

PÄLÖÖ

[Formelsamling]
koncentrationsmätning

-
av Leif Sten



FORMELSAMLING - Koncentrationsmätning

av LEIF STEN

Allmänt.....	4
Omvandling från ppm till mg/m ³	4
Omräkning till driftskoncentration.....	5
Normering till 10 % CO ₂	5
Normering till ref % O ₂	5
Normering till torr gas.....	5
Normering till normaltryck vid kalibrering av IR-instrument.....	6
Verifiering av kalibreringsvärden.....	6
Beräkning av printervärden(MCS)	7
Omräkning till NO _x -koncentration uttryckt som NO ₂	7
Exempel på normering.....	8
Beräkning av mg/MJ.....	9
Omvandlingsfaktorer	10
Typisk sammansättning av luft (volymprocent).....	10
Fukthalt vid olika daggpunkter.....	11
Spårgaser som påverkar klimatet - växthusgaser	11
Beräkning av avgasförluster.....	12
Omräkning från koncentration till emitterad mängd per energienhet.....	13
Gränsvärden för tyska avfallsförbränningar. (17. BimSchV).....	14
BA3006 - OMRÄKNINGSFORMLER	15
BA3006 - Responsfaktorlista enl. TA-Luft.....	16
Omräkning till driftkubikmeter.....	20
Beräkning av massflödet.....	20
Beräkning av mgC/m ³ _N	20
Omräkning från metanekvivalenter till propanekvivalenter.....	21
Korrektion av UEG för FID	21

Automatic Control, General Manager PALGO AB

Allmänt

Med **ppm** avses *parts per milion*, dvs miljondelar. I vissa sammanhang anger man **vpm** som betyder att måttet är volymbaserat. Vanligen avser man volymppm även när man skriver ppm, men se upp ifall man avser viktsppm.

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ ml} / 1 \text{ m}^3$$

ppm är oberoende av temperaturen, dvs det finns fortfarande x ml/m³ oberoende av tryck och temperatur.

Omvandling från ppm till mg/m³

Volymen av 1 mol ideal gas vid 1 atm och 0 grader C är 22.414 dm³. Vi har använt 22,4 l/mol vid beräkning av nedanstående konverteringsfaktorer. Även om CO, NO osv inte är ideala gaser är avvikelserna relativt små. I rökgaser är den största delen luft, där antagandet gäller.

BETECKNING	Molvikt 1013 mbar, 0°C	ppm → mg/m ³	mg/m ³ → ppm
NO	30,00	1,34	0,75
N ₂ O	44,01	1,96	0,51
NO ₂	46,00	2,05 ¹	0,49
SO ₂	64,06	2,86 ²	0,35
SO ₃	80,06	3,57	0,28
HCl	36,46	1,63	0,61
HF	20,00	0,89	1,12
NH ₃	17,03	0,76	1,32
CO	28,01	1,25	0,8
CH ₄		0,72	1,40
C ₃ H ₈		1,97	0,51
C ₆ H ₆		3,49	0,29
Cl ₂		3,17	0,32
CO ₂		1,96	0,51
COCl ₂		4,42	0,23
H ₂ S		1,52	0,66
O ₃		2,14	0,47

¹ "Mätmetoder för kväve- och svaveloxidutsläpp (SNV Allmänna råd 91:6) anges faktorn till 2.10 för NO₂ och 2,94 för SO₂. Dessa faktorer uppkommer genom att man anser att gasen har en annan (lägre) molvolym än ideal gas. Värdena på omräkningsfaktorerna bör därför kontrolleras för aktuellt fall.

²Se ovan!

Omräkning till driftskoncentration

$$C_m(P,T) = C_m(P_0,T_0) \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T}$$

$T_0=273,15$ K

$P_0=1013,25$ mbar

$C_m(P,T)$ Massandelen vid trycket P och temperaturen T

$C_m(P_0,T_0)$ Massandelen vid normalt tryck och temperatur, angiven i mg/m³.

Normering till 10 % CO₂

För normering av koncentrationen till 10 % CO₂ används följande formel:

$$C_n = C_m \cdot \frac{10}{CO_2}$$

där C_n = normerad koncentration av gaskomponenten

C_m = mätt koncentration

CO_2 = koncentration CO₂ i volymsprocent

Normering till ref % O₂

För normering av koncentrationen till ref % O₂ används följande formel:

$$C_n = C_m \cdot \frac{20,9 - O_2(ref)}{20,9 - O_2(uppmätt)}$$

där C_n = normerad koncentration av gaskomponenten

C_m = uppmätt koncentration av gaskomponenten

O_2 = koncentration O₂ i volymsprocent

Normering till torr gas

För normering av mätvärdena till torr gas kan följande formel användas:

$$C_{nT} = C_{mF} \cdot \frac{100}{100 - C_{H_2O}}$$

där C_{nT} = Koncentration normerad till torr gas

C_{mF} = Uppmätt koncentration i fuktig gas

C_{H_2O} = Fukthalt i volym%

Normering till normaltryck vid kalibrering av IR-instrument

Gasanalytatorer kan vara kalibrerade för att visa mg/m^3 (n, tg), ppm, vol% etc.
Om instrumentet är kalibrerat för att visa mg/m^3 (n, tg) gäller att

- fukthalten mäts och visningen korrigeras till torr gas
- temperaturen styrs i mätkammaren och mätvärdet korrigeras till 0°C
- instrumentet har kalibrerats mot en gas med känd koncentration i mg/m^3

Däremot sker ingen korrigering till normalt tryck (1013 mbar). Om aktuellt lufttryck är högre än 1013 mbar visar instrumentet motsvarande högre värde och om aktuellt lufttryck är lägre visar instrumentet motsvarande lägre värde. Normalt görs **ingen kontinuerlig tryck-korrigerings** av mätvärdena i själva analysatorn. Detta är i överensstämmelse med de tyska kraven enligt TA-luft, eftersom medelvärdet av visningen blir korrekt sett över en period. Om man önskar, kan kontinuerlig tryckkorrigering ske t.ex i miljömåtdator.

Verifiering av kalibreringsvärden

Koncentrationen i kalibreringsgaserna anges ofta i ppm, men man specificerar inte alltid vilken typ av ppm. Ett bra sätt är att använda mol-ppm. Molkoncentrationen innebär att man får ett förhållande mellan antalet molekyler av varje gaskomponent. Förhållandet är exakt och oberoende av yttre faktorer som t.ex. tryck och temperatur. Ibland räknas kalibreringsgasens koncentration om i mg/m^3 . Omräkningen hänför sig oftast till NTP, alltså 0°C och 1013 mbar. (Se upp, i vissa anglosaxiska länder framförallt i USA används ibland normaltillstånd 20°C och 1013 mBar.)

Volymkoncentrationen och molkoncentrationen är identiska för en ideal gas, men tyvärr är ju inte alla gaser ideala. Avvikelsen är kompressibilitetsfaktorn Z , vilken tyvärr också varierar med tryck och temperatur. För N_2 är $Z=1$ och för CO_2 är $Z=0,995$ vid normalt tryck och temperatur.

Viktskoncentrationen är också exakt, men anger viktsförhållandet istället.

Exempel:

5 mol% CO_2 i N_2 innebär 1 CO_2 -molekyl på 20 N_2 -molekyler

5 mol% CO_2 i N_2 motsvarar $(5 \cdot 0,995) / (5 \cdot 0,995 + 95 \cdot 1) = 4,98 \text{ vol\% } \text{CO}_2$

5 mol% CO_2 i N_2 motsvarar $5 \cdot 44 / (5 \cdot 44 + 95 \cdot 14) = 14,4 \text{ vikts\% } \text{CO}_2$

Molvikt $\text{CO}_2 = 44$; Molvikt $\text{N}_2 = 14$

Gasanalytatorer – t.ex. MCS100 mäter de olika gaskomponenternas koncentration optiskt genom att mäta absorptionen av ljus vid vissa väl-specifierade våglängdsområden. Absorptionen omvandlas till koncentration med hjälp av Lambert-Beers lag. Instrumenten förutsätter oftast att mätning sker vid atmosfärstryck. Om atmosfärstrycket ökar, stiger ljusabsorptionen och instrumentet visar ett högre värde. På samma sätt om atmosfärstrycket minskar så minskar utslaget.. Påverkan är helt linjär.

Om ingen tryckkorrektur av gasens koncentration sker i instrumentet, kan ett enkelt sätt att ta hänsyn till tryckvariationen vara att korrigera det angivna värdet på kalibreringsgasens koncentration för tryckvariation enligt allmänna gaslagen. Om denna korrektion inte utförs, riskerar man att införa ett systematiskt fel som kan vara upp till 5 % av mätvärdet. Utföres kalibreringar slumpmässigt under året (barometerståndet i genomsnitt 1013 mbar) medför detta inget systematiskt fel.

$$C_m[P, T] = C_m[P_0, T_0] \times \frac{P}{P_0} \times \frac{T_0}{T}$$

Korrektion har redan utförts för temperaturen.

EX

Kalibreringsgasens koncentration = 285 mg/m³ (n, tg) lufttryck 960 mbar
dvs instrumentet bör visa 270 mg/m³ vid det aktuella lufttrycket.

$$C_m = 285 \times \frac{960}{1013} = 270$$

EX

Kalibreringsgasens koncentration = 285 mg/m³ (n, tg) lufttryck 1045 mbar
dvs instrumentet bör visa 294 mg/m³ vid det aktuella lufttrycket.

$$C_m = 285 \times \frac{1045}{1013} = 294$$

Beräkning av printervärden(MCS)

Beräkning sker varje mätcykel enligt nedanstående formel (geometriskt medelvärde):

$$y(t) = a \bullet x(t) + b \bullet y(t - 1)$$

x(t) är det nya mätvärdet.

Beräkning av a och b:

$$a = \frac{1}{1 + \frac{T_{90P}}{2 \bullet \Pi \bullet TM_{cyk}}}$$

$$b = a \bullet \frac{T_{90P}}{2 \bullet \Pi \bullet TM_{cyk}}$$

Exempel:

$$T_{90P} = 3600s \quad \Rightarrow \quad a = 0,017154, b = 0,982846$$

$$TM_{cyk} = 10sek$$

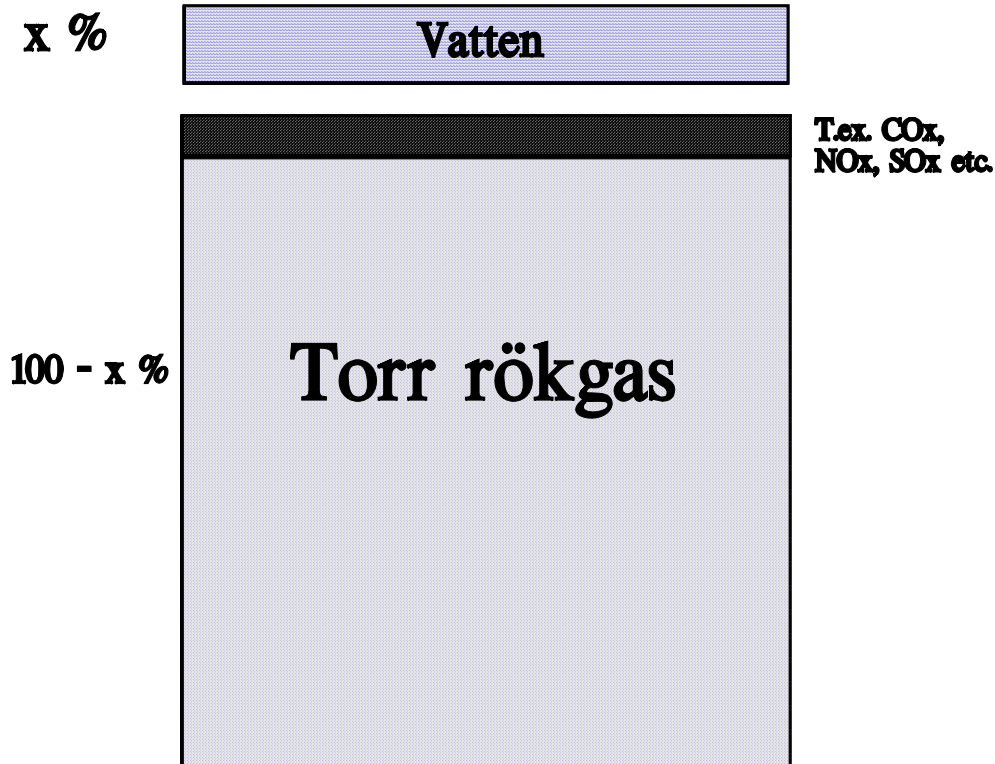
Omräkning till NO_x-koncentration uttryckt som NO₂

NO_x består av summan NO + NO₂. Enligt naturvårdsverkets regler ska NO₂ mätas separat om dess andel är > 5 % av NO-halten.

Gränsvärdet för NO_x uttrycks oftast som NO₂. Omräkning från NO till NO₂ sker enligt följande formel:

$$C(\text{NO}) [\text{mg}/\text{m}^3] * 1,53 = C(\text{NO}_2) [\text{mg}/\text{m}^3]$$

Exempel på normering



Antag att vi har 1 m³ fuktig rökgas med 100 ppm CO, 8 vol% CO₂ och 15 vol% H₂O.
 Enligt tabellen är 100 ppm CO detsamma som 125 mg CO/m³ vid NTP (0 grader C, 1013 mbar)
 Eftersom fukthalten är 15 vol% är koncentrationen CO

$$C_{NT} = C_{MF} * 100 / (100 - 15) \text{ dvs}$$

$$C_{NT} = 125 * 100 / 85 = 147$$

Normering till 10 % CO₂ ger:

$$C_{NT} = 147 * 10 / 8 = 183 \text{ mg} / \text{m}^3 ; \quad \text{n, tg, 10 \% CO}_2$$

Faktor för omräkning av O₂-halt mot ett referenstillstånd:

$$f = \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_{2mät}}$$

Beräkning av mg/MJ

Det specifika utsläppet NO_x kan beräknas enligt följande formel:

$$NO_x = 2,05 \times (NO_x) \times \frac{CO_{2(t)}}{CO_2} \times g_{ot}$$

[NO_x] anges i vpm

$CO_{2(t)}$ är teoretiska CO_2 -halten

$$S = 1,41 \times [SO_x] \times \frac{CO_{2(t)}}{CO_2} \times g_{ot}$$

g_{ot} är torra rökgasvolymen vid $O_2 = 0\%$; angiven som nm^3 torr rökgas/MJ

g_{ot} beräknas enligt följande:

$$g_{ot} = \frac{22,4}{H_u} \times \left(\frac{4,77}{12} \times C + \frac{3,77}{4} \times H + \frac{N}{28} - \frac{3,77}{32} \times O + \frac{4,77}{32,1} \times S \right)$$

$$CO_{2(t)} = \frac{\frac{C}{12}}{\left(\frac{4,77}{12} \times C + \frac{3,77}{4} \times H + \frac{N}{28} - \frac{3,77}{32} \times O + \frac{4,77}{32,1} \times S \right)} \times 100$$

H_u är bränslets effektiva värmevärde MJ/kg

C är andelen kol i bränslet

H är andelen väte i bränslet

N är andelen kväve i bränslet

O är andelen syre i bränslet

S är andelen svavel i bränslet

För **avfallsförbränning** gäller att effektiva värmevärdet för bränslet H_U per ton avfall är 3 MWh.

Det åtgår 5000 m³ luft för att bränna 1 ton avfall (L_t).
1 MWh är 3600 MJ.

Beräkningsformeln är:

$$K_{NO} = \frac{C_{NO} * L_t}{3600 * H_U}$$

dvs. $K_{NO} [mg/MJ] = C_{NO}[mg/m^3] * 0,46$ för avfall med givna förutsättningar.

Omvandlingsfaktorer

1 Pa (Pascal) = 1 N/m²
 10 kPa = 1,45 psi = 0,1 bar
 1 Pa = 10⁻⁵ bar
 1 mm vp är cirka 9,81 Pa
 1 hPa är cirka 10 mm vp

1kWh = 3,6 * 10⁶ J = 3,6 MJ
 1J = 1Nm = 1Ws

Typisk sammansättning av luft (volymprocent)

78,09	% N ₂
20,95	% O ₂
0,93	% Argon
350	ppm CO ₂
160	ppm Neon
52	ppm Helium
11	ppm Krypton
10	ppm Vätgas
0,8	ppm Xenon
+ vattenånga	

Daggpunkt grader C	Fukthalt Vol%	Fukthalt g/Nm ³
-100	,00000111	,0000111
-50	,00388	,0312
-40	,0127	,102
-30	,0375	,301
-20	,102	,816
-10	,256	2,06
-5	,396	3,18
-4	,431	3,46
-3	,469	3,77
-2	,510	4,10
-1	,555	4,46
0	,602	4,84
1	,649	5,21
2	,696	5,59
3	,750	6,02
4	,803	6,45
5	,861	6,91
10	1,21	9,74
20	2,31	18,5
30	4,19	33,6
40	7,28	58,5
50	12,2	97,8
60	19,7	158
70	30,7	247
80	46,7	376
90	69,2	556

Fukthalt vid olika daggpunkter

Spårgas	Nuvarande konc.	Ökningstakt
CO ₂	347 ppm ³	0,5 %/år
O ₃	30 ppb	1 %/år
Haloginerade kolväten	0,4 ppb	4 %/år
N ₂ O	0,3 ppm	0,25 %/år
CH ₄	1,65 ppm	1,5 %/år
NH ₃	< 1 ppb	?
CCl ₄	0,14 ppb	?

Spårgaser som påverkar klimatet - växthusgaser

³Ökning från cirka 275 ppm sedan år 1730.

Beräkning av avgasförluster.

Vid beräkning av avgasförluster kan antingen formel enligt 1. BImSchV eller Siegerts formel användas. Om O₂-halten är känd användes enligt 1. BImSchV

$$q_A = (t_A - t_L) * \left\{ \frac{A_2}{(21 - O_2)} + B \right\}$$

Om istället CO₂-halten är känd användes

$$q_A = (t_A - t_L) * \left\{ \frac{A_1}{CO_2} + B \right\}$$

Följande beteckningar gäller:

q _A	=	Avgasförlust i %
t _A	=	Avgastemperatur i °C
t _L	=	Förbränningslufttemperatur i °C
CO ₂	=	Volyminnehåll CO ₂ i torr avgas i %
O ₂	=	Volyminnehåll O ₂ i torr avgas i %
CO _{2max}	=	Maximal CO ₂ -halt i % för resp. bränsle

Bränsletyp	PROM	Tysk beteckning	A1	A2	B	CO _{2max}
Eldningsolja (B)	B2.x	Heizöl	0,50	0,68	0,007	15,4
Naturgas (B)	B2.x	Erdgas	0,37	0,66	0,009	11,8
Stadsgas (B)	B2.x	Stadtgas	0,35	0,63	0,011	11,7
Koksgas (B)		Kokereigas	0,29	0,60	0,011	10,2
Flytande gas (B)		Flussiggas	0,42	0,63	0,008	14,0
Deponigas	B2.x	Klaergas				

Tabell enligt 1. BImSchV

Bränsletyp	PROM	Tysk beteckning	A1	A2	B	CO _{2max}
Eldningsolja EL	B2.x	Heizöl L	0,51	0,70	0,006	15,3
Eldningsolja M	B2.x	Heizöl M	0,53	0,71	0,005	15,7
Eldningsolja SA	B2.x	Heizöl SA	0,55	0,72	0,005	16,0
Naturgas L	B2.x	Erdgas L	0,38	0,68	0,008	11,7
Naturgas H	B2.x	Erdgas H	0,38	0,67	0,008	12,0
Propan	B2.x	Propan	0,43	0,66	0,007	13,7
Butan	B2.x	Butan	0,44	0,66	0,006	14,0
Naturgas DK	B2.x		0,38	0,67	0,010	12,0

Tillägg av bränsletyper enligt RBR/Weisshaupt

$$q_A = \frac{(t_A - t_L)}{CO_{2max}} * K1$$

Värden på CO_{2max} och $K1$ ges i nedanstående tabell:

Bränsle	CO_{2max}	$K1$
Eldningsolja 1	15,3	0,60
Eldningsolja 4	15,9	0,40
Eldningsolja 5	16,0	0,39
Naturgas med fläkt	11,5	0,46
Naturgas med atmosfärsbrännare	11,5	0,42
Stadsgas	10,1	0,45
Flytande gas (propan 35 %)	13,8	0,50
Kol	19,5	0,69
Koks	18,8	0,75
Träbränsle, torrt	19,4	0,54

Konstanter enligt Siegerts formel

Omräkning från koncentration till emitterad mängd per energienhet.

$$E = \rho * \frac{g_{ot}}{H_i} * \frac{21}{21 - O_2} * NO_x$$

där

- E Emission, mg/MJ
- ρ densiteten (NO_2), kg/m^3
- g_{ot} torr rökgasmängd vid stökiometrisk förbränning, $m^3_{avgas} / m^3_{naturgas}$
- H_i gasens undre (effektiva) värmevärde, MJ/Nm^3
- O_2 O_2 -koncentrationen i torra rökgasre, vol%
- NO_x uppmätt koncentration av NO_x i torra rökgaser, ppm

Ex för naturgas:

$$E = 2,1095 * \frac{9,32}{39,0} * \frac{21}{21 - 3} * 1 ; \text{dvs } 1 \text{ ppm } NO_x \text{ vid } 3 \% O_2 \text{ betyder } 0,588 \text{ mg } NO_2/MJ$$

Ex för propan:

$$E = 2,1095 * \frac{22,38}{94,06} * \frac{21}{21 - 3} * 1 ; \text{dvs } 1 \text{ ppm } NO_x \text{ vid } 3 \% O_2 \text{ betyder } 0,586 \text{ mg } NO_2/MJ$$

Gränsvärden för tyska avfallsförbränningar. (17. BimSchV)

Masskoncentrationer anges som mg/m³ vid normaltillstånd (273 K, 1013hPa) efter korrektion till torr gas.

CO-innehållet i gasen får ej överstiga 50 mg/m³ som 24 timmars medelvärde och 100 mg/m³ som timmedelvärde. Gränsvärdena gäller vid 11 % O₂.

KOMPONENT	DYGNSMEDELVÄRDE	HALVTIMMESMEDELVÄRD E
stoft	10 mg/m ³	30 mg/m ³
totalkolväte	10 mg/m ³	20 mg/m ³
HCl	10 mg/m ³	60 mg/m ³
HF	1 mg/m ³	4 mg/m ³
SO _x (som SO ₂)	50 mg/m ³	200 mg/m ³
NO _x (som NO ₂)	200 mg/m ³	400 mg/m ³

BA3006 – OMRÄKNINGSFORMLER

Omräkning från ppm propanekvivalenter till mg/m³:

$$C_{mP} = C_{VPe} * \frac{3}{n_{cp}} * \frac{1}{r_p} * \frac{M}{22,4}$$

I formeln har symbolerna följande betydelse:

- C_{mP}** :Massandelen av provsubstanten i mg/m³N
(Milligram per normalkubikmeter)
- C_{VPe}** :Visat värde av den med propan kalibrerade FID-analysatorn
(ppm propanekvivalenter)
- n_{cp}** :Antal kolatomer i provsubstanten
- r_p** :Responsfaktor för provsubstanten
- M** :Molvikten hos provsubstanten

Exempel:

ETYLACETAT

$$M = 88.104 \quad r_p = 0,72 \quad n_{cp} = 4$$

dvs $C_{mP} = C_{VPe} * 4,097$

Vid jämförande mätning med metan kan r_p ha värden mellan 1,05 och 1,24 enligt olika kontroller. $n_{cp} = 3$.

BA3006 – Responsfaktorlista enl. TA-Luft

Responsfaktorlista för beräkning av kalibrervärden.					
<i>Instrument för mätning av koncentrationer enligt TA-Luft, t.ex. 3006, 9900 etc.</i>					
Nr	Provsubstans	UEG	Molekylvikt	Antal C-atomer	Responsfaktor
1	Toluol	49.34	92.10	7.00	.97
2	o-Xylol	47.40	106.17	8.00	.93
3	SOLVESSO 100	54.27	121.56	9.10	.97
4	SOLVENTNAPHTA 100	47.32	106.00	7.72	.94
5	SOLVESSO 150	48.04	134.51	10.02	.97
6	SOLVESSO 200	67.67	151.86	11.24	.99
7	Ethylbenzol	47.41	106.20	8.00	.91
8	n-Butylacetat	62.25	116.20	6.00	.80
9	IMSOL R	90.24	159.02	6.92	.73
10	1-Methoxy-2-propylacetat PMA	70.82	132.20	6.00	.68
11	Ethylglykolacetat	100.33	132.20	6.00	.68
12	Butyldiglykolacetat	54.72	204.30	10.00	.75
13	Isophoron	49.36	138.20	9.00	.88
14	Diacetonalkohol	93.34	116.16	6.00	.73
15	n-Butanol	46.33	74.12	4.00	.83
16	i-Butanol	56.25	74.12	4.00	.83
17	i-Propanol	53.66	60.10	3.00	.77
18	n-Butylglykol	58.04	118.20	6.00	.74
19	Butyldiglykol	50.69	162.20	8.00	.69
20	Ethylglykol	72.40	90.10	4.00	.66
21	1-Methoxy-2-propanol PM	68.39	90.12	4.00	.59
22	Testbenzin 145/200	37.77	141.00	10.50	1.00
23	Methanol	78.67	32.04	1.00	.75
24	2-Butanon MEK	57.94	72.10	4.00	.71
25	Spezialbenzin 60/95 SHELL	45.18	92.00	6.44	1.00
26	Tetrahydrofuran THF	64.38	72.10	4.00	.75
27	Ethylacetat	82.59	88.10	4.00	.71
28	Cyclohexanon	56.96	98.14	6.00	.83
29	Phenol	54.62	94.11	6.00	.89
30	Ethandiol	88.67	62.07	2.00	.55
31	Methylacetat	102.52	74.08	3.00	.69
32	i-Propylacetat	82.07	102.13	5.00	.81
33	2-Methoxyethanol	84.93	76.10	3.00	.52
34	Ethanol	72.03	46.07	2.00	.71
35	Aceton	64.82	58.08	3.00	.70
36	Methylisobutylketon MIBK	53.66	100.16	6.00	.89
37	n-Hexan	38.47	86.17	6.00	.96
38	n-Heptan	49.21	100.20	7.00	.93
39	i-Octan	50.99	114.22	8.00	1.03
40	m/p-Kresol	48.27	108.13	7.00	.91

41	o-Kresol	62.76	108.13	7.00	.91
42	Cyclohexan	45.09	84.16	6.00	.95
43	1-Ethoxypropanol-2 EP	60.44	104.15	5.00	.67
44	Spezialbenzin 80/110 SHELL	44.20	99.00	6.95	1.00
45	Dimethylformamid	71.79	73.10	3.00	.50
46	n-Methylpyrrolidinon	57.54	99.14	5.00	.73
47	Essigsäure (> 90%)	107.23	60.05	2.00	.59
48	Ethan	36.25	30.07	2.00	1.00
49	Propan	33.46	44.09	3.00	1.00
50	n-Butan	36.33	58.12	4.00	1.00
51	i-Butan	46.70	58.12	4.00	1.00
52	n-Pentan	45.09	72.15	5.00	1.00
53	i-Pentan	41.87	72.15	5.00	1.00
54	Benzol	41.84	78.11	6.00	1.03
55	1,2-Epoxyethan	51.13	44.05	2.00	.50
56	n-Dodecan	45.62	170.30	12.00	1.00
57	n-Tetradecan	44.29	198.40	14.00	1.00
58	SHELLSOL D-70	87.41	178.00	12.60	1.00
59	t-Methylbutylether	63.00	88.20	5.00	.80
60	Di-i-propylether	45.63	102.20	6.00	.83
61	ISOPAR E	49.37	122.87	8.62	1.00
62	Dichlormethan	999.99	84.94	1.00	1.18
63	Trichlormethan	999.99	119.39	1.00	.73
64	1,1,1-Trichlorethan	999.99	133.42	2.00	1.12
65	Trichlorethen Tri	999.99	131.40	2.00	1.06
66	Tetrachlorethen Per	999.99	165.85	2.00	1.24
67	Chlorbenzol	999.99	112.56	6.00	1.02
68	Trichlortrifluorethan	999.99	187.39	2.00	1.16
69	Vinylchlorid	999.99	62.50	2.00	1.04
70	Methan	31.51	16.04	1.00	1.22
71	Ethin (Acetylen)	26.74	26.04	2.00	1.05
72	Diethylether	53.66	74.12	4.00	.75
73	i-Butylacetat	81.56	116.20	6.00	.80
74	Isobutyraldehyd	50.44	72.11	4.00	.75
75	Propen	37.56	42.08	3.00	.96
76	Cyclopropan	42.93	42.08	3.00	1.00
77	Dipenten	42.57	136.23	10.00	1.00
78	i-Nonanol	57.98	144.30	9.00	.95
79	Propylenglykol	88.33	76.10	3.00	.70
80	Dimethylaminopropanol	999.99	103.20	5.00	.70
81	Butylglykolat	76.72	132.20	6.00	.76
82	Trichlorfluormethan	999.99	137.38	1.00	.08
83	Dichlorethen	999.99	96.95	2.00	1.03
84	Tetrachlormethan	999.99	153.39	1.00	.08
85	Hemellitol 1,2,3-TM-Benzol	999.99	120.19	9.00	1.00
86	Pseudocumol 1,2,4-TM-Benzol	42.93	120.19	9.00	1.00
87	Mesitylen 1,2,5-TM-Benzol	42.93	120.19	9.00	1.00
88	Styrol	51.14	104.15	8.00	.92
89	m/p-Xylol	52.14	106.17	8.00	.93
90	Methoxypropoxypropanol DPM	86.00	148.20	7.00	.62
91	Spezialbenzin 100/140 SHELL	40.00	112.00	7.89	1.00

92	Methylmethacrylat MMA	93.86	100.12	5.00	.82
93	Ethyldiethylenglykol	77.87	134.18	6.00	.59
94	Butylglykolacetat	74.38	160.21	8.00	.76
95	Benzylalkohol	58.90	108.14	7.00	.91
96	2-Phenylethylalkohol	58.90	122.17	8.00	.92
97	n-Octan	40.80	114.20	8.00	1.00
98	n-Nonan	40.10	128.30	9.00	1.00
99	n-Decan	44.50	142.30	10.00	1.00
100	ISOPAR H	40.71	152.00	10.69	1.00
101	Ethyl-3-Ethoxypropionat EEP	75.05	146.19	7.00	.72
102	Butyrolacton	138.36	86.09	4.00	.75
103	Propylbenzol	42.93	120.20	9.00	1.00
104	SHELLSOL D60	41.25	154.00	10.89	1.00
105	3-Methoxy-1-butanol	88.34	104.15	5.00	.66
106	TXIB	63.93	286.42	16.00	.88
107	SOLVENT NAPHTA 90/170	53.57	120.00	9.19	1.00
108	Kristallöl 30 Shell	42.17	141.00	10.21	1.00
109	n-Propanol	56.34	60.10	3.00	.83
110	Ethoxypropylacetat EPA	65.26	146.19	7.00	.72
111	Vinylacetat	99.93	86.09	4.00	.73
112	Acetaldehyd	78.67	44.05	2.00	.55
113	1,2-Diacetoxyethan EGDA	104.38	146.14	6.00	.65
114	SHELL Dibasenester DBE	71.40	160.00	6.99	.73
115	Dimethylsuccinat	107.66	146.15	6.00	.69
116	Dimethylglutarat	85.81	160.17	7.00	.73
117	Dimethyladipat	89.43	174.20	8.00	.77
118	Di-i-butylketon	50.79	142.20	9.00	.89
119	Pyridin	60.03	79.10	5.00	.83
120	Acetonitril Methylcyanid	55.04	41.05	2.00	.90
121	Methylformiat	134.00	60.05	2.00	.46
122	ISOPAR M	51.16	191.00	13.47	1.00
123	Butylglykolacetat	74.38	160.21	8.00	.76
124	SHELLSOL AB	40.63	130.00	9.65	1.00
125	TERAPIN	38.30	143.00	10.12	1.00
126	Methoxyhexanon Me-6K	63.93	130.18	7.00	.76
127	m/p-Xylol	52.14	106.17	8.00	.93
128	Halothan C2HBrClF3	999.99	197.39	2.00	1.10
129	n-Fluran C3H2ClF5O	999.99	184.51	3.00	.95
130	Ethylen	28.81	28.05	2.00	1.00
131	1,2-Dichlorethan	999.99	98.97	2.00	1.07
132	3-Methoxybutylacetat BUTOXYL	52.21	146.19	7.00	.72
133	tert-Butylmethylether	62.96	88.15	5.00	.80
134	1-Hexen	45.09	84.16	6.00	1.00
135	1-Hepten	43.80	98.19	7.00	1.00
136	Ameisensäure	205.45	46.02	1.00	.08
137	Acrylnitril	66.32	53.06	3.00	.91
138	Diisobutylene	999.99	112.22	8.00	1.00
139	tert-Butanol	76.10	74.12	4.00	.83
140	Hexamethylendiisocyanat	67.58	168.20	8.00	.67
141	1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	47.22	132.21	10.00	1.00
142	1,2-Propylenoxid	49.26	58.08	3.00	.67

143	Glykolsäurebutylester GB-Este	r 76.72	132.20	6.00	.77
144	SHELLSOL A	39.64	120.00	8.99	1.00
145	Ethylactat	79.11	118.14	5.00	.68
146	1-Amino-2-propanol	999.99	75.11	3.00	.67
147	1,1,1,3,3,3-Hexamethylsilaz	a 999.99	161.40	6.00	1.00
148	Sulfolan	999.99	120.17	4.00	.90
149	Hexafluorethan	999.99	138.01	2.00	1.00
150	1,2-Dichlortetrafluorethan	999.99	170.92	2.00	1.05
151	2,2-Dichlor-1,1,1-trifluoreth	a 999.99	152.93	2.00	1.10
152	Isopropylglykol	999.99	104.15	5.00	.71
153	Toluylen-2,4-diisocyanat TDI	69.97	174.16	9.00	.93
154	Caprolactam	72.73	113.16	6.00	.78
155	Methylmercaptan	81.61	48.11	1.00	.80
156	Kristallöl 60 SHELL	42.32	158.00	11.44	1.00
157	Propylencarbonat	86.59	102.09	4.00	.58
158	Chlorethan	999.99	64.52	2.00	1.03
159	1,2-Dichlorbenzol (o-)	999.99	147.00	6.00	1.05
160	Methylal	74.74	76.10	3.00	.33
161	Acrylsäure	170.50	72.06	3.00	.66
162	Ethylendiamin	72.44	60.10	2.00	.67
163	SHELLSOL D25	41.25	132.00	9.26	1.00
164	ISOPAR M	51.96	194.00	13.68	1.00
165	1,4-Dioxan	74.73	88.10	4.00	.50
166	Dichlorfluormethan	999.99	120.90	1.00	.73
167	Dichlorethylen	999.99	97.00	2.00	1.05
168	Cyclopenten	999.99	68.12	5.00	1.00
169	Propylcyclopropan	45.08	84.16	6.00	1.00
170	Propionsaeure	69.45	74.08	3.00	.73
171	2-Heptanol	999.99	116.20	7.00	.92
172	Isoheptylacetat	999.99	158.24	9.00	.90
173	Diaminodiphenylmethan	999.99	198.27	13.00	.94
174	n-Butanal	45.07	72.11	4.00	.75
175	2-Ethyl-1-hexanol	69.95	130.23	8.00	.94
176	Epichlorhydrin	95.01	92.53	3.00	.69
177	1,2-Dichlorpropan	999.99	112.99	3.00	1.05
178	1,3-Dichlorpropen-1	999.99	110.97	3.00	1.00
179	Propylencarbonat	86.59	102.09	4.00	.50
180	Dimetylsulfid	61.03	62.14	2.00	.80
181	Dimetyldisulfid	999.99	92.40	2.00	.80
182	Methylstyrol (3-,4-Isomere)	42.21	118.18	9.00	.93
183	2-Methyl-2,4-pentandiol	52.76	118.18	6.00	.78
184	Cyanwasserstoff	65.09	27.00	1.00	.80
185	Diisononylphthalat DINP	999.99	418.62	26.00	.93
186	Acetoncyanhydrin	87.30	85.10	4.00	.79
187	Chloressigsaeure	999.99	94.50	2.00	.58
188	Dimethylsulfoxid	62.78	78.13	2.00	.60
189	Divinylether	53.19	70.09	4.00	.69
190	Essigsaeureanhydrid	91.15	102.09	4.00	.50
191	Methylamin	67.94	31.06	1.00	.67
192	Pyrrolidin	50.80	71.12	4.00	.84
193	Triethylamin	54.21	101.19	6.00	.79

194	Toluolsulfonsaeure-N-ethylami	d 999.99	199.27	9.00	.82
-----	-------------------------------	----------	--------	------	-----

Omräkning till driftkubikmeter

$$C_m(P,T) = C_m(P_0,T_0) \times \frac{P}{P_0} \times \frac{T_0}{T}$$

I formeln har symbolerna följande betydelse:

$$\begin{aligned} P &= \text{Absoluta trycket} & P_0 &= 1013,25 \text{ mbar} \\ T &= \text{Absoluta temperaturen} & T_0 &= 273,15 \text{ K} \end{aligned}$$

$$C_m(P,T) = \text{Massandelen vid trycket } P \text{ och temperaturen } T, \text{ angiven i mg/m}^3$$

$$C_m(P_0,T_0) = \text{Massandelen vid normalt tryck och temperatur, angiven i mg/m}^3$$

Beräkning av massflödet

$$\Theta = C_m \cdot v$$

I formeln har symbolerna följande betydelse:

$$\begin{aligned} \Theta &= \text{massflödet i mg/h} \\ C_m &= \text{Massandelen i mg/m}^3 \\ v &= \text{Volymflödet i m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Beräkning av mgC/m³_N

Beräkning av andelen kol i mätkasen:

$$C_m = \frac{3 \times M}{n_c \times r \times v_{mol}} \times C_{vPe}$$

$$M = 3 \times 12 + 8 \times 1 = 44$$

$$C_{vPe} = 80 \text{ ppm}$$

$$n_c = 3$$

$$r = 1$$

$$v_{mol} = 22,4$$

$$\frac{3 \times 44}{3 \times 1 \times 22,4} \times 80 = 1,96 \times 80$$

$$1,96 \times \frac{36}{44} \times 80 = 1,60714 \times 80$$

dvs

$$C_{CP} = C_{vPe} \times 1,608$$

Omräkning från metanekvivalenter till propanekvivalenter

$$C_{vPe} = C_V * \frac{r_p \times n_c}{3}$$

$$r_p = 1,22$$

$$n_c = 1$$

C_{vPe} = Värde i propanekvivalenter

C_V = Visat värde i ppm för instrument som kalibrerats med metan

Korrektion av UEG för FID

Vid beräkning av explosionsgränsen (UEG) måste hänsyn tas till temperaturen.
Faktorn är:

$$(1 - 0,0014 (t - 20))$$

där t är drifttemperaturen i grader C.

Exempel: 8000 ppm propan: 37,5 % UEG enligt tidigare.
Om t = 150 grader C blir det nya kalibreringsvärdet

$$\frac{37,5}{(1 - 0,0014(150 - 20))} = 45,8 \text{ \% UEG}$$