandingsruimte
-> te vroege ontsteking
-> nieuwe motoren beschikken over klopsensoren
-> steenslag, kettinggeratel etc. kunnen leiden tot verkeerde signalen bij de klopsensor (= akoestisch)

OPGELET:
'Ontstekingstijdstip te vroeg' leidt tot kloppen, 'ontstekingstijdstip te laat' leidt tot overslaan van de motor -> exacte instelling alleen mogelijk met meetinstrument. 'Richtgetallen' kunnen ook invloed hebben op andere parameters (bijv. smeerolie, temperaturen etc.), wat kan leiden tot verhoogde slijtage.

rijk-mengsel motor

Veilige werking van de motor

- groot instelbereik van de motor
- 'overslaan bij arm-mengsel' of 'overslaan bij rijk-mengsel'
- bij rijk-mengsel motoren is dit eerder ongebruikelijk

Arm-mengsel motor

Efficiënt gebruik

- exacte instelling van de motor via meetinstrument (testo 350) nodig
- klein instelbereik van de motor
- **Bij verkeerd instellen van de motor:**
- 'overslaan door arm-mengsel' of 'kans op kloppen'

Waarom een katalysator?

Algemeen

Principe:

katalysatoren verhogen de snelheid van een chemische reactie door verlagen van de activerings-energie. Katalysatoren worden daarbij niet zelf verbruikt.



Rijk-mengsel motor

3-weg-katalysator (TWC = Three-Way-Catalysator):

- Gereguleerde katalysator: wordt gestuurd door λ-sonde (sensor die in het rookgas van een verbranding de verhouding lucht/brandstof bepaalt)
- Reduceert schadelijke stoffen met wel 90%: CO en NO_x en HC
- Optimaal werkbereik: λ ~ 0,98 ... 0,998

Arm-mengsel motor

Oxidatiekatalysator:

reduceert emissies van CO en HC; NO_x-emissies worden echter niet gereduceerd.

SCR (Selective Catalytic Reduction) = DeNO_x:

Reductie van NO_x in rookgassen

* geldt voor alle applicaties op het gebied van motoren