

2359
Nr:

Laboratorium voor Chemische Technologie

Verslag behorende
bij het fabrieksvoorontwerp
van

K.J. de Wolf en A.v.d. Meer

onderwerp:

SYNTHESE VAN WATERSTOFFLUORIDE

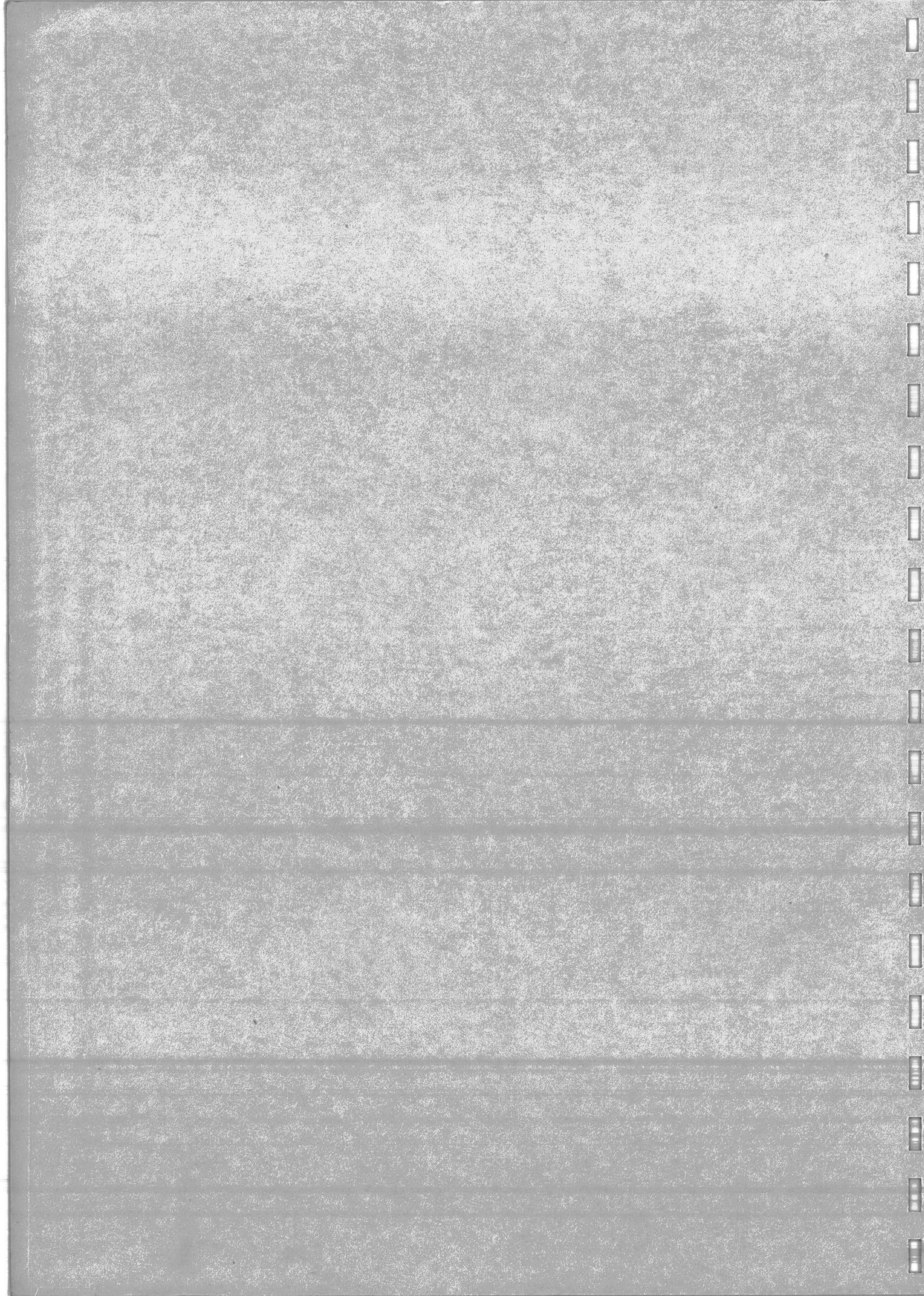
UIT AMMONIUMBIFLUORIDE

adres: v.Boetzelaerlaan 47 Den Haag

Koornmarkt 81-c Delft

opdrachtdatum: dec.1972

verslagdatum: mei 1973



FABRIEKSVOORONTWERP

Synthese van waterstoffluoride uit ammoniumbifluoride

A. v.d. Meer
Koornmarkt 81-c
Delft

K.J. de Wolf
v.Boetzelaerlaan 47
Den Haag

mei 1973

INHOUDSOPGAVEpag.

Samenvatting	
Inhoudsopgave	
Inleiding	1
Motivering proceskeuze	2
Beschrijving proces	4
Corrosie	5
Massabalans	6
Berekening extra hoeveelheid zwavelzuur in mixer M3	11
Berekening koeler H4	14
Condensor en reboiler berekening	17
Specificaties warmtewisselaars	19a
Destillatiediagram voor het HF-H ₂ O-H ₂ SO ₄ mengsel	20
Destillatie	22
a. Berekening absorptiesectie	22
b. Berekening aantal theoretische schotels kolom T6	25
Regelschema	33
Schatting van investeringskosten	34
C.P.S. berekeningen	37
Fysische Gegevens	41
Symbolenlijst	46a
Literatuur	47
Aanhangsel (1)	49
Bijlage (1)	50
Bijlage (2)	51
Bijlage (3)	52
Tabel 1 t/m 4	52
grafiek 1 t/m 4	59
Bijlage (4)	63
Bijlage (5)	135
Tabellen van massa- en warmtestromen	
Flowsheet	

SAMENVATTING

Dit verslag beschrijft de bereiding van HF uit NH_4HF_2 .

NH_4HF_2 wordt gemaakt uit de afgassen van een fabriek ter ontsluiting van fosfaaterts.

HF wordt vrijgemaakt door inwerking van een overmaat H_2SO_4 op het NH_4HF_2 , waarna door destillatie van de productstroom het HF als 99,5% zuiver wordt verkregen. Het rendement is 95%.

Een absorptietoren is opgenomen in het processchema ter vermindering van reflux van zuiver HF, hetgeen grote corrosieproblemen met zich mee zou brengen.

De fabriek is ontworpen voor een productie van 20.000 ton HF/jaar. Het bodemproduct dat ontstaat ($\text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$) kan gebruikt worden in de ontsluitingssectie voor de behandeling van apatiet.

Een knelpunt bij het werken met HF en H_2SO_4 vormt het corrosiegevaar. Door gebruik te maken van speciaal materiaal (geïmpregneerd grafiet) is hiervoor een oplossing gevonden.

De betrekkelijke eenvoud van de benodigde apparatuur en hun geringe aantal, zullen o.i. opwegen tegen de relatief hoge kosten van het geïmpregneerde grafiet.

INLEIDING

Jaren lang is fluor in de kunstmestindustrie beschouwd als een vervelend bijproduct.

Bij de productie van superfosfaat en fosforzuur uit ruw fosfaaterts komt veel fluoride vrij, hetgeen ernstige corrosie- en milieutechnische problemen met zich meebrengt.

Pas de laatste jaren is men naar mogelijkheden gaan zoeken om de vrijkomende fluorverbindingen nuttig te gaan gebruiken.

De hoeveelheden fluor-verbindingen, die vrijkomen in de verschillende stadia bij de fosforzuurproductie staan vermeld in tabel(1) van aanhangsel(1). Uit deze tabel blijkt, dat het mogelijk is 40-50 kg H_2SiF_6 per ton P_2O_5 uit de afgassen van een fosforzuurfabriek terug te winnen.

In Europa werd in 1970 verbruikt aan ruw fosfaat ruim 16.500.000 ton en in Amerika 25.500.000 ton.

Tabel(2) van aanhangsel(1) geeft een overzicht van de productiecapaciteiten van fosforzuurfabrieken die gebaseerd zijn op het zgn. natte proces. Hieruit blijkt, dat bij een winning van 40 kg H_2SiF_6 per ton P_2O_5 , de potentiële hoeveelheid 500.000 ton H_2SiF_6 per jaar bedraagt. Dit komt ongeveer overeen met 400.000 ton HF per jaar.

Hieruit blijkt dat ruw fosfaat een zeer belangrijke bron van HF kan zijn.

HF vindt veel aftrek in de Aluminiumindustrie. Verder wordt het gebruikt voor de productie van Chloorfluorkoolwaterstoffen en voor fluorbevattende polymeren(o.a.teflon). Daarnaast vindt het enige toepassing in de glasetserij en in de petroleumindustrie als alkyleringskatalysator.

MOTIVERING PROCESKEUZE

Bij het literatuuronderzoek over HF bereiding uit fosfaaterts, bleek dat hierover reeds zeer veel, voornamelijk in de vorm van patenten, gepubliceerd was. (lit 2-15)

Bij het onderzoek bepaalden we ons tot die literatuur die de HF bereiding via NH_4HF_2 beschreef.

De overeenkomst in de processen, beschreven in de patenten, was zeer groot.

In bijna alle processen werden de afgassen van een fosforzuurfabriek geabsorbeerd in een waterig milieu, waardoor H_2SiF_6 ontstond, hetgeen met een ammoniumoplossing omgezet werd tot een NH_4F -oplossing en SiO_2 . Uit deze oplossingen werd door indampen het vaste fluoride gewonnen, waarbij zich NH_3 afsplitste, zodat NH_4F overging in NH_4HF_2 .

Dit fluoride werd dan behandeld met een zuur (H_2SO_4 , H_3PO_4 of HNO_3), waarbij HF ontstond, waarna dit HF op verschillende manieren gezuiverd werd.

Zo beschrijft lit(4) een afscheiding van het HF door middel van een vacuum-separator, terwijl lit(11) het HF oplost in een organisch oplosmiddel, zoals polyglycol 400.

Ook lit(10) werkt met een organisch oplosmiddel, waarna het HF afgestript wordt met water-heptaan-octaan damp. Het stripgas wordt dan gecondenseerd, waardoor een scheiding in twee lagen ontstaat. Na rectificatie van de onderste laag wordt het HF gewonnen als 99,8% zuiver. Een recent proces wordt beschreven in lit(16)

Bij dit proces werd de $\text{NH}_4\text{F}/\text{NH}_4\text{HF}_2$ oplossing gemengd met gec. salpeterzuur, waarna dit mengsel aan apatiet werd toegevoegd. Hierbij gaat het apatiet in oplossing en slaat er CaF_2 neer, dat weer als grondstof voor de HF fabricage gebruikt kan worden. Als bijproducten worden hier $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ en NH_4NO_3 verkregen, die als kunstmeststof verkocht kunnen worden.

Het nadeel van dit proces is het feit dat het CaF_2 zeer fijnkorrelig neerslaat en dus veel P_2O_5 zal meenemen. De eisen die HF fabrikanten stellen aan CaF_2 , wat betreft P_2O_5 -gehalte, zijn dan ook moeilijk te bereiken(veel uitwassen is nodig). Bovendien is hierbij een tussenstap méér nodig, n.l. nu moet weer (met behulp van H_2SO_4) uit CaF_2 HF vrijgemaakt worden.

Als eerste beschrijft A.Schmidt (lit 13) een methode om HF uit NH_4HF_2 te verkrijgen door te werken met een overmaat H_2SO_4 en daarna de oplossing te destilleren. Deze overmaat beïnvloedt de azeetroop HF/ H_2O . Probeert men HF direct af te destilleren uit een NH_4F oplossing, die behandeld is met een hoeveelheid H_2SO_4 , equivalent aan het ammoniakgehalte, dan zit er in de dampfase steeds een geringer percentage HF dan in de vloeistoffase. Technisch betekent dit dat het niet mogelijk is het af te scheiden ammoniumzout fluorvrij te maken, hetgeen dus een groot verlies aan fluor betekent. Door toediening van een extra hoeveelheid H_2SO_4 verschuift de azeetroop naar lagere concentraties. In lit(17) gaat Schmidt hierop verder in.

Op deze verhandeling is het in dit ontwerp behandelde proces geënt. Een alternatief proces, dat ook bestudeert is staat beschreven in lit(5)-zie schema in bijlage(1)-.

Dit patent beschrijft op de gebruikelijke wijze de vervaardiging van NH_4HF_2 , waarna door inwerking van H_3PO_4 het HF vrijgemaakt wordt. Het HF wordt nu afgescheiden door te strippen met een inert gas ("flue gas").

Als bodemproduct wordt de meststof $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ verkregen, hetgeen een goed afzetgebied heeft. Het verkregen stripgas wordt gedroogd met gec. H_2SO_4 , waarna het HF door destillatie wordt gezuiverd.

Een nadeel van dit proces tegenover het proces van Schmidt is de uitgebreidheid van het aantal stappen om tot zuiver HF te komen.

Een schijnbaar nadeel van het proces van Schmidt tegenover het bovenstaande proces is het feit dat een inferieur bodemproduct($\text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$) ontstaat. Dit bodemproduct kan echter zeer goed gebruikt worden bij de ontsluiting van apatiet. Het is dan ook noodzakelijk dat de hier beschreven fabriek opgericht wordt in combinatie met een ontsluitingsfabriek van fosfaaterts, zodat een recirculatie mogelijk is. Een groot voordeel van het hier beschreven proces is de eenvoud en quantiteit van de gebruikte apparatuur t.o.v. andere processen.

Wij menen dat het opnemen van een extra absorptietoren in het proces-schema, waardoor geen reflux van zuiver HF gebruikt hoeft te worden (grote corrosieproblemen, zeker in combinatie met H_2SO_4), een stellige verbetering zal zijn in dit proces.

BESCHRIJVING PROCES (zie flowsheet)

Tijdens het gehele proces blijft de druk 1 atmosfeer.

Een 80% -ige oplossing van ammoniumbifluoride van 100°C wordt gemengd met 98,8% -ig zwavelzuur van 25°C. De productstroom, bestaande uit waterstoffluoride, zwavelzuur, ammoniumbisulfaat en water met een temperatuur van 25,4°C wordt in stripper T6 geleid.

Bovenop stripper T6 staat een absorptietoren T5. Bovenin deze toren wordt 90% zwavelzuur van 25°C geleid.

Dit zwavelzuur wordt verkregen uit 98,8% -ig zwavelzuur van 25°C, door menging met water van 25°C in menger M2, waarna in koeler H3 de verdunningswarmte wordt afgevoerd. Bij het intreden van koeler H3 heeft het zwavelzuur een temperatuur van 71,5°C.

Toren T5 wordt gekoeld met koelwater, waardoor de warmte, die ontstaat bij verdunnen van 90% -ig zwavelzuur met de waterdamp die in de toren omhoogstroomt, wordt weggevoerd. Tevens wordt gasvormig waterstoffluoride hierin gekoeld van 50°C (de kooktemperatuur op de voedingschotel) tot 25°C.

Het gasvormig waterstoffluoride wordt hierna in koeler H8 tot 19°C in temperatuur verlaagd, waarna het gas gecondenseerd wordt.

Als koelmiddel wordt ammoniak gebruikt.

Het 99,5% zuiver waterstoffluoride wordt hierna afgevoerd.

Onder uit toren T6 wordt een ketelproduct verkregen van 160°C, bestaande uit ammoniumbisulfaat, zwavelzuur, water en een weinig waterstoffluoride.

Met behulp van reboiler H7 wordt het water en waterstoffluoride hieruit verdampt en in kolom T6 teruggevoerd bij een temperatuur van 160°C. De benodigde warmte wordt geleverd door oververhitte stoom van 170°C met een druk van 7 ata.

Het ketelproduct wordt teruggevoerd naar een fosforzuurfabriek ter ontsluiting van apatiet.

CORROSIE

Het mengsel van geconcentreerd zwavelzuur, gecombineerd met vrij hoge concentraties aan HF is bijzonder corrosief.

Bij het beschouwen van de bestaande corrosietabellen bleken alleen enkele kunststoffen, zoals teflon, bruikbaar.

Daar we temperaturen tot ongeveer 160°C willen toepassen, vielen al deze kunststoffen, behalve teflon, af.

Materialen die goed tegen geconcentreerd zwavelzuur bestand bleken, konden geen HF verdragen. Materialen die goed tegen HF bestand zijn (zoals Monel) konden echter géén zwavelzuur verdragen.

Een goede oplossing van het probleem is gevonden in de toepassing van geïmpregneerd grafiet.

Eén van de producenten van dit grafiet geeft in zijn corrosietabellen op dat DIABON en DURABON N bestand zijn tegen HF tot 60% in de vloeistof-fase en tegen alle concentraties aan HF in de gasfase tot temperaturen van 165°C.

Wat betreft geconcentreerd zwavelzuur mogen concentraties tot 80% bij 165°C toegepast worden. Hogere concentraties aan zwavelzuur mogen echter slechts bij lagere temperatuur toegelaten worden. Zo geldt voor 96% -ig zwavelzuur een maximum van 25°C. (zie bijlage 5)

Als beperking geldt bij dit grafiet dat maximaal 165°C toelaatbaar is vanwege de kunststofimpregnering. Bovendien is de maximaal toelaatbare druk 7 ata. Wel kan men door toepassing van teflonimpregnering temperaturen tot 200°C toelaten.

Al deze eisen beperkten sterk de mogelijkheden in het ontwerp.

De corrosieve eigenschappen van watervrij HF blijken echter geen problemen op te leveren. Zo is het zeer goed mogelijk om het water-vrije zuur in stalen containers onder hogere druk op te slaan.

MASSABALANS

De gewenste productie per jaar is berekend op een zeer grote fosfaat-fabriek met een productie van 500.000 ton P_2O_5 per jaar.

Uit de inleiding blijkt dat per ton P_2O_5 40 kg HF gewonnen kan worden. De productie aan HF zal dus bij deze fabriek 20.000 ton HF kunnen zijn. Berekend op 330 werkdagen per jaar zal de productie per dag 60 ton HF kunnen bedragen. Per uur is dat 2500 kg HF.

Vanwege de eigenschappen van kolom(T6)-zie hoofdstuk destillatie- zal er een zodanig bodemproduct ontstaan dat het rendement t.o.v. HF 95% zal bedragen. De voeding zal dus $100/95 \times 2500 = 2631,58$ kg HF per uur moeten bevatten.

In mixer(M3) treedt de volgende reactie op:



In de mixer zal dus $2631,58/20,01 \times 57,04/2 = 3750,76$ kg NH_4HF_2 /hr moeten binnenkomen.

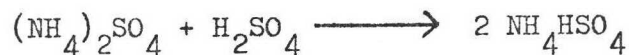
Stripper(T6) moet zodanig bedreven worden dat er bij voorkeur geen neerslag in het aflopende mengsel ontstaat.

Er wordt gewerkt met een mengsel van NH_4HSO_4 , H_2SO_4 , H_2O en HF. Daar er geen fysische gegevens over dit mengsel bekend zijn, doch wel van een mengsel van NH_4HSO_4 , H_2SO_4 , H_2O (zie fys.gegevens), wordt HF buiten beschouwing gelaten en alleen op de oplosbaarheden van het mengsel NH_4HSO_4 , H_2SO_4 en H_2O gelet.

Zoals uit het hoofdstuk Destillatie blijkt zal de temperatuur in de stripper(T6) oplopen van $\pm 50^\circ C$ tot $\pm 160^\circ C$.

Uit de fysische gegevens over de oplosbaarheden van het mengsel NH_4HSO_4 , H_2SO_4 , H_2O blijkt dat bij $50^\circ C$ de verzadigde oplossing 54,28 gr. H_2SO_4 , 25,5 gr $(NH_4)_2SO_4$ en 20,2 gr H_2O bevat.

Daar de volgende reactie optreedt:



wordt er van de 54,28 gr H_2SO_4 $25,5/132,14 \times 98,08 = 18,9$ gr H_2SO_4 gebonden, zodat er in de oplossing een concentratie van $25,38/45,58 = 55\%$ zuiver H_2SO_4 t.o.v. $H_2SO_4 + H_2O$ bestaat.

Uit de fysische gegevens blijkt verder dat er een verzadigde oplossing mogelijk is, welke 60,5 gr H_2SO_4 en 39,5 gr $(NH_4)_2SO_4$ bevat. (Dit is dus een concentratie van 100% H_2SO_4 t.o.v. $H_2O + H_2SO_4$)

Uit de gegevens bij $98,3^\circ C$ blijkt dat de verzadigde oplossing (a) 47,18 gr H_2SO_4 , 42,78 gr $(NH_4)_2SO_4$ en 8,25 gr H_2O kan bevatten; dat betekent dat er een concentratie van 60% aan vrij H_2SO_4 t.o.v. $H_2SO_4 + H_2O$ in deze oplossing bestaat.

De verzadigde oplossing (b) bij $98,3^\circ C$ bevat 52,8 gr H_2SO_4 , 41,26 gr $(NH_4)_2SO_4$ en 5,94 gr H_2O . Dat wil zeggen dat de concentratie 78% aan vrij H_2SO_4 t.o.v. $H_2O + H_2SO_4$ is.

De in dit ontwerp beschreven oplossing moet 70% aan vrij H_2SO_4 t.o.v. $H_2O + H_2SO_4$ zijn. Deze situatie ligt tussen oplossing (a) en (b) in. Stel deze oplossing is: 42 gr $(NH_4)_2SO_4$ / 100 gr oplossing

50 gr H_2SO_4 / " "
8 gr H_2O / "

Dat wil dus zeggen dat er uitgegaan moet worden van een zodanige concentratie aan NH_4HF_2 in de invoer van mixer (M3), dat er 42 gr $(NH_4)_2SO_4$ per 8 gr H_2O in de oplossing ontstaat na het mengen met H_2SO_4 .

Nu geldt: $2 NH_4HF_2 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 + 4 HF$
ofwel: per mol $(NH_4)_2SO_4$ in het mengsel moet er 2 mol NH_4HF_2 aanwezig zijn.

Dus per 8 gr H_2O in de invoer van mixer (M3) mag er maximaal $42/132,14 \times 2 \times 57,04 = 36,3$ gr NH_4HF_2 aanwezig zijn. (Dit is een 82% NH_4HF_2 oplossing)

De oplosbaarheid van NH_4HF_2 (zie fys.geg.) is bij $100^\circ C$ 85,55 gr NH_4HF_2 / 100 gr oplossing, zodat een 82% -ige oplossing inderdaad zou kunnen worden toegestaan.

Echter zal er vanwege de corrosieve eigenschappen van het hier gebruikte mengsel en de eigenschappen van het hier toegepaste materiaal DIABON / DURABON N (zie bijlage 5) slechts een 60%-ige oplossing van HF mogen worden toegepast.

Daar niet bekend is hoe deze eisen zullen veranderen als er bovendien NH_4HSO_4 aanwezig is en of deze 60% op de totale gewichtshoeveelheid dan wel op het totaal aan aanwezig HF + H_2O betrokken moet worden, wordt de veilige weg gekozen en gesteld dat de maximaal toelaatbare concentratie 60% is t.o.v. $H_2O + HF$.

$$\text{Dus: } \frac{\text{aantal molen HF}}{\text{aantal molen H}_2\text{O}} = \frac{6}{4}$$

$$\text{en: } \frac{\text{aantal molen NH}_4\text{HF}_2}{\text{aantal molen HF}} = \frac{1}{2} \quad (\text{zie reactievgl})$$

zodat aantal molen $\text{H}_2\text{O} = 4/3 \times \text{aantal molen NH}_4\text{HF}_2$.

Nu moet er ingevoerd worden: $3750,76 \text{ kg NH}_4\text{HF}_2/\text{hr}$, zodat er ook $3750,76/57,04 \times 18,02 \times 4/3 = 1579,9 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{hr}$ moet worden ingevoerd in de mixer om tot een mengsel te komen waarin zich 60 mol% HF t.o.v. $\text{H}_2\text{O} + \text{HF}$ bevindt.

Voor de reactie in de mixer is nodig aan molen geconcentreerd H_2SO_4 : $1/2 \times \text{aantal molen gevormd HF}$, ofwel:

$2631,58/20,01 \times 1/2 \times 98,08 = 6449,7 \text{ (100\%)} \text{ H}_2\text{SO}_4/\text{hr}$. Dit is gelijk aan $6528,07 \text{ kg (98,8\%)} \text{ H}_2\text{SO}_4$ per uur, waarin zich dus $78,33 \text{ kg H}_2\text{O}$ per uur bevindt.

Aan NH_4HSO_4 wordt gevormd: $2631,58/20,01 \times \frac{1}{2} \times 115,11 = 7569,24 \text{ kg NH}_4\text{HSO}_4$ per uur.

Om op de voedingsschotel een mengsel te krijgen dat 70% H_2SO_4 t.o.v. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ bevat (Deze eis volgt uit het hoofdstuk destillatie) zal er extra aan zwavelzuur moeten worden toegevoerd :

$70/30 \times 1579,9 = 3686,43 \text{ kg (100\%)} \text{ H}_2\text{SO}_4/\text{hr}$, ofwel $3727,86 \text{ kg 98,8\% H}_2\text{SO}_4/\text{hr}$. Hierin zit dus: $41,43 \text{ kg H}_2\text{O}$.

Met de NH_4HF_2 -oplossing zal dus $1579,99 - (41,43 + 78,33) = 1460,23 \text{ kg H}_2\text{O}$ per uur moeten binnenkomen. Dit komt overeen met $3750,76 + 1460,23 = 5210,99 \text{ kg NH}_4\text{HF}_2 \text{ (72\%)/hr}$. Dit blijkt onder de maximaal toelaatbare concentratie (82 %) te liggen.

De $3686,43 \text{ kg H}_2\text{SO}_4$ die totaal wordt toegevoegd om de oplossing 70% te maken wordt niet in zijn geheel in de mixer toegevoegd. Uit het hoofdstuk (berekening extra hoeveelheid zwavelzuur in mixer), waarin deze hoeveelheid gekoppeld is aan de q-waarde welke vereist is om een zo gunstig mogelijke scheiding in de stripper (T6) te krijgen volgt dat de hoeveelheid H_2SO_4 die in de mixer wordt toegevoegd gelijkis aan $1121,8 \text{ kg (100\%)} \text{ H}_2\text{SO}_4/\text{hr}$ ofwel: $1132,42 \text{ kg (98,8\%)} \text{ H}_2\text{SO}_4/\text{hr}$. In deze berekening is de hoeveelheid water die met de extra hoeveelheid 98,8% -ige H_2SO_4 meekomt, verwaarloosd, omdat dit de

ver

vergelijking onnodig ingewikkeld zou maken, terwijl deze hoeveelheid water op het totaal in de voedingsstroom slechts een zeer geringe invloed heeft.

Vandaar dat we tot de volgende situatie komen:

Voedingsstroom mixer:

5210,99 kg (72%) NH_4HF_2 /hr ofwel: 3750,76 kg(100%) NH_4HF_2 /hr +
1460,23 kg H_2O /hr

7663,49 kg(98,8%) H_2SO_4 /hr ofwel: 7571,50 kg(100%) H_2SO_4 /hr +
91,99 kg H_2O /hr

Uit de mixer komt:

2631,58 kg HF/hr

1552,18 kg H_2O /hr

1121,8 kg H_2SO_4 /hr

7569,24 kg NH_4HSO_4 /hr

Als we nu het NH_4HSO_4 opgebouwd denken uit $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$, dan krijgen we 4344,54 kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /hr en totaal 4346,50 kg (100%) H_2SO_4

De situatie is dan: 15,2% H_2O , 42,4% H_2SO_4 , 42,4% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Experimenteel bleek dat dit mengsel bij $\pm 65^\circ\text{C}$ begon uit te kristalliseren, zodat bij 25°C er een slurry uit de mixer zal komen.

Uit het hoofdstuk (Berekening koeler (H4)) volgt dat uit de absorber (T5) het volgende mengsel zal aflopen:

3377,5 kg H_2SO_4 /hr, 375,3 kg H_2O /hr + de hoeveelheid water die geabsorbeerd is en afkomstig uit de voeding. (Gesteld is hier dus dat er géén HF in het gec. H_2SO_4 zal oplossen).

Op de voedingsschotel is dus de situatie:

3377,5 + 4346,5 = 7724 kg H_2SO_4 /hr

375,3 + 1552,18 = 1927,5 kg H_2O /hr

4344,54 kg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ /hr

2631,58 kg HF/hr

Ofwel: 13,8 % H_2O , 55,2% H_2SO_4 , 31,0% $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (HF is buiten beschouwing gelaten).

Uit de fysische gegevens volgt dat dit mengsel bij $\pm 70^\circ\text{C}$ een verzadigde oplossing is. Ook bleek uit een experiment dat dit mengsel bij $\pm 65^\circ\text{C}$ een oplossing is. Alleen op de voedingsschotel zullen we dus een slurry kunnen verwachten als de temperatuur daar beneden de 70°C is. (Alles onder voorbehoud dat we HF zonder meer buiten beschouwing kunnen laten.)

Door een speciale constructie voor deze schotel te kiezen, zal dit geen probleem behoeven te zijn.

Het bodemproduct zal de volgende samenstelling hebben:

voeding-2500 kg HF + de hoeveelheid ingevoerd 90% H_2SO_4 in de absorber

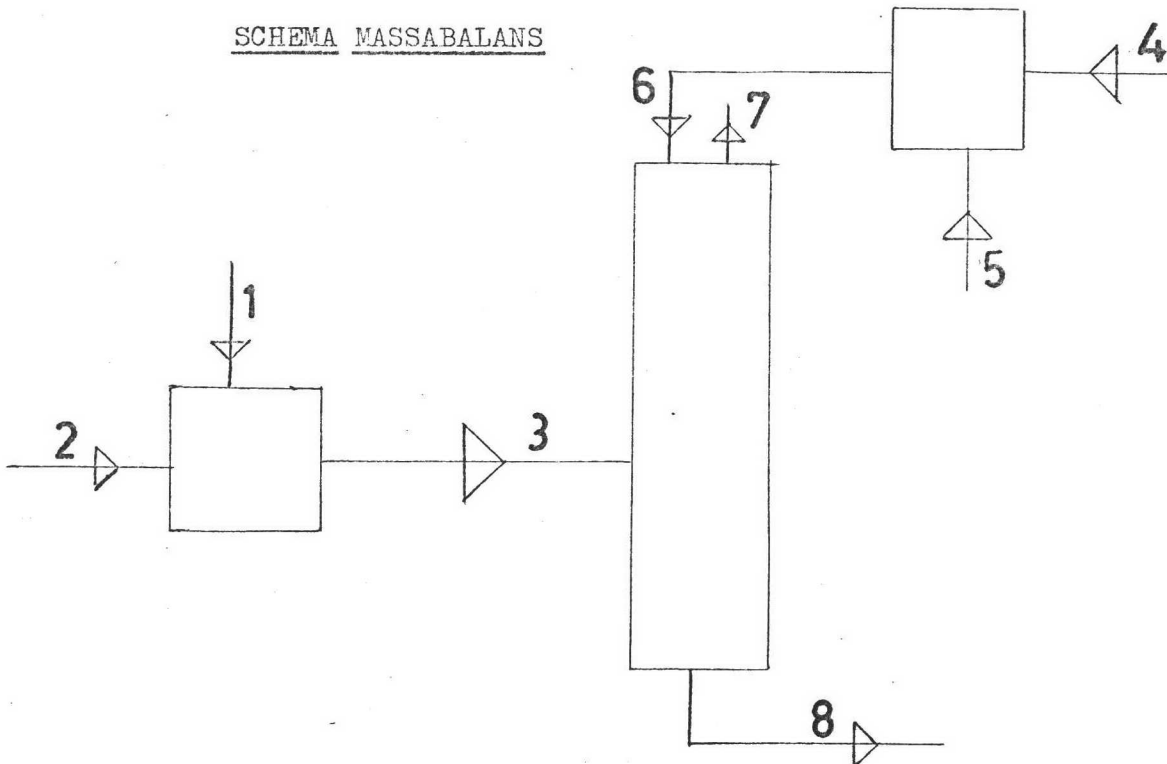
Dat is dus:

$$\begin{aligned}
 2631,58 - 2500 &= 131,6 \text{ kg HF/hr} \\
 3377,5 + 1121,8 &= 4499,3 \text{ kg } H_2SO_4/\text{hr} \text{ (100\%)} \\
 &7569,2 \text{ kg } NH_4HSO_4/\text{hr} \\
 &1927,5 \text{ kg } H_2O/\text{hr}
 \end{aligned}$$

(H_2O in 99,5% HF is verwaarloosd)

In deze oplossing bevindt zich dus $131,6/14127,6 = 0,9\%$ HF, wat zeker geen bezwaar zal zijn als de oplossing voor de ontsluiting van apatiet gebruikt zal worden.

SCHEMA MASSABALANS



- | | |
|--|---|
| 1. 1460 kg/hr H_2O
3751 kg/hr NH_4HF_2 | 5. 3334 kg/hr H_2O |
| 2. 7663 kg/hr H_2SO_4 (98,8%) | 6. 3753 kg/hr H_2SO_4 (90%) |
| 3. 2632 kg/hr HF
1552 kg/hr H_2O
1122 kg/hr H_2SO_4 (100%)
7569 kg/hr NH_4HSO_4 | 7. 2500 kg/hr HF (99,5%) |
| 4. 3419 kg/hr H_2SO_4 (98,8%) | 8. 132 kg/hr HF
4499 kg/hr H_2SO_4 (100%)
7569 kg/hr NH_4HSO_4
1928 kg/hr H_2O |

BEREKENING EXTRA HOEVEELHEID ZWAVELZUUR IN MIXER (M3)

In de mixer wordt een surplus aan zwavelzuur(98,8%) toegevoegd, zodat de productstroom 70% aan zwavelzuur wordt.

Deze 70% oplossing wordt verkregen door bij de hoeveelheid extra zwavelzuur in de mixer de hoeveelheid zwavelzuur, die uit de stripper stroomt, op te tellen.

De hoeveelheid zwavelzuur in de mixer ligt vast, doordat deze gekoppeld is aan de q-waarde van de voedingsstroom.

Zoals uit de massabalans blijkt wordt 5210,99 kg/hr 80% NH_4HF_2 verbruikt.

Voor de reactie is nodig 6528,07 kg/hr 98,8% H_2SO_4 .

Er wordt 2631,57 kg/hr HF geproduceerd.

Uit de warmtebalans over de mixer en de koppeling aan de q-waarde van de voedingsstroom in kolom(T6),waardoor de kooktemperatuur van de voedingsstroom vast ligt, kan nu de extra hoeveelheid H_2SO_4 en tevens de temperatuur van de uit de mixer stromende productstroom(6) worden berekend.

Bij de berekening van de warmtebalans over de mixer worden de volgende drie effecten bekeken:

- 1) Hoeveelheid warmte, die geleverd wordt door de ingaande NH_4HF_2 stroom (Qa)
- 2) Hoeveelheid warmte, die de reactie kost(Qb)
- 3) Hoeveelheid warmte, die geleverd wordt door de verdunning van het surplus aan zwavelzuur (Qc).

ad 1)

Het 80% NH_4HF_2 komt binnen op 100°C. Indien de hoeveelheid NH_4HF_2 betrokken wordt op 100% basis is er 3750,76kg/hr =65,76 kmol/hr met 1460,23 kg/hr H_2O .

Om de enthalpieinhoud van de ingaande vloeistof te berekenen wordt gebruik gemaakt van gegevens uit lit(18,19). Zie ook het hoofdstuk fysische gegevens.

De enthalpieinhouden worden betrokken op 25°C.

$$\begin{aligned} H_{100}^{25} \text{NH}_4\text{HF}_2 &= (192,36-190,8) \cdot 65,76 \cdot 10^3 = 102,58 \cdot 10^3 \text{ kcal/hr} \\ &= 428,8 \cdot 10^3 \text{ kJ/hr} = \underline{119,1 \text{ kw}}. \end{aligned}$$

$$H_{100}^{25} \text{H}_2\text{O} = 1460,23 \cdot 1 \cdot (373-298) \cdot 10^3 = \underline{127,1 \text{ kw}}$$

ad 2)

Voor de berekening van de reactiewarmte wordt gebruik gemaakt van gegevens uit lit(18,19,20)



De vormingswarmten van de verschillende stoffen worden berekend door gebruik te maken van een experimentele vergelijking $Q=a+bx+cx^2$, waarin x de molverhouding $\text{H}_2\text{O}/\text{stof}$ voorstelt en a,b,c, gevonden worden door curvefitting van bekende gegevens(zie bijlage 2)

De totale hoeveelheid H_2O is opgebouwd uit de hoeveelheid die binnenkomt met het 80% NH_4HF_2 + de hoeveelheid die binnenkomt met het 98,8% H_2SO_4 , dit is gelijk aan $1460,23 + 78,33 = 1538,56 \text{ kg/hr}$

De molverhoudingen zijn:

$$\text{Voor } \text{NH}_4\text{HSO}_4 : 1,23 \longrightarrow Q_1 = 1000,5 \text{ kJ}$$

$$\text{HF} : 0,65 \longrightarrow Q_2 = 308,5 \text{ kJ}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 : 0,07 \longrightarrow Q_3 = 801,2 \text{ kJ}$$

$$\text{vormingswarmte } \text{NH}_4\text{HF}_2 \quad Q_4 = 797,9 \text{ kJ}$$

Bij de vormingswarmte Q_4 is de oplossingswarmte van NH_4HF_2 buiten beschouwing gelaten.

$$\text{Reactiewarmte} = \text{aantal molen } \text{NH}_4\text{HSO}_4 \cdot Q_1 + \text{aantal molen } \text{HF} \cdot Q_2 - \text{aantal molen } \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot Q_3 - \text{aantal molen } \text{NH}_4\text{HF}_2 \cdot Q_4 =$$

$$(65,76 \cdot 1000,5 + 131,52 \cdot 308,5 - 65,76 \cdot 801,2 - 65,76 \cdot 797,9) \cdot 10^3 = 1209,99 \cdot 10^3 \text{ kJ/hr} =$$

$$\underline{336,1 \text{ kw}}$$

De reactie is endotherm.

ad 3)

De verdunningswarmte voor het surplus aan zwavelzuur, kan weer gevonden worden m.b.v. de vergelijking uit bijlage (2)

Stel er is nodig y kg/hr, dan kan de volgende vgl. voor de verdunningswarmte worden opgesteld:

$$Q = y/\text{mol.gew.} \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot (\text{vormingswarmte } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ met molverhouding } \underline{1538,56 \cdot 98} - \text{vormingswarmte } 98,8\% \text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{y \cdot 18}{y \cdot 18}$$

$$= y/98 \cdot (799,93 + \frac{19,51 \cdot 1538,56 \cdot 98}{y \cdot 18} - \frac{2,04 \cdot 1538,56^2 \cdot 98^2}{y^2 \cdot 18^2} - 801,2) \text{ kJ} \cdot 10^3/\text{hr}$$

$$= y/98 \cdot 3,6(799,93 - 801,2 + \frac{16,6 \cdot 10^4}{y} - \frac{14,8 \cdot 10^7}{y^2}) \text{ kw}$$

De totale vrijkomende warmte wordt gebruikt om de stroom(6) op te warmen tot T_i

De vergelijking hiervoor wordt:

$$\begin{aligned} 0,24(Q_a + Q_b + Q_c) &= \text{aantal molen/sec } \text{NH}_4\text{HSO}_4 \cdot c_p \cdot (T_i - 298) + \\ & \quad \text{" } \text{H}_2\text{O} \quad \text{" } + \\ & \quad \text{" } \text{H}_2\text{SO}_4 \quad \text{" } + \\ & \quad \text{" } \text{HF} \quad \text{" } \end{aligned}$$

Dit levert een vergelijking in y en T_i op. (vgl 1)

Een tweede betrekking tussen y en T_i kan gevonden worden, door de q -waarde en de kooktemperatuur van de voedingsstroom in kolom(T6) vast te leggen.

De q -waarde wordt berekend met behulp van het programma(stri) -zie hoofdstuk CPS- en de bijbehorende kooktemperatuur kan gevonden worden uit grafiek(2), zie bijlage 3

De optimale q -waarde is gelijk aan 1,6 en de bijbehorende kooktemp.=50°C

De vergelijking kan gevonden worden door gebruik te maken van de

$$\text{betrekking } q = \frac{H'' - H_f}{H'' - H'} \rightarrow q - 1 = \frac{H' - H_f}{H'' - H'}$$

Hierin is $H' - H_f$ gelijk aan de warmte die nodig is om de voedingsstroom van T_i op kooktemperatuur te brengen en $H'' - H'$ de molaire verdampingswarmte

Er kan nu een tweede vgl.in y en T_i opgezet worden (vgl 2)

Vgl(1) en(2) zijn verder uitgewerkt met behulp van het programma(mixer)

-zie hoofdstuk CPS- . Met behulp hiervan is gevonden voor y

1121,8 kg/hr en voor T_i 25,4°C

De gebruikte fysische constanten staan vermeld in het hoofdstuk

"Fysische Gegevens".

BEREKENING KOELER (H4)

De functie van koeler(H4) is het afvoeren van de warmte, die ontstaat als 98,8% zwavelzuur wordt verdund tot 90%, dat boven in kolom(T5) wordt ingevoerd. In verband met corrosie-eisen mag het 90% zwavelzuur niet warmer zijn dan 25°C.

De hoeveelheid zwavelzuur wordt bepaald door de eis, dat de uiteindelijke oplossing in kolom(T6) 70% aan zwavelzuur moet zijn.

De totale hoeveelheid zwavelzuur is opgebouwd uit de hoeveelheid, die afkomstig is uit mixer(M3)-zie hoofdstuk "Berekening extra hoeveelheid zwavelzuur in mixer"- en de hoeveelheid die in kolom(T5) wordt ingevoerd.

Stel deze laatste hoeveelheid = p kg/hr.

$$\text{Totale hoeveelheid water} = 1460,23 + 78,33 + \frac{1121,1,2}{98,8} + \frac{p \cdot 10}{90} = A$$

$$\text{De oplossing moet 70\% zijn: } \frac{p + 1121,8}{A} = \frac{7}{3}$$

Hieruit volgt p = 3377,5 kg/hr , met 375,3 kg water

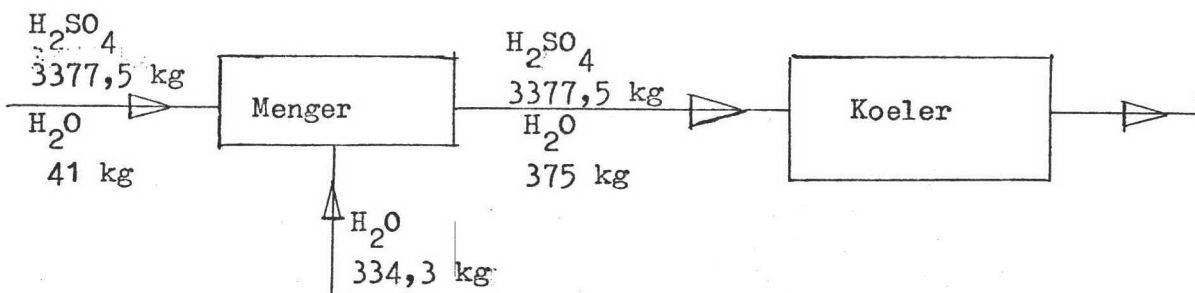
Toegevoegd moet dus worden: 3752,8 kg/hr 90% H₂SO₄

Uitgaande van 98,8% H₂SO₄ moet eerst 90% H₂SO₄ gemaakt worden, waarbij de verdunningswarmte afgevoerd wordt m.b.v. een "Rieselkühler", zoals die beschreven staat op blad W 06 van de prospectus van Diabon.

(zie bijlage(5)).

Om 3752,8 kg 90% H₂SO₄ te krijgen, moet uitgegaan worden van 3418,5 kg 98,8% H₂SO₄ , waaraan 334,3 kg H₂O wordt toegevoegd.

Betrokken op 100% basis kan het volgende schema worden opgebouwd:



Bij de berekening wordt gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

H_2SO_4 :	$\lambda = 0,36 \text{ W/m}^\circ\text{C}$	H_2O :	$\lambda = 0,606 \text{ W/m}^\circ\text{C}$
	$c_p = 0,4 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C}$		$c_p = 1 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C}$
	$\rho = 1780 \text{ kg/m}^3$		$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
	$\eta = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/msec}$		$\eta = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m sec}$

De verdunningswarmte is gelijk aan 9,7 KJ/mol (zie bijlage 2)

Om de temperatuur uit te rekenen ,waarmee het H_2SO_4 de koeler H4 binnenkomt, wordt gebruik gemaakt van de volgende vergelijking:

$$\frac{0,24 \cdot 9,7 \cdot 3377,5 \cdot 10^3}{98.3600} = \frac{0,4 \cdot 3377,5 \cdot (t-25)}{3600} + \frac{1 \cdot 375,3 \cdot (t-25)}{3600}$$

Hieruit volgt: $t = 71,5^\circ\text{C}$

In de koeler wordt het 90% H_2SO_4 gekoeld van $71,5^\circ\text{C}$ tot 25°C met koelwater dat opgewarmd wordt van 20 tot 40°C .

De benodigde hoeveelheid water wordt gevonden uit de betrekking:

$$V_{H_2SO_4} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta t = V_{H_2O} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta t \longrightarrow V_{H_2O} = 3,49 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Om de totale weerstand in de koeler te berekenen wordt R_{totaal} ontbonden in vijf onderdelen:

- R_1 : weerstand vloeistoffilm in de pijp
- R_2 : weerstand vuillaag in de pijp
- R_3 : weerstand wand
- R_4 : weerstand vuillaag buitenzijde van de pijp
- R_5 : weerstand koelwaterfilm om de pijp

Dimensies Riesel: $d_i = 25 \text{ mm}$
 $d_u = 40 \text{ mm}$ (zie bijlage 5 pag 151)
 $L = 6 \text{ m}$
Stromingsdoorsnede = $4,9 \text{ cm}^2$
Uitwisselingsopp. per pijp = $0,6 \text{ m}^2$

Voor een doorzet van 3752,8 kg/hr H_2SO_4 volgt uit de stromingsdoorsnede een snelheid $v = 1,2 \text{ m/sec}$.

ad R_1) Deze wordt berekend met de correlatie:

$$Nu = 0,116(Re^{2/3} - 125)Pr^{1/8} \left(1 + \left(\frac{d_i}{L}\right)^{2/3}\right)$$

(zie werkblad Gb5 lit(22))

$$Re = \frac{\rho v d}{\eta} = 16.700$$

$$Pr = \frac{c_p \cdot \eta}{\lambda} = 15$$

$$\text{Hieruit volgt } Nu = 160 \longrightarrow R_1 = \frac{1}{\alpha} = \frac{d_i}{Nu \cdot \lambda} = 0,43 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Kw}$$

$$\text{Betrokken op de buitendiameter wordt dit: } 0,43 \cdot \frac{d_u}{d_i} = 0,69 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Kw}$$

$$\text{ad } R_2) \text{ aanname: } 0,1 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Kw}$$

$$\text{Betrokken op de buitendiameter: } R_2 = 0,16 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Kw}$$

$$\text{ad } R_3) \text{ Weerstand wand } = \frac{r_u \cdot \ln \frac{r_u}{r_i}}{\lambda} = 0,08 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Kw}$$

$$\text{ad } R_4) \text{ aanname: } 0,1 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Kw}$$

ad R_5) Deze wordt berekend met behulp van de correlatie:

$$Nu = 1,11 \cdot C \cdot Re^m \cdot Pr^{0,31} \cdot (0,785 T_w/T_0)^{m/4} \text{ (lit 22)}$$

$$\text{Met behulp van werkblad Gc3 volgt hieruit: } R_5 = 0,16 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Kw}$$

$$R_{\text{totaal}} = 1,19 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Kw}$$

Het benodigde uitwisselingsoppervlak wordt berekend uit

$$A = \frac{\dot{Q}_w \cdot R_t}{\Delta t_m} \quad \dot{Q}_w = \frac{3752,8 \cdot 0,4 \cdot 46,5 \cdot 4,2}{3600} = 81,4 \text{ Kw}$$

$$\Delta t_m = 15 \longrightarrow A = 6,4 \text{ m}^2$$

Bij een beschikbaar uitwisselingsopp. van $0,6 \text{ m}^2$ per pijp zijn er dus nodig 11 pijpen

Drukverlies over de pijpen:

$$\text{Dit wordt berekend met de formule: } P = \sum \frac{L}{d_i} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot 9,8 \cdot 10^{-5} \text{ bar}$$

\sum berekent men met de formule van Blasius voor gladde pijpen:

$$\sum = \frac{0,3164}{Re} = 0,028 \longrightarrow P = 0,9 \text{ bar}$$

Re

CONDENSOR EN REBOILER BEREKENING

A) Condensor H8

Als koelmiddel wordt gekozen ammoniak, aangezien dit in ruime mate aanwezig is bij de hier beschreven fabriek. Immers voor het maken van NH_4HF_2 is ammoniak nodig (zie hoofdstuk motvering proceskeuze).

HF moet gekoeld worden van 25° tot 19°C , waarna het gas condenseert.

Bij het koelen van het gas komt vrij: $4,2 \cdot 2500 \cdot 0,346 \cdot 6 = 21798 \text{ KJ/hr}$.

Bij het condenseren komt vrij: $2500/20 \cdot 1616 \cdot 4,2 = 848400 \text{ KJ/hr}$.

Totaal: 870198 KJ/hr

(Voor de gebruikte fysische gegevens zie het hoofdstuk Fys.Geg.)

Het ammoniak is aanwezig in verzadigde toestand bij 25°C met een druk van 10 atm.

De enthalpie van de vloeistoffase = 125 BTU/Lb = 290,6 KJ/kg (lit 26)

Bij het koelen wordt het ammoniak overgevoerd in gas van -14°C met een druk van 2,4 atm.

De enthalpie van de gasfase = 613,6 BTU/Lb = 1426,6 KJ/kg (lit 26).

Per kg ammoniak wordt dus $1426,6 - 290,6 = 1136 \text{ KJ}$ afgevoerd.

Totaal is dus nodig: $870198/1136 = \underline{766} \text{ kg/hr NH}_3$

Dimensies Condensor

Voor α wordt gekozen: $600 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr } ^\circ\text{C}$

$$\Delta t_m = 15^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q}_w = 870198 \text{ KJ/hr}$$

$$\text{Nu geldt } A = \frac{0,24 \cdot \dot{Q}_w}{\alpha \cdot \Delta t_m} \longrightarrow A = \underline{23,2} \text{ m}^2$$

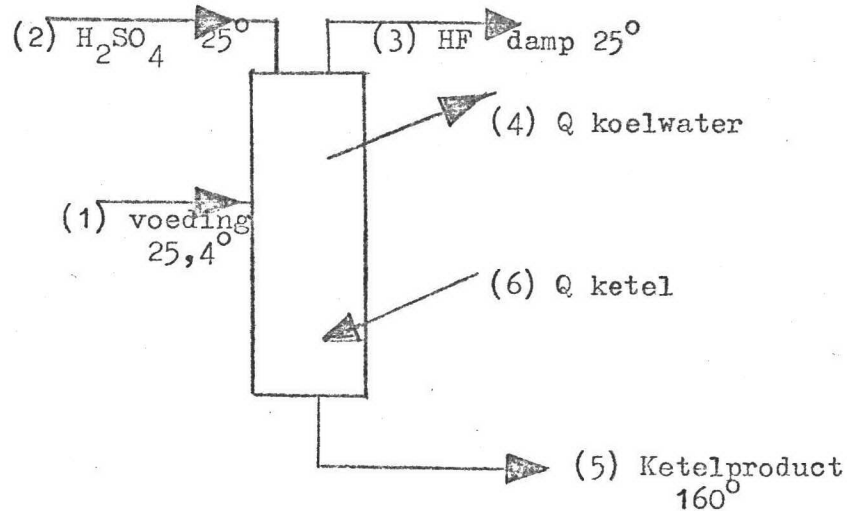
De pijplengte = 3 meter , buitendiameter pijp = 30 mm

$$\text{Benodigd aantal pijpen : } z = \frac{23,2}{3 \cdot 30 \cdot 10^{-3}} = \underline{82} \text{ pijpen}$$

B) Reboiler H7

Uit de warmtebalans over kolom T_5 en T_6 kan de hoeveelheid warmte berekend worden, die aan de reboiler moet worden toegevoerd.

Het volgende schema kan worden opgebouwd:



De warmteinhouden van de verschillende stromen worden betrokken op 25°C .

Stroom 1). De warmteinhoud van de voedingsstroom volgt uit de berekening die bovenaan blz 13 staat:

$$\text{De warmteinhoud} = Q_a + Q_b + Q_c = (119 + 127,1) - 336,1 + 92,5 = \underline{2,5} \text{ Kw}$$

Stroom 2). Warmteinhoud = 0

Stroom 3). Warmteinhoud = $2500/20 \cdot \text{Verdampingswarmte}$. $4,2/3600 \text{ Kw}$
De verdampingswarmte van HF bij 25°C = $1698 \text{ cal}/20 \text{ gr}$ (zie Hfdst. Fysische Gegevens tabel 1).

Hieruit volgt de warmteinhoud = 247,6 Kw

Stroom 4). Met het koelwater wordt afgevoerd:

a) De verdunningswarmte van $3753 \text{ kg } 90\% \text{ H}_2\text{SO}_4$ met $100 \text{ kg H}_2\text{O}$.

b) De hoeveelheid warmte die vrijkomt bij koeling van HF gas van 50° tot 25°C .

Uit de fysische gegevens en met gebruikmaking van bijlage(2) volgt voor deze hoeveelheid: 25,25 Kw.

Stroom 5). Deze stroom bestaat uit 132 kg/hr HF , $4499 \text{ kg/hr H}_2\text{SO}_4$, $7569 \text{ kg/hr NH}_4\text{HSO}_4$ en $1928 \text{ kg/hr H}_2\text{O}$.

Uit de fysische gegevens van deze stoffen volgt voor de warmteinhoud van deze stroom bij 160°C : 960,9 Kw

Nu geldt: $Q_{\text{ketel}} + Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5$

Hieruit volgt voor Q_{ketel} : 1231 Kw

De ketel wordt opgestookt met oververhitte stoom van 170°C , die afkoelt tot condenserende stoom van 165°C .

Voor de overall warmtecoëfficiënt wordt een waarde aangenomen van

$$\alpha = 1000 \text{ kcal/ m}^2 \text{ hr } ^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_m = 6^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Nu geldt: } A = Q / \Delta t_m \cdot \alpha \longrightarrow A = 170 \text{ m}^2$$

Voor de reboiler wordt gekozen het type 7058330 (zie bijlage 5 pag 145)

Hierin zitten 583 pijpen van 3 meter lengte

SPECIFICATIES WARMTEWISSELAARS

	H3	H7	H8
Positie	hor.	vert.	vert.
Capaciteit (kw)	81,4	1231	253,6
Overall-overdracht α (kcal/m ² hr °C)	720	1000	600
Warmtewisselend opp. (m ²)	6,4	170	23,2
Pijpdiameter (mm)	40x6,5	37x6	30x2,5
Pijpdiameter(mm)			
Pijplengte (m)	6	3	3
Aantal pijpen	11	583	82
Temp. Mantel(°C)			
In	20	160	25
Uit	40	160	19
Temp. Pijp (°C)			
In	71,5	170	-14
Uit	25	165	-14
Materiaal	geïmpr. grafiet	geïm.gr.	staal
ΔT_m (°C)	15	6	15
\emptyset_v mantel (kg/hr)	3490	1418	2500
\emptyset_v pijp (kg/hr)	3753		766

DESTILLATIEDIAGRAM VOOR HET HF-H₂O-H₂SO₄ MENGSEL

Naar aanleiding van de artikelen van A. Schmidt (lit 17,30) is getracht het Thiele-Mc Cabe diagram voor het systeem HF/H₂O in aanwezigheid van verschillende concentraties zwavelzuur samen te stellen. Hierbij zijn de volgende aannamen gemaakt:

1. De dampdruk van het water boven de kokende vloeistof wordt geheel bepaald door de relatie tussen de dampdruk en de concentratie aan zwavelzuur in de vloeistoffase. Hierbij is de concentratie aan zwavelzuur bepaald t.o.v. het aanwezige H₂SO₄ + H₂O.
2. Zwavelzuur beïnvloedt de dampdruk van HF boven de kokende vloeistof niet. De dampdruk van HF wordt dus geheel bepaald door de temperatuur van de kokende vloeistof en de concentratie aan HF, berekend op het aanwezige HF + H₂O.
3. De concentratie aan H₂SO₄ wordt voor elke te berekenen evenwichtslijn in het destillatiediagram constant verondersteld t.o.v. het aanwezige H₂SO₄ + H₂O.
4. De dampdrukken worden niet beïnvloedt door het eveneens aanwezige NH₄HSO₄ in de vloeistoffase. (A. Schmidt vermeldt dit feit eveneens in lit (30)).

Voor de dampdruk van HF (p_{HF} (t)), als functie van de temperatuur, boven de kokende vloeistof geldt: (lit 27, 28)

$$p_{HF}(t) = 10^{(c - d/t)}$$

waarin: t = temperatuur in °K en c en d zijn constanten.

Voor 10, 20, 30, 50 en 70%-ige HF oplossingen zijn c en d gegeven in tabel (4) fysische gegevens. Deze coëfficiënten zijn bepaald uit tabel (3).

Om c en d ook te bepalen voor 2, 5, 10, 15, 20, 25, en 30%-ige HF oplossingen is uit de gegevens uit tabel (6) fysische gegevens log p_{HF} (w) berekend voor 25, 40, 60 en 75°C aan de hand van de formule $p_{HF}(w) = 10^{(q + rw) - s}$

waarin p_{HF} (w): dampdruk HF voor een w%-ige oplossing van HF en q, r en s zijn constanten. (zie tabel (6) fysische gegevens)
Tabel (6) is afgeleid uit tabel(5).

Voor een 2, 5, 7, 10, 15, 20, 25 en 30%-ige HF oplossing is voorts bepaald welke rechte door de punten $\log p_{HF}(t)$ als functie van $1/t$ (t in $^{\circ}K$) (voor 25, 40, 60, $75^{\circ}C$) getrokken kan worden.

Met behulp van het programma (approx) konden zo de waarden c en d in de formule $\log p_{HF}(t) = c - d/t$ bepaald worden.

Deze waarden staan vermeld in tabel (2) bijlage (3).

Voor de dampdruk van het water boven de vloeistof is gebruikt:

$$p_{H_2O}(t) = 10^{(a - b/t)}$$

waarin: $p_{H_2O}(t)$ is de dampdruk van H_2O als functie van t

t is temperatuur in $^{\circ}K$

a en b zijn constanten

a en b volgen uit tabel (7) fysische gegevens. Zij zijn eveneens vermeld in tabel (2) bijlage (3).

Met behulp van het programma (suonto) stcw (zie hoofdstuk CPS), is voorts de temperatuur bepaald voor welke de relatie geldt:

$$p_{H_2O}(t) + p_{HF}(t) = 760 \text{ mm.}$$

In ditzelfde programma werd ook berekend wat het gewichtspercentage aan HF in het dampmengsel is. (zie kookpuntsberekeningen bijlage (3)).

Voor de omrekening van gew.% HF naar de molaire verhouding $HF/(H_2O + HF)$ is de volgende formule gebruikt:

$$y = \frac{p_{HF}}{p_{H_2O} + p_{HF}}$$

waarin: y = de molverhouding $HF/(H_2O + HF)$

Alle verkregen resultaten zijn vermeldt in tabel (1) bijlage (3). Bovendien zijn in grafiek (1) de resultaten voor de concentraties 65, 70, 75, 80, 85% (gew.) aan H_2SO_4 t.o.v. $H_2SO_4 + H_2O$ weergegeven. Met behulp van deze gegevens is eveneens het T - x diagram voor het HF- H_2O mengsel voor 65%-ig en 70 %-ig H_2SO_4 t.o.v. $H_2SO_4 + H_2O$ getekend. (grafiek (2) bijlage (3)).

DESTILLATIE

Absorptietoren:

Bij deze berekening veronderstellen we dat de HF damp in de gasfase en het H_2SO_4 in de vloeistoffase als inert beschouwd mogen worden. We nemen dus aan dat er geen HF in het omlaagstromende geconcentreerde zwavelzuur (90%) zal oplossen.

We definiëren x acct en y acct als volgt:

$$x \text{ acct} = \frac{\text{aantal molen gas } (H_2O) \text{ in opl. in de vloeistoffase}}{\text{aantal molen inert } (H_2SO_4)}$$

$$y \text{ acct} = \frac{\text{aantal molen oplosbare component } (H_2O)}{\text{aantal molen inert } (HF)}$$

Met het programma liquid (zie hoofdstuk CPS) zijn de evenwichtslijnen berekend door x acct en y acct voor 7 temperaturen (van 20° t/m $50^\circ C$) en voor H_2SO_4 concentraties van 65% t/m 95%. De resultaten zijn vermeld in tabel 3 bijlage 3 en in grafiek 4 zijn de evenwichtslijnen voor 25° en $50^\circ C$ weergegeven.

We stellen als eis dat uit de absorber 99,5 gew.% HF stroomt bij een temperatuur van $25^\circ C$.

Bij $25^\circ C$ is de associatiefactor 3,553 (tabel 1 Fys.Geg.), zodat het molgewicht van HF = $3,553 \cdot 20 = 71,06$ gr.

$$\text{Dus } y \text{ acct} = 5/995 \cdot 71,06/18,02 = 19,8 \cdot 10^{-3}.$$

Voor het uit de absorber binnenstromende gas kunnen we uit grafiek 1 en 2 bijlage 3 aflezen dat op de voedingsschotel bijkooktemperatuur van $50^\circ C$ een vloeistofsamenstelling van $x = .74$ en een dampsamenstelling van $y = .99$ verkregen wordt.

Is de kooktemperatuur op de voedingsschotel echter $70^\circ C$ dan krijgen we een vloeistofsamenstelling van $x = .64$ en een dampsamenstelling $y = .96$. In dit laatste geval (het meest ongunstige dus) geldt:
 $y \text{ acct} = 4/96 = 42 \cdot 10^{-3}$

Daar de associatiefactor bij $70^\circ C$ 2,7434 is, is het molgewicht van HF bij $70^\circ C$ 54,68 gr.

Er komt dus $4/96 \cdot 18,02/54,68 \cdot 2500 = 35$ kg/hr H_2O met het HF de absorber binnen. Dit is 1,4 gew.% H_2O t.o.v. HF + H_2O .

In de massabalans is, daar er oorspronkelijk niet met de associatiefactor in de stripperberekening rekening was gehouden, deze hoeveelheid geschat op 100 kg/hr.

We kunnen de werklijn dus construeren door de punten met 90% H_2SO_4 (x acct = .605 en y acct = $42 \cdot 10^{-3}$) en door x acct = $410/3378.98/18,02 = .660$ en y acct = $19,8 \cdot 10^{-3}$.

De werklijn wordt recht verondersteld.

Met de grafische methode van Baker (lit 31 pag 84 e.v.), bepalen we het aantal benodigde transporteenheden, waarbij we aannemen dat de weerstand in de gasfase bepalend is. Er blijkt een halve transporteenheid nodig te zijn (zie grafiek 4 bijlage 3)

Voor deze absorber wordt de "fallfilmwärmeaustauscher" type F 283, zoals beschreven in bijlage 5, gebruikt.

Deze absorber kan beschouwd worden als een natte wand kolom, waarvoor geldt: (lit 31 pag 148) $H.T.E. = 10,9 \cdot d \cdot Re^{0,17} \cdot Sc^{2/3}$,

waarbij: d = diameter van de kolom = diameter 1 pijp

Sc = kengetal van Schmidt voor H_2O in HF

Re = kengetal van Reynolds = $\frac{\rho v d}{\eta}$

Er geldt: $\rho = 2,27 \text{ kg/m}^3$
 $\eta = 0,14 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m sec}$
 $Sc = 1$

Hierbij is ρ afgeleid uit tabel 1 Fys. Geg., voor η is een schatting gemaakt naar analogie met η voor HCl, HI en HBr en ook is $Sc = 1$ een geschatte waarde.

Na invulling van deze gegevens wordt $H.T.E = 1,15 \text{ m}$

De diameter van de pijp is 0,037m. Door de pijpen stroomt 2500 kg/hr.

Hieruit volgt voor het debiet van HF: $2500/2,27 \text{ m}^3/\text{hr}$ (\varnothing_v)

283 pijpen hebben een stromingsdoorsnede (A) van $\frac{283 \cdot 0,037^2 \cdot \pi}{4}$

Hieruit volgt voor de gassnelheid in de pijp $\frac{\varnothing_v}{A} = 1,0 \text{ m/sec}$

De pijplengte van apparaat F 283 is 1200 mm. Daar $HTE = 1,15$ zou een apparaat F 283 voldoende zijn (nodig is een halve HTE).

Een tweede functie van deze kolom is echter het koelen van het HF van 50° tot 25°C . Ook moet er verdunningswarmte worden afgevoerd.

Het benodigd warmtewisselend oppervlak kan gevonden worden met de formule

$$A = \frac{\dot{Q}_w}{\Delta t_m \cdot \alpha}$$

Er wordt gekoeld met koelwater dat opgewarmd

wordt van 20° tot 40°C . $\dot{Q}_w = 25,25 \text{ Kw}$ (zie hoofdstuk reboiler berekening)

Voor α wordt een waarde van $40 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr } ^{\circ}\text{C}$ aangenomen (lit 22).

$\Delta t_m = 7,5^{\circ}\text{C}$. Na invulling van deze grootheden volgt voor A: 72 m^2 .

Het warmtewisselend oppervlak van één absorber F 283 bedraagt $36,5 \text{ m}^2$

(zie bijlage 5). Om een groot genoeg oppervlak te krijgen zijn er dus

2 apparaten nodig.

BEREKENING AANTAL THEORETISCHE SCHOTELS VAN KOLOM (T6)

Omdat het werken met reflux uit de condensor (99 % HF opl.) niet geoorloofd is vanwege de eigenschappen van het gebruikte materiaal is de refluxverhouding als variabele in de berekening van het aantal schotels niet bruikbaar.

Wel is het mogelijk de eis aan het bodemproduct en de warmteinhoud van de voeding als variabelen in de berekening te gebruiken.

Bij de volgende berekeningen is aangenomen:

1. De druk over de kolom is constant en gelijk aan 1 atmosfeer.
2. De kolom werkt adiabatisch.
3. De molenstromen, betrokken op $H_2O + HF$, in de kolom zijn constant.
4. De molaire verdampingswarmten van de componenten zijn gelijk

We definiëren de parameter q als volgt:

$$q = \frac{H'' - H_f}{H'' - H'}$$

waarin: H'' = warmteinhoud van de gevormde damp boven de voedings-schotel per mol.

H_f = warmteinhoud van de voeding per mol

$H'' - H'$ = molaire verdampingswarmte.

q = het quotiënt van de hoeveelheid warmte die aan 1 mol voeding moet worden toegevoerd om deze over te voeren in verzadigde damp en de molaire verdampingswarmte.

In het Thiele-Mc Cabe diagram wordt de zgn. q -lijn gegeven door de vergelijking $y = (q/q - 1)x - (1/q - 1)x_f$ (lit 31)

Hierin is y = de samenstelling in molverhouding van de gasfase

x = ,, vloeistoffase

x_f = ,, voeding

De molverhouding is de verhouding $HF/H_2O + HF$.

Verder wordt in dit diagram de werklijn, die het verband aangeeft tussen de damp- en de vloeistoffasesamenstelling voor het strippen-de gedeelte van de kolom weergegeven door de vergelijking:

$$y = (l_{acc}/g_{acc})x - (k/g_{acc})x_k$$

waarin: l_{acc} = de molenstroom vloeistof die van de voedingsschotel afstroomt

g_{acc} = de molenstroom gas die in de strippende sectie omhoog stroomt (deze wordt constant verondersteld)

k = de molenstroom ketelproduct

x_k = de samenstelling van het ketelproduct in molen HF per mol HF + H₂O

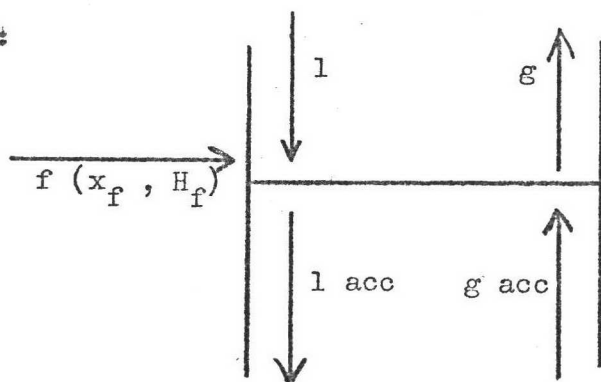
Verder zijn: l = de molenstroom vloeistof die uit de absorber (T 5) op de voedingsschotel afloopt

g = de molenstroom gas die de voedingsschotel verlaat

f = de molenstroom voeding.

Alle molenstromen zijn uitsluitend betrokken op H₂O + HF.

In schema:



Als de werklijn met de q -lijn gesneden wordt ontstaat de volgende vergelijking: $(q/(q-1))x - (1/(q-1))x_f = (l_{acc}/g_{acc})x - (k/g_{acc})x_k$

ofwel : $((q/q-1) - (l_{acc}/g_{acc}))x = (1/(q-1))x_f - (k/g_{acc})x_k$

dus : $x = \frac{g_{acc}}{q \cdot g_{acc} - l_{acc}(q-1)} \cdot x_f - \frac{k(q-1)}{q \cdot g_{acc} - l_{acc}(q-1)} \cdot x_k$

Hieruit blijkt de afhankelijkheid van de vloeistofamenstelling van de voedingsschotel van de parameters q en x_k . Het snijpunt van de q -lijn en de werklijn zal immers in het hier beschreven geval de samenstelling van de aflopende vloeistof van de voedingsschotel aangeven.

De bovenvermelde afleidingen zijn gebruikt in de programma's str 65, stri 70, stri 75 en stri 80 (zie hoofdstuk CPS). De werking van de programma's wordt geïllustreerd in bijlage(3) grafiek 3

Uit de evenwichtsgegevens (grafiek 1 bijlage 3) blijkt dat de evenwichtslijnen in het Thiele- Mc Cabe diagram het best benaderd kunnen worden door een rechte als we gebruik maken van de volgende berekende punten:

Voor 80% H_2SO_4 alle punten t/m 30% HF (30^x niet inbegrepen)

Voor 75% H_2SO_4 ,, (inclusief 30^x)

Voor 70% H_2SO_4 ,, ,,

Voor 65% H_2SO_4 alle punten t/m 50% HF

In het geval van 65% zal een hogere graads polynoom waarschijnlijk beter voldoen.

Met het programma approx zijn de coëfficiënten van deze rechten bepaald. Zij staan vermeld in tabel 3 bijlage 3

Uit de uitvoer van de programma's(stri) kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

a) Voor 65% H_2SO_4

1. We kunnen maximaal een ketelproduct met $x_k = .155$ verkrijgen bij $q = 1$. Als $q > 1$ zal dit een niet te berekenen lagere concentratie kunnen worden.

2. We kunnen met $q = 1,6$ al met 8 theoretische schotels een ketelproduct met $x_k = .16$ verkrijgen.

Minder strenge eisen aan het ketelproduct geeft voor $q = 1$ een snelle daling van het aantal benodigde schotels. Voor q is ongeveer 1,6 is het aantal benodigde schotels veel minder afhankelijk van deze eisen.

3. Het aantal benodigde schotels is echter in alle gevallen betrekkelijk hoog om een goed rendement te verkrijgen.

b) Voor 70% H_2SO_4

1. De samenstelling van het ketelproduct kan met deze berekening terug gebracht worden tot $x_k = 0,03$. In dat geval zullen bij $q = 1$ 61 en bij $q = 1,6$ 23 schotels nodig zijn.

2. We zien hier dat minder strenge eisen aan het ketelproduct voor $q = 1$ een snelle daling van het aantal benodigde schotels geeft. Voor $q = 1,6$ is deze afhankelijkheid veel minder sterk.

Zo geldt voor $q = 1$	$x_k = .05$	18 schotels
	.10	9
	.15	7
	.20	5

Voor $q=1,6$ geldt	$x_k = .05$	10 schotels
	.10	7
	.15	5
	.20	4

3. Uit deze berekeningen volgt dat bij stijgende q -waarden bij $q \approx 1,6$ het aantal schotels bijna niet meer afneemt, indien we bij x_k waarden in de buurt van $.05$ werken.

Voor dalende q waarden met $q < 1,6$ neemt echter het aantal benodigde schotels snel toe.

4. Voor een rendement van 95% zal een ketelproduct verkregen worden dat een samenstelling van $.064$ heeft. Uit de berekening volgt dat hiervoor bij $q = 1$ 14 schotels en bij $q = 1,6$ 8 schotels nodig zijn. Zelfs bij $q = 2,2$ zouden er 8 schotels nodig zijn.

Hieruit valt te concluderen dat bij $70\% \text{ H}_2\text{SO}_4$ $q = 1,6$ de optimale waarde zal zijn, waarbij een goed rendement (95%) te behalen is. Uit de T-x figuur voor $70\% \text{ H}_2\text{SO}_4$ (grafiek 2 bijlage 3) volgt dat de kooktemperatuur van de vloeistof met samenstelling $x_k = .064$ ongeveer 160°C bedraagt. Aangezien we met het gebruikte materiaal tot temperaturen van 165°C mogen gaan is dit een juist haalbare zaak. Indien we als materiaal DIABON/DURABON F gebruiken kan tot temperaturen van 200°C gegaan worden.

c) Voor $75\% \text{ H}_2\text{SO}_4$

1. De samenstelling van het ketelproduct kunnen we laten dalen tot $x_k = .005$ (en lager). Hierbij zijn bij $q = 1$ 15 en bij $q = 1,6$ 11 schotels nodig

2. Het aantal benodigde schotels is voor deze concentratie niet sterk afhankelijk van de eis aan x_k .

Ook hier valt te zien, zij het in mindere mate dan bij lagere concentraties, dat het aantal schotels sterker afhankelijk is van x_k bij $q = 1$ dan bij $q = 1,6$

3.

3. Uit tabel 1 bijlage 3 volgt dat de kooktemperatuur van het bodemproduct bij 95% rendement ($x_k = .064$) voor 75% H_2SO_4 zal zijn $178^\circ C$. Dus hoewel voor $q = 1$ en voor $q = 1,6$ zeer weinig schotels nodig zijn, zal de temperatuur in dit geval in de kookketel boven de maximaal toelaatbare temperatuur voor het gebruikte materiaal komen.

d) Voor 80% H_2SO_4

1. Zelfs voor zeer lage concentraties van x_k (bv. $x_k = .005$) zijn er voor $q = 1$ slechts 7 schotels nodig.

Bij 95% rendement ($x_k = .064$) zijn er bij $q = 1$ 5 en bij q is groter dan 1,2 4 schotels nodig.

Hoewel dit gunstig schijnt, blijkt uit tabel (1) bijlage (3) dat de temperatuur in de kookketel op zal lopen tot $192^\circ C$, hetgeen een onmogelijkheid is voor het gebruikte materiaal.

Uit deze berekeningen kunnen we dus concluderen dat we de stripper in onze situatie optimaal kunnen bedrijven als we met 70% H_2SO_4 werken met een q -waarde van 1,6, waarbij we de vloeistofsamenstelling van de voedingsschotel op .74 schatten, ofwel een kooktemperatuur van $50^\circ C$. (zie grafiek 2 bijlage 3).

We moeten echter bedenken, dat we zeker niet met een constante molenstroom mogen werken, daar er een grote hoeveelheid H_2SO_4 en NH_4HSO_4 moet worden opgewarmd van de temperatuur op de voedingsschotel tot $160^\circ C$. Deze warmte moet worden geleverd door de condenserende damp in de stripper. De molenstroom gacc zal dan ook in de buurt van de ketel hoger zijn dan in de buurt van de voedingsschotel.

Daar geldt: $k = 1 \text{ acc} - g \text{ acc}$, zal dus ook 1 acc in de buurt van de ketel groter zijn. De helling van de werklijn $1 \text{ acc}/g \text{ acc}$ zal hier dan ook kleiner zijn dan de helling welke bij $q = 1,6$ behoort.

We krijgen dus een kromme werklijn met de bolle kant naar de x -as.

Bovendien is in deze berekening géén rekening gehouden met het feit dat HF in de gasfase uit een polymeer $(HF)_i$ bestaat, met $i = 1, 2, 3, \dots, m$, waarbij i afhankelijk is van de temperatuur. Dit is in tabel 1 Fys.Geg. uitgedrukt door de zgn. associatiefactor. Deze factor is bij 50°C 2,861 en bij 100°C 2,453.

In de berekeningen met stri 70 moeten we dus eigenlijk de destillaat molenstroom d , die de voedingsschotel verlaat, berekenen met $\text{dest}/(20,008 \cdot Z)$, waarin dest = aantal kg HF/hr en Z = associatiefactor. We kunnen deze situatie benaderen door aan te nemen dat de temperatuur op de voedingsschotel 50°C zal zijn. We krijgen dan:

$$d = \text{dest}/(20,008 \cdot 2,861) \text{ met } \text{dest} = 2500 \text{ kg/hr HF.}$$

De gasstroom g is dan niet gelijk aan 130,5 maar $g = 47,4 \text{ kmol/hr}$. Deze verandering is aangebracht in het programma stri 70 en gaf de resultaten zoals vermeld in bijlage 4 blz 125 e.v.

Hieruit zien we dat:

1. Voor de condities zoals we die in de massabalans en warmtebalans gekozen hebben ($q = 1,6$) en met de eis $x_k = .20$ zijn er 13 theoretische schotels nodig.
2. Verlaging van x_f , dus verhoging van de hoeveelheid water in de NH_4HF_2 -oplossing heeft géén gunstig effect.
3. Verlaging van de concentratie aan H_2SO_4 , die we in de absorber voeren zal het aantal benodigde schotels slechts weinig verhogen. We moeten hierbij echter wel bedenken dat de q -waarde dan hoger zal worden en we méér warmte aan de reboiler zullen moeten toevoeren, daar de verdunningswarmte die op de voedingsschotel vrijkomt dan aanzienlijk lager zal zijn.

Om de stripper dus goed te bedrijven kunnen we de volgende voorstellen doen:

1. Het aantal "schotels" verhogen.
2. Minder strenge eisen stellen aan het rendement t.o.v. HF. Bij 90% rendement zullen we reeds een ketelproduct van $x_k = .20$ krijgen.
3. De q -waarde verhogen:
 - a) Door 80% H_2SO_4 in de absorber te voeren. Dit heeft, zoals uit grafiek 4 bijlage 3 blijkt geen invloed op de lengte van de absorber, maar zal wel het oppervlak in de reboiler en de hoeveelheid benodigde stoom verhogen.
 - b) Een koeler toe te passen na mixer M4, waardoor er méér zwavelzuur direct aan het NH_4HF_2 kan worden toegevoerd en we de q -waarde gemakkelijker kunnen verhogen.

Hier dient opgepast te worden voor uitkristalliseren van NH_4HSO_4 , wat de koeler kan verstoppen.

4. De concentratie aan H_2SO_4 in het ketelproduct verhogen tot 75% H_2SO_4 t.o.v. $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$. Als we met $x_k = .20$ werken zal de temperatuur van het ketelproduct op 160°C kunnen blijven. (zie tabel 1 bijlage 3)

Overigens behoeft een nauwkeurige stripperberekening de toepassing van H-x diagrammen, waardoor een betere benadering van de werklijn in het Thiele-Mc Cabe diagram mogelijk wordt.

Hierbij dient dan ook de afhankelijkheid van de associatiefactor van de temperatuur in rekening gebracht te worden.

We kunnendus concluderen:

Als we de q-waarde verhogen tot 1,8 zijn er volgens de berekening 10 theoretische schotels nodig bij $x_k = .20$. Rekening houdend met een kromme werklijn zullen er zelfs minder schotels nodig zijn.

20 mol% HF in het eindproduct (gerekend op basis van HF + H_2O) betekent 2 gew.% HF in het totale ketelproduct, wat geen bezwaar is als het voor ontsluiting van apatiet gebruikt wordt.

8 Theoretische schotels als benadering zal dus reëel zijn.

Uit de berekening "mixer" blijkt dat we bij $dh = 2131$, $q = 1,8$ (bij een temperatuur van 70°C op de voedingsschotel) dezelfde condities voor mixer M4 zullen krijgen als in onze massabalans.

Gassnelheid in stripper.

Uit de warmtebalans volgt dat er aan de reboiler $1231 \text{ Kj/sec} = 0,24 \cdot 1231 \cdot 10^3 \text{ cal/sec}$ moet worden toegevoerd.

De verdampingswarmte van water in 70% zwavelzuur zal 682 cal/gr zijn (zie tabel 7 Fys.Geg) en bij een vloeistofsamenstelling van $x_k = .0641$ behoort een damp met $y = .10$ (tabel 1 bijlage 3).

Als we de associatiefactor van HF bij 160°C schatten op 2,0, dan zal de damp dus 20 gew.% HF bevatten. Schatten we de verdampingswarmte van HF bij 160°C op 150 cal/gr (tabel 1 Fys.Geg.) dan zullen we dus:

$$0,24 \cdot 1231 \cdot 10^3 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = 1848 \text{ kg damp/hr krijgen}$$

$$0,8 \cdot 682 + 0,2 \cdot 150$$

$$\text{Dit komt overeen met } \frac{0,8 \cdot 1848}{18,016} + \frac{0,2 \cdot 1848}{40} = 82,06 + 9,24 = 91,3 \text{ kmol damp/hr}$$

g acc zal dus in de buurt van de reboiler 91,3 kmol/hr zijn.

$$l \text{ acc} = k + g \text{ acc} = 113,5 + 91,3 = 204,8 \text{ kmol/hr.}$$

De helling van de werklijn is dus in het punt $x = 0,0641$ en $y = 0,0641$ gelijk aan $l \text{ acc}/g \text{ acc} = 2,2$.

Dit is ongeveer dezelfde helling als de evenwichtslijn.

De hoeveelheid damp is dus: $0,2 \cdot 1848 = 370 \text{ m}^3/\text{hr HF}$

$$\text{en } 0,8 \cdot 1848 \cdot 1,9 = 2809 \text{ m}^3/\text{hr H}_2\text{O}$$

Hierbij is de dampdichtheid van HF bij 160°C op $1,0 \text{ g/l}$ geschat uit tabel 1 Fys.Geg. en het volume van $1 \text{ kg H}_2\text{O}$ damp bij 160°C is $1,90 \text{ m}^3/\text{kg}$ (uit de stoomtabellen met toepassing van de ideale gaswet).

Als we de grootst mogelijke diameter voor de grafietkolom kiezen (binnendiameter 1200 mm en buitendiameter 1450 mm -zie bijlage 5 pag 140-) dan zal de gassnelheid beneden in de kolom dus bedragen:

$$\frac{3179 \cdot 4}{(1,2)^2 \cdot 3600} = 0,78 \text{ m/sec.}$$

Deze gassnelheid zal afnemen bij toenemende hoogte, daar de temperatuur lager wordt en de associatiefactor van HF zal toenemen. Bovendien zal de molenstroom gas kleiner worden, daar er ook een grote hoeveelheid H_2SO_4 en NH_4HSO_4 zal moeten worden opgewarmd van 50°C tot 160°C door condensatie van gas.

REGELSCHEMA

Omdat de temperatuur van de vloeistof die uit mixer M4 komt bepalend is voor de q-waarde van de voeding en volledig bepaald wordt door de toegevoerde hoeveelheid extra H_2SO_4 aan mixer M4, wordt deze geregeld door de flow aan H_2SO_4 naar M4 te variëren.

De hoeveelheid water die met het NH_4HF_2 meekomt, zal van de flow aan NH_4HF_2 -oplossing afhangen (als we met een constante concentratie aan NH_4HF_2 in de oplossing rekenen).

Omdat het totaal aan toegevoerd H_2SO_4 aan de kolommen T5 en T6 van deze hoeveelheid water afhangt wordt de totale flow aan H_2SO_4 via een aftrekrelais aan een flowratio controller meegedeeld, die deze totale flow vergelijkt met de flow aan NH_4HF_2 -oplossing en die de hoeveelheid toegevoerd H_2SO_4 aan mixer M2 regelt.

Omdat uit mixer M2 90% H_2SO_4 moet komen worden de flows aan H_2O en aan H_2SO_4 naar mixer M2 gemeten en stelt de flowratio controller de hoeveelheid toe te voegen water in.

De temperatuur van het uit koeler H3 stromende mengsel wordt geregeld door de koelwaterstroom aan H3 in te stellen.

De druk in het systeem hangt van de temperatuur in de condensor af. Deze wordt geregeld door de flow aan NH_3 naar de condensor te regelen. De temperatuur van het uit de absorber komende mengsel wordt geregeld via de hoeveelheid toe te voeren koelwater aan T5.

De temperatuur op de voedingsschotel wordt geregeld door de hoeveelheid toe te voeren stoom aan de reboiler in te stellen.

SCHATTING VAN DE INVESTERINGSKOSTEN DOOR HOECHST-SIGRI

Aan de producent van DIABON/DURABON is een brief verzonden, waarin we de volgende eisen aan hem voorlegden:

- a) Een absorber die bij een ingangsstroom van 2500 kg HF/hr en 100 kg H₂O/hr bij 50°C het gas kan zuiveren tot 99,5% HF met een temperatuur van 25°C.

Hierbij komt een stroom van 3377 kg (100%) H₂SO₄ en 375 kg H₂O/hr (90% H₂SO₄) de absorber binnen bij 25°C.

Gevraagd werd hoeveel elementen F283 er nodig zouden zijn en wat de kosten waren.

- b) Een stripper die aan de eisen gesteld in de massabalans kon voldoen, met gassnelheden tot 600 l/sec. waarbij:

1^e pallringen met diameter 50 mm werden toegepast.

2^e tunnelschotels werden toegepast.

beiden met de werking van ca acht theoretische schotels.

Ook werden de kosten van beide toepassingen gevraagd.

- c) Kosten van condensor, reboiler en mixers.

We kregen de volgende globale schattingen:

1. Absorber.

Aanbevolen werd 2 elementen van het type F 283 (zie bijlage 5) te gebruiken, waarbij gerekend was met Sc = 1,0. Het 90%-ige zwavelzuur moet echter van te voren gekoeld zijn tot ongeveer 25°C, vanwege de corrosieeisen.

Kosten: 2xf 28000 = f 56000,-

2. Stripper

Aanbevolen werden pallringen van grafiet met diameter 50 mm boven tunnelschotels, daar deze ca f 5000,- hoger in kosten zouden liggen.

Nodig was een 4 meter hoge vulling en een toren van 1450 x 1200 mm.

Kosten pallringen : f 30000,-

Kosten toren, geschikt gemaakt om de elementen F 283 direct er boven te monteren, inclusief alle in- en uitvoeren: f 85000,-

3. Reboiler

Om tot 160°C te kunnen verhitten mag stoom van maximaal 6 ato worden toegepast. (materiaaleisen)

Er zijn dan 583 pijpen van 3 meter lengte met een warmtewisselend oppervlak van 170 m^2 nodig.

Aanbevolen werd type 7058330 (zie bijlage 5). pag 145)

Kosten : f 130.000,-

4. Mixers

Voor mixer M2 werd een standaarduitrusting met teflon-grafiet aan-geraden. De grafiet-pijpen hebben hierin een binnendiameter van 25 mm. M2 dient bovendien uitgerust te worden met een koeler, waarvoor de standaarduitvoering met een pijpenbundel-warmtewisselaar werd aan-bevolen.

Kosten mixer + koeler : f 10000,-

Voor M3 werd dezelfde mixer aanbevolen.

Kosten: f 2000,-

5. Condensor

Hiervoor werd een pijpenbundel-warmtewisselaar van grafiet aageraden, die gekoeld werd met een CaCl_2 -oplossing van -10°C of met een glycol/water mengsel, daar grafiet niet met NH_3 gekoeld mag worden. Benodigd warmtewisselend oppervlak: $90-87 \text{ m}^2$, ofwel 163 pijpen van 5,50 meter lang. Dus type 70-16355 (zie bijlage 5) pag 145)

Kosten: f 55000,-

6. Druppelvanger

Een teflon druppelvanger van 100 mm dikte werd aanbevolen.

Kosten: f 8000,-

7. Regelappartuur

Voor H_2SO_4 verdunner: kosten f 15000,-

Voor absorber f 10000,-

Voor mixer M3 f 15000,-

De toren T5 + T6 zou 8,5 meter hoog worden.

Bij de helft van de capaciteit zouden de investeringen ongeveer $\frac{2}{3}$ van bovenvermelde kosten bedragen.

De meeste aanbevelingen door Hoechst-Sigri kwamen goed overeen met onze eigen berekeningen. We menen echter voor de condensor toch als koelmiddel ammoniak te kunnen gebruiken, aangezien de condensor niet uit grafiet

behoeft te bestaan, aangezien de corrosieve eigenschappen van 99,5% HF (dus van praktisch watervrij HF) slechts gering zullen zijn. Ook is voor koeler H3 een regenkoeler gekozen in plaats van een standaard koeler, aangezien met deze koeler naar onze mening het visceuze zwavelzuur effectiever te koelen is.

Hoewel deze verandering van invloed zal zijn op de investeringskosten menen wij dat de totale kostenberaming van de apparaten, zoals hierboven uiteengezet een redelijk uitgangspunt is voor de verdere kostprijsberekening van het HF.

De bovenstaande kosten samenvattend komen we tot de volgende totale investeringskosten voor de benodigde apparatuur:

Absorber T5	f 56.000,-
Stripper T6	f 115.000,-
Reboiler H7	f 130.000,-
Mixers M2, M3 (incl.regelapp.)	f 42.000,-
Condensor H8	f 55.000,-
Druppelvanger en verdere regelapparatuur	f 18.000,-
	<hr/>
Totaal	f <u>416.000,-</u>

Bij 10 bedrijfsjaren zouden we dus met 200.000 ton geproduceerd HF op ca f5,- investeringskosten/ton HF komen.

Gezien de huidige prijs van f1500,- per ton HF (watervrij) lijkt het dus zeer aantrekkelijk om dit proces toe te passen.

Daar komt bij dat het benodigde zwavelzuur weer voor de ontsluiting van apatiet gebruikt kan worden.

Ook het benodigde NH_3 om te koelen (c.q. nodig is om de CaCl_2 oplossing te koelen) wordt gebruikt ter vervaardiging van het uitgangspunt NH_4HF_2 , waarna het uiteindelijk in dit proces, geïntegreerd in een fosforzuurfabriek, teruggewonnen wordt als kunstmest in de vorm van ammoniumfosfaat.

Hoewel bij bovenstaande investeringskosten nog vele andere kosten zullen komen (oa. lonen, stoom- en koelwaterkosten) kan toch uit deze summiere kostprijsberekening geconcludeerd worden, mede gelet op de mogelijkheid om verschillende uitgangsstoffen op andere plaatsen in de fabriek her in te voeren, dat het hier beschreven proces economisch goed te gebruiken is.

C.P.S. BEREKENINGEN

Bij dit ontwerp is veel gerekend met CPS programma's , omdat erg veel geëxperimenteerd moest worden met de berekeningen. CPS geeft snelle antwoorden op veranderingen die in de programma's worden aangebracht. Bovendien kan gemakkelijk het verloop van de berekeningen worden gevolgd en in de hand worden gehouden. Vooral bij de schotelaantal berekeningen was dit nodig, omdat gemakkelijk ontsporingen konden optreden in de zin van zéér grote aantallen schotels, die berekend werden.

Dit zou bij toepassing van ALGOL zinloos veel rekentijd vragen.

Hieronder volgt een korte beschrijving van de programma's, zoals ze in de load/save file's zijn opgeborgen.

suonto:

Dit programma berekent via "trial and error" de kookpunten van het HF - H₂O mengsel in tegenwoordigheid van zwavelzuur van verschillende concentraties. zie ook het hoofdstuk "Destillatiediagram"

Met gegevens uit de literatuur (samengevat in tabellen 3-7 Fys.Geg.) werden de dampdruk aan HF en H₂O berekend bij verschillende temperaturen totdat de som van deze dampdrukken ongeveer 760 mm was.

Hierna werd het temperatuurinterval in 0,1°C verdeeld en de dampdrukken aan HF, H₂O en de totaal druk bij de verschillende temperaturen uitgevoerd. Bovendien werd het gewichtspercentage aan HF in het dampmengsel berekend met de formule:

$$\text{gew.perc. HF} = \frac{p_{\text{HF}}/20,008}{p_{\text{HF}}/20,008 + p_{\text{H}_2\text{O}}/18,016}$$

Deze waarden, zoals vermeld in tabel

Hierbij was dus géén rekening gehouden met de associatiefactor van HF.

De berekening van de molfractie HF in de damp is echter berekend met:

$$\text{mol.perc. HF} = \frac{p_{\text{HF}}}{p \text{ totaal}}$$

Deze waarden, zoals vermeld in tabel 1 bijlage 3 geven dus de molfractie HF damp in de dampfase aan. We moeten dus bij deze tabel en bij grafiek 1 bijlage 3 bedenken dat y een van de temperatuur afhankelijk complex (HF)_i in de dampfase aangeeft.

Uit de verkregen tabellen van de uitvoer werd die temperatuur als kooktemperatuur bij 1 atm. gekozen, waarvoor p totaal het dichtst bij 760 mm lag.

sin:

Dit programma is hetzelfde als suonto, maar dan geschikt gemaakt om achter elkaar (dus zonder invoeren van a,b,c,d en starttemp. tussentijds) de kookpunten van HF-H₂O mengsels van 5% tot 30% HF bij zwavelzuur mengsels van 45% t/m 95% uit te rekenen.

arie:

Dit programma berekent de dampdruk p_{HF} als functie van de temperatuur voor verschillende gew.% HF in de vloeistof.

Voor 25, 40, 60 en 75°C zijn in tabel 6 Fys.Geg. deze dampdrukken als volgt uitgedrukt:

$\log(p_{HF} + s) = q + r \cdot w$, waarin s, q, r zijn constanten en w het gew.% HF in de vloeistof aangeeft.

Hieruit verkrijgen we dus: $p_{HF} = 10^{(q + r \cdot w)} - s$

In de uitvoer van dit programma worden p_{HF} en log(p_{HF}) als functie van 1/t (t = temp. in °K) gegeven voor de bovengenoemde temperaturen.

stri 65, stri 70, stri 75 en stri 80:

Deze programma's zijn identiek op de gegevens voor a₁, b₁, a₂, b₂ na, die als parameters dienst doen voor de benadering van de evenwichtslijn in het Thiele- Mc Cabe diagram.

De werking is geïllustreerd in grafiek 3 bijlage 3.

De evenwichtslijn is benaderd met $y = a_1 + b_1 \cdot x + c_1 \cdot x^2 + d_1 \cdot x^3$ en $x = a_2 + b_2 \cdot y + c_2 \cdot y^2 + d_2 \cdot y^3$

Daar een rechte in de berekening het best blijkt te voldoen zijn c₁, d₁, c₂ en d₂ steeds 0 gesteld.

x Geeft de molfractie aan HF in de vloeistoffase en y in de gasfase aan. De waarden voor a₁, b₁, a₂ en b₂ zijn met approx uit de gegevens van tabel 1 bijlage 3 berekend en in tabel 4 weergegeven.

De werklijn in het diagram wordt in afhankelijkheid van x_k en als functie van q gegeven, waarbij q met stapgrootte 0,1 gevarieerd wordt van 1,0 tot 2,5.

Met $x_1 = \frac{g \text{ acc} \cdot x_f}{q \cdot g \text{ acc} - (q-1)l \text{ acc}} - \frac{k \cdot (q-1) \cdot x_k}{q \cdot g \text{ acc} - (q-1) \cdot l \text{ acc}}$ (zie hoofdst.

destillatie-stripperberekening) als beginvoorwaarde, wordt bepaald hoeveel punten we, bij bepaalde q-waarde, op de evenwichtslijn verkrijgen, voordat de waarde van x beneden de geeiste x_k gedaald is.

Daar de voedingsschotel ook een theoretische schotel is, wordt bij deze waarde 1 opgeteld en deze waarde als het aantal benodigde theoretische schotels uitgeprint. Ook de molenstromen l acc, g acc en de vloeistof- en dampstamstelling, die bij de voedingsschotel horen, zijn in de uitvoer opgenomen.

In de uitvoer wordt direct boven deze tabellen vermeld welke waarden voor resp. a1, b1, c1, d1, a2, b2, c2 en d2 zijn gebruikt bij de berekeningen.

mixer:

Uit het hoofdstuk berekening extra hoeveelheid zwavelzuur kunnen we vgl. (1) als volgt opschrijven:

$$f \cdot y + g - h/y + j = (p + r \cdot y)(t_{in} - 298) + q1(t_{in}^2 - 298^2) \quad (a)$$

met: y = aantal kg/hr H₂SO₄ die extra aan M4 moet worden toegevoegd.

$$j = Q_a + Q_b$$

$$f \cdot y + g - h/y = Q_c$$

$$t_{in} = \text{invoertemperatuur van de voeding in } ^\circ\text{K}$$

Het rechterlid van (a) is identiek aan het rechterlid van vgl (1), waarbij bedacht moet worden dat c_p van NH₄HSO₄ afh. is van de temp.

Vgl. (2) uit bovengenoemd hoofdstuk is als volgt uitgewerkt:

$$n = (p + r \cdot y)(t_k - t_{in}) + q1(t_k^2 - t_{in}^2) \quad (b)$$

met: t_k = kooktemperatuur van het mengsel op de voedingsschotel.

$$n = \frac{2500}{20,008 \cdot 3600} \cdot dh \cdot (q - 1)$$

waarin: dh = verdampingswarmte in cal/20 gr van HF bij t_k
q = q-waarde welke uit stripperberekeningen volgt.

(a) + (b) geeft:

$$fy + g + n - h/y + j = s + k \cdot y \quad \text{ofwel:}$$

$$(f - k) \cdot y^2 + (g + n + j - s) \cdot y - h = 0$$

dus met a1 = f - k

$$b1 = g + n + j - s$$

$$c1 = -h$$

$$d1 = b1^2 - 4 \cdot a1 \cdot c1$$

$$\text{geldt: } y1 = -b1/2 \cdot a1 + \sqrt{d1}/2 \cdot a1$$

$$y2 = -b1/2 \cdot a1 - \sqrt{d1}/2 \cdot a1$$

Substitutie van deze waarden in vgl (b) geeft:

$$q1 \cdot t_{in}^2 + (p + r \cdot y)t_{in} - q1 \cdot t_k^2 - r \cdot t_k \cdot y - p \cdot t_k + n = 0$$

Met: $a_2 = q_1$

$$b_2 = p + r y$$

$$c_2 = -q_1 \cdot t_k^2 - r \cdot t_k \cdot y - p \cdot t_k + n$$

$$d_2 = b_2^2 - 4 \cdot a_2 \cdot c_2$$

geldt: $t_{in}^1 = -b_2/2 \cdot a_2 + \sqrt{d_2}/2 \cdot a_2$

$$t_{in}^2 = -b_2/2 \cdot a_2 - \sqrt{d_2}/2 \cdot a_2$$

In de uitvoer van dit programma krijgen we bij elke waarde van dh , q en t_k een tweetal y waarden, waarbij resp een tweetal t_{in} waarden behoren. We kiezen uit deze waarden die combinatie welke bij de door ons gekozen omstandigheden reëel is.

Voor $q = 1,6$ en $t_k = 50^\circ\text{C}$ is $dh = 1698 \text{ cal}/20 \text{ gr}$ genomen, daar de condenserende damp hoofdzakelijk uit HF zal bestaan.

We verkregen in dit geval $y = 1121,7 \text{ kg/hr H}_2\text{SO}_4$ en $t_{in} = 25,4^\circ\text{C}$

Nemen we als ander voorbeeld $q = 1,8$, $t_k = 70^\circ\text{C}$ en $dh = 2312 \text{ cal/gr}$ dan verkregen we $y = 1130,0 \text{ kg/hr}$ en $t_{in} = 25,8^\circ\text{C}$

liquid:

Dit programma berekent de gegevens voor de evenwichtslijn voor de absorber T5. Met de formule $\log(p_{\text{H}_2\text{O}}) = a - b/t$, met t in $^\circ\text{K}$, wordt bij de constanten a en b zoals vermeld in tabel 2 bijlage 3 de dampdruk aan H_2O boven verschillende concentraties aan H_2SO_4 berekend. x_{acc} en y_{acc} zijn gedefinieerd in het hoofdstuk Destillatie-absorberberekening.

We gebruiken: $x_{\text{acc}} = (1-p/100) \cdot 98,08 / (p/100) \cdot 18,016$

met $p = \text{gew\% H}_2\text{SO}_4$ in de vloeistof.

$$y_{\text{acc}} = p_{\text{H}_2\text{O}} / (760 - p_{\text{H}_2\text{O}})$$

De resultaten van deze berekening zijn vermeld in tabel 3 bijlage 3.

De uitvoer en listing van de verschillende programma's zijn opgenomen in bijlage 4.

FYSISCHE GEGEVENS

Soortelijke warmte (lit 18,20,22)

stof	vorm	temp. (°C)	c_p (kcal/kg °C)
HF	g	20-100	0,346
H ₂ SO ₄	100%	25-100	0,34
H ₂ SO ₄	90%	50	0,40
H ₂ O	l	20-100	1
NH ₄ HSO ₄	c	25-140	10 + 0,081 T (kcal/kmol °C)

Molgewichten (lit 22)

NH ₄ HF ₂	57,04
H ₂ SO ₄	98,08
NH ₄ HSO ₄	115,11
HF	20,01
H ₂ O	18,02
NH ₃	17,03

Vormingswarmten (lit 18,19)

H ₂₅ ⁰	H ₂ SO ₄ (l)	794,1	Kj
H ₂₅ ⁰	NH ₄ HSO ₄ (c)	1006,2	Kj
H ₂₅ ⁰	HF (l)	397	Kj
H ₂₅ ⁰	NH ₄ HF ₂ (c)	190,8	Kj
H ₁₀₀ ⁰	NH ₄ HF ₂ (c)	192,36	Kj

Viscositeit (lit 18)

H ₂ O	0,8.10 ³ kg/m sec	(t = 30°C)
H ₂ SO ₄ (90%)	3,2.10 ³ kg/m sec	(t = 50°C)

Warmtegeleidbaarheid (lit 18,29)

H ₂ O	0,606	W/m °C	(t = 30°C)
H ₂ SO ₄ (90%)	0,36	W/m °C	(t = 50°C)
Constructiemateriaal	115	W/m °C	

Verdampingswarmte en dichtheid HF

De literatuur verschilt onderling sterk in de waarde van deze grootheden van HF. Dit komt doordat de samenstelling van de dampfase verschilt van de samenstelling van de vloeistoffase. Het is daarom ondoenlijk de verdampingswarmte aan te geven per mol damp, aangezien het molgewicht verandert bij toenemende temp. Lit (25) geeft hier een oplossing voor door invoering van een zgn. associatiefactor, die het verschil in molgewicht en werkelijk gewicht moet aangeven.

Tabel (1) is uit deze bron.

Tabel (1)

Dampspanning, dampdichtheid, associatiefactor, verdampingswarmte HF

TABLE I*

* For supplementary Table IA giving the experimental data, order Jarry-Davis Document from the American Documentation Institute, c/o Library of Congress, Washington 25, D.C.

VAPOR PRESSURE, VAPOR DENSITY, ASSOCIATION FACTOR AND HEAT OF VAPORIZATION OF HYDROGEN FLUORIDE

T, °K.	Vapor pressure, mm.		Vapor density, g./l.	Association factor, $Z_{\text{sat.}}$	ΔH_v° cal./20 g.	$Z_{\text{sat.}} \Delta H_v$ cal./mole vapor
	Equation 1	Equation 2				
193.16	5.55	4.84	....	...	..	..
198.16	7.61	6.92	....	...	..	..
223.16	34.82	33.52	....	...	..	..
248.16	123.7	122.5	....	...	..	..
273.16	363.8	363.8	2.015	4.717	1257	5929
278.16	443.0	443.2	2.251	4.407	1354	5967
283.16	536.2	536.7	2.521	4.148	1445	5994
288.16	645.6	646.3	2.826	3.929	1532	6019
293.16	773.2	774.1	3.170	3.743	1616	6049
298.16	921.4	922.5	3.553	3.580	1698	6079
303.16	1093	1094	3.979	3.438	1777	6109
308.16	1290	1291	4.454	3.315	1852	6139
313.16	1516	1517	4.976	3.203	1925	6168
318.16	1776	1775	5.554	3.104	1995	6193
323.16	2069	2069	6.192	3.015	2063	6220
328.16	2403	2401	6.885	2.934	2130	6249
333.16	2778	2777	7.645	2.861	2194	6277
338.16	3201	3199	8.482	2.795	2253	6297
343.16	3677	3674	9.390	2.734	2312	6321
348.16	4208	4205	10.37	2.677	2371	6347
353.16	4801	4797	11.44	2.625	2427	6371
358.16	5460	5457	12.59	2.577	2481	6394
363.16	6191	6189	13.85	2.534	2530	6411
368.16	6999	6999	15.20	2.492	2581	6432
373.16	7891	7894	16.64	2.453	2631	6454
378.16	8872	8880	18.20	2.417	2678	6473

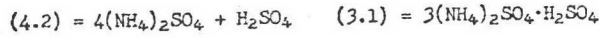
* $\Delta H = (H^v - H^l) = T (V^v - V^l) (dP/dT)$

Oplosbaarheden $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, H_2O , H_2SO_4 mengsel

Tabel (2) Lit (23)

THE SYSTEM AMMONIUM SULFATE - SULFURIC ACID - WATER

Additional results for this system are given by D'Ans, 1909, 1913. Results for the solubility of mixtures of ammonium sulfate and lithium sulfate in concentrated H_2SO_4 containing traces of H_2O at 30° , are given by Van Dorp, 1913-14, and by Gillespie and Oubridge, 1956. See also Terres and Schmidt, 1927.



(Results of Van Dorp, 1910 and 1911 at 30°)

Gms. per 100 Gms. Sat. Sol.		Solid Phase	Gms. per 100 Gms. Sat. Sol.		Solid Phase
H_2SO_4	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$		$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	H_2SO_4	
0	44.3	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	40	32.8	NH_4HSO_4
10	43.6	"	45	26.1	"
13.2	44.1	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 3.1$	50	20.9	"
15	42.9	3.1	55	17.6	"
20	41.0	"	60	17.8	"
25	40.8	"	61.7	20.0	"
30	43.0	"	62.9	30.0	"
33.8	45.5	$3.1 + \text{NH}_4\text{HSO}_4$	62.2	37.0	"
35	42.3	NH_4HSO_4			

(Results of Locuty and Laffitte, 1933, 1934)

Gms. per 100 gms. sat. sol.			Solid Phase
H_2SO_4	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$		
At 30° :	0.0	44.03	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
	13.11	44.71	" + MC(4.1) + (3.1)
	25.31	41.78	MC(4.1) + (3.1)
	33.88	45.44	" + NH_4HSO_4
	59.27	17.62	NH_4HSO_4
	61.5	38.5	"

(Cont.)

Gms. per 100 gms. sat. sol.			Solid Phase
H_2SO_4	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$		
At 50° :	0.0	45.79	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
	15.25	47.82	" + (4.1)
	17.92	46.29	(4.1)
	24.60	45.51	MC(4.1) + (3.1)
	34.35	50.96	(3.1) + NH_4HSO_4
	54.28	25.5	NH_4HSO_4
	60.5	39.5	"
At 70° :	0.0	58.08	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
	17.5	50.5	" + MC(4.1) + (3.1)
	24.62	49.02	(3.1)
	34.92	54.97	" + NH_4HSO_4
	55.02	31.15	NH_4HSO_4
	59.45	40.55	"

50

(Results of Siskin and Pochvalensky, 1938 at 93.3°)

Gms. per 100 gms. sat. sol.			Gms. per 100 gms. sat. sol.		Solid Phase
H_2SO_4	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Solid Phase	H_2SO_4	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	
0.0	49.45	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	35.9	58.53	(3.1) + NH_4HSO_4
8.75	48.87	"	39.39	52.36	NH_4HSO_4
14.73	49.95	"	44.4	46.94	"
20.45	54.27	" + (3.1)	47.18	42.78	"
23.0	53.28	(3.1)	52.8	41.26	"
27.66	54.01	"	54.0	42.3	"
29.81	54.7	"	54.55	43.71	"
32.43	56.23	"	55.16	44.15	"
34.21	57.63	"	55	45	"
35.5	57.5	"			

Dampspanning HF

Tabel(3) Lit (28)

TABLE I. VAPOR PRESSURE OF SYSTEM HYDROGEN FLUORIDE-WATER

Temp., ° C.	Compn. of Liquid, Wt. % HF	Vapor Pressure, Mm. Hg		
		HF	H ₂ O	Total
0.1	70	40.8	<0.0	40.8
		42.1	<0.0	42.1
20.0	70	116.0	0.1	116
		113.4	0.2	119
30.0	10	0.24	27.9	28.1
		0.23	28.0	28.3
	20	0.79	23.0	23.8
		0.79	23.2	24.0
	30	2.34	17.6	19.9
		2.41	17.8	20.2
	50	20.5	5.32	25.8
		21.4	5.28	26.7
	70	193	0.32	193
		197	0.27	197
50.1	20	189	0.28	189
		2.99	67.3	70.2
60.0	30	2.64	68.0	70.6
		7.70	51.2	58.9
	50	7.92	50.9	58.8
		58.2	16.7	74.9
70.0	10	58.0	18.4	76.4
		1.60	131	133
	20	1.65	133	135
		2.72	206	209
70.0	30	2.60	209	212
		7.63	182	190
	50	7.98	181	189
		22.8	133	156
	70	22.2	130	152
		138	47.9	186
		142	48.7	191

Tabel (4) Lit (28)

TABLE III. CONSTANTS OF EMPIRICAL VAPOR PRESSURE EQUATION, $\log p_{mm.} = B - (A/T)$

Compn. of Liquid, Wt. % HF	P _{HF}		P _{H₂O}	
	A × 10 ³	B	A × 10 ³	B
10	2.610	8.043	2.225	8.794
20	2.605	8.496	2.235	8.742
30	2.500	8.632	2.247	8.861
50	2.120	8.324	2.386	8.613
70	1.830	8.314	...	...

Tabel (5) Lit (27)

TABLE I. PARTIAL PRESSURES OF HYDROGEN FLUORIDE AND WATER VAPOR OVER HYDROFLUORIC ACID SOLUTIONS

25° C.			40° C.			60° C.			75° C.		
Concn. HF in liquid, wt. %	P _{HF} , mm. Hg	P _{H₂O} , mm. Hg	Concn. HF in liquid, wt. %	P _{HF} , mm. Hg	P _{H₂O} , mm. Hg	Concn. HF in liquid, wt. %	P _{HF} , mm. Hg	P _{H₂O} , mm. Hg	Concn. HF in liquid, wt. %	P _{HF} , mm. Hg	P _{H₂O} , mm. Hg
0.00	...	23.77	0.00	...	54.81	0.00	...	149.8	0.00	...	286.9
2.00	0.048	23.46	2.60	0.115	54.06	2.23	0.356	146.6	1.96	0.659	282.4
3.96	0.087	22.88	4.21	0.231	52.53	4.12	0.670	144.6	4.20	1.39	275.0
6.02	0.131	22.30	6.16	0.343	52.04	6.15	1.03	143.9	6.20	2.14	269.8
9.86	0.256	21.12	10.33	0.651	49.01	9.06	1.71	135.7	9.00	3.42	260.1
12.80	0.380	20.59	12.33	0.830	47.42	12.00	2.42	127.8	11.90	4.94	252.3
14.60	0.452	19.67	14.00	1.07	46.60	15.00	3.39	123.5	15.20	7.20	237.9
16.30	0.595	18.87	16.80	1.41	45.91	17.90	4.65	116.6	17.45	9.12	228.9
19.88	0.772	17.88	21.00	2.11	40.07	20.99	6.14	109.2	20.90	12.45	200.7
24.90	1.28	15.40	24.12	2.95	37.27	23.90	8.18	102.2	24.99	16.52	199.6
29.00	1.90	13.52	28.90	4.56	32.00	28.50	10.57	95.2	26.70	21.46	183.1
...	...	...	...	...	...	29.50	13.35	86.2	29.70	27.55	167.6

Tabel (6) Lit (27)

At 25° C.: $\log(p_{HF} + 0.172) = -0.72956 + 0.031541w$
 $\log(34.14 - p_{H_2O}) = 1.00817 + 0.010473w$

At 40° C.: $\log(p_{HF} + 0.455) = -0.31390 + 0.03489w$
 $\log(70.95 - p_{H_2O}) = 1.20161 + 0.013532w$

At 60° C.: $\log(p_{HF} + 1.465) = 0.18759 + 0.033478w$
 $\log(212.1 - p_{H_2O}) = 1.7957 + 0.01029w$

At 75° C.: $\log(p_{HF} + 3.012) = 0.50190 + 0.033194w$
 $\log(368.3 - p_{H_2O}) = 1.9076 + 0.013475w$

Dampspanning H_2O

Tabel (7) Lit (26)

3-62

VAPOR PRESSURES OF PURE SUBSTANCES

Table 3-13. Vapor Pressures, Normal Boiling Points, and Latent Heats of Vaporization for Aqueous Solutions of H_2SO_4 *

Percentages are wt. % H_2SO_4 in the solution

A and B are constants in the equation $\log_{10} p_{mm.} = A - \frac{B}{T}$

l = total heat of vaporization in g.-cal. per g. of water evaporated

B. P. = normal boiling point, °C.

For bibliography and discussion of data, see Greenawald, *Ind. Eng. Chem.* 17: 522, 1925.

Per cent.	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	10
A.....	9.790	9.255	9.239	9.293	9.054	9.032	8.853	8.841	8.827	8.832	8.809	8.844	8.873	8.864		8.922	8.925
B.....	3883	3390	3175	3040	2810	2558	2533	2458	2400	2357	2322	2299	2286	2271		2268	2259
l.....	987	861	806	772	713	682	643	624	609	598	590	584	580	577		576	574
B. P.....	290	255	225	202	182	165	151	140	130	123	118	114	110	108	106	104	102
°C.	Total vapor pressure, mm. Hg																
0			0.00418	0.0144	0.0550	0.154	0.377	0.686	1.08	1.55	2.07	2.55	3.06	3.43	3.72	4.02	4.38
5		0.00118	0.00680	0.0230	0.067	0.235	0.558	1.03	1.60	2.26	2.99	3.69	4.40	4.94	5.35	5.87	6.30
10		0.00196	0.0099	0.0358	0.128	0.342	0.800	1.46	2.26	3.19	4.19	5.22	6.23	6.91	7.46	8.05	8.60
15		0.00318	0.0169	0.0555	0.195	0.506	1.15	2.05	3.19	4.50	5.85	7.27	8.65	9.65	10.5	11.3	12.3
20		0.00497	0.0257	0.0835	0.284	0.723	1.61	2.87	4.43	6.20	8.10	9.95	11.8	13.2	14.3	15.4	16.6
25		0.00765	0.0390	0.124	0.408	1.03	2.24	3.97	6.15	8.45	10.9	13.5	15.8	17.8	19.4	20.8	22.4
30		0.0117	0.0585	0.183	0.560	1.44	3.09	5.41	8.29	11.3	14.7	18.0	21.2	23.8	26.0	27.8	30.0
35	0.00150	0.0179	0.0660	0.265	0.822	2.00	4.23	7.39	11.2	15.4	19.7	24.3	28.6	31.9	35.0	37.2	40.1
40	0.00235	0.0265	0.125	0.381	1.14	2.75	5.66	9.85	14.8	20.3	26.0	31.8	37.3	41.7	45.6	48.6	52.9
45	0.00370	0.0395	0.181	0.540	1.57	3.73	7.60	13.0	19.5	26.7	33.0	41.0	48.6	54.7	59.0	63.3	68.1
50	0.00580	0.0580	0.260	0.770	2.20	5.17	10.2	17.5	26.0	35.2	44.7	53.9	63.0	71.3	76.7	82.2	88.5
55	0.00877	0.0840	0.367	1.06	2.95	6.89	13.4	22.7	33.7	45.5	57.5	69.0	80.2	91.0	98.2	106	113
60	0.0133	0.120	0.411	1.47	3.98	9.12	18.6	29.3	43.0	58.0	73.0	87.3	102	116	124	133	143
65	0.0196	0.169	0.707	2.00	5.30	10.2	22.7	37.7	55.1	73.7	92.3	110	127	145	156	167	178
70	0.0288	0.236	0.960	2.68	7.02	15.6	29.0	48.0	69.6	92.5	116	138	159	180	195	207	223
75	0.0415	0.327	1.31	3.60	9.26	20.3	37.0	60.2	87.0	115	144	171	198	222	240	256	274
80	0.0606	0.450	1.77	4.77	12.0	26.0	47.0	75.3	108	143	179	211	244	273	295	314	337
85	0.0879	0.618	2.37	6.35	15.6	33.4	59.7	94.3	136	178	211	261	300	333	360	385	413
90	0.123	0.823	3.14	8.30	20.0	42.5	74.6	117	167	217	271	319	369	404	437	468	496
95	0.172	1.12	4.18	10.8	25.7	53.9	92.7	144	205	268	335	390	450	493	531	580	608
100	0.237	1.49	5.39	13.9	32.0	67.0	114	178	253	326	405	474	540	590	637	678	720
105	0.321	1.93	6.95	17.6	40.0	82.3	140	213	302	393	484	568	642	702	758	812	
110	0.437	2.52	9.00	22.5	50.0	103	172	260	367	471	580	679	768				
115	0.590	3.23	11.4	28.3	62.0	126	207	313	435	562	684	800					
120	0.788	4.19	14.5	35.6	76.5	153	251	377	522	670	812						
125	1.07	5.43	18.3	44.7	94.5	183	304	452	625	797							
130	1.42	6.97	23.2	56.0	117	230	370	544	744								
135	1.87	8.85	29.1	69.0	142	277	440	647									
140	2.40	11.2	36.3	85.5	173	332	525	760									
145	3.11	13.9	44.3	104	208	397	622										
150	4.02	17.5	54.6	127	248	471	730										
155	5.13	21.9	68.2	157	299	564											
160	6.47	27.7	82.0	188	354	665											
165	8.39	33.2	99.5	226	422	790											
170	10.3	39.8	119	267	496												
175	12.9	48.4	143	319	585												
180	15.9	59.0	169	378	685												
185	20.2	71.2	206	450	810												
190	24.8	85.0	245	535													
195	30.7	102	291	637													
200	36.7	120	340	735													
205	45.3	143	402														
210	55.0	170	472														
215	66.9	203	557														
220	79.8	240	647														
225	95.5	279	750														
230	115	326															
235	137	380															
240	164	450															
245	193	520															
250	229	604															
255	268	700															
260	314	800															
265	363																
270	430																
275	500																
280	580																
285	682																
290	790																

* The data in Tables 3-13, 3-14, and 3-15 are not always consistent among themselves, but no other more reliable data are known to the editor and compilers

Oplosbaarheid NH_4HF_2

Tabel (8) Lit (24)

HF AMMONIUM HYDROGEN FLUORIDE NH_4HF_2

SOLUBILITY OF AMMONIUM HYDROGEN FLUORIDE IN WATER
(Yatlov and Polyakova, 1945)

t°	Gms. NH_4HF_2 per 100 gms.		Solid Phase	t°	Gms. NH_4HF_2 per 100 gms.	
	Sat. Sol.				Sat. Sol.	Solid Phase
-3.4	5.0		Ice	40	50.05	NH_4HF_2
-6.5	10.0		"	60	61.00	"
-9.4	15.0		"	80	74.53	"
-12.6	20.0		"	100	85.55	"
-14.8	23.6		Ice+ NH_4HF_2	99.5	86.0	"
0	28.45		NH_4HF_2	104.6	89.0	"
10	31.96		"	110.5	92.0	"
20	37.56 ^a		"	114.0	94.0	"
25	43.73 ^a		"	126.1	100.0	"

^aZhdanov and Sarazov, 1954; Zhdanov, 1956 (d. = 1.1273)

SYMBOLENLIJST

A	warmtewisselend oppervlak	(m ²)
A	oppervlak, doorsnee	(m ²)
a,b,c,d	constanten in berekening p _{H₂O} en p _{HF}	(-)
c _p	soortelijke warmte bij constante druk	(kcal/kmol °C)
d	hoeveelheid destillaat	(kmol/hr)
d	diameter pijp warmtewisselaar	(m)
d _i	binnendiameter pijp warmtewisselaar	(m)
d _u	buitendiameter pijp warmtewisselaar	(m)
dest	hoeveelheid destillaat	(kg/hr)
dh	verdampingswarmte van 20 gr HF	(cal/20 gr)
f	hoeveelheid voeding	(kmol/hr)
g	dampstroom boven voedingsschotel	(kmol/hr)
g acc	dampstroom onder voedingsschotel	(kmol/hr)
H''	enthalpie damp boven voedingsschotel	(kcal/kmol)
H'' - H'	molaire verdampingswarmte	(kcal/kmol)
H _f	enthalpie voeding	(kcal/kmol)
k	hoeveelheid ketelproduct	(kmol/hr)
L	lengte pijp warmtewisselaar	(m)
l	vloeistofstroom boven voedingsschotel (H ₂ O + HF)	(kmol/hr)
l ₁	vloeistofstroom in absorber (H ₂ O)	(kmol/hr)
l acc	vloeistofstroom onder voedingsschotel (H ₂ O + HF)	(kmol/hr)
Nu	kengetal van Nusselt	(-)
P	druk	(bar)
p	hoeveelheid H ₂ SO ₄ (100%)	(kg/hr)
p	gew.% H ₂ SO ₄ t.o.v. H ₂ O + H ₂ SO ₄ in vloeist.fase	(-)
p _{H₂O}	dampdruk H ₂ O	(mm Hg)
p _{HF}	dampdruk HF	(mm Hg)
Pr	kengetal van Prandtl	(-)
Q	warmtestroom	(kw)
Q _{ketel}	warmtestroom in de reboiler	(kw)
q	warmteinhoudsfactor van voeding	(-)
q,r,s	constanten bij berekening van p _{HF}	(-)
R	warmte weerstand	(m ² °C/kw)
Re	kengetal van Reynolds	(-)

r_i	inwendige straal pijp warmtewisselaar	(m)
r_u	uitwendige straal pijp warmtewisselaar	(m)
T	temperatuur	(°K)
t	temperatuur	(°K)
t_{in}	temperatuur voedingsstroom	(°K)
t_k	kooktemp. vloeistof op voedingschotel	(°K)
V	volumestroom	(m ³ /hr)
v	snelheid	(m/sec)
x	vloeistofsamenstelling	(-)
x_f	vloeistofsamenstelling in voedingsstroom	(-)
x_k	vloeistofsamenstelling in ketelproduct	(-)
x_{acct}	mol verh. H ₂ O t.o.v. H ₂ SO ₄ in vlst.fase	(-)
y	samenstelling gasfase	(-)
y_{acct}	mol verh. H ₂ O t.o.v. HF in gasfase	(-)
z	aantal pijpen in warmtewisselaar	(-)
α	warmte-overdrachtscoëfficiënt	(kcal/m ² hr °C)
η	viscositeit	(kg/m sec)
λ	warmtegeleidbaarheid	(W/m °C)
f	frictiefactor in formule van Blasius	(-)
ρ	dichtheid	(kg/m ³)
ρ_v	massastroom	(m ³ /sec)
ρ_w	warmtestroom	(kw)
Δt_m	logarithmisch temperatuurgemiddelde	(°C)

LITERATUUR

- 1) Versteegh, P.M.R., Aluminium Fluoride - Value from waste, The fertiliser Society, London 1972
- 2) U.O.P. US Patent 2981601
- 3) U.O.P. US Patent 3256061
- 4) U.O.P. US Patent 3257167
- 5) U.O.P. US Patent 3455650
- 6) U.O.P. US Patent 3501268
- 7) U.O.P. US Patent 3553938
- 8) Duits Patent 634756
- 9) Duits Patent 1619843
- 10) Brits Patent 1262571
- 11) Brits Patent 1263505
- 12) Brits Patent 1280729
- 13) Oostenrijks Patent 236340
- 14) Canadees Patent 713982
- 15) Frans Patent 1532532
- 16) Fluorin talteenotto apatiitista (Recovery of fluorine from apatite)
Kemian Teollisuus no 10 (1972) blz.691
- 17) A. Schmidt, Die industrielle Nutzung des Fluor-Gehaltes der
Rohphosphate, Chem. Ing. Techn. nr 19 (1972) blz 1093
- 18) International Critical Tables
- 19) Z. Anorg. Chemie 292 (1957) blz 293
- 20) J. Amer.Chem. Soc. 67 (1945) blz 72
- 21) Hodgeman, C.D. c.s., Handbook of chemistry and Physics,
51^e ed. 1971
- 22) VDI-Wärmeatlas, Verein Deutscher Ingenieure, Deutscher Ingenieur
Verlag GmbH, Düsseldorf, 1954
- 23) Seidell, A., Linke, W.F, Solubilities of Inorganic and metal
organic compounds 4^e ed. vol. 2 blz 756, Am.Chem.Soc. Washington
1965.
- 24) idem, blz 694
- 25) Jarry, R.L. ,Davis jr.,W., J.of Phys.Chem. 57 (1953) blz 602
- 26) Perry,J., Chemical Engineers' Handbook 4^e ed.

- 27) Ind.Eng.Chem. 39 (1947) blz 424-429
- 28) Ind.Eng.Chem. 41 (1949) blz 1507-1508
- 29) Prospectus Sigri Elektrographit GmbH, Meitingen : Diabon und Durabon, die hochkorrosionsfesten Werkstoffe für den chemischen Apparatebau
- 30) A. Schmidt, 36. Congr. Int. Chimie Industrielle, Brussel 1966, Bd. 2 blz 391
- 31) Heertjes, P.M., Fys.Techn.Scheidingsmethoden, DUM, Delft, 1968

AANHANGSEL (1)Hoeveelheden fluor die vrijkomen bij de fosforzuurfabricage

Tabel 1

TABLE 1. Distribution of fluorine in the wet phosphoric acid process

		% P ₂ O ₅	% F	% F rel.	kg H ₂ SiF ₆ / ton P ₂ O ₅
	phosphate rock	34-36	4	100	140-150
weak acid production	weak acid	30	1.7	50	70-75
	gypsum and gases			50	
concentration unit	strong acid	52-54	0.5-0.7	10	14-15
	gases			40	56-60
F-recovery from gases ex concentration unit				30	40-45*

*Assumes an efficiency of 75-80%.

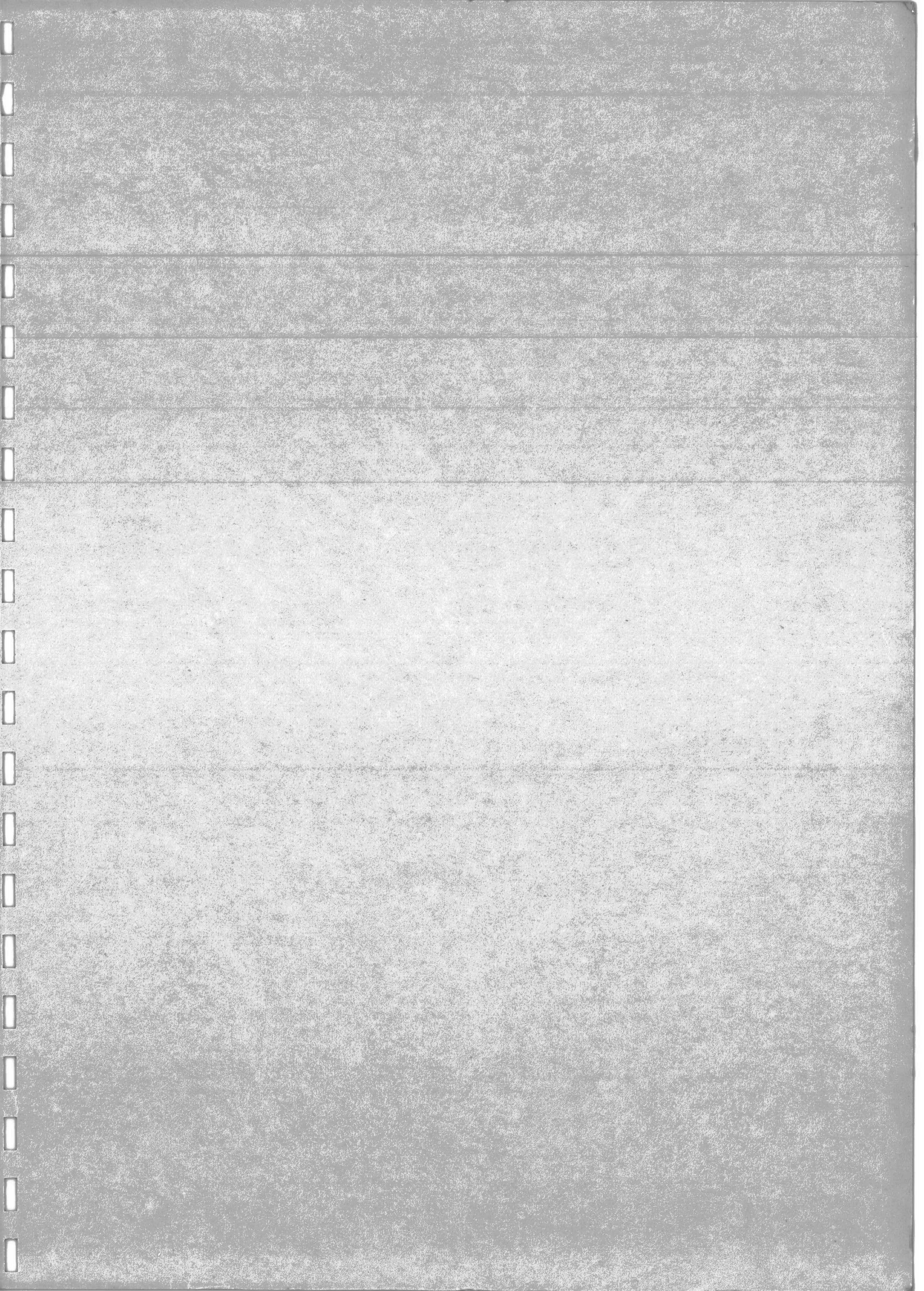
Tabel 2

Africa	635
Canada	948
Eastern Europe	2,000
E.E.C.	1,909
E.F.T.A.	766
Eire	105
Greece	121
Japan	949
Spain	222
U.S.A.	5,076
Total	12,731

E.E.C.		E.F.T.A.		Eastern Europe	
Belgium	374	Austria	40	Bulgaria	110
France	606	Denmark	38	Czechoslovakia	17
Germany (W.)	238	England	532	Germany (DDR)	39
Holland	325	Norway	32	Poland	270
Italy	366	Portugal	30	Roumania	10
		Sweden	93	Russia	1,394
		Switzerland	10	(incl. Finland)	
				Yugoslavia	160
Total	1,909	Total	766	Total	2,000

Capaciteit Fosforzuurfabrieken in 1000 ton P₂O₅ (1970)

Lit (1)



2359

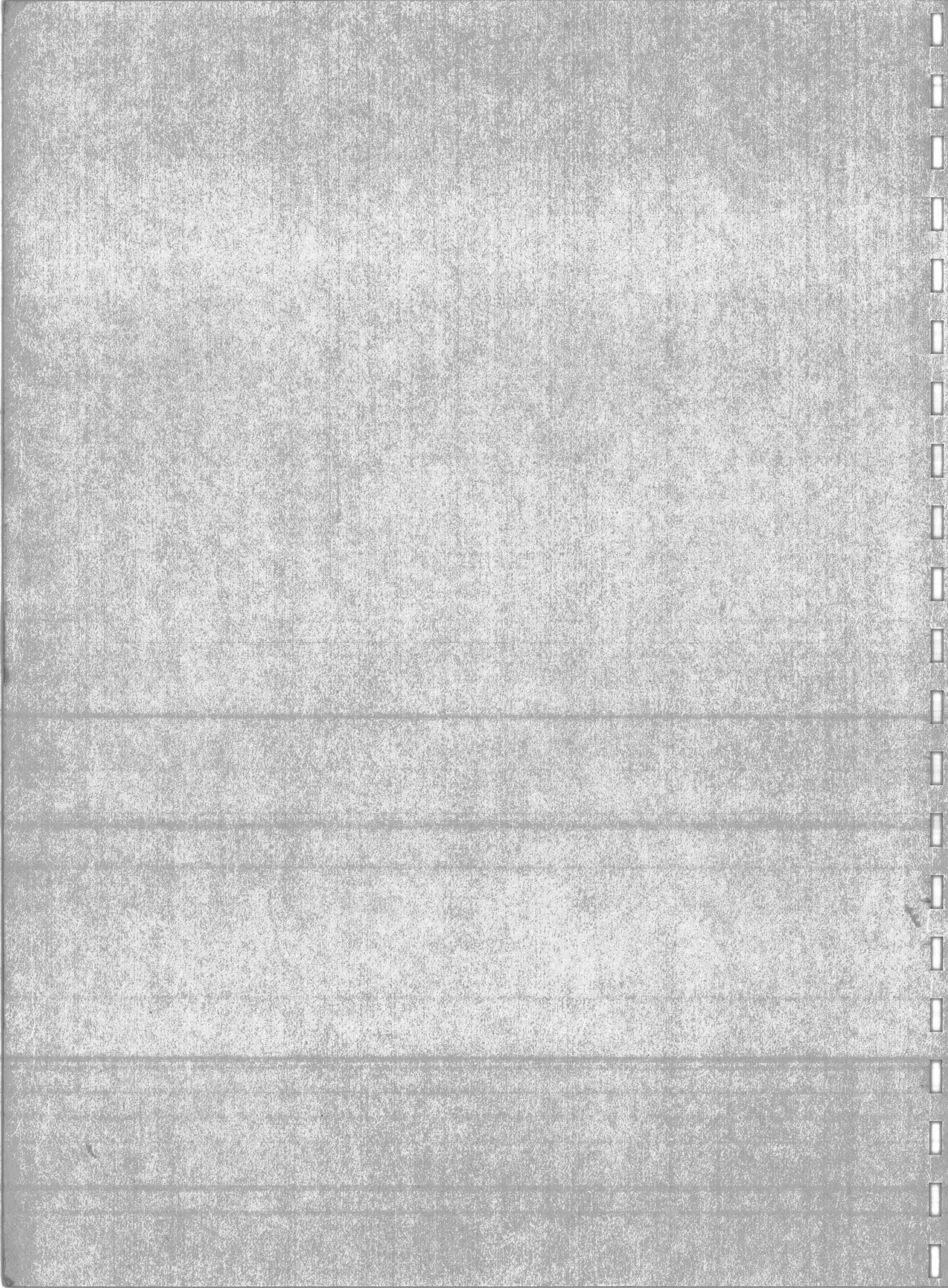
BIJLAGEN

SYNTHESE van WATERSTOF-

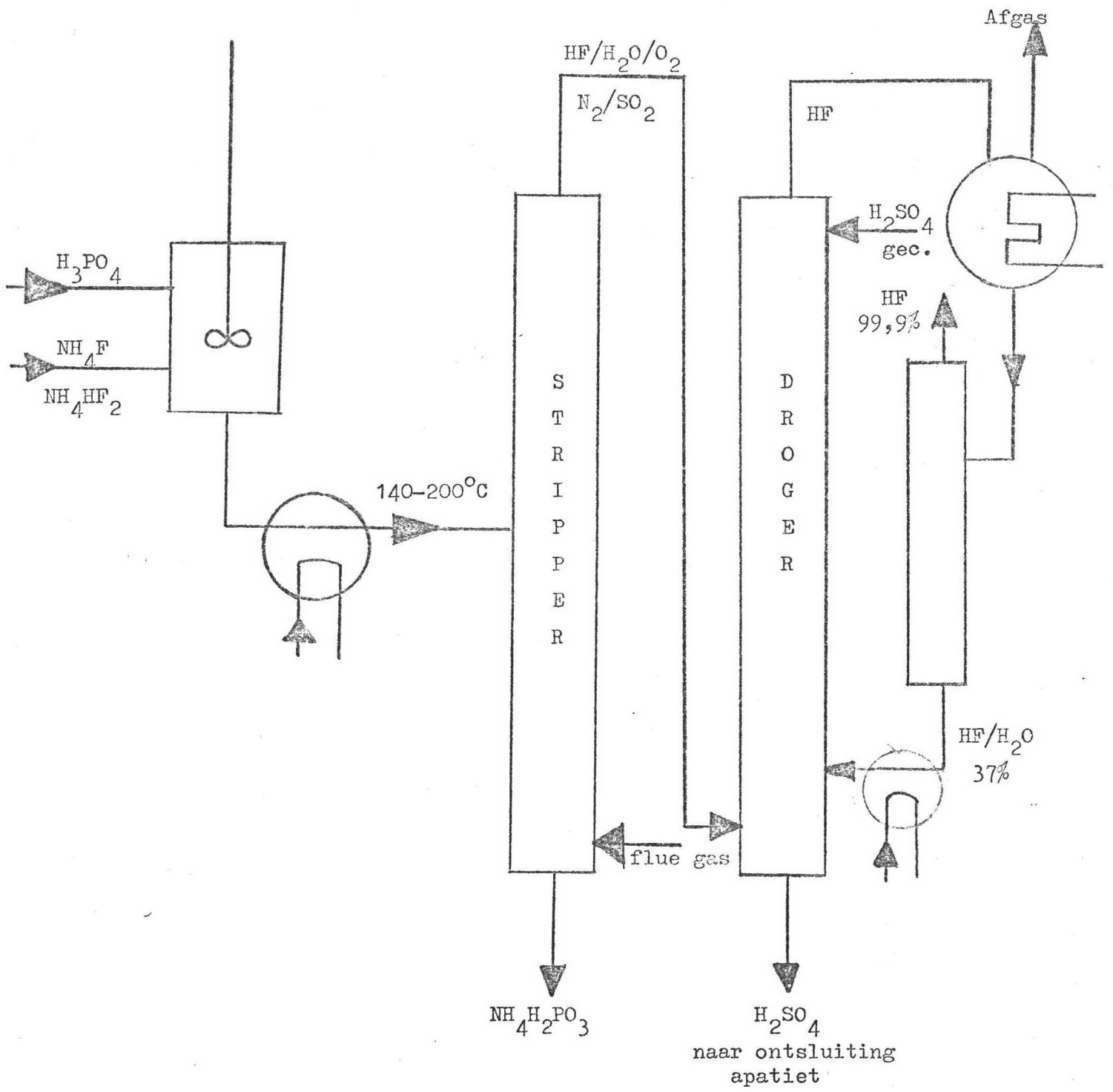
FLUORIDE

uit AMMONIUMBIFLUORIDE

k.j.de wolf
a.v.d.meer



BIJLAGE (1)



Proces uit US Patent no 3455650

BIJLAGE (2)

Bepaling vormingswarmte.

Om de vormingswarmte van de verschillende stoffen in bepaalde concentratie te berekenen, wordt gebruik gemaakt van een experimentele vergelijking $Q = a + bx + cx^2$. Hierin stelt x de molverhouding $H_2O/stof$ voor. De coëfficiënten worden gevonden met behulp van het programma "approx".

Bij de berekening zijn de volgende gegevens gebruikt: (lit 18)

stof	molverhouding	vormingswarmte Kj	gevonden waarde
HF	200	316,2	a = 304,62 b = 6,47 c = -1,05
	12	316,2	
	6,5	315,8	
	2,2	314,3	
	1,7	312,8	
	0,5	307,6	
NH ₄ HSO ₄	200	1006,1	a = 1000,27 b = 0,31 c = -0,01
	100	1005,3	
	50	1004,8	
	20	1004,3	
	10	1002,8	
H ₂ SO ₄	19	864,9	a = 799,93 b = 19,51 c = -2,04
	9	859,5	
	8	858,0	
	7	856,4	
	6	854,3	
	5	851,3	
	3	843,1	
	2	835,9	
	1,5	830,9	
	1	822,1	
0,5	809,7		

BIJLAGE (3)

Berekeningen kookpunten en dampstanden van
 H_2SO_4 - HF - H_2O mengsels.

Tabel (1)

Vloeistoffase			Kook- temp. in °C	Gasfase				
gew % H_2SO_4	gew % HF	mol % HF		p H_2O mm Hg	pHF mm Hg	p tot mm Hg	gew % HF	mol % HF
45	2	1,804	118,3	755,0	4,3	759,3	0,63	
45	5	4,525	118,1	749,8	10,8	760,6	1,58	
45	7	6,347	117,9	744,6	16,2	760,6	2,36	
45	10	9,095	117,5	734,2	25,3	759,8	3,73	
45	15	13,711	116,7	713,9	46,4	760,3	6,73	
45	20	18,357	115,5	684,3	75,0	759,3	10,86	
45	25	23,086	113,9	646,5	112,4	758,9	16,18	
45	30	27,845	111,8	599,6	161,4	761,0	23,02	
45	10	9,095	117,6	736,8	23,1	759,9	3,37	
45	20	18,357	116,0	696,5	63,5	760,0	9,19	
45	30	27,845	112,6	617,1	141,9	759,0	20,34	
45	50	47,381	98,7	353,6	405,7	758,3	56,02	
45	70	67,753	60,9	72,3	686,4	758,7	91,34	
50	2	1,804	122,7	755,9	5,1	761,0	0,74	
50	5	4,525	122,4	748,1	12,7	760,8	1,85	
50	7	6,347	122,1	740,4	19,0	759,4	2,77	
50	10	9,095	121,7	730,1	30,1	760,2	4,38	
50	15	13,711	120,7	705,1	54,2	759,3	7,87	
50	20	18,357	119,4	673,7	87,5	761,2	12,61	
50	25	23,086	117,5	629,9	129,8	759,6	18,62	
50	30	27,845	115,0	576,0	183,8	759,7	26,17	
50	10	9,095	121,9	732,7	27,2	759,9	3,97	
50	20	18,357	119,9	685,6	74,0	759,6	10,70	
50	30	27,845	116,0	597,0	161,7	758,7	23,12	
50	50	47,381	99,7	324,5	435,3	759,9	59,84	
50	70	67,753	61,4	61,3	699,5	760,8	92,68	
55	2	1,804	130,2	754,4	6,6	760,9	0,96	
55	5	4,525	129,8	744,2	16,7	760,9	2,43	
55	7	6,347	129,4	734,1	24,9	759,0	3,64	
55	10	9,095	128,9	721,7	39,4	761,1	5,71	
55	15	13,357	127,6	690,2	70,4	760,6	10,18	
55	20	18,357	125,8	648,6	111,9	760,5	16,08	
55	25	23,086	123,4	596,4	163,3	759,8	23,32	
55	30	27,845	120,3	534,4	226,8	761,2	32,03	
55	10	9,095	129,0	724,1	35,8	759,9	5,20	
55	20	18,357	126,5	664,5	95,2	759,7	13,73	
55	30	27,845	121,6	559,7	199,4	759,1	28,35	
55	50	47,381	102,7	276,9	483,3	760,2	65,97	
55	70	67,753	61,9	46,2	712,8	759,0	94,48	

Vloeistoffase			Kook- temp. in °C	Gasfase				
gew % H ₂ SO ₄	gew % HF	mol % HF		pH ₂ O mm Hg	pHF mm Hg	p tot mm Hg	gew % HF	mol % HF
60	2	1,804	138,9	752,4	8,9	761,3	1,30	1,168
60	5	4,525	138,3	737,5	22,5	760,0	3,28	2,963
60	7	6,347	137,9	725,2	33,7	758,9	4,90	4,434
60	10	9,095	137,1	708,4	52,9	761,3	7,66	6,951
60	15	13,711	135,3	666,6	93,3	759,9	13,45	12,278
60	20	18,357	132,9	614,2	145,6	759,8	20,84	19,163
60	25	23,086	129,9	551,8	208,0	759,8	29,51	27,376
60	30	27,845	125,9	479,3	280,5	759,8	39,39	36,918
60	10	9,095	137,2	710,8	48,2	759,0	7,01	6,354
60	20	18,357	133,9	635,6	125,1	760,6	17,93	16,448
60	30	27,845	127,6	510,8	248,0	758,8	35,03	32,683
60	50	47,381	105,6	225,0	533,8	758,8	72,49	70,348
60	70	67,753	62,4	32,9	726,2	759,1	96,08	95,666
65	2	1,804	150,4	746,9	13,0	759,9	1,89	1,711
65	5	4,525	149,6	727,8	32,9	760,7	4,79	4,330
65	7	6,347	148,9	711,3	49,1	760,4	7,12	6,458
65	10	9,095	147,7	683,8	76,2	760,1	11,02	10,025
65	15	13,711	145,1	627,4	131,5	758,9	18,88	17,328
65	20	18,357	141,7	559,7	199,3	759,0	28,34	26,258
65	25	23,086	137,5	484,7	275,5	760,2	38,70	36,241
65	30	27,845	132,2	402,6	356,5	759,1	49,58	46,964
65	10	9,095	148,0	690,6	70,2	760,8	10,15	9,228
65	20	18,357	143,1	586,7	173,2	759,9	24,69	22,792
65	30	27,845	134,8	441,2	319,6	760,8	44,58	42,008
65	50	47,381	108,7	166,1	592,7	758,8	79,85	78,110
65	70	67,753	62,9	20,7	739,9	760,7	97,54	97,266
70	2	1,804	163,0	740,8	19,1	759,9	2,78	2,514
70	5	4,525	161,8	712,3	48,6	760,9	7,04	6,381
70	7	6,347	160,7	687,1	71,8	758,9	10,40	9,468
70	10	9,095	159,0	649,6	110,3	759,9	15,86	14,515
70	15	13,711	155,3	574,1	184,8	758,9	26,34	24,364
70	20	18,357	150,6	489,1	270,2	759,3	38,02	35,585
70	25	23,086	145,0	402,2	358,7	760,9	49,76	47,142
70	30	27,845	138,3	316,1	445,0	761,1	60,99	58,468
70	10	9,095	159,4	658,3	102,3	760,5	14,71	13,452
70	20	18,357	152,5	522,0	238,1	760,1	33,62	31,325
70	30 ^x	27,845	141,6	356,3	402,7	759,0	55,66	53,057
70	50	47,381	111,5	110,9	650,5	761,4	86,70	85,446
70	70	67,753	63,2	11,0	748,3	759,3	98,69	98,551

Vloeistoffase			Kook- temp. in °C	Gasfase				
gew % H ₂ SO ₄	gew % HF	mol % HF		pH ₂ O mm Hg	pHF mm Hg	p tot mm Hg	gew % HF	mol % HF
75	2	1,804	182,0	725,9	33,0	758,9	4,80	4,343
75	5	4,525	179,8	677,5	82,9	760,4	11,96	10,897
75	7	6,347	178,0	639,9	121,1	761,0	17,36	15,911
75	10	9,095	174,9	579,5	179,7	759,2	25,61	23,670
75	15	13,711	168,9	476,4	284,1	760,5	39,84	37,357
75	20	18,357	161,6	372,6	386,9	759,5	53,55	50,941
75	25	23,086	153,5	280,9	478,2	759,1	65,41	62,996
75	30	27,845	144,6	203,4	555,7	759,1	75,21	73,205
75	10	9,095	175,5	590,8	168,3	759,2	24,04	22,168
75	20	18,357	164,4	409,8	349,2	759,0	48,62	46,008
75	30 ^x	27,845	149,3	241,6	518,6	760,2	70,45	68,219
75	50	47,381	113,8	59,3	701,4	760,7	92,93	92,205
75	70	67,753	63,4	4,9	753,8	758,7	99,42	99,354
80	2	1,804	198,7	709,5	51,3	760,8	7,44	6,751
80	5	4,525	195,1	633,1	126,3	759,4	18,15	16,645
80	7	6,347	192,3	578,6	181,0	759,6	25,78	23,828
80	10	9,095	187,8	499,6	260,5	760,1	36,67	34,272
80	15	13,711	179,2	374,4	386,6	761,0	53,42	50,802
80	20	18,357	169,4	265,8	493,6	759,4	67,35	64,999
80	25	23,086	159,2	183,0	576,3	759,3	77,76	75,899
80	30	27,845	148,6	121,8	637,7	759,5	85,32	83,963
80	10	9,095	188,6	512,9	246,2	759,1	34,77	32,433
80	20	18,357	173,1	303,0	456,2	759,2	62,57	60,090
80	30 ^x	27,845	154,3	152,0	608,2	760,2	81,63	80,005
80	50	47,381	115,1	29,1	731,7	760,8	96,54	96,175
80	70	67,753	63,6	1,8	759,5	761,3	99,78	99,764
85	2	1,804	221,9	670,1	90,5	760,6	13,04	11,896
85	5	4,525	215,3	548,9	211,8	760,7	30,00	27,843
85	7	6,347	210,3	470,2	290,3	760,5	40,67	38,172
85	10	9,095	202,7	369,3	390,0	759,4	53,98	51,356
85	15	13,711	189,6	239,1	520,5	759,6	70,74	68,523
85	20	18,357	176,4	150,4	609,8	760,2	81,83	80,216
85	25	23,086	163,7	93,7	665,5	759,2	88,75	87,658
85	30	27,845	151,4	57,7	701,1	758,8	93,10	92,396
85	10	9,095	204,0	385,1	374,6	759,8	51,93	49,302
85	20	18,357	181,3	179,2	581,3	760,5	78,28	76,437
85	30	27,845	158,1	75,4	684,8	760,2	90,98	90,082
85	50	47,381	115,8	11,9	748,4	760,3	98,58	98,435
85	70	67,753	63,6	0,6	759,5	760,1	99,92	99,921

Vloeistoffase			Kook- temp. in °C	Gasfase				
gew % H ₂ SO ₄	gew % HF	mol % HF		pH ₂ O mm Hg	pHF mm Hg	p tot mm Hg	gew % HF	mol % HF
90	2	1,804	249,8	593,2	167,3	760,4	23,85	22,002
90	5	4,525	237,0	407,9	352,5	760,4	48,98	46,357
90	7	6,347	228,2	311,8	448,9	760,8	61,52	59,004
90	10	9,095	216,0	211,5	547,8	759,3	74,20	72,145
90	15	13,711	197,5	113,0	646,6	759,6	86,41	85,124
90	20	18,357	181,0	61,3	698,3	760,1	92,61	91,870
90	25	23,086	166,4	34,9	724,5	759,4	95,84	95,404
90	30	27,845	153,0	20,0	739,7	759,7	97,62	97,367
90	10	9,095	217,9	224,9	535,1	760,0	72,54	70,408
90	20	18,357	186,9	77,1	682,6	759,7	90,77	89,851
90	30	27,845	160,3	27,2	732,8	760,0	96,76	96,421
90	50	47,381	116,1	3,5	755,7	759,2	99,58	99,539
90	70	67,753	63,6	0,1	759,5	759,6	99,99	99,987
95	2	1,804	274,3	488,2	272,5	760,8	38,27	35,818
95	5	4,525	253,5	256,0	504,9	760,9	68,66	66,356
95	7	6,347	240,4	165,9	593,9	759,9	79,90	78,155
95	10	9,095	224,0	93,3	666,1	759,4	88,79	87,714
95	15	13,711	201,5	39,8	719,7	759,5	95,26	94,750
95	20	18,357	183,1	18,6	742,1	760,7	97,79	97,555
95	25	23,086	167,5	9,3	749,7	759,0	98,90	98,775
95	30	27,845	153,6	4,8	754,6	759,4	99,43	99,368
95	10	9,095	226,4	101,8	658,9	760,7	87,79	86,617
95	20	18,357	189,6	24,5	736,6	761,1	97,09	96,781
95	30	27,845	161,2	6,9	753,2	760,2	99,18	99,079
95	50	47,381	116,3	0,7	760,5	761,2	99,92	99,908
95	70	67,753	63,6	0,0	759,5	759,5	100	99,998

In het programma suonto (stcw) zijn de volgende formules opgenomen:

$$p_{HF} (t) = 10^{(c - d/t)} \quad \text{betrokken op HF - H}_2\text{O mengsels}$$

$$p_{H_2O} (t) = 10^{(a - b/t)} \quad \text{betrokken op H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O mengsels}$$

In tabel (2) staan de waarden van a, b, c en d vermeld.

Tabel (2)

gew % t.o.v. H ₂ O	H ₂ SO ₄ - H ₂ O		gew % t.o.v. H ₂ O	HF - H ₂ O	
	a	b		c	d
45	8,809	2322	10	8,043	2610
50	8,832	2357	20	8,496	2605
55	8,827	2400	30	8,632	2500
60	8,841	2458	50	8,324	2120
65	8,853	2533	70	8,314	1830
70	9,032	2688			
75	9,034	2810	2	6,9596	2477
80	9,293	3040	5	7,5276	2541
85	9,239	3175	7	7,7679	2565
90	9,255	3390	10	8,0166	2582
95	9,790	3888	15	8,3322	2599
			20	8,5926	2611
			25	8,8268	2623
			30	9,0469	2633

Tabel (3)

Berekeningen voor evenwichtslijnen in absorber

temp. in °C	gew. % H ₂ SO ₄	x _{acct}	y _{acct} * 10 ⁶	temp. in °C	gew. % H ₂ SO ₄	x _{acct}	y _{acct} * 10 ⁶
20	65	2.931	2128	35	85	0.961	112.1
20	70	2.333	949	35	90	0.605	23.32
20	75	1.815	366	35	95	0.287	1.93
20	80	1.361	108.8	40	65	2.931	7636
20	85	0.961	33.27	40	70	2.333	3672
20	90	0.605	6.37	40	75	1.815	1500
20	95	0.287	0.44	40	80	1.361	501
25	65	2.931	2975	40	85	0.961	163.9
25	70	2.333	1354	40	90	0.605	34.96
25	75	1.815	530	40	95	0.287	3.07
25	80	1.361	162.5	45	65	2.931	10262
25	85	0.961	50.56	45	70	2.333	5018
25	90	0.605	9.96	45	75	1.815	2078
25	95	0.287	0.73	45	80	1.361	712
30	65	2.931	4114	45	85	0.961	236.6
30	70	2.333	1909	45	90	0.605	51.74
30	75	1.815	758	45	95	0.287	4.82
30	80	1.361	239.5	50	65	2.931	13677
30	85	0.961	75.80	50	70	2.333	6794
30	90	0.605	15.35	50	75	1.815	2849
30	95	0.287	1.20	50	80	1.361	1002
35	65	2.931	5631	50	85	0.961	337.8
35	70	2.333	2661	50	90	0.605	75.66
35	75	1.815	1072	50	95	0.287	7.45
35	80	1.361	348.5				

Tabel 4

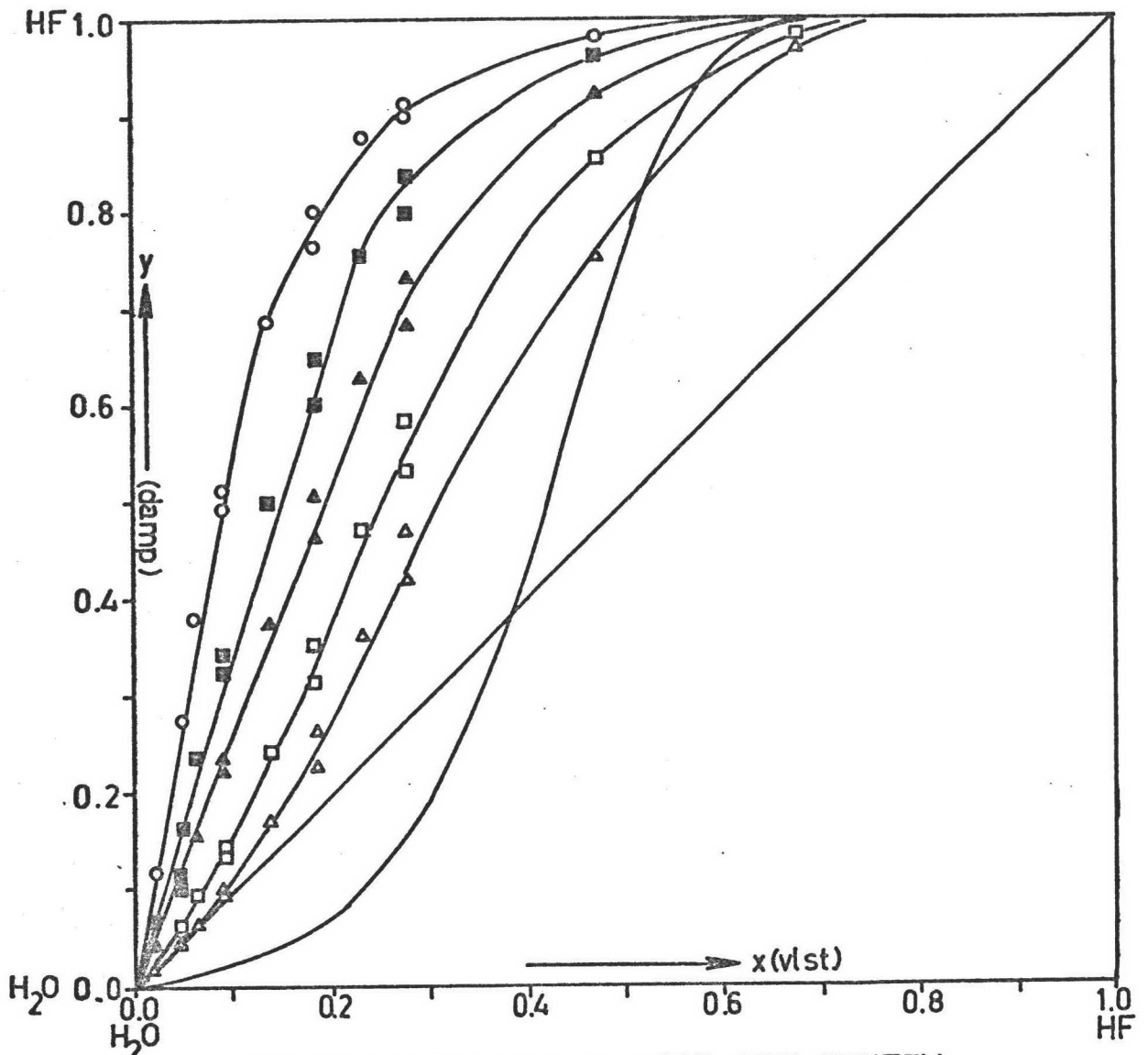
Waarden van de constanten a1, b1, a2 en b2 ,verkregen uit de polynoom-
benadering van de evenwichtslijn HF - H₂O met (approx) m.b.v. de be-
rekende punten t/m 30% HF in H₂O + HF.

$$y = f(x) = a1 + b1.x$$

$$x = f(y) = a2 + b2.y$$

conc. H ₂ SO ₄	a1	b1	stand dev. x 10 ⁶	Opm.
65%	-.03903576	1,69747779	613	inc.50%HF
70%	-.02914244	2,06893018	525	
75%	-.02648955	2,70564930	2167	
80%	.11099787	2,73490482	21643	
	a2	b2		
65%	.02462831	.58207150	210	inc.50% HF
70%	.01561301	.47715556	121	
75%	.00151752	.38074636	61	
80%	-.00937283	.31704208	107	

grafiek 1.



THIELE-MC-CABE-DIAGRAMMEN VOOR HET SYSTEEM

HF-H₂O IN AANWEZIGHEID VAN H₂SO₄

△ 65% H₂SO₄ t.o.v. H₂O + H₂SO₄

□ 70% H₂SO₄ t.o.v. H₂O + H₂SO₄

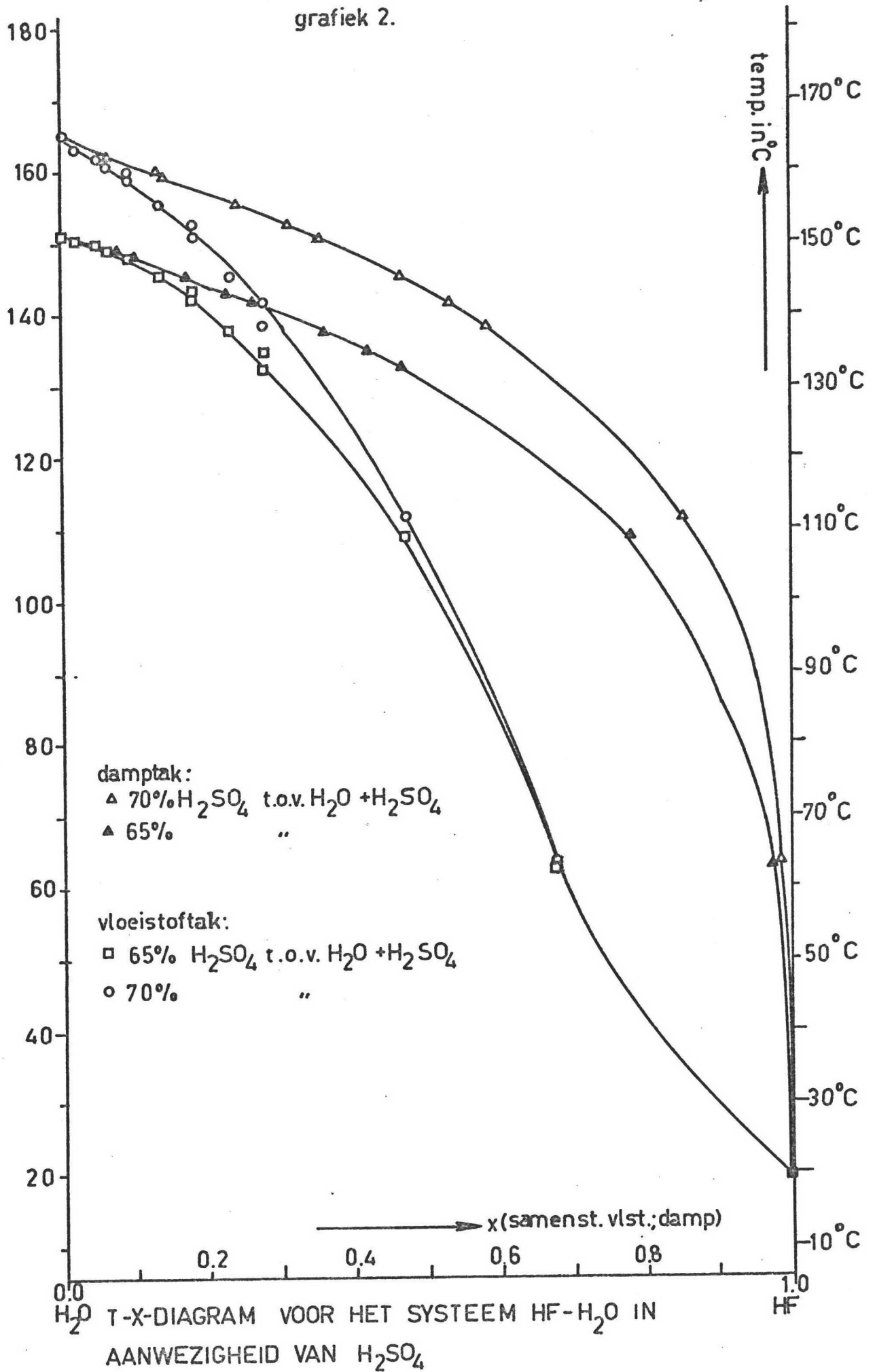
▲ 75% H₂SO₄ t.o.v. H₂O + H₂SO₄

■ 80% H₂SO₄ t.o.v. H₂O + H₂SO₄

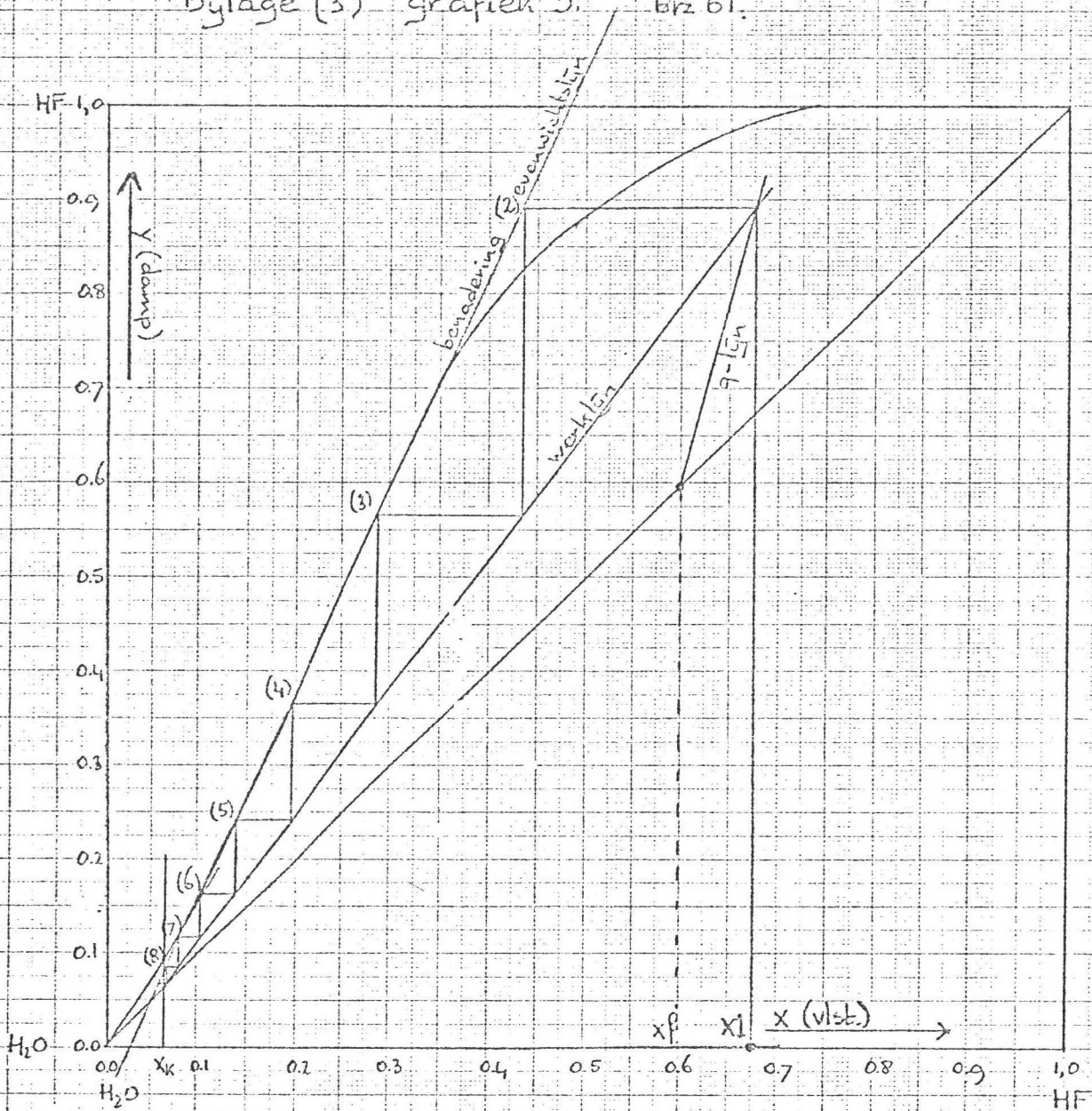
○ 85% H₂SO₄ t.o.v. H₂O + H₂SO₄

— zonder H₂SO₄

grafiek 2.



Bylage (3) grafiek 3. blz 61.



Illustratie van de werking van het progr. (stri...)

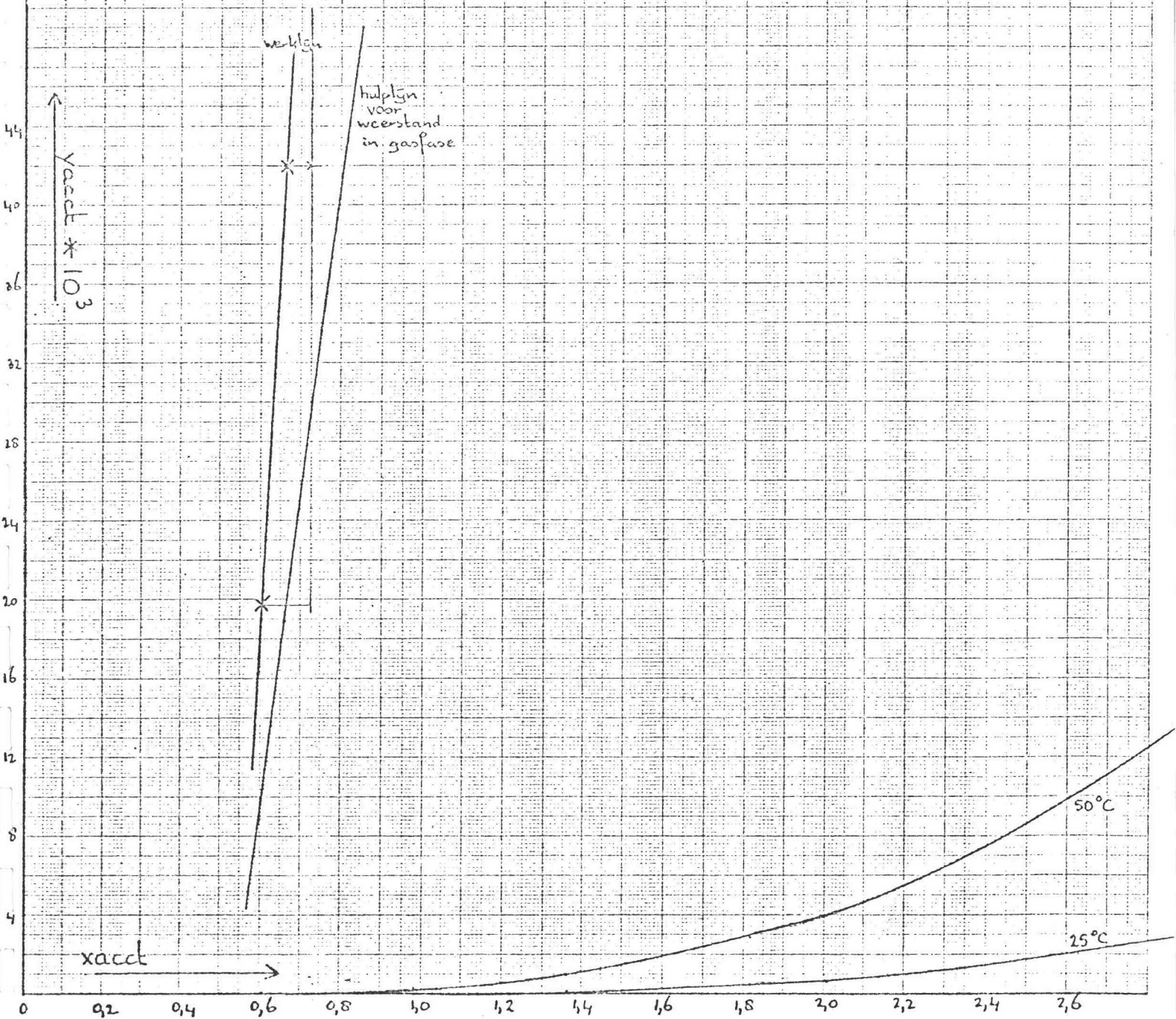
x_1 = samenstelling vloeistof op voedingschotel, startpunt van de werklijn en de q -lijn; startpunt van stripperberekening

In dit geval blijken er 8 theoretische schotels nodig te zijn.

Bijlage (3.)

Grafiek 4

Evenwichtslijnen voor absorber bij 25°C en 50°C
en toepassing grafische methode van Baker ter
bepaling van het aantal benodigde transporteenheden.



BIJLAGE 4

CPS Programma's + uitvoer

load(suonto)stcw

list

```

10.      ;
20.      DECLARE tekst CHAR(50);
30.      PUT LIST('kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K');
31.      PUT LIST('a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel, c en d het HF-H2O mengsel');
33.      SINIKA: GET LIST(a,b,c,d,tstart,tekst);
34.      PUT LIST(tekst);
35.      PUT LIST('TEMP(gr.C) pH2O(mm Hg) pHF(mm Hg) ptotaal(mm Hg) gew% HF');
50.      LET ph2o(t)=10**(a-b/t);
60.      LET phf(t)=10**(c-d/t);
70.      t=tstart-1;
80.      s2=0;
90.      loop1: t=t+1;
100.     v1=ph2o(t)+phf(t)-760;
110.     IF v1*s2<0 THEN GO TO loop2;
120.     s2=v1;
130.     GO TO loop1;
140.     loop2: DO f=t-1 TO t BY .1;
150.     s1=ph2o(f)+phf(f);
160.     prcthf=100*20.008/(20.008+ph2o(f)/phf(f)*18.016);
165.     temp=f-273.15;
170.     PUT IMAGE(temp,ph2o(f),phf(f),s1,prcthf)(im1);
175.     END ;
177.     GO TO SINIKA;
180.     im1: IMAGE;
-----
190.     ;

```

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
 a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel, c en d het HF-H2O mengsel

a
 8.832, 2357, 8.043, 2610, 350, '50%-ige H2SO4-opl. en 10%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
121.9	732.68	27.25	759.93	3.967
121.9	735.23	27.36	762.58	3.968
122.0	737.79	27.46	765.25	3.970
122.1	740.35	27.57	767.92	3.971
122.2	742.93	27.68	770.61	3.973
122.3	745.51	27.78	773.29	3.974
122.4	748.10	27.89	775.99	3.976
122.5	750.70	28.00	778.70	3.977
122.6	753.31	28.10	781.41	3.978
122.7	755.92	28.21	784.13	3.980
122.8	758.54	28.32	786.86	3.981

8.832, 2357, 8.496, 2605, 300, '50%-ige H2SO4-opl. en 20 %-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
119.9	683.19	73.71	756.90	10.699
119.9	685.60	73.99	759.59	10.703
120.0	688.01	74.28	762.29	10.706
120.1	690.43	74.57	765.00	10.710
120.2	692.86	74.86	767.71	10.713
120.3	695.29	75.15	770.44	10.717
120.4	697.73	75.44	773.17	10.721
120.5	700.18	75.73	775.91	10.724
120.6	702.63	76.03	778.66	10.728
120.7	705.10	76.32	781.42	10.731
120.8	707.57	76.62	784.18	10.735

8.832, 2357, 8.632, 2500, 350, '50%-ige H2SO4-opl. en 30 %-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
115.9	592.75	160.42	753.18	23.110
115.9	594.88	161.03	755.92	23.114
116.0	597.02	161.65	758.67	23.118
116.1	599.16	162.26	761.42	23.122
116.2	601.31	162.88	764.19	23.126
116.3	603.47	163.50	766.96	23.130
116.4	605.63	164.12	769.75	23.133
116.5	607.80	164.74	772.54	23.137
116.6	609.97	165.37	775.34	23.141
116.7	612.15	166.00	778.15	23.145
116.8	614.34	166.63	780.97	23.149

x_{eq}

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
 a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel, c en d het HF-H2O mengsel

a
 8.832, 2357, 8.324, 2120, 300, '50%-ige H2SO4-opl. en 50%ge HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
98.9	313.31	421.77	735.08	59.920
98.9	314.54	423.26	737.80	59.910
99.0	315.78	424.75	740.53	59.901
99.1	317.02	426.25	743.27	59.891
99.2	318.26	427.76	746.02	59.882
99.3	319.51	429.26	748.77	59.873
99.4	320.76	430.78	751.54	59.863
99.5	322.02	432.29	754.31	59.854
99.6	323.28	433.82	757.09	59.844
99.7	324.54	435.34	759.88	59.835
99.8	325.81	436.87	762.68	59.825

x_{eq}

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H₂SO₄-H₂O mengsel, c en d het HF-H₂O mengsel

a
8.832, 2357, 8,314, 1830, 300, '50%-ige H₂SO₄-opl. en 70%-ige HF-opl.'

50%-ige H₂SO₄-opl. en 70%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
60.9	59.58	683.85	743.43	92.725
60.9	59.87	686.43	746.31	92.718
61.0	60.16	689.03	749.19	92.711
61.1	60.46	691.63	752.09	92.703
61.2	60.75	694.24	754.99	92.696
61.3	61.05	696.86	757.91	92.689
→ 61.4	61.34	699.49	760.84	92.681 ←
61.5	61.64	702.13	763.77	92.674
61.6	61.94	704.77	766.72	92.667
61.7	62.24	707.43	769.67	92.659
61.8	62.54	710.09	772.63	92.652

8.827, 2400, 8,083, 2610, 400, '55%-ige H₂SO₄-opl. en 10%-ige HF-opl.'

55%-ige H₂SO₄-opl. en 10%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
128.9	719.20	35.52	754.72	5.200
128.9	721.66	35.65	757.32	5.201
129.0	724.13	35.78	759.92	5.203 ←
129.1	726.61	35.92	762.53	5.204
129.2	729.10	36.05	765.15	5.205
129.3	731.59	36.18	767.77	5.207
129.4	734.09	36.32	770.41	5.208
129.5	736.59	36.45	773.05	5.210
129.6	739.11	36.59	775.70	5.211
129.7	741.63	36.73	778.35	5.213
129.8	744.16	36.86	781.02	5.214

x_{eq}

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H₂SO₄-H₂O mengsel, c en d het HF-H₂O mengsel

a
8.827, 2400, 8,496, 2605, 350, '55%-ige H₂SO₄-opl. en 20%-ige HF-opl.'

55%-ige H₂SO₄-opl. en 20%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
125.9	648.58	92.72	741.30	13.701
125.9	650.83	93.07	743.90	13.705
126.0	653.09	93.42	746.52	13.708
126.1	655.36	93.77	749.14	13.712
126.2	657.64	94.13	751.76	13.715
126.3	659.92	94.48	754.40	13.719
→ 126.4	662.21	94.84	757.05	13.722 ←
126.5	664.50	95.19	759.70	13.726
126.6	666.80	95.55	762.36	13.729
126.7	669.11	95.91	765.02	13.733
126.8	671.43	96.27	767.70	13.736

8.827, 2400, 8,632, 2500, 350, '55%-ige H₂SO₄-opl. en 30%-ige HF-opl.'

55%-ige H₂SO₄-opl. en 30%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
120.9	544.04	193.56	737.60	28.322
120.9	545.98	194.28	740.26	28.325
121.0	547.92	195.00	742.93	28.328
121.1	549.88	195.73	745.60	28.331
121.2	551.83	196.45	748.29	28.334
121.3	553.80	197.18	750.98	28.337
121.4	555.77	197.91	753.68	28.340
121.5	557.74	198.64	756.38	28.343
→ 121.6	559.72	199.38	759.10	28.346 ←
121.7	561.71	200.12	761.83	28.349
121.8	563.70	200.86	764.56	28.352

x_{eq}

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H₂SO₄-H₂O mengsel, c en d het HF-H₂O mengsel

a
8.827, 2400, 8.324, 2120, 350, '55%-ige H₂SO₄-opl. en 50%-ige HF-opl.'
55%-ige H₂SO₄-opl. en 50%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
101.9	267.30	468.45	735.75	66.059
101.9	268.35	470.08	738.44	66.049
102.0	269.41	471.72	741.12	66.039
102.1	270.47	473.35	743.82	66.028
102.2	271.53	475.00	746.53	66.018
102.3	272.60	476.64	749.24	66.008
102.4	273.67	478.30	751.96	65.998
102.5	274.74	479.95	754.70	65.987
102.6	275.82	481.62	757.44	65.977
102.7	276.90	483.28	760.18	65.967 ←
102.8	277.98	484.96	762.94	65.957

x_{eq}

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H₂SO₄-H₂O mengsel, c en d het HF-H₂O mengsel

a
8.827, 2400, 8.314, 1830, 300, '55%-ige H₂SO₄-opl. en 70%-ige HF-opl.'
55%-ige H₂SO₄-opl. en 70%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
61.9	46.01	710.09	756.10	94.488
61.9	46.23	712.76	758.99	94.482 ←
62.0	46.46	715.44	761.90	94.475
62.1	46.69	718.13	764.82	94.469
62.2	46.92	720.82	767.74	94.463
62.3	47.15	723.53	770.68	94.457
62.4	47.38	726.24	773.62	94.451
62.5	47.62	728.96	776.58	94.445
62.6	47.85	731.69	779.54	94.439
62.7	48.09	734.43	782.52	94.433
62.8	48.32	737.18	785.50	94.427

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H₂SO₄-H₂O mengsel, c en d het HF-H₂O mengsel

a
8.841, 2458, 8.043, 2610, 350, '60%-ige H₂SO₄-opl. en 10%-ige HF-opl.'
60%-ige H₂SO₄-opl. en 10%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
136.8	701.26	47.55	748.81	7.003
136.9	703.62	47.72	751.34	7.004
137.0	705.99	47.89	753.88	7.006
137.1	708.37	48.06	756.43	7.007
137.2	710.76	48.23	758.99	7.008 ←
137.3	713.15	48.41	761.56	7.010
137.4	715.55	48.58	764.13	7.011
137.5	717.95	48.75	766.71	7.012
137.6	720.37	48.93	769.29	7.014
137.7	722.79	49.10	771.89	7.015
137.8	725.21	49.28	774.49	7.017

8.841, 2458, 8.496, 2605, 850, '60%-ige H₂SO₄-opl. en 20%-ige HF-opl.'
60%-ige H₂SO₄-opl. en 20%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
133.9	633.41	124.60	758.01	17.929
133.9	635.58	125.05	760.63	17.932 ←
134.0	637.76	125.50	763.26	17.935
134.1	639.94	125.96	765.89	17.938
134.2	642.12	126.41	768.54	17.941
134.3	644.31	126.87	771.19	17.944
134.4	646.51	127.33	773.84	17.947
134.5	648.72	127.79	776.51	17.950
134.6	650.93	128.25	779.18	17.953
134.7	653.15	128.72	781.87	17.956
134.8	655.38	129.18	784.56	17.959

xex

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel, c en d het HF-H2O mengsel

a
8.841,2458,8.632,2500,350,'60%-ige H2SO4-opl. en 30%-ige HF-opl.'
60%-ige H2SO4-opl. en 30%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
126.9	496.59	240.99	737.58	35.020
126.9	498.35	241.86	740.21	35.022
127.0	500.12	242.73	742.85	35.023
127.1	501.89	243.60	745.49	35.025
127.2	503.66	244.48	748.14	35.026
127.3	505.44	245.36	750.80	35.027
127.4	507.23	246.24	753.47	35.029
127.5	509.02	247.13	756.15	35.030
127.6	510.82	248.01	758.83	35.031 ←
127.7	512.62	248.90	761.52	35.033
127.8	514.43	249.80	764.22	35.034

a
8.841,2458,8.3242120,350,'60%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl.'

** 33. MISSING OR CONFLICTING ATTRIBUTES.

xex

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel, c en d het HF-H2O mengsel

a
8.841,2458,8.324,2120,350,'60%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl.'
60%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
104.8	217.95	519.44	737.39	72.579
104.9	218.81	521.22	740.03	72.568
105.0	219.68	523.00	742.68	72.557
105.1	220.55	524.79	745.34	72.546
105.2	221.43	526.58	748.00	72.536
105.3	222.30	528.38	750.68	72.525
105.4	223.18	530.18	753.36	72.514
105.5	224.07	531.99	756.05	72.503
105.6	224.95	533.80	758.75	72.492 ←
105.7	225.84	535.62	761.46	72.481
105.8	226.73	537.44	764.17	72.471

60%-ige H2SO4-opl. en 70%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
61.9	31.89	710.09	741.98	96.113
61.9	32.05	712.76	744.81	96.103
62.0	32.22	715.44	747.65	96.103
62.1	32.38	718.13	750.50	96.099
62.2	32.54	720.82	753.36	96.094
62.3	32.71	723.53	756.23	96.089
62.4	32.87	726.24	759.11	96.084 ←
62.5	33.04	728.96	762.00	96.079
62.6	33.20	731.69	764.89	96.074
62.7	33.37	734.43	767.80	96.070
62.8	33.54	737.18	770.71	96.065

8.853,2533,8.043,2610,400,'65%-ige H2SO4-opl. en 10%-ige HF-opl.'
65%-ige H2SO4-opl. en 10%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
147.9	686.08	69.74	755.82	10.144
147.9	688.34	69.98	758.31	10.145
148.0	690.61	70.21	760.82	10.146 ←
148.1	692.88	70.45	763.33	10.146
148.2	695.16	70.69	765.85	10.147
148.3	697.45	70.93	768.38	10.148
148.4	699.74	71.17	770.91	10.149
148.5	702.04	71.41	773.45	10.150
148.6	704.34	71.65	776.00	10.151
148.7	706.66	71.90	778.55	10.152
148.8	708.97	72.14	781.11	10.153

x_{eq}

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H₂SO₄-H₂O mengsel, c en d het HF-H₂O mengsel

a

8.853, 2533, 8.496, 2605, 400, '65%-ige H₂SO₄-opl. en 20%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
142.9	580.84	171.39	752.23	24.681
142.9	582.80	171.98	754.79	24.683
143.0	584.77	172.58	757.35	24.685
143.1	586.74	173.18	759.92	24.687
143.2	588.72	173.78	762.50	24.689
143.3	590.70	174.38	765.08	24.690
143.4	592.69	174.98	767.67	24.692
143.5	594.68	175.59	770.27	24.694
143.6	596.68	176.20	772.88	24.696
143.7	598.69	176.81	775.50	24.697
143.8	600.70	177.42	778.12	24.699

x_{eq}

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H₂SO₄-H₂O mengsel, c en d het HF-H₂O mengsel

a

8.853, 2533, 8.632, 2500, 350, '65%-ige H₂SO₄-opl. en 30%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
133.9	426.00	308.67	734.67	44.589
133.9	427.51	309.74	737.25	44.588
134.0	429.01	310.82	739.83	44.586
134.1	430.52	311.90	742.43	44.585
134.2	432.04	312.99	745.03	44.584
134.3	433.56	314.07	747.63	44.583
134.4	435.08	315.16	750.25	44.582
134.5	436.61	316.26	752.87	44.581
134.6	438.15	317.35	755.50	44.580
134.7	439.69	318.45	758.14	44.579
134.8	441.23	319.56	760.79	44.577

x_{eq}

8.853, 2533, 8.324, 2120, 350, '65%-ige H₂SO₄-opl. en 50%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
107.8	160.22	575.04	735.25	79.944
107.9	160.86	576.97	737.83	79.933
108.0	161.51	578.92	740.42	79.923
108.1	162.16	580.86	743.02	79.912
108.2	162.81	582.82	745.62	79.902
108.3	163.46	584.77	748.24	79.891
108.4	164.12	586.74	750.86	79.881
108.5	164.78	588.71	753.49	79.870
108.6	165.44	590.68	756.12	79.860
108.7	166.10	592.66	758.77	79.849
108.8	166.77	594.65	761.42	79.839

8.853, 2533, 8.314, 1830, 300, '65%-ige H₂SO₄-opl. en 70%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
62.9	20.62	737.18	757.80	97.543
62.9	20.73	739.93	760.66	97.540
63.0	20.84	742.70	763.53	97.536
63.1	20.94	745.47	766.41	97.533
63.2	21.05	748.25	769.30	97.529
63.3	21.16	751.04	772.20	97.526
63.4	21.27	753.84	775.11	97.522
63.5	21.38	756.65	778.03	97.519
63.6	21.49	759.47	780.95	97.516
63.7	21.60	762.29	783.89	97.512
63.8	21.71	765.13	786.84	97.509

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur
a en b betreffen het H₂SO₄-H₂O mengsel, c en d het HF-H₂O mengsel

a
9.032, 2688, 8.043, 2610, 150, '70%-ige H₂SO₄-opl. en 10%-ige HF-opl.'
70%-ige H₂SO₄-opl. en 10%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
158.8	645.32	100.31	745.63	14.721
158.9	647.47	100.63	748.10	14.720
159.0	649.62	100.96	750.57	14.719
159.1	651.77	101.28	753.05	14.718
159.2	653.93	101.61	755.54	14.716
159.3	656.10	101.93	758.04	14.715
159.4	658.28	102.26	760.54	14.714 ←
159.5	660.46	102.59	763.05	14.713
159.6	662.64	102.92	765.56	14.712
159.7	664.83	103.25	768.09	14.710
159.8	667.03	103.58	770.62	14.709

x_{eq}

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur
a en b betreffen het H₂SO₄-H₂O mengsel, c en d het HF-H₂O mengsel

a
9.032, 2688, 8.496, 2605, 140, '70%-ige H₂SO₄-opl. en 20%-ige HF-opl.'
70%-ige H₂SO₄-opl. en 20%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
151.8	509.68	232.59	742.26	33.634
151.9	511.42	233.36	744.79	33.632
152.0	513.18	234.14	747.32	33.630
152.1	514.94	234.92	749.85	33.627
152.2	516.70	235.70	752.40	33.625
152.3	518.47	236.48	754.95	33.623
152.4	520.25	237.26	757.51	33.620
152.5	522.03	238.05	760.08	33.618 ←
152.6	523.81	238.84	762.65	33.615
152.7	525.60	239.63	765.23	33.613
152.8	527.40	240.42	767.82	33.611

a

9.032, 2688, 8.632, 2500, 140, '70%-ige H₂SO₄-opl. en 30%-ige HF-opl.'
70%-ige H₂SO₄-opl. en 30%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
140.9	346.14	392.06	738.20	55.711
140.9	347.39	393.38	740.77	55.705
141.0	348.64	394.70	743.34	55.699
141.1	349.90	396.03	745.93	55.693
141.2	351.17	397.36	748.52	55.686
141.3	352.43	398.69	751.13	55.680
141.4	353.71	400.03	753.74	55.674
141.5	354.98	401.37	756.35	55.668
141.6	356.26	402.72	758.98	55.662 ←
141.7	357.54	404.07	761.61	55.655
141.8	358.83	405.42	764.25	55.649

9.032, 2688, 8.324, 2120, 350, '70%-ige H₂SO₄-opl. en 50%-ige HF-opl.'
70%-ige H₂SO₄-opl. en 50%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
110.8	107.65	635.57	743.22	86.767
110.9	108.10	637.68	745.78	86.757
111.0	108.55	639.79	748.35	86.747
111.1	109.01	641.91	750.92	86.737
111.2	109.47	644.04	753.51	86.727
111.3	109.93	646.17	756.10	86.716
111.4	110.39	648.31	758.69	86.706
111.5	110.85	650.45	761.30	86.696 ←
111.6	111.31	652.60	763.91	86.686
111.7	111.78	654.75	766.53	86.676
111.8	112.25	656.91	769.16	86.666

xeq

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel, c en d het HF-H2O mengsel

a
9.032, 2688, 8.314, 1830, 300, '70%-ige H2SO4-opl. en 70%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
62.9	10.76	737.18	747.94	98.702
62.9	10.82	739.93	750.76	98.700
63.0	10.88	742.70	753.58	98.698
63.1	10.94	745.47	756.41	98.695
63.2	11.00	748.25	759.25	98.693
63.3	11.06	751.04	762.11	98.691
63.4	11.12	753.84	764.97	98.689
63.5	11.18	756.65	767.83	98.686
63.6	11.25	759.47	770.71	98.684
63.7	11.31	762.29	773.60	98.682
63.8	11.37	765.13	776.50	98.680

9.034, 2810, 8.043, 2610, 400, '75%-ige H2SO4-opl. en 10%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
174.9	577.67	164.86	742.53	24.066
174.9	579.53	165.35	744.88	24.062
175.0	581.40	165.85	747.25	24.058
175.1	583.28	166.34	749.62	24.054
175.2	585.16	166.84	752.00	24.050
175.3	587.04	167.34	754.39	24.045
175.4	588.94	167.84	756.78	24.041
175.5	590.83	168.34	759.18	24.037
175.6	592.73	168.85	761.58	24.033
175.7	594.64	169.35	763.99	24.029
175.8	596.55	169.86	766.41	24.024

xeq

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel, c en d het HF-H2O mengsel

a
9.034, 2810, 8.096, 2605, 400, '75%-ige H2SO4-opl. en 20%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
163.9	401.60	342.69	744.29	48.656
163.9	402.96	343.77	746.73	48.650
164.0	404.33	344.85	749.18	48.644
164.1	405.70	345.93	751.63	48.638
164.2	407.08	347.02	754.09	48.632
164.3	408.45	348.11	756.56	48.626
164.4	409.84	349.20	759.04	48.619
164.5	411.22	350.30	761.52	48.613
164.6	412.61	351.39	764.01	48.607
164.7	414.01	352.50	766.50	48.601
164.8	415.41	353.60	769.01	48.595

9.034, 2810, 8.632, 2500, 400, '75%-ige H2SO4-opl. en 30%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
148.9	237.26	510.30	747.57	70.489
148.9	238.13	511.96	750.08	70.481
149.0	238.99	513.61	752.61	70.473
149.1	239.86	515.27	755.14	70.464
149.2	240.73	516.94	757.67	70.456
149.3	241.61	518.61	760.22	70.448
149.4	242.49	520.28	762.77	70.439
149.5	243.37	521.96	765.33	70.431
149.6	244.25	523.65	767.90	70.423
149.7	245.13	525.34	770.47	70.414
149.8	246.02	527.03	773.05	70.406

9.034, 2810, 8.324, 2120, 350, '75%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl.'

75%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
112.9	56.78	678.85	735.63	92.996
112.9	57.03	681.07	738.10	92.989
113.0	57.28	683.31	740.58	92.982
113.1	57.53	685.55	743.07	92.975
113.2	57.78	687.79	745.57	92.968
113.3	58.03	690.04	748.07	92.961
113.4	58.28	692.30	750.58	92.954
113.5	58.53	694.57	753.10	92.947
113.6	58.78	696.84	755.62	92.940
113.7	59.04	699.11	758.15	92.933
113.8	59.30	701.40	760.69	92.926

x_{eq}

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. f
a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel, c en d het HF-H2O mengsel

a

9.034, 2810, 8.314, 1830, 300, '75%-ige H2SO4-opl. en 70%-ige HF-opl.'

75%-ige H2SO4-opl. en 70%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
62.9	4.69	737.18	741.86	99.431
62.9	4.71	739.93	744.65	99.430
63.0	4.74	742.70	747.44	99.428
63.1	4.77	745.47	750.24	99.427
63.2	4.80	748.25	753.05	99.426
63.3	4.82	751.04	755.87	99.425
63.4	4.85	753.84	758.69	99.424
63.5	4.88	756.65	761.53	99.423
63.6	4.91	759.47	764.37	99.422
63.7	4.93	762.29	767.23	99.420
63.8	4.96	765.13	770.09	99.419

9.293, 3040, 8.043, 2610, 400, '80%-ige H2SO4-opl. en 10%-ige HF-opl.'

80%-ige H2SO4-opl. en 10%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
187.9	499.62	240.65	740.28	34.851
187.9	501.27	241.34	742.60	34.840
188.0	502.92	242.02	744.94	34.829
188.1	504.58	242.70	747.28	34.819
188.2	506.24	243.39	749.63	34.808
188.3	507.91	244.08	751.99	34.798
188.4	509.58	244.77	754.35	34.787
188.5	511.26	245.46	756.71	34.777
188.6	512.94	246.15	759.09	34.766
188.7	514.62	246.85	761.47	34.756
188.8	516.31	247.54	763.86	34.745

x_{eq}

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel, c en d het HF-H2O mengsel

a

9.293, 3040, 8.496, 2605, 400, '80%-ige H2SO4-opl. en 20%-ige HF-opl.'

80%-ige H2SO4-opl. en 20%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
172.9	299.82	452.06	751.87	62.610
172.9	300.87	453.42	754.30	62.598
173.0	301.93	454.79	756.72	62.586
173.1	303.00	456.16	759.16	62.574
173.2	304.06	457.54	761.60	62.563
173.3	305.13	458.92	764.05	62.551
173.4	306.21	460.30	766.50	62.539
173.5	307.28	461.68	768.97	62.527
173.6	308.36	463.07	771.44	62.515
173.7	309.44	464.47	773.91	62.504
173.8	310.53	465.86	776.40	62.492

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel, c en d het HF-H2O mengsel

a
9.293,3040,8.632,2500,400,'80%-ige H2SO4-opl. en 30%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
153.8	149.13	598.69	747.81	81.680
153.9	149.70	600.58	750.28	81.670
154.0	150.28	602.48	752.75	81.659
154.1	150.86	604.38	755.23	81.649
154.2	151.43	606.29	757.72	81.639
154.3	152.02	608.20	760.22	81.629
154.4	152.60	610.12	762.72	81.619
154.5	153.18	612.04	765.23	81.608
154.6	153.77	613.97	767.74	81.598
154.7	154.36	615.90	770.27	81.588
154.8	154.95	617.84	772.80	81.578

9.293,3040,8.324,2120,350,'80%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
114.9	28.70	724.57	753.28	96.556
114.9	28.84	726.93	755.76	96.551
115.0	28.97	729.29	758.26	96.546
115.1	29.11	731.65	760.76	96.542
115.2	29.24	734.02	763.27	96.537
115.3	29.38	736.40	765.78	96.532
115.4	29.52	738.79	768.30	96.528
115.5	29.65	741.18	770.83	96.523
115.6	29.79	743.58	773.37	96.518
115.7	29.93	745.98	775.91	96.513
115.8	30.07	748.39	778.46	96.509

xeq

kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur, tstart in gr. K
a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel, c en d het HF-H2O mengsel

a
9.293,3040,8.314,1830,300,'80%-ige H2SO4-opl en 70%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
62.9	1.76	737.18	738.94	99.786
62.9	1.77	739.93	741.70	99.785
63.0	1.78	742.70	744.48	99.784
63.1	1.79	745.47	747.26	99.784
63.2	1.80	748.25	750.06	99.783
63.3	1.81	751.04	752.86	99.783
63.4	1.83	753.84	755.67	99.782
63.5	1.84	756.65	758.49	99.782
63.6	1.85	759.47	761.31	99.781
63.7	1.86	762.29	764.15	99.781
63.8	1.87	765.13	767.00	99.780

9.239,3175,8.045,2610,400,'85%-ige H2SO4-opl. EN 10%-ige HF-opl.'

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
203.8	382.66	372.65	755.31	51.958
203.9	383.89	373.64	757.53	51.944
204.0	385.13	374.62	759.75	51.929
204.1	386.37	375.61	761.96	51.915
204.2	387.61	376.61	764.21	51.901
204.3	388.85	377.60	766.45	51.887
204.4	390.10	378.60	768.70	51.872
204.5	391.35	379.59	770.95	51.858
204.6	392.61	380.60	773.20	51.844
204.7	393.87	381.60	775.47	51.830
204.8	395.13	382.60	777.73	51.816

9.239, 3175, 8.496, 2605, 360, '85%-ige H2SO4-opl. en 20%-ige HF-opl.
 35%-ige H2SO4-opl. en 20%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
180.9	176.04	572.95	748.99	78.329
180.9	176.66	574.62	751.28	78.319
181.0	177.29	576.29	753.58	78.308
181.1	177.32	577.07	755.89	78.297
181.2	178.55	579.65	758.20	78.286
181.3	179.18	581.34	760.52	78.275 ←
181.4	179.82	583.03	762.85	78.264
181.5	180.46	584.72	765.18	78.254
181.6	181.10	586.42	767.51	78.243
181.7	181.74	588.12	769.86	78.232
181.8	182.38	589.83	772.21	78.221

9.239, 3175, 8.632, 2500, 400, '85%-ige H2SO4-opl. en 30%-ige HF-opl.
 85%-ige H2SO4-opl. en 30%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
157.8	74.54	678.48	753.02	90.998
157.9	74.84	680.58	755.42	90.991
158.0	75.13	682.69	757.83	90.984
158.1	75.43	684.81	760.24	90.977 ←
158.2	75.73	686.93	762.66	90.970
158.3	76.02	689.06	765.08	90.963
158.4	76.32	691.19	767.52	90.956
158.5	76.62	693.33	769.95	90.950
158.6	76.92	695.48	772.40	90.943
158.7	77.23	697.63	774.85	90.936
158.8	77.53	699.78	777.31	90.929

a
 9.239, 3175, 8.324, 2120, 350, '85%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl.
 85%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl. 50% H2SO4

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
114.9	11.38	724.57	735.95	98.606
114.9	11.43	726.93	738.36	98.604
115.0	11.49	729.29	740.77	98.601
115.1	11.54	731.65	743.19	98.599
115.2	11.60	734.02	745.62	98.597
115.3	11.66	736.40	748.06	98.595
115.4	11.71	738.79	750.50	98.593
115.5	11.77	741.18	752.95	98.590
115.6	11.83	743.58	755.40	98.588
115.7	11.88	745.98	757.86	98.586
115.8	11.94	748.39	760.33	98.584 ←

a
 9.239, 3175, 8.314, 1830, 300, '85%-ige H2SO4-opl. en 70 %-ige HF-opl.
 85%-ige H2SO4-opl. en 70 %-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
62.9	0.62	737.18	737.79	99.925
62.9	0.62	739.93	740.55	99.925
63.0	0.62	742.70	743.32	99.924
63.1	0.63	745.47	746.10	99.924
63.2	0.63	748.25	748.88	99.924
63.3	0.64	751.04	751.68	99.924
63.4	0.64	753.84	754.48	99.924
63.5	0.64	756.65	757.29	99.923
63.6	0.65	759.47	760.11	99.923 ←
63.7	0.65	762.29	762.94	99.923
63.8	0.66	765.13	765.78	99.923

9.255,3390,8.406,2605,400,'90%-ige H2SO4-opl. en 20%-ige HF-opl.
90%-ige H2SO4-opl. en 20%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
186.8	76.81	680.70	757.51	90.776
186.9	77.10	682.63	759.73	90.769
187.0	77.38	684.57	761.95	90.762
187.1	77.67	686.51	764.18	90.755
187.2	77.95	688.46	766.41	90.748
187.3	78.24	690.41	768.65	90.741
187.4	78.53	692.36	770.89	90.733
187.5	78.82	694.32	773.14	90.726
187.6	79.11	696.29	775.40	90.719
187.7	79.40	698.26	777.66	90.712
187.8	79.69	700.23	779.92	90.705

a

9.255,3390,8.043,2610,400,'90%-ige H2SO4-opl. En 10%-ige HF-opl.
90%-ige H2SO4-opl. en 10%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
217.9	224.25	533.73	757.97	72.552
217.9	224.97	535.06	760.03	72.537
218.0	225.70	536.39	762.09	72.522
218.1	226.43	537.73	764.16	72.508
218.2	227.17	539.07	766.24	72.493
218.3	227.90	540.41	768.31	72.478
218.4	228.64	541.76	770.40	72.463
218.5	229.38	543.11	772.49	72.448
218.6	230.12	544.46	774.58	72.433
218.7	230.86	545.81	776.68	72.419
218.8	231.61	547.17	778.78	72.404

a

9.255,3390,8.632,2500,400,'90%-ige H2SO4-opl. en 30%-ige HF-opl.
90%-ige H2SO4-opl. en 30%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
159.8	26.66	721.65	748.31	96.780
159.9	26.77	723.87	750.64	96.777
160.0	26.89	726.10	752.98	96.773
160.1	27.00	728.33	755.32	96.770
160.2	27.11	730.56	757.67	96.767
160.3	27.22	732.80	760.03	96.763
160.4	27.34	735.05	762.39	96.760
160.5	27.45	737.30	764.75	96.756
160.6	27.56	739.56	767.13	96.753
160.7	27.68	741.83	769.51	96.750
160.8	27.79	744.10	771.89	96.746

9.255,3390,8.324,2120,350,'90%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl.
90%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH20(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
115.9	3.47	748.39	751.86	99.584
115.9	3.49	750.81	754.30	99.583
116.0	3.51	753.23	756.74	99.583
116.1	3.52	755.66	759.19	99.582
116.2	3.54	758.10	761.64	99.581
116.3	3.56	760.54	764.10	99.580
116.4	3.58	762.99	766.57	99.579
116.5	3.60	765.45	769.05	99.579
116.6	3.62	767.92	771.53	99.578
116.7	3.63	770.39	774.02	99.577
116.8	3.65	772.86	776.52	99.576

9.255,3390,8.314,1830,300,'90%-ige H2SO4-opl. en 70%-ige HF-opl.
90%-ige H2SO4-opl. en 70%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
62.9	0.15	737.18	737.32	99.982
62.9	0.15	739.93	740.08	99.982
63.0	0.15	742.70	742.85	99.982
63.1	0.15	745.47	745.62	99.982
63.2	0.15	748.25	748.40	99.982
63.3	0.15	751.04	751.19	99.982
63.4	0.15	753.84	753.99	99.982
63.5	0.15	756.65	756.80	99.982
→ 63.6	0.15	759.47	759.62	99.982 ←
63.7	0.16	762.29	762.45	99.982
63.8	0.16	765.13	765.28	99.982

a
9.790,3888,8.043,2610,400,'95%-ige H2SO4-opl. en 10%-ige HF-opl.
95%-ige H2SO4-opl. en 10%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
225.9	99.64	649.44	749.08	87.862
225.9	99.99	651.01	751.00	87.850
226.0	100.35	652.58	752.94	87.837
226.1	100.72	654.16	754.87	87.824
226.2	101.08	655.74	756.81	87.812
226.3	101.44	657.32	758.76	87.799
226.4	101.81	658.90	760.71	87.787 ←
226.5	102.17	660.49	762.66	87.774
226.6	102.54	662.08	764.62	87.761
226.7	102.91	663.68	766.58	87.749
226.8	103.28	665.27	768.55	87.736

a
9.790,3888,8.496,2605,400,'95%-ige H2SO4-opl. en 20%-ige HF-opl.
95%-ige H2SO4-opl. en 20%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
188.9	23.68	720.23	743.91	97.124
188.9	23.78	722.26	746.04	97.121
189.0	23.88	724.29	748.17	97.117
189.1	23.98	726.32	750.31	97.113
189.2	24.08	728.37	752.45	97.109
189.3	24.18	730.41	754.59	97.105
189.4	24.28	732.46	756.75	97.101
189.5	24.39	734.52	758.90	97.097
189.6	24.49	736.58	761.07	97.093 ←
189.7	24.59	738.64	763.23	97.089
189.8	24.69	740.71	765.41	97.086

a
9.790,3888,8.632,2500,400,'95%-ige H2SO4-opl. en 30%-ige HF-opl.
95%-ige H2SO4-opl. en 30%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
160.8	6.78	744.10	750.88	99.186
160.9	6.82	746.38	753.19	99.184
161.0	6.85	748.66	755.51	99.183
161.1	6.88	750.95	757.83	99.182
161.2	6.91	753.24	760.16	99.180 ←
161.3	6.95	755.54	762.49	99.179
161.4	6.98	757.85	764.83	99.178
161.5	7.01	760.16	767.18	99.176
161.6	7.05	762.48	769.53	99.175
161.7	7.08	764.81	771.89	99.173
161.8	7.11	767.14	774.25	99.172

9.790,3888,8.324,2120,350,'95%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl.'
95%-ige H2SO4-opl. en 50%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
115.9	0.62	748.39	749.01	99.925
115.9	0.63	750.81	751.44	99.925
116.0	0.63	753.23	753.86	99.925
116.1	0.64	755.66	756.30	99.924
116.2	0.64	758.10	758.74	99.924
116.3	0.64	760.54	761.19	99.924
116.4	0.65	762.99	763.64	99.924
116.5	0.65	765.45	766.10	99.924
116.6	0.65	767.92	768.57	99.923
116.7	0.66	770.39	771.04	99.923
116.8	0.66	772.86	773.52	99.923

a

9.790,3888,8.314,1830,300,'95%-ige H2SO4-opl. EN70 %ige HF-opl.'
95%-ige H2SO4-opl. EN70%-ige HF-opl.

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
62.9	0.02	737.18	737.19	99.998
62.9	0.02	739.93	739.95	99.998
63.0	0.02	742.70	742.71	99.998
63.1	0.02	745.47	745.49	99.998
63.2	0.02	748.25	748.27	99.998
63.3	0.02	751.04	751.06	99.998
63.4	0.02	753.84	753.86	99.998
63.5	0.02	756.65	756.67	99.998
63.6	0.02	759.47	759.48	99.998
63.7	0.02	762.29	762.31	99.998
63.8	0.02	765.13	765.14	99.998

''SIN''

```
list
10.      DECLARE a(11),b(11),c(6),d(5);
20.      DECLARE tekst CHAR(50);
30.      PUT LIST('kies tstart altijd lager dan werkelijke kooktemperatuur,tstart in gr. K');
31.      PUT LIST('a en b betreffen het H2SO4-H2O mengsel,c en d het HF-H2O mengsel');
32.      GET LIST(a,b);
33.      GET LIST(c,d);
34.      GET LIST(tstart);
35.      DO j=1 TO 11 BY 1;
36.      PUT LIST('a=',a(j),'b=',b(j));
37.      l=5*j+40;
38.      PUT LIST(' gew % H2SO4 =',l);
39.      LET ph2o(t)=10**((a(j)-b(j))/t);
55.      DO i=1 TO 6 BY 1;
57.      PUT LIST('c=',c(i),'d=',d(i));
60.      LET phf(t)=10**((c(i)-d(i))/t);
64.      k=i*5;
65.      PUT LIST(' gew % HF =',k);
69.      PUT LIST('TEMP(gr.C) pH2O(mm Hg) pHF(mm Hg) ptotaal(mm Hg) gew% HF');
70.      t=tstart-1;
80.      s2=0;
90.      loop1: t=t+1;
100.      v1=ph2o(t)+phf(t)-760;
110.      IF v1*s2<0 THEN GO TO loop2;
120.      s2=v1;
130.      GO TO loop1;
140.      loop2: DO f=t-1 TO t BY .1;
150.      s1=ph2o(f)+phf(f);
160.      prcthf=100*20.008/(20.008+ph2o(f)/phf(f)+18.016);
165.      temp=f-273.15;
170.      PUT IMAGE(temp,ph2o(f),phf(f),s1,prcthf)(im1);
175.      END ;
177.      END ;
178.      END ;
180.      im1: IMAGE;
-----
190.      ;
==*Om 21.30 uur gaat het cbs er uit;
```

Uitvoer "sin" voor 5% t/m 30% (gew.) HF in H₂O + HF voor 45% t/m 95%
(gew) aan H₂SO₄ in het mengsel.

a = 8.809 b = 2322

gew % H₂SO₄ = 45

c = 7.5276 d = 2541

gew % HF = 5

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
117.9	741.96	10.69	752.65	1.575
117.9	744.56	10.73	755.29	1.575
118.0	747.17	10.77	757.94	1.576
118.1	749.78	10.81	760.59	1.576
118.2	752.40	10.85	763.25	1.577
118.3	755.03	10.89	765.93	1.577
118.4	757.67	10.94	768.61	1.578
118.5	760.32	10.98	771.29	1.578
118.6	762.97	11.02	773.99	1.579
118.7	765.63	11.06	776.69	1.579
118.8	768.30	11.10	779.40	1.580

c = 8.0166 d = 2582

gew % HF = 10

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
116.9	716.49	24.89	741.29	3.716
116.9	718.92	24.93	743.91	3.717
117.0	721.45	25.09	746.54	3.718
117.1	723.99	25.19	749.17	3.720
117.2	726.53	25.29	751.82	3.721
117.3	729.08	25.38	754.47	3.723
117.4	731.64	25.48	757.13	3.724
117.5	734.21	25.58	759.79	3.725
117.6	736.79	25.68	762.47	3.727
117.7	739.37	25.78	765.15	3.728
117.8	741.96	25.88	767.84	3.730

c = 8.3322 d = 2599

gew % HF = 15

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
115.9	691.59	44.77	736.36	6.707
115.9	694.04	44.95	738.98	6.709
116.0	696.49	45.12	741.61	6.712
116.1	698.95	45.30	744.26	6.715
116.2	701.42	45.48	746.90	6.717
116.3	703.90	45.66	749.56	6.720
116.4	706.38	45.84	752.23	6.723
116.5	708.88	46.02	754.90	6.725
116.6	711.38	46.20	757.58	6.728
116.7	713.88	46.39	760.27	6.730
116.8	716.40	46.57	762.97	6.733

c = 8.5926 d = 2611

gew % HF = 20

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
114.9	667.52	72.98	740.50	10.828
114.9	669.39	73.27	743.17	10.832
115.0	672.28	73.57	745.84	10.836
115.1	674.66	73.36	748.53	10.840
115.2	677.06	74.16	751.22	10.845
115.3	679.46	74.45	753.92	10.849
115.4	681.87	74.75	756.62	10.853
115.5	684.29	75.05	759.34	10.857
115.6	686.72	75.35	762.06	10.862
115.7	689.15	75.65	764.80	10.866
115.8	691.59	75.95	767.54	10.870

c = 8.8268 d = 2623

gew % HF = 25

45 % gew. H₂SO₄

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
113.9	644.17	111.95	756.12	16.178
113.9	646.47	112.40	758.87	16.194
114.0	648.78	112.86	761.64	16.191
114.1	651.10	113.31	764.41	16.197
114.2	653.42	113.77	767.19	16.203
114.3	655.76	114.23	769.98	16.209
114.4	658.09	114.69	772.78	16.216
114.5	660.44	115.15	775.59	16.222
114.6	662.79	115.61	778.40	16.228
114.7	665.15	116.03	781.23	16.234
114.8	667.52	116.54	784.06	16.241

c = 9.0469 d = 2633

gew % HF = 30

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
110.8	578.26	154.93	733.19	22.931
110.9	580.36	155.57	735.93	22.940
111.0	582.47	156.21	738.68	22.948
111.1	584.58	156.85	741.43	22.957
111.2	586.70	157.49	744.20	22.966
111.3	588.83	158.14	746.97	22.974
111.4	590.96	158.79	749.75	22.983
111.5	593.10	159.44	752.54	22.991
111.6	595.25	160.10	755.34	23.000
111.7	597.40	160.75	758.15	23.008
111.8	599.56	161.41	760.97	23.017

a = 8.832 b = 2357

gew % H₂SO₄ = 50

c = 7.5276 d = 2541

gew % HF = 5

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
121.9	732.68	12.44	745.11	1.850
121.9	735.23	12.48	747.71	1.851
122.0	737.79	12.53	750.32	1.851
122.1	740.35	12.58	752.93	1.852
122.2	742.93	12.62	755.55	1.852
122.3	745.51	12.67	758.18	1.853
122.4	748.10	12.72	760.82	1.853
122.5	750.70	12.77	763.47	1.854
122.6	753.31	12.81	766.12	1.854
122.7	755.92	12.86	768.78	1.855
122.8	758.54	12.91	771.45	1.855

c = 8.0166 d = 2582

gew % HF = 10

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
120.9	707.57	29.06	736.63	4.362
120.9	710.04	29.17	739.21	4.364
121.0	712.53	29.23	741.81	4.365
121.1	715.02	29.40	744.42	4.366
121.2	717.52	29.51	747.03	4.368
121.3	720.03	29.62	749.65	4.369
121.4	722.54	29.73	752.28	4.371
121.5	725.06	29.85	754.91	4.372
121.6	727.59	29.96	757.56	4.373
121.7	730.13	30.08	760.21	4.375
121.8	732.68	30.19	762.87	4.376

c = 3.3322 d = 2590				
gew % HF = 15				
50% gew. H ₂ SO ₄ .				
TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
119.9	683.19	52.36	735.55	7.843
119.9	685.60	52.56	738.16	7.846
120.0	688.01	52.76	740.77	7.848
120.1	690.43	52.97	743.40	7.851
120.2	692.86	53.17	746.03	7.854
120.3	695.29	53.38	748.67	7.856
120.4	697.73	53.59	751.32	7.859
120.5	700.18	53.79	753.97	7.861
120.6	702.63	54.00	756.63	7.864
120.7	705.10	54.21	759.31	7.867 ←
120.8	707.57	54.42	761.98	7.869
c = 3.5926 d = 2611				
gew % HF = 20				
TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
118.9	659.55	85.48	745.03	12.583
118.9	661.88	85.82	747.70	12.587
119.0	664.22	86.16	750.37	12.591
119.1	666.57	86.49	753.06	12.596
119.2	668.92	86.83	755.75	12.600
119.3	671.28	87.17	758.45	12.604
119.4	673.65	87.51	761.16	12.608 ←
119.5	676.03	87.85	763.88	12.612
119.6	678.41	88.20	766.60	12.616
119.7	680.80	88.54	769.34	12.621
119.8	683.19	88.89	772.08	12.625
c = 3.8268 d = 2623				
gew % HF = 25				
TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
116.9	614.34	126.23	740.57	18.579
116.9	616.54	126.73	743.27	18.585
117.0	618.74	127.23	745.97	18.591
117.1	620.95	127.74	748.69	18.598
117.2	623.16	128.25	751.41	18.604
117.3	625.39	128.76	754.14	18.610
117.4	627.62	129.27	756.88	18.616
117.5	629.85	129.78	759.63	18.622 ←
117.6	632.09	130.29	762.39	18.628
117.7	634.34	130.81	765.15	18.634
117.8	636.60	131.33	767.93	18.640
c = 3.0469 d = 2633				
gew % HF = 30				
TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
114.9	571.82	182.31	754.13	26.149
114.9	573.88	183.05	756.93	26.157
115.0	575.95	183.79	759.74	26.166 ←
115.1	578.03	184.53	762.56	26.174
115.2	580.11	185.27	765.39	26.182
115.3	582.21	186.02	768.22	26.190
115.4	584.30	186.76	771.07	26.198
115.5	586.40	187.52	773.92	26.206
115.6	588.51	188.27	776.78	26.214
115.7	590.63	189.03	779.66	26.223
115.8	592.75	189.79	782.54	26.231

a= 8.827 b= 2400

gew % H2SO4 = 55

c= 7.5276 d= 2541

gew % HF = 5

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
128.9	719.20	16.10	735.30	2.425
128.9	721.66	16.15	737.82	2.426
129.0	724.13	16.21	740.35	2.426
129.1	726.61	16.27	742.88	2.427
129.2	729.10	16.33	745.43	2.427
129.3	731.59	16.39	747.98	2.428
129.4	734.09	16.45	750.54	2.428
129.5	736.59	16.51	753.10	2.428
129.6	739.11	16.57	755.68	2.429
129.7	741.63	16.63	758.26	2.429
129.8	744.16	16.69	760.85	2.430

c= 8.0166 d= 2582

gew % HF = 10

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
128.9	719.20	39.24	758.44	5.713
128.9	721.66	39.38	761.05	5.714
129.0	724.13	39.53	763.66	5.716
129.1	726.61	39.67	766.29	5.717
129.2	729.10	39.82	768.92	5.719
129.3	731.59	39.97	771.56	5.720
129.4	734.09	40.11	774.20	5.721
129.5	736.59	40.26	776.85	5.723
129.6	739.11	40.41	779.52	5.724
129.7	741.63	40.56	782.19	5.726
129.8	744.16	40.71	784.86	5.727

c= 8.3322 d= 2599

gew % HF = 15

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
126.9	671.43	68.34	739.77	10.156
126.9	673.75	68.60	742.35	10.159
127.0	676.08	68.86	744.94	10.161
127.1	678.42	69.11	747.53	10.164
127.2	680.76	69.37	750.13	10.167
127.3	683.11	69.63	752.74	10.169
127.4	685.47	69.89	755.36	10.172
127.5	687.83	70.15	757.98	10.175
127.6	690.20	70.42	760.62	10.177
127.7	692.58	70.68	763.26	10.180
127.8	694.96	70.94	765.91	10.182

c= 8.5926 d= 2611

gew % HF = 20

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
124.9	626.40	107.72	734.12	16.036
124.9	628.58	108.13	736.71	16.040
125.0	630.78	108.54	739.32	16.044
125.1	632.98	108.95	741.93	16.048
125.2	635.19	109.37	744.56	16.052
125.3	637.40	109.78	747.19	16.056
125.4	639.63	110.20	749.82	16.060
125.5	641.85	110.62	752.47	16.065
125.6	644.09	111.03	755.12	16.069
125.7	646.33	111.46	757.79	16.073
125.8	648.58	111.88	760.46	16.077

c= 8.8268 d= 2623

gew % HF = 25

55% gew. H₂SO₄.

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
122.9	583.97	159.61	743.59	23.286
122.9	586.04	160.23	746.26	23.292
123.0	588.10	160.84	748.95	23.297
123.1	590.18	161.46	751.64	23.303
123.2	592.26	162.09	754.34	23.309
123.3	594.34	162.71	757.05	23.315
123.4	596.43	163.34	759.77	23.321
123.5	598.53	163.96	762.50	23.327
123.6	600.64	164.60	765.23	23.332
123.7	602.75	165.23	767.98	23.338
123.8	604.87	165.86	770.73	23.344

c= 9.0469 d= 2633

gew % HF = 30

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
119.9	524.96	222.41	747.37	31.996
119.9	526.85	223.28	750.13	32.004
120.0	528.73	224.16	752.89	32.012
120.1	530.63	225.04	755.67	32.019
120.2	532.52	225.93	758.45	32.027
120.3	534.43	226.81	761.24	32.034
120.4	536.34	227.70	764.04	32.042
120.5	538.25	228.59	766.85	32.049
120.6	540.18	229.49	769.67	32.057
120.7	542.10	230.39	772.49	32.064
120.8	544.04	231.29	775.33	32.072

a= 8.841 b= 2458

gew % H₂SO₄ = 60

c= 7.5276 d= 2541

gew % HF = 5

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
137.9	725.21	22.14	747.35	3.279
137.9	727.64	22.21	749.86	3.279
138.0	730.09	22.29	752.38	3.280
138.1	732.53	22.37	754.90	3.280
138.2	734.99	22.45	757.43	3.280
138.3	737.45	22.52	759.97	3.281
138.4	739.92	22.60	762.52	3.281
138.5	742.39	22.68	765.07	3.281
138.6	744.87	22.76	767.63	3.282
138.7	747.36	22.84	770.20	3.282
138.8	749.86	22.92	772.78	3.282

c= 8.0166 d= 2582

gew % HF = 10

TEMP(gr.C)	pH ₂ O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
136.8	701.26	52.36	753.62	7.658
136.9	703.62	52.55	756.17	7.659
137.0	705.99	52.74	758.73	7.660
137.1	708.37	52.92	761.30	7.661
137.2	710.76	53.11	763.87	7.663
137.3	713.15	53.30	766.45	7.664
137.4	715.55	53.49	769.03	7.665
137.5	717.95	53.68	771.63	7.666
137.6	720.37	53.86	774.23	7.667
137.7	722.79	54.05	776.84	7.669
137.8	725.21	54.25	779.46	7.670

c= 8.3322 d= 2599

gew % HF = 15

60% gew. H₂SO₄

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
134.9	655.38	91.64	747.02	13.442
134.9	657.61	91.97	749.58	13.444
135.0	659.85	92.30	752.15	13.447
135.1	662.09	92.64	754.73	13.449
135.2	664.34	92.97	757.31	13.451
→ 135.3	666.60	93.30	759.90	13.453
135.4	668.86	93.64	762.50	13.456
135.5	671.13	93.97	765.11	13.458
135.6	673.41	94.31	767.72	13.460
135.7	675.69	94.65	770.34	13.462
135.8	677.98	94.99	772.97	13.465

c= 8.5926 d= 2611

gew % HF = 20

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
132.9	612.09	145.07	757.15	20.836
132.9	614.19	145.60	759.79	20.840
133.0	616.30	146.13	762.43	20.843
133.1	618.42	146.66	765.08	20.847
133.2	620.54	147.20	767.74	20.851
133.3	622.67	147.73	770.40	20.854
133.4	624.81	148.27	773.08	20.858
133.5	626.95	148.81	775.76	20.861
133.6	629.10	149.35	778.45	20.865
133.7	631.25	149.90	781.15	20.868
133.8	633.41	150.44	783.86	20.872

c= 8.8268 d= 2623

gew % HF = 25

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
129.9	551.75	208.02	759.78	29.514
129.9	553.68	208.80	762.48	29.518
130.0	555.61	209.58	765.19	29.523
130.1	557.55	210.36	767.90	29.528
130.2	559.49	211.14	770.63	29.533
130.3	561.44	211.92	773.36	29.538
130.4	563.39	212.71	776.10	29.543
130.5	565.35	213.50	778.86	29.548
130.6	567.32	214.29	781.61	29.552
130.7	569.29	215.09	784.38	29.557
130.8	571.27	215.89	787.16	29.562

c= 9.0469 d= 2633

gew % HF = 30

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
125.9	479.29	280.48	759.77	39.300
125.9	481.00	281.55	762.55	39.396
126.0	482.71	282.62	765.33	39.402
126.1	484.43	283.70	768.13	39.409
126.2	486.15	284.78	770.93	39.415
126.3	487.88	285.87	773.74	39.421
126.4	489.61	286.95	776.56	39.427
126.5	491.35	288.04	779.39	39.433
126.6	493.09	289.14	782.23	39.439
126.7	494.84	290.24	785.08	39.445
126.8	496.59	291.34	787.93	39.451

a= 8.853 b= 2533

gew % H2SO4 = 65

c= 7.5276 d= 2541

gew % HF = 5

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
148.9	708.97	32.08	741.06	4.785
148.9	711.30	32.19	743.49	4.785
149.0	713.63	32.29	745.93	4.785
149.1	715.97	32.40	748.37	4.785
149.2	718.31	32.51	750.82	4.785
149.3	720.67	32.61	753.28	4.785
149.4	723.02	32.72	755.74	4.785
149.5	725.39	32.83	758.22	4.785
149.6	727.76	32.94	760.69	4.785
149.7	730.14	33.04	763.18	4.786
149.8	732.52	33.15	765.67	4.786

c= 8.0166 d= 2532

gew % HF = 10

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
146.9	663.82	73.96	737.77	11.011
146.9	666.01	74.21	740.22	11.011
147.0	668.22	74.46	742.68	11.012
147.1	670.43	74.71	745.14	11.013
147.2	672.64	74.96	747.61	11.013
147.3	674.87	75.21	750.08	11.014
147.4	677.10	75.47	752.56	11.014
147.5	679.33	75.72	755.05	11.015
147.6	681.57	75.97	757.55	11.016
147.7	683.82	76.23	760.05	11.016
147.8	686.08	76.49	762.56	11.017

c= 8.3322 d= 2599

gew % HF = 15

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
144.9	621.14	130.17	751.31	18.879
144.9	623.22	130.61	753.83	18.881
145.0	625.30	131.06	756.36	18.882
145.1	627.39	131.51	758.90	18.883
145.2	629.48	131.96	761.44	18.884
145.3	631.58	132.41	764.00	18.886
145.4	633.69	132.86	766.55	18.887
145.5	635.80	133.32	769.12	18.888
145.6	637.92	133.77	771.70	18.890
145.7	640.05	134.23	774.28	18.891
145.8	642.18	134.69	776.87	18.892

c= 8.5926 d= 2611

gew % HF = 20

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
140.9	542.80	193.12	735.93	28.322
140.9	544.65	193.80	738.46	28.324
141.0	546.51	194.48	740.99	28.326
141.1	548.37	195.17	743.53	28.328
141.2	550.24	195.85	746.09	28.331
141.3	552.11	196.54	748.64	28.333
141.4	553.98	197.23	751.21	28.335
141.5	555.87	197.92	753.78	28.337
141.6	557.75	198.61	756.36	28.339
141.7	559.65	199.30	758.95	28.341
141.8	561.55	200.00	761.55	28.343

c = 8.8268 d = 2623

65% gew. H₂SO₄.

gew % HF = 25

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
136.8	473.10	268.68	741.78	38.677
136.9	474.74	269.65	744.39	38.680
137.0	476.39	270.62	747.01	38.683
137.1	478.04	271.59	749.64	38.686
137.2	479.79	272.57	752.27	38.689
137.3	481.37	273.55	754.91	38.692
137.4	483.04	274.53	757.56	38.695
137.5	484.71	275.51	760.22	38.698 ←
137.6	486.39	276.50	762.89	38.701
137.7	488.07	277.49	765.56	38.703
137.8	489.76	278.49	768.25	38.706

c = 9.0469 d = 2633

gew % HF = 30

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
131.9	396.90	351.29	748.19	49.570
131.9	398.31	352.59	750.90	49.574
132.0	399.73	353.89	753.62	49.577
132.1	401.15	355.20	756.36	49.581
132.2	402.58	356.52	759.09	49.584 ←
132.3	404.01	357.83	761.84	49.588
132.4	405.44	359.16	764.60	49.591
132.5	406.88	360.48	767.37	49.595
132.6	408.33	361.81	770.14	49.598
132.7	409.78	363.15	772.92	49.602
132.8	411.23	364.48	775.71	49.605

a = 9.032 b = 2688

gew % H₂SO₄ = 70

c = 7.5276 d = 2541

gew % HF = 5

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
160.8	689.37	47.07	736.44	7.049
160.9	691.64	47.22	738.86	7.048
161.0	693.91	47.37	741.28	7.046
161.1	696.19	47.51	743.71	7.045
161.2	698.48	47.66	746.14	7.044
161.3	700.78	47.81	748.58	7.043
161.4	703.08	47.96	751.03	7.042
161.5	705.38	48.10	753.49	7.040
161.6	707.70	48.25	755.95	7.039
161.7	710.02	48.40	758.42	7.038
161.8	712.34	48.55	760.90	7.037 ←

c = 8.0166 d = 2582

gew % HF = 10

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
158.8	645.32	109.58	754.91	15.867
158.9	647.47	109.93	757.40	15.865
159.0	649.62	110.28	759.90	15.863 ←
159.1	651.77	110.64	762.41	15.861
159.2	653.93	110.99	764.92	15.860
159.3	656.10	111.34	767.44	15.858
159.4	658.28	111.70	769.97	15.856
159.5	660.46	112.05	772.51	15.854
159.6	662.64	112.41	775.05	15.853
159.7	664.83	112.76	777.60	15.851
159.8	667.03	113.12	780.16	15.849

c = 8.3322 d = 2599

gew % HF = 15

70% gew. H₂SO₄

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
154.8	564.45	181.87	746.32	26.354
154.9	566.36	182.47	748.83	26.351
155.0	568.28	183.07	751.34	26.349
155.1	570.20	183.66	753.86	26.347
155.2	572.12	184.26	756.39	26.345
155.3	574.06	184.87	758.92	26.343
155.4	575.99	185.47	761.46	26.341
155.5	577.94	186.07	764.01	26.338
155.6	579.89	186.68	766.57	26.336
155.7	581.84	187.29	769.13	26.334
155.8	583.80	187.90	771.70	26.332

c = 8.5926 d = 2611

gew % HF = 20

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
149.9	475.76	263.04	738.80	38.043
149.9	477.41	263.93	741.34	38.040
150.0	479.06	264.81	743.88	38.038
150.1	480.72	265.70	746.43	38.036
150.2	482.38	266.60	748.98	38.033
150.3	484.05	267.49	751.54	38.031
150.4	485.73	268.39	754.12	38.029
150.5	487.40	269.29	756.69	38.026
150.6	489.09	270.19	759.28	38.024
150.7	490.77	271.10	761.87	38.022
150.8	492.47	272.01	764.47	38.019

c = 8.8268 d = 2623

gew % HF = 25

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
144.9	399.37	356.19	755.56	49.761
144.9	400.79	357.42	758.21	49.759
145.0	402.21	358.66	760.87	49.757
145.1	403.64	359.90	763.54	49.755
145.2	405.07	361.14	766.21	49.752
145.3	406.50	362.39	768.89	49.750
145.4	407.94	363.64	771.58	49.748
145.5	409.38	364.90	774.28	49.746
145.6	410.83	366.16	776.99	49.744
145.7	412.28	367.42	779.70	49.742
145.8	413.74	368.69	782.42	49.740

c = 9.0469 d = 2633

gew % HF = 30

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
137.9	310.35	437.09	747.44	61.000
137.9	311.49	438.66	750.15	60.998
138.0	312.63	440.24	752.87	60.996
138.1	313.78	441.82	755.60	60.995
138.2	314.93	443.41	758.34	60.993
138.3	316.08	445.00	761.08	60.991
138.4	317.24	446.59	763.83	60.989
138.5	318.40	448.19	766.60	60.988
138.6	319.57	449.80	769.37	60.986
138.7	320.73	451.41	772.14	60.984
138.8	321.91	453.03	774.93	60.982

a = 9.034 b = 2810

gew % H₂SO₄ = 75

c = 7.5276 d = 2541

gew % HF = 5

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
178.9	656.43	80.52	736.95	11.990
178.9	658.51	80.75	739.26	11.987
179.0	660.60	80.99	741.58	11.983
179.1	662.69	81.22	743.91	11.980
179.2	664.79	81.45	746.24	11.977
179.3	666.89	81.68	748.57	11.974
179.4	669.00	81.92	750.92	11.971
179.5	671.12	82.15	753.27	11.967
179.6	673.24	82.39	755.63	11.964
179.7	675.37	82.62	757.99	11.961
179.8	677.50	82.86	760.36	11.958

c = 8.0166 d = 2582

gew % HF = 10

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
174.9	577.67	179.15	756.81	25.618
174.9	579.53	179.68	759.21	25.613
175.0	581.40	180.21	761.61	25.608
175.1	583.28	180.74	764.02	25.603
175.2	585.16	181.28	766.44	25.598
175.3	587.04	181.82	768.86	25.593
175.4	588.94	182.35	771.29	25.588
175.5	590.83	182.89	773.73	25.583
175.6	592.73	183.43	776.17	25.578
175.7	594.64	183.98	778.62	25.573
175.8	596.55	184.52	781.07	25.568

c = 8.3322 d = 2599

gew % HF = 15

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
168.9	474.33	283.21	758.04	39.846
168.9	476.40	284.08	760.48	39.840
169.0	477.98	284.95	762.93	39.834
169.1	479.56	285.82	765.39	39.828
169.2	481.15	286.70	767.85	39.822
169.3	482.74	287.58	770.32	39.816
169.4	484.34	288.46	772.80	39.810
169.5	485.94	289.34	775.28	39.804
169.6	487.55	290.22	777.77	39.798
169.7	489.16	291.11	780.27	39.793
169.8	490.78	292.00	782.78	39.787

c = 8.5926 d = 2611

gew % HF = 20

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
160.8	362.53	377.11	739.64	53.601
160.9	363.78	378.32	742.10	53.595
161.0	365.03	379.53	744.56	53.589
161.1	366.28	380.74	747.02	53.583
161.2	367.54	381.95	749.50	53.577
161.3	368.80	383.17	751.98	53.571
161.4	370.07	384.39	754.46	53.565
161.5	371.34	385.62	756.96	53.559
161.6	372.61	386.85	759.46	53.553
161.7	373.89	388.08	761.97	53.547
161.8	375.17	389.32	764.49	53.541

c = 8.8268 d = 2623

75 % gew. H₂SO₄

gew % HF = 25

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
152.8	274.00	467.22	741.23	65.442
152.9	274.98	468.78	743.76	65.437
153.0	275.96	470.34	746.30	65.432
153.1	276.95	471.91	748.85	65.426
153.2	277.94	473.48	751.41	65.421
153.3	278.93	475.05	753.98	65.415
153.4	279.92	476.63	756.55	65.410
153.5	280.92	478.22	759.13	65.405
153.6	281.92	479.80	761.72	65.399
153.7	282.92	481.40	764.32	65.394
153.8	283.93	483.00	766.92	65.389

c = 9.0469 d = 2633

gew % HF = 30

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
143.9	197.42	540.44	737.86	75.249
143.9	198.16	542.33	740.49	75.245
144.0	198.89	544.22	743.12	75.240
144.1	199.63	546.12	745.76	75.236
144.2	200.38	548.03	748.40	75.231
144.3	201.12	549.94	751.06	75.227
144.4	201.87	551.85	753.72	75.223
144.5	202.62	553.77	756.40	75.218
144.6	203.37	555.70	759.07	75.214
144.7	204.13	557.63	761.76	75.210
144.8	204.89	559.57	764.46	75.205

a = 9.293 b = 3040

gew % H₂SO₄ = 80

c = 7.5276 d = 2541

gew % HF = 5

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
194.9	627.01	125.35	752.36	18.168
194.9	629.02	125.68	754.70	18.160
195.0	631.03	126.02	757.05	18.152
195.1	633.05	126.35	759.40	18.145
195.2	635.07	126.69	761.76	18.137
195.3	637.10	127.03	764.13	18.129
195.4	639.13	127.37	766.50	18.121
195.5	641.17	127.71	768.88	18.114
195.6	643.22	128.05	771.27	18.106
195.7	645.27	128.39	773.66	18.098
195.8	647.33	128.73	776.06	18.090

c = 8.0166 d = 2582

gew % HF = 10

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
186.8	483.40	253.25	736.65	36.782
186.9	485.00	253.97	738.97	36.771
187.0	486.60	254.68	741.29	36.759
187.1	488.22	255.40	743.61	36.747
187.2	489.83	256.11	745.94	36.736
187.3	491.45	256.83	748.28	36.724
187.4	493.08	257.55	750.63	36.713
187.5	494.70	258.28	752.98	36.701
187.6	496.34	259.00	755.34	36.690
187.7	497.98	259.73	757.70	36.678
187.8	499.62	260.45	760.07	36.667

c= 8.3322 d= 2599
gew % HF = 15

80% gew. H₂SO₄.

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
178.9	369.26	382.12	751.38	53.472
178.9	370.53	383.24	753.77	53.459
179.0	371.80	384.36	756.17	53.447
179.1	373.08	385.49	758.57	53.435
179.2	374.35	386.62	760.97	53.422
179.3	375.64	387.75	763.39	53.410
179.4	376.92	388.89	765.81	53.398
179.5	378.21	390.02	768.24	53.385
179.6	379.51	391.16	770.67	53.373
179.7	380.80	392.31	773.11	53.361
179.8	382.11	393.45	775.56	53.348

c= 8.5926 d= 2611
gew % HF = 20

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
168.9	260.12	484.57	744.69	67.415
168.9	261.05	486.07	747.12	67.404
169.0	261.99	487.56	749.55	67.393
169.1	262.93	489.07	751.99	67.381
169.2	263.87	490.57	754.44	67.370
169.3	264.82	492.08	756.89	67.359
169.4	265.76	493.59	759.36	67.348
169.5	266.71	495.11	761.82	67.337
169.6	267.67	496.63	764.30	67.326
169.7	268.63	498.15	766.78	67.315
169.8	269.59	499.68	769.27	67.304

c= 8.8268 d= 2623
gew % HF = 25

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
158.8	180.29	568.91	749.19	77.800
158.9	180.96	570.75	751.71	77.791
159.0	181.64	572.60	754.24	77.782
159.1	182.33	574.45	756.78	77.773
159.2	183.01	576.31	759.32	77.764
159.3	183.70	578.18	761.87	77.755
159.4	184.38	580.05	764.43	77.747
159.5	185.07	581.92	766.99	77.738
159.6	185.77	583.80	769.57	77.729
159.7	186.46	585.68	772.15	77.720
159.8	187.16	587.57	774.74	77.711

c= 9.0469 d= 2633
gew % HF = 30

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
147.9	118.06	620.50	738.56	85.374
147.9	118.53	622.63	741.15	85.367
148.0	118.99	624.76	743.75	85.361
148.1	119.46	626.90	746.36	85.354
148.2	119.94	629.04	748.98	85.347
148.3	120.41	631.19	751.60	85.341
148.4	120.89	633.35	754.24	85.334
148.5	121.36	635.51	756.88	85.328
148.6	121.84	637.68	759.52	85.321
148.7	122.32	639.86	762.18	85.314
148.8	122.80	642.04	764.84	85.308

a= 9.239 b= 3175
gew % H2SO4 = 85
c= 7.5276 d= 2541
gew % HF = 5

TEMP (gr. C)	pH2O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
214.9	540.57	209.23	749.80	30.063
214.9	542.23	209.75	751.98	30.050
215.0	543.90	210.26	754.16	30.037
215.1	545.57	210.78	756.35	30.024
215.2	547.24	211.30	758.54	30.012
215.3	548.92	211.82	760.74	29.999 ←
215.4	550.61	212.34	762.94	29.986
215.5	552.30	212.86	765.15	29.973
215.6	553.99	213.38	767.37	29.960
215.7	555.69	213.90	769.59	29.947
215.8	557.39	214.43	771.82	29.935

c= 8.0166 d= 2582
gew % HF = 10

TEMP (gr. C)	pH2O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
201.8	358.75	380.90	739.65	54.110
201.9	359.91	381.90	741.82	54.095
202.0	361.03	382.91	743.99	54.080
202.1	362.25	383.92	746.17	54.065
202.2	363.42	384.93	748.36	54.050
202.3	364.60	385.95	750.55	54.035
202.4	365.78	386.96	752.74	54.020
202.5	366.97	387.98	754.95	54.005
202.6	368.15	389.00	757.15	53.990
202.7	369.34	390.02	759.37	53.975 ←
202.8	370.54	391.05	761.59	53.960

c= 8.3322 d= 2599
gew % HF = 15

TEMP (gr. C)	pH2O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
188.9	232.65	508.93	741.58	70.840
188.9	233.45	510.36	743.81	70.828
189.0	234.25	511.79	746.04	70.815
189.1	235.05	513.23	748.28	70.802
189.2	235.86	514.67	750.52	70.789
189.3	236.67	516.11	752.77	70.776
189.4	237.48	517.55	755.03	70.763
189.5	238.29	519.00	757.29	70.751
189.6	239.10	520.46	759.56	70.738 ←
189.7	239.92	521.91	761.83	70.725
189.8	240.74	523.37	764.11	70.712

c= 8.5926 d= 2611
gew % HF = 20

TEMP (gr. C)	pH2O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
175.9	147.14	599.04	746.18	81.889
175.9	147.67	600.83	748.50	81.879
176.0	148.21	602.62	750.83	81.869
176.1	148.75	604.42	753.17	81.860
176.2	149.29	606.22	755.51	81.850
176.3	149.83	608.03	757.86	81.841
176.4	150.37	609.84	760.21	81.831 ←
176.5	150.92	611.66	762.57	81.822
176.6	151.46	613.48	764.94	81.812
176.7	152.01	615.30	767.31	81.803
176.8	152.56	617.13	769.69	81.793

c = 8.8268 d = 2623

gew % HF = 25

85% gew. H₂SO₄

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
162.9	90.55	646.76	737.31	88.805
162.9	90.90	648.82	739.72	88.798
163.0	91.25	650.88	742.13	88.791
163.1	91.60	652.95	744.55	88.785
163.2	91.95	655.03	746.98	88.778
163.3	92.31	657.11	749.41	88.771
163.4	92.66	659.19	751.85	88.765
163.5	93.02	661.28	754.30	88.758
163.6	93.37	663.38	756.76	88.752
163.7	93.73	665.48	759.22	88.745
163.8	94.09	667.59	761.69	88.738

c = 9.0469 d = 2633

gew % HF = 30

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
150.8	56.34	687.06	743.40	93.124
150.9	56.57	689.38	745.95	93.120
151.0	56.80	691.71	748.50	93.115
151.1	57.03	694.04	751.07	93.111
151.2	57.26	696.38	753.64	93.107
151.3	57.49	698.73	756.22	93.102
151.4	57.73	701.08	758.81	93.098
151.5	57.96	703.44	761.41	93.093
151.6	58.20	705.81	764.01	93.089
151.7	58.43	708.19	766.62	93.084
151.8	58.67	710.57	769.24	93.080

a = 9.255 b = 3390

gew % H₂SO₄ = 90

c = 7.5276 d = 2541

gew % HF = 5

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
236.8	405.45	350.95	756.41	49.013
236.9	406.67	351.74	758.41	48.994
237.0	407.89	352.53	760.43	48.975
237.1	409.12	353.33	762.44	48.957
237.2	410.35	354.12	764.47	48.938
237.3	411.58	354.92	766.49	48.919
237.4	412.81	355.71	768.53	48.900
237.5	414.05	356.51	770.56	48.882
237.6	415.29	357.31	772.60	48.863
237.7	416.53	358.12	774.65	48.844
237.8	417.78	358.92	776.70	48.826

c = 8.0166 d = 2582

gew % HF = 10

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
215.9	210.13	545.05	755.18	74.231
215.9	210.82	546.41	757.22	74.217
216.0	211.50	547.77	759.27	74.202
216.1	212.19	549.13	761.32	74.187
216.2	212.89	550.49	763.38	74.172
216.3	213.58	551.86	765.44	74.157
216.4	214.28	553.23	767.51	74.142
216.5	214.98	554.61	769.58	74.127
216.6	215.68	555.98	771.66	74.112
216.7	216.38	557.36	773.74	74.097
216.8	217.09	558.74	775.83	74.083

c = 8.3322 d = 2599

gew % HF = 15

90% gew. H₂SO₄

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
196.9	110.21	634.47	744.69	86.474
196.9	110.60	636.19	746.80	86.465
197.0	110.99	637.92	748.91	86.455
197.1	111.39	639.65	751.03	86.445
197.2	111.78	641.38	753.16	86.436
197.3	112.18	643.12	755.29	86.426
197.4	112.57	644.86	757.43	86.416
197.5	112.97	646.60	759.57	86.407
197.6	113.37	648.35	761.72	86.397
197.7	113.77	650.10	763.87	86.387
197.8	114.17	651.86	766.03	86.378

c = 8.5926 d = 2611

gew % HF = 20

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
180.9	61.38	694.22	755.60	92.626
180.9	61.61	696.25	757.86	92.620
181.0	61.85	698.28	760.13	92.614
181.1	62.08	700.32	762.40	92.608
181.2	62.32	702.36	764.68	92.602
181.3	62.55	704.41	766.96	92.596
181.4	62.79	706.46	769.25	92.590
181.5	63.03	708.52	771.55	92.584
181.6	63.27	710.58	773.85	92.578
181.7	63.51	712.65	776.16	92.572
181.8	63.75	714.72	778.47	92.566

c = 8.8268 d = 2623

gew % HF = 25

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
165.9	34.11	710.98	745.09	95.859
165.9	34.25	713.21	747.46	95.855
166.0	34.39	715.45	749.84	95.851
166.1	34.53	717.69	752.22	95.848
166.2	34.67	719.94	754.61	95.844
166.3	34.81	722.19	757.00	95.841
166.4	34.95	724.46	759.41	95.837
166.5	35.09	726.72	761.81	95.833
166.6	35.23	729.00	764.23	95.830
166.7	35.38	731.28	766.65	95.826
166.8	35.52	733.56	769.08	95.822

c = 9.0469 d = 2633

gew % HF = 30

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
152.8	19.83	734.77	754.59	97.628
152.9	19.91	737.22	757.14	97.626
153.0	20.00	739.69	759.69	97.623
153.1	20.08	742.16	762.25	97.621
153.2	20.17	744.64	764.81	97.619
153.3	20.26	747.13	767.38	97.617
153.4	20.34	749.62	769.97	97.615
153.5	20.43	752.12	772.55	97.612
153.6	20.52	754.63	775.15	97.610
153.7	20.61	757.15	777.75	97.608
153.8	20.70	759.67	780.36	97.606

a= 9.79 b= 3888

gew % H2SO4 = 95

c= 7.5276 d= 2541

gew % HF = 5

TEMP(gr.C) pH2O(mm Hg) pHF(mm Hg) ptotaal(mm Hg) gew% HF

252.9	250.24	497.51	747.75	68.827
252.9	251.06	498.56	749.62	68.803
253.0	251.87	499.62	751.49	68.779
253.1	252.68	500.67	753.36	68.755
253.2	253.50	501.73	755.23	68.731
253.3	254.32	502.79	757.12	68.707
253.4	255.14	503.86	759.00	68.683
253.5	255.97	504.92	760.89	68.659
253.6	256.80	505.98	762.78	68.635
253.7	257.63	507.05	764.68	68.611
253.8	258.46	508.12	766.58	68.587

c= 8.0166 d= 2582

gew % HF = 10

TEMP(gr.C) pH2O(mm Hg) pHF(mm Hg) ptotaal(mm Hg) gew% HF

223.9	92.70	662.87	755.57	88.816
223.9	93.03	664.47	757.50	88.804
224.0	93.37	666.07	759.44	88.792
224.1	93.71	667.67	761.38	88.780
224.2	94.05	669.28	763.33	88.768
224.3	94.39	670.89	765.28	88.756
224.4	94.73	672.50	767.23	88.744
224.5	95.07	674.12	769.19	88.732
224.6	95.42	675.74	771.16	88.719
224.7	95.76	677.36	773.12	88.707
224.8	96.11	678.99	775.10	88.695

c= 8.3322 d= 2599

gew % HF = 15

TEMP(gr.C) pH2O(mm Hg) pHF(mm Hg) ptotaal(mm Hg) gew% HF

200.8	38.68	706.44	745.12	95.302
200.9	38.83	708.33	747.16	95.296
201.0	38.99	710.22	749.20	95.290
201.1	39.14	712.11	751.25	95.284
201.2	39.30	714.00	753.30	95.278
201.3	39.46	715.91	755.36	95.272
201.4	39.61	717.81	757.42	95.266
201.5	39.77	719.72	759.49	95.260
201.6	39.93	721.63	761.56	95.254
201.7	40.09	723.55	763.64	95.248
201.8	40.25	725.47	765.72	95.242

c= 8.5926 d= 2611

gew % HF = 20

TEMP(gr.C) pH2O(mm Hg) pHF(mm Hg) ptotaal(mm Hg) gew% HF

182.8	18.35	735.74	754.09	97.803
182.9	18.43	737.87	756.30	97.800
183.0	18.51	740.00	758.51	97.797
183.1	18.59	742.14	760.73	97.794
183.2	18.67	744.29	762.96	97.791
183.3	18.75	746.44	765.19	97.788
183.4	18.83	748.60	767.43	97.785
183.5	18.91	750.76	769.67	97.782
183.6	18.99	752.92	771.92	97.779
183.7	19.08	755.10	774.17	97.776
183.8	19.16	757.27	776.43	97.773

c= 8.8268 d= 2623

gew % HF = 25

95% gew. H₂SO₄

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
166.9	8.99	733.56	742.55	98.900
166.9	9.03	735.85	744.88	98.907
167.0	9.07	738.15	747.22	98.906
167.1	9.11	740.45	749.57	98.904
167.2	9.16	742.76	751.92	98.902
167.3	9.20	745.08	754.28	98.901
167.4	9.24	747.40	756.64	98.899
167.5	9.28	749.73	759.01	98.897
167.6	9.33	752.07	761.39	98.896
167.7	9.37	754.41	763.77	98.894
167.8	9.41	756.75	766.16	98.893

c= 9.0469 d= 2633

gew % HF = 30

TEMP (gr. C)	pH ₂ O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew % HF
152.8	4.61	734.77	739.37	99.439
152.9	4.63	737.22	741.85	99.438
153.0	4.65	739.69	744.34	99.437
153.1	4.67	742.16	746.84	99.436
153.2	4.70	744.64	749.34	99.435
153.3	4.72	747.13	751.85	99.434
153.4	4.74	749.62	754.36	99.433
153.5	4.77	752.12	756.89	99.433
153.6	4.79	754.63	759.42	99.432
153.7	4.81	757.15	761.96	99.431
153.8	4.84	759.67	764.51	99.430

Uitvoer "sin" voor 2% t/m 7% (gew) HF in H₂O + HF voor 45% t/m 95% (gew) aan H₂SO₄ in het mengsel

tstart					
300,					
a= 8.809 b= 2322					
gew % H2SO4 = 45					
c= 6.9596 d= 2477					
gew % HF = 2%					
TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF	
117.9	741.96	4.21	746.17	0.627	
117.9	744.56	4.23	748.79	0.627	
118.0	747.17	4.24	751.41	0.627	
118.1	749.78	4.26	754.04	0.627	
118.2	752.40	4.28	756.68	0.627	
118.3	755.03	4.29	759.32	0.627 ←	
118.4	757.67	4.31	761.98	0.627	
118.5	760.32	4.32	764.64	0.628	
118.6	762.97	4.34	767.31	0.628	
118.7	765.63	4.36	769.99	0.628	
118.8	768.30	4.37	772.67	0.628	
c= 7.7679 d= 2565					
gew % HF = 7%					
TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF	
117.9	741.96	16.14	758.10	2.358	
117.9	744.56	16.20	760.76	2.359 ←	
118.0	747.17	16.26	763.43	2.360	
118.1	749.78	16.32	766.10	2.361	
118.2	752.40	16.39	768.79	2.362	
118.3	755.03	16.45	771.48	2.363	
118.4	757.67	16.51	774.18	2.363	
118.5	760.32	16.58	776.89	2.364	
118.6	762.97	16.64	779.61	2.365	
118.7	765.63	16.71	782.34	2.366	
118.8	768.30	16.77	785.07	2.367	
a= 8.832 b= 2357					
gew % H2SO4 = 50					
c= 6.9596 d= 2477					
gew % HF = 2%					
TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF	
121.9	732.68	4.88	737.56	0.735	
121.9	735.23	4.90	740.13	0.735	
122.0	737.79	4.92	742.71	0.735	
122.1	740.35	4.94	745.29	0.735	
122.2	742.93	4.96	747.89	0.735	
122.3	745.51	4.97	750.49	0.735	
122.4	748.10	4.99	753.09	0.736	
122.5	750.70	5.01	755.71	0.736	
122.6	753.31	5.03	758.34	0.736	
122.7	755.92	5.05	760.97	0.736 ←	
122.8	758.54	5.06	763.61	0.736	
c= 7.7679 d= 2565					
gew % HF = 7%					
TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF	
121.9	732.68	18.80	751.48	2.771	
121.9	735.23	18.87	754.10	2.772	
122.0	737.79	18.95	756.73	2.773	
122.1	740.35	19.02	759.37	2.774 ←	
122.2	742.93	19.09	762.02	2.774	
122.3	745.51	19.16	764.67	2.775	
122.4	748.10	19.23	767.34	2.776	
122.5	750.70	19.31	770.01	2.777	
122.6	753.31	19.38	772.69	2.778	
122.7	755.92	19.45	775.37	2.779	
122.8	758.54	19.53	778.07	2.779	

a= 8.827 b= 2400

gew % H2SO4 = 55

c= 6.9596 d= 2477

gew % HF = 20%

TEMP(gr. C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ntotaal(mm Hg)	gew% HF
129.9	744.16	6.50	750.66	0.961
129.9	746.69	6.53	753.22	0.961
130.0	749.24	6.55	755.79	0.962
130.1	751.79	6.57	758.36	0.962
130.2	754.35	6.60	760.94	0.962
130.3	756.91	6.62	763.53	0.962
130.4	759.48	6.64	766.13	0.962
130.5	762.06	6.67	768.73	0.962
130.6	764.65	6.69	771.34	0.962
130.7	767.25	6.71	773.96	0.962
130.8	769.85	6.74	776.59	0.962

c= 7.7679 d= 2565

gew % HF = 17%

TEMP(gr. C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ntotaal(mm Hg)	gew% HF
128.9	719.20	24.40	743.60	3.630
128.9	721.66	24.48	746.15	3.631
129.0	724.13	24.57	748.71	3.632
129.1	726.61	24.66	751.28	3.633
129.2	729.10	24.75	753.85	3.634
129.3	731.59	24.84	756.43	3.634
129.4	734.09	24.94	759.02	3.635
129.5	736.59	25.03	761.62	3.636
129.6	739.11	25.12	764.23	3.637
129.7	741.63	25.21	766.84	3.638
129.8	744.16	25.30	769.46	3.638

a= 8.841 b= 2458

gew % H2SO4 = 60

c= 6.9596 d= 2477

gew % HF = 5

TEMP(gr. C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ntotaal(mm Hg)	gew% HF
138.9	749.86	8.86	758.72	1.295
138.9	752.36	8.89	761.25	1.295
139.0	754.88	8.92	763.80	1.295
139.1	757.39	8.95	766.34	1.295
139.2	759.92	8.98	768.90	1.295
139.3	762.45	9.01	771.46	1.295
139.4	764.99	9.04	774.03	1.295
139.5	767.54	9.07	776.61	1.296
139.6	770.09	9.10	779.19	1.296
139.7	772.65	9.13	781.79	1.296
139.8	775.22	9.16	784.38	1.296

c= 7.7679 d= 2565

gew % HF = 10

TEMP(gr. C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ntotaal(mm Hg)	gew% HF
137.9	725.21	33.65	758.86	4.901
137.9	727.64	33.77	761.42	4.902
138.0	730.09	33.89	763.97	4.902
138.1	732.53	34.01	766.54	4.903
138.2	734.99	34.13	769.11	4.904
138.3	737.45	34.25	771.69	4.904
138.4	739.92	34.37	774.28	4.905
138.5	742.39	34.49	776.88	4.906
138.6	744.87	34.61	779.48	4.906
138.7	747.36	34.73	782.09	4.907
138.8	749.86	34.85	784.71	4.908

a= 8.853 b= 2533

gew % H2SO4 = 65

c= 6.9596 d= 2477

gew % HF = 2

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
149.9	732.52	12.70	745.22	1.889
149.9	734.91	12.74	747.65	1.889
150.0	737.31	12.73	750.09	1.889
150.1	739.71	12.82	752.54	1.889
150.2	742.13	12.86	754.99	1.889
150.3	744.54	12.90	757.45	1.888
150.4	746.97	12.95	759.91	1.888
150.5	749.40	12.99	762.39	1.888
150.6	751.84	13.03	764.87	1.888
150.7	754.28	13.07	767.35	1.888
150.8	756.73	13.11	769.84	1.888

c= 7.7679 d= 2565

gew % HF = 10

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
148.9	708.97	48.94	757.92	7.121
148.9	711.30	49.11	760.41	7.121
149.0	713.63	49.27	762.90	7.121
149.1	715.97	49.43	765.40	7.122
149.2	718.31	49.60	767.91	7.122
149.3	720.67	49.76	770.43	7.122
149.4	723.02	49.93	772.95	7.123
149.5	725.39	50.09	775.48	7.123
149.6	727.76	50.26	778.02	7.123
149.7	730.14	50.42	780.56	7.123
149.8	732.52	50.59	783.11	7.124

a= 9.032 b= 2688

gew % H2SO4 = 70

c= 6.9596 d= 2477

gew % HF = 2

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
162.9	735.97	18.98	754.96	2.785
162.9	738.37	19.04	757.42	2.784
163.0	740.78	19.10	759.88	2.784
163.1	743.19	19.16	762.35	2.783
163.2	745.61	19.21	764.83	2.782
163.3	748.04	19.27	767.31	2.782
163.4	750.47	19.33	769.80	2.781
163.5	752.91	19.39	772.30	2.780
163.6	755.36	19.45	774.80	2.779
163.7	757.81	19.50	777.32	2.779
163.8	760.27	19.56	779.84	2.778

c= 7.7679 d= 2565

gew % HF = 10

TEMP(gr.C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
159.8	667.03	69.84	736.88	10.417
159.9	669.24	70.06	739.30	10.415
160.0	671.45	70.28	741.73	10.414
160.1	673.67	70.50	744.17	10.413
160.2	675.89	70.73	746.62	10.411
160.3	678.12	70.95	749.07	10.410
160.4	680.36	71.17	751.53	10.408
160.5	682.60	71.40	754.00	10.407
160.6	684.85	71.62	756.47	10.406
160.7	687.11	71.85	758.95	10.404
160.8	689.37	72.07	761.44	10.403

a = 9.034 b = 2810
 gew % H2SO4 = 75
 c = 6.9596 d = 2477
 gew % HF = 2

TEMP (gr. C)	pH2O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
181.3	721.40	32.78	754.18	4.804
181.9	723.66	32.87	756.53	4.803
182.0	725.92	32.96	758.88	4.801 ←
182.1	728.19	33.05	761.25	4.799
182.2	730.47	33.15	763.61	4.798
182.3	732.75	33.24	765.99	4.796
182.4	735.04	33.33	768.37	4.794
182.5	737.33	33.42	770.75	4.792
182.6	739.63	33.51	773.14	4.791
182.7	741.94	33.60	775.54	4.789
182.8	744.25	33.70	777.95	4.787

c = 7.7679 d = 2565
 gew % HF = 17

TEMP (gr. C)	pH2O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
177.9	635.92	120.38	756.29	17.371
177.9	637.94	120.73	758.67	17.367
178.0	639.98	121.08	761.05	17.363 ←
178.1	642.01	121.43	763.44	17.359
178.2	644.05	121.78	765.83	17.355
178.3	646.10	122.13	768.24	17.351
178.4	648.16	122.49	770.64	17.347
178.5	650.21	122.84	773.06	17.343
178.6	652.28	123.20	775.48	17.339
178.7	654.35	123.56	777.91	17.335
178.8	656.43	123.91	780.34	17.331

a = 9.293 b = 3040
 gew % H2SO4 = 80
 c = 6.9596 d = 2477
 gew % HF = 2

TEMP (gr. C)	pH2O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
197.3	689.68	50.19	739.87	7.477
197.9	691.86	50.31	742.17	7.473
198.0	694.04	50.44	744.49	7.469
198.1	696.24	50.57	746.81	7.465
198.2	698.43	50.70	749.14	7.461
198.3	700.64	50.83	751.47	7.457
198.4	702.84	50.96	753.81	7.453
198.5	705.06	51.10	756.15	7.449
198.6	707.28	51.23	758.51	7.445
198.7	709.51	51.36	760.87	7.441 ←
198.8	711.74	51.49	763.23	7.437

c = 7.7679 d = 2565
 gew % HF = 17

TEMP (gr. C)	pH2O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
191.9	569.33	178.55	747.89	25.832
191.9	571.18	179.04	750.22	25.823
192.0	573.03	179.53	752.56	25.813
192.1	574.88	180.02	754.91	25.803
192.2	576.75	180.51	757.26	25.794
192.3	578.61	181.01	759.62	25.784 ←
192.4	580.48	181.50	761.99	25.774
192.5	582.36	182.00	764.36	25.765
192.6	584.24	182.49	766.74	25.755
192.7	586.13	182.99	769.12	25.745
192.8	588.02	183.49	771.51	25.736

a= 9.239 b= 3175

gew % H2SO4 = 85

c= 6.9596 d= 2477

gew % HF = 9

TEMP(gr. C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
221.9	668.13	90.27	758.40	13.048
221.9	670.12	90.48	760.61	13.040 ←
222.0	672.12	90.69	762.82	13.033
222.1	674.13	90.91	765.04	13.025
222.2	676.14	91.12	767.26	13.018
222.3	678.16	91.33	769.49	13.010
222.4	680.18	91.54	771.72	13.003
222.5	682.21	91.75	773.96	12.996
222.6	684.24	91.97	776.21	12.988
222.7	686.28	92.18	778.46	12.981
222.8	688.32	92.39	780.71	12.973

c= 7.7679 d= 2565

gew % HF = 10

TEMP(gr. C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
209.8	462.91	286.64	749.56	40.747
209.9	464.37	287.37	751.74	40.732
210.0	465.82	288.10	753.92	40.718
210.1	467.28	288.83	756.11	40.703
210.2	468.75	289.56	758.31	40.689
210.3	470.22	290.29	760.51	40.674 ←
210.4	471.69	291.02	762.71	40.660
210.5	473.17	291.76	764.93	40.645
210.6	474.65	292.50	767.14	40.631
210.7	476.13	293.24	769.37	40.616
210.8	477.62	293.98	771.60	40.602

a= 9.255 b= 3390

gew % H2SO4 = 90

c= 6.9596 d= 2477

gew % HF = 9

TEMP(gr. C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
248.9	576.43	163.83	740.26	23.991
248.9	578.08	164.17	742.26	23.977
249.0	579.74	164.52	744.26	23.963
249.1	581.40	164.86	746.26	23.949
249.2	583.07	165.20	748.27	23.935
249.3	584.74	165.55	750.29	23.921
249.4	586.41	165.90	752.31	23.907
249.5	588.09	166.24	754.33	23.893
249.6	589.77	166.59	756.36	23.879
249.7	591.46	166.94	758.40	23.865
249.8	593.15	167.29	760.44	23.851 ←

c= 7.7679 d= 2565

gew % HF = 10

TEMP(gr. C)	pH2O(mm Hg)	pHF(mm Hg)	ptotaal(mm Hg)	gew% HF
227.9	307.99	444.77	752.76	61.595
227.9	308.35	445.82	754.77	61.577
228.0	309.91	446.87	756.78	61.559
228.1	310.87	447.92	758.80	61.541
228.2	311.84	448.98	760.82	61.523 ←
228.3	312.81	450.03	762.84	61.505
228.4	313.78	451.09	764.87	61.487
228.5	314.76	452.15	766.91	61.469
228.6	315.73	453.21	768.95	61.452
228.7	316.71	454.28	770.99	61.434
228.8	317.70	455.34	773.04	61.416

a= 9.79 b= 3888
 gew % H2SO4 = 95
 c= 6.9596 d= 2477
 gew % HF = 2

TEMP (gr. C)	pH2O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
273.3	480.99	269.94	750.93	38.396
273.9	482.43	270.45	752.89	38.370
274.0	483.88	270.97	754.85	38.344
274.1	485.33	271.48	756.81	38.319
274.2	486.78	272.00	758.78	38.293
▶ 274.3	488.24	272.52	760.76	38.267 ←
274.4	489.70	273.04	762.74	38.242
274.5	491.16	273.56	764.72	38.216
274.6	492.63	274.08	766.71	38.191
274.7	494.10	274.60	768.70	38.165
274.8	495.58	275.12	770.70	38.140

c= 7.7679 d= 2565
 gew % HF = 17

TEMP (gr. C)	pH2O (mm Hg)	pHF (mm Hg)	ptotaal (mm Hg)	gew% HF
239.9	162.57	586.00	748.58	80.012
239.9	163.13	587.32	750.45	79.994
240.0	163.68	588.64	752.32	79.975
240.1	164.24	589.96	754.20	79.957
240.2	164.80	591.28	756.08	79.938
240.3	165.36	592.61	757.97	79.920
240.4	165.92	593.94	759.86	79.901 ←
240.5	166.49	595.27	761.76	79.883
240.6	167.05	596.60	763.66	79.864
240.7	167.62	597.94	765.56	79.845
240.8	168.19	599.28	767.47	79.827

progr.(arie)

```

list
10.   arie:  GET LIST(q,r,t,s);
20.           PUT LIST('t=',t,'gr.C');
30.           t=t+273;
40.           PUT LIST('t=',t,'gr.K');
50.           t1=1/t;
60.           LET phf(w)=10**(q+r*w)-s;
70.           DO w=5 TO 30 BY 5;
80.           PUT LIST('w.%= ',w);
90.           PUT LIST('pHF=',phf(w),'voor 1/T=',t1);
100.          y=log10(phf(w));
110.          PUT LIST('y=log10 pHF=',y,'voor 1/T=',t1);
120.          END ;
130.          GO TO arie;

```

xeq

```

q
=.31390,.03489,40,.455
t= 40 gr.C
t= 313 gr.K
w.%= 5
pHF= .27035398274763 voor 1/T= .0031948881789137
y=log10 pHF= -.5689672281872 voor 1/T= .0031948881789137
w.%= 10
pHF= .62892691402121 voor 1/T= .0031948881789137
y=log10 pHF= -.20139981986711 voor 1/T= .0031948881789137
w.%= 15
pHF= 1.1647575016946 voor 1/T= .0031948881789137
y=log10 pHF= .066235516230434 voor 1/T= .0031948881789137
w.%= 20
pHF= 1.9654716483722 voor 1/T= .0031948881789137
y=log10 pHF= .29346678356985 voor 1/T= .0031948881789137
w.%= 25
pHF= 3.162012419726 voor 1/T= .0031948881789137
y=log10 pHF= .49996357141779 voor 1/T= .0031948881789137
w.%= 30
pHF= 4.9500535370867 voor 1/T= .0031948881789137
y=log10 pHF= .69460989605187 voor 1/T= .0031948881789137

```

```

q
.18759,.033478,60,1.465
t= 60 gr.C
t= 333 gr.K
w.%= 5
pHF= .79954001926994 voor 1/T= .003003003003003
y=log10 pHF= -.09715979368994 voor 1/T= .003003003003003
w.%= 10
pHF= 1.8644308551894 voor 1/T= .003003003003003
y=log10 pHF= .27054628162786 voor 1/T= .003003003003003
w.%= 15
pHF= 3.4300823236328 voor 1/T= .003003003003003
y=log10 pHF= .53530454344523 voor 1/T= .003003003003003
w.%= 20
pHF= 5.7319750979494 voor 1/T= .003003003003003
y=log10 pHF= .75830429497606 voor 1/T= .003003003003003
w.%= 25
pHF= 9.1163236910106 voor 1/T= .003003003003003
y=log10 pHF= .95981973716696 voor 1/T= .003003003003003
w.%= 30
pHF= 14.092148597866 voor 1/T= .003003003003003
y=log10 pHF= 1.1489772140503 voor 1/T= .003003003003003

```

q

-

τ = .72956, .031541, 25, .172
t = 25 gr.C
t = 293 gr.K
w.% = 5
pHF = .096006298105405 voor 1/T = .0033557046979866
y = log₁₀ pHF = -1.0177002758906 voor 1/T = .0033557046979866
w.% = 10
pHF = .2133452411475 voor 1/T = .0033557046979866
y = log₁₀ pHF = -.67091704001551 voor 1/T = .0033557046979866
w.% = 15
pHF = .3820577065716 voor 1/T = .0033557046979866
y = log₁₀ pHF = -.41787103564106 voor 1/T = .0033557046979866
w.% = 20
pHF = .62463613153036 voor 1/T = .0033557046979866
y = log₁₀ pHF = -.20437289799501 voor 1/T = .0033557046979866
w.% = 25
pHF = .97342062772959 voor 1/T = .0033557046979866
y = log₁₀ pHF = -.011699454872649 voor 1/T = .0033557046979866
w.% = 30
pHF = 1.4749105059396 voor 1/T = .0033557046979866
y = log₁₀ pHF = .16876566015775 voor 1/T = .0033557046979866
q
.50190, .033194, 75, 3.012
t = 75 gr.C
t = 348 gr.K
w.% = 5
pHF = 1.6424674767182 voor 1/T = .0028735632183908
y = log₁₀ pHF = .21549677864481 voor 1/T = .0028735632183908
w.% = 10
pHF = 3.8088735757754 voor 1/T = .0028735632183908
y = log₁₀ pHF = .58079655778714 voor 1/T = .0028735632183908
w.% = 15
pHF = 6.9836260451764 voor 1/T = .0028735632183908
y = log₁₀ pHF = .84408097599183 voor 1/T = .0028735632183908
w.% = 20
pHF = 11.636056282681 voor 1/T = .0028735632183908
y = log₁₀ pHF = 1.065805813228 voor 1/T = .0028735632183908
w.% = 25
pHF = 18.453944393161 voor 1/T = .0028735632183908
y = log₁₀ pHF = 1.2660892076277 voor 1/T = .0028735632183908
w.% = 30
pHF = 28.445195398347 voor 1/T = .0028735632183908
y = log₁₀ pHF = 1.4540089214095 voor 1/T = .0028735632183908

110. WAS LAST LINE EXECUTED

```
list
10.      arie:  GET LIST(q,r,t,s);
20.      PUT LIST('t=',t,'gr.C');
30.      t=t+273;
40.      PUT LIST('t=',t,'gr.K');
50.      t1=1/t;
60.      LET phf(w)=10**(q+r*w)-s;
70.      DO w=2,7;
80.      PUT LIST('w.%= ',w);
90.      PUT LIST('pHF=',phf(w),'voor 1/T=',t1);
100.     y=log10(phf(w));
110.     PUT LIST('y=log10 pHF=',y,'voor 1/T=',t1);
120.     END ;
130.     GO TO arie;
```

xeq

q
=.72956,.031541,25,.172
t= 25 gr.C
t= 298 gr.K
w.%= 2
pHF= .043537082514484 voor 1/T= .0033557046979866
y=log10 pHF= -1.3611406770476 voor 1/T= .0033557046979866
w.%= 7
pHF= .13790387026318 voor 1/T= .0033557046979866
y=log10 pHF= -.86042354520664 voor 1/T= .0033557046979866

q
=.31390,.03489,40,.455
t= 40 gr.C
t= 313 gr.K
w.%= 2
pHF= .11500675183353 voor 1/T= .0031948881789137
y=log10 pHF= -.93927666227273 voor 1/T= .0031948881789137
w.%= 7
pHF= .39678502383868 voor 1/T= .0031948881789137
y=log10 pHF= -.40144472811807 voor 1/T= .0031948881789137

q
=.18759,.033478,60,1.465
t= 60 gr.C
t= 333 gr.K
w.%= 2
pHF= .33199140547243 voor 1/T= .003003003003003
y=log10 pHF= -.47887315907974 voor 1/T= .003003003003003
w.%= 7
pHF= 1.1770193862677 voor 1/T= .003003003003003
y=log10 pHF= .070783616012282 voor 1/T= .003003003003003

q
=.50190,.033194,75,3.012
t= 75 gr.C
t= 348 gr.K
w.%= 2
pHF= .68873510642057 voor 1/T= .0028735632183908
y=log10 pHF= -.16194777945675 voor 1/T= .0028735632183908
w.%= 7
pHF= 2.4112297087886 voor 1/T= .0028735632183908
y=log10 pHF= .38223858595076 voor 1/T= .0028735632183908

q
-

'MIXER'

```

list
  5.          DECLARE y(2);
 10.          GET LIST(dh);
 15.      lees: GET LIST(q,tk);
 16.          tk=tk+273;
 20.          f=.24*(799.93-801.2)/(98.08*3.6);
 30.          g=16.6*.24*10000/(98.08*3.6);
 40.          h=.24*14.8*10000000/(98.08*3.6);
 50.          j=(119.1+127.1-336.1)*.24;
 60.          p=65.76*10/3600+87.7*18/3600+131.52*6.05/3600;
 70.          q1=.0405*65.76/3600;
 80.          r=32.88/(98.08*3600);
 90.          n=2500*dh*(q-1)/(20.008*3600);
100.          k=r*(tk-298);
110.          s=p*(tk-298)+q1*(tk**2-298**2);
120.          a1=f-k;
130.          b1=n+g+j-s;
140.          c1=-h;
150.          d1=b1**2-4*a1*c1;
160.          IF d1<0 THEN GO TO kees1;
170.          y(1)=-b1/(2*a1)+sqrt(d1)/(2*a1);
180.          y(2)=-b1/(2*a1)-sqrt(d1)/(2*a1);
185.          IF y(1)<0 THEN PUT LIST('y(1)<0 !!!!!!!');
186.          IF y(2)<0 THEN PUT LIST('y(2)<0 !!!!!!!');
187.          DO i=1 TO 2 BY 1;
188.          PUT IMAGE(1)(in2);
190.          a2=q1;
200.          b2=p+r*y(i);
210.          c2=n-p*tk-r*y(i)*tk-q1*tk**2;
220.          d2=b2**2-4*a2*c2;
230.          IF d2<0 THEN GO TO kees2;
240.          tin1=-b2/(2*a2)+sqrt(d2)/(2*a2);
250.          tin2=-b2-sqrt(d2)/(2*a2);
260.          PUT IMAGE(y(i),tin1-273,tin2-273)(in1);
264.          END ;
265.          GO TO lees;
270.      kees1: PUT LIST('let op d1<0!!!!!!');
280.      kees2: PUT LIST('let op d2<0!!!!!!');
300.      in2:  IMAGE;
y          temp in 1      temp in 2
310.      in1:  IMAGE;

```

xeq
dh
1698
q
1.6
tk
50

y	temp in 1	temp in 2
→ 1121.79918	25.43142	-1234.43900
y	temp in 1	temp in 2
28100.30291	41.07752	-2950.53756

q
2.0
tk
50

y	temp in 1	temp in 2
882.33290	8.02655	-1201.04050
y	temp in 1	temp in 2
35726.76115	37.38168	-3427.53663

q
-

q

1.8

tk

50

y	temp in 1	temp in 2
987.30284	16.80587	-1217.33616

y	temp in 1	temp in 2
31928.29522	39.08138	-3189.81940

q

~~x~~eq

dh

2312

q

1.6

tk

70

y	temp in 1	temp in 2
1405.30318	37.67603	-1264.55284

y	temp in 1	temp in 2
14164.80873	52.09049	-2083.19769

q

2.0

tk

70

y	temp in 1	temp in 2
949.14464	13.86179	-1211.98697

y	temp in 1	temp in 2
20972.41010	45.81256	-2506.00221

q

1.8

tk

70

y	temp in 1	temp in 2
1129.99752	25.88369	-1235.40800

y	temp in 1	temp in 2
17615.83581	48.65233	-2297.27743

q

-



list van progr. (stri:75) welke geheel analoog aan stri 65, stri 70 en stri 80 is.

```

1.      PUT LIST('75% H2SO4');
2.      GO TO lees;
10.     GET LIST(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2);
15.     PUT LIST('b2o,bf,dest en l zijn resp. stromen voedingsschotel en condensor in kg/hr.');
```

16. PUT LIST('xk ongegeben in mol %');

```

20.     GET LIST(b2o,bf,dest);
21.     lees: GET LIST(l,xk,l1);
22.     d=dest/20.008;
23.     f=b2o/18.016+bf/20.008;
24.     xf=bf/20.008/f;
25.     l=1/18.016;
25.4   l1=l1/18.016;
26.     g=1-l1+d;
26.5   PUT LIST('g=',g,'kmol.');
```

27. k=f-d+l1;

```

27.5   PUT LIST('k=',k,'kmol.','l1=',l1,'kmol.');
```

28. PUT LIST('alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt');

```

30.     PUT LIST('xk=',xk,'f=',f,'l=',l,'xf=',xf);
40.     PUT LIST(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2);
45.     PUT IMAGE(1)(im1);
46.     PUT IMAGE(1)(im2);
55.     DO a=1 TO 2.5 BY .1;
60.     lacc=l+a*f;
70.     gacc=g-(1-a)*f;
80.     p=a*gacc-lacc*(a-1);
90.     x1=gacc*xf/p-k*(a-1)*xk/p;
100.    yf=a1+b1*x1+c1*x1**2+d1*x1**3;
120.    x=x1;
125.    y1=lacc*x/gacc-k*xk/gacc;
130.    m=1;
140.    strip: m=m+1;
150.    y=lacc*x/gacc-k*xk/gacc;
160.    x=a2+b2*y+c2*y**2+d2*y**3;
180.    IF x>xk THEN GO TO strip;
190.    PUT IMAGE(m,a,yf,x1,lacc,gacc,y1)(im10);
195.    END ;
200.    GO TO lees;
230.    im1:  IMAGE;
totaal aantal  a waarde  samenst. damp  vlst. samenst. lacc  gacc  y1
235.    im2:  IMAGE;
schotels       voeding  voedingssch.(yf)  voedingssch. in kmol/hr  in kmol/hr
240.    im10: IMAGE;
```

65% H2SO4

1

475, .0641, 375

g= 130.50064166163 kmol.

k= 113.55784062929 kmol. ll= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .0641 f= 217.69302936019 l= 26.365452930728 xf= .60427925246024

-.03903576 1.69747779 0 0 .024628309 .582071497 0 0

totaal aantal q waarde samenst. damp vlst. samenst. lacc gacc y1

schotels voeding voedingssch.(yf) voedingssch. in kmol/hr in kmol/hr

150. WAS LAST LINE EXECUTED

?m

162

475, .08, 375

! xeq

65% H2SO4

1

475, .10, 375

g= 130.50064166163 kmol.

k= 113.55784062929 kmol. ll= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .1 f= 217.69302936019 l= 26.365452930728 xf= .60427925246024

-.03903576 1.69747779 0 0 .024628309 .582071497 0 0

totaal aantal q waarde samenst. damp vlst. samenst. lacc gacc y1

schotels voeding voedingssch.(yf) voedingssch. in kmol/hr in kmol/hr

160. WAS LAST LINE EXECUTED

?m

128

475, .15, 375

g= 130.50064166163 kmol.

k= 113.55784062929 kmol. ll= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .15 f= 217.69302936019 l= 26.365452930728 xf= .60427925246024

-.03903576 1.69747779 0 0 .024628309 .582071497 0 0

totaal aantal q waarde samenst. damp vlst. samenst. lacc gacc y1

schotels voeding voedingssch.(yf) voedingssch. in kmol/hr in kmol/hr

140. WAS LAST LINE EXECUTED

?m

139

425

65% H2SO4

g = 130,50064166163 kmol.

k = 113,55784062929 kmol. l1 = 20,814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk = .155 f = 217,60302936019 l = 26,365452930728 xf = .60427925246024

-.03903576 1,69747779 0 0 .024628309 .582071497 0 0

65% H₂SO₄

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlist. samenst. damp voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
57	1,00	0,98671	0,60428	244,0585	130,5006	0,9952
15	1,10	1,04817	0,64049	265,8278	152,2609	1,0025
12	1,20	1,10117	0,67171	287,5971	174,0392	1,0089
10	1,30	1,14735	0,69891	309,3664	195,8086	1,0143
9	1,40	1,18704	0,72282	331,1357	217,5779	1,0192
9	1,50	1,22399	0,74401	352,9050	239,3472	1,0235
8	1,60	1,25598	0,76299	374,6743	261,1165	1,0273
8	1,70	1,28477	0,77987	396,4436	282,8858	1,0307
8	1,80	1,31076	0,79518	418,2129	304,6551	1,0338
8	1,90	1,33433	0,80996	439,9822	326,4244	1,0366
8	2,00	1,35581	0,82172	461,7515	348,1937	1,0392
7	2,10	1,37547	0,83330	483,5208	369,9630	1,0415
7	2,20	1,39352	0,84393	505,2901	391,7323	1,0436
7	2,30	1,41016	0,85374	527,0594	413,5016	1,0456
7	2,40	1,42555	0,86280	548,8287	435,2709	1,0475
7	2,50	1,43982	0,87121	570,5980	457,0402	1,0492

g75, .16,375

g = 130,50064166163 kmol.

k = 113,55784062929 kmol. l1 = 20,814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk = .16 f = 217,69302936019 l = 26,365452930728 xf = .60427925246024

-.03903576 1,69747779 0 0 .024628309 .582071497 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlist. samenst. damp voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
33	1,00	0,98671	0,60428	244,0585	130,5006	0,9909
14	1,10	1,04749	0,64008	265,8278	152,2609	0,9981
11	1,20	1,09990	0,67096	287,5971	174,0392	1,0043
10	1,30	1,14556	0,69786	309,3664	195,8086	1,0093
9	1,40	1,18570	0,72150	331,1357	217,5779	1,0146
9	1,50	1,22126	0,74245	352,9050	239,3472	1,0183
8	1,60	1,25293	0,76114	374,6743	261,1165	1,0226
8	1,70	1,28145	0,77791	396,4436	282,8858	1,0260
8	1,80	1,30715	0,79305	418,2129	304,6551	1,0290
8	1,90	1,33046	0,80678	439,9822	326,4244	1,0313
7	2,00	1,35171	0,81930	461,7515	348,1937	1,0343
7	2,10	1,37114	0,83075	483,5208	369,9630	1,0366
7	2,20	1,38900	0,84127	505,2901	391,7323	1,0388
7	2,30	1,40545	0,85096	527,0594	413,5016	1,0407
7	2,40	1,42067	0,85992	548,8287	435,2709	1,0425
7	2,50	1,43477	0,86824	570,5980	457,0402	1,0442

5, 37

g= 130.50064166163 kmol.
k= 113.55784062929 kmol. 11= 20.814831261101 kmol.
alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
xk= .17 f= 217.69302936019 l= 26.365452930728 xf= .60427925246024
-.03903576 1.69747779 0 0 .024628309 .582071497 0 0

65% H₂SO₄

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
22	1.00	0.98671	0.60428	244.0585	130.5006	0.9822
13	1.10	1.04612	0.63928	265.8278	152.2609	0.9892
10	1.20	1.09735	0.66946	287.5971	174.0392	0.9953
9	1.30	1.14199	0.69575	309.3664	195.8086	1.0007
9	1.40	1.18122	0.71886	331.1357	217.5779	1.0053
8	1.50	1.21598	0.73934	352.9050	239.3472	1.0095
8	1.60	1.24699	0.75761	374.6743	261.1165	1.0132
8	1.70	1.27482	0.77400	396.4436	282.8858	1.0165
7	1.80	1.29994	0.78880	418.2129	304.6551	1.0195
7	1.90	1.32273	0.80223	439.9822	326.4244	1.0222
7	2.00	1.34349	0.81446	461.7515	348.1937	1.0246
7	2.10	1.36240	0.82565	483.5208	369.9630	1.0269
7	2.20	1.37994	0.83593	505.2901	391.7323	1.0290
7	2.30	1.39603	0.84541	527.0594	413.5016	1.0309
7	2.40	1.41090	0.85417	548.8287	435.2709	1.0327
7	2.50	1.42469	0.86229	570.5980	457.0402	1.0343

475, .18, 375

g= 130.50064166163 kmol.
k= 113.55784062929 kmol. 11= 20.814831261101 kmol.
alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
xk= .18 f= 217.69302936019 l= 26.365452930728 xf= .60427925246024
-.03903576 1.69747779 0 0 .024628309 .582071497 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
17	1.00	0.98671	0.60428	244.0585	130.5006	0.9735
11	1.10	1.04475	0.63847	265.8278	152.2609	0.9804
10	1.20	1.09480	0.66796	287.5971	174.0392	0.9863
9	1.30	1.13841	0.69364	309.3664	195.8086	0.9915
8	1.40	1.17674	0.71623	331.1357	217.5779	0.9961
8	1.50	1.21070	0.73623	352.9050	239.3472	1.0001
7	1.60	1.24099	0.75408	374.6743	261.1165	1.0037
7	1.70	1.26818	0.77010	396.4436	282.8858	1.0070
7	1.80	1.29273	0.78455	418.2129	304.6551	1.0099
7	1.90	1.31499	0.79767	439.9822	326.4244	1.0125
7	2.00	1.33523	0.80962	461.7515	348.1937	1.0150
7	2.10	1.35384	0.82056	483.5208	369.9630	1.0172
7	2.20	1.37089	0.83060	505.2901	391.7323	1.0192
6	2.30	1.38660	0.83986	527.0594	413.5016	1.0211
6	2.40	1.40113	0.84842	548.8287	435.2709	1.0228
6	2.50	1.41460	0.85635	570.5980	457.0402	1.0244

g= 130.50064166163 kmol.

k= 113.55784062929 kmol. li= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .2 f= 217.69302936019 l= 26.365452930728 xf= .60427925246024

-.03903576 1.69747779 0 0 .024628309 .582071497 0 0

65% H₂SO₄

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch.(yf)	vlst. samenst. lacc voedingssch.	gacc in kmol/hr	yl
13	1.00	0.98671	0.60428	244.0585	130.5006 0.9561
9	1.10	1.04202	0.63686	265.8278	152.2699 0.9627
8	1.20	1.08971	0.66495	287.5971	174.0392 0.9683
8	1.30	1.13126	0.68943	309.3664	195.8086 0.9733
7	1.40	1.16778	0.71095	331.1357	217.5779 0.9776
7	1.50	1.20014	0.73001	352.9050	239.3472 0.9815
7	1.60	1.22901	0.74792	374.6743	261.1165 0.9849
6	1.70	1.25492	0.76228	396.4436	282.8858 0.9880
6	1.80	1.27830	0.77606	418.2129	304.6551 0.9908
6	1.90	1.29951	0.78855	439.9822	326.4244 0.9933
6	2.00	1.31885	0.79994	461.7515	348.1937 0.9956
6	2.10	1.33653	0.81036	483.5208	369.9630 0.9977
6	2.20	1.35278	0.81993	505.2901	391.7323 0.9996
6	2.30	1.36775	0.82875	527.0594	413.5016 1.0014
6	2.40	1.38160	0.83691	548.8287	435.2709 1.0031
6	2.50	1.39443	0.84447	570.5980	457.0402 1.0046

475, .22, 375

g= 130.50064166163 kmol.

k= 113.55784062929 kmol. li= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .22 f= 217.69302936019 l= 26.365452930728 xf= .60427925246024

-.03903576 1.69747779 0 0 .024628309 .582071497 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch.(yf)	vlst. samenst. lacc voedingssch.	gacc in kmol/hr	yl
10	1.00	0.98671	0.60428	244.0585	130.5006 0.9387
8	1.10	1.03928	0.63525	265.8278	152.2699 0.9449
7	1.20	1.08461	0.66195	287.5971	174.0392 0.9503
7	1.30	1.12411	0.68522	309.3664	195.8086 0.9550
6	1.40	1.15883	0.70567	331.1357	217.5779 0.9592
6	1.50	1.18958	0.72379	352.9050	239.3472 0.9628
6	1.60	1.21702	0.73995	374.6743	261.1165 0.9661
6	1.70	1.24165	0.75446	396.4436	282.8858 0.9690
6	1.80	1.26388	0.76756	418.2129	304.6551 0.9717
6	1.90	1.28404	0.77944	439.9822	326.4244 0.9741
6	2.00	1.30241	0.79026	461.7515	348.1937 0.9762
6	2.10	1.31923	0.80017	483.5208	369.9630 0.9782
6	2.20	1.33467	0.80926	505.2901	391.7323 0.9801
5	2.30	1.34899	0.81765	527.0594	413.5016 0.9818
5	2.40	1.36206	0.82540	548.8287	435.2709 0.9833
5	2.50	1.37426	0.83259	570.5980	457.0402 0.9848

475, .30, 375

g= 130.50064166163 kmol.

k= 113.55784062929 kmol. l1= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .3 f= 217.69302936019 l= 26.365452930728 xf= .60427925246024

-.03903576 1.69747779 0 0 .024628309 .582071497 0 0

65% H₂SO₄

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. voedingssch. (yf)	damp vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
5	1.00	0.98671	0.60428	244.0585	130.5006	0.8691
5	1.10	1.02834	0.62880	265.8278	152.2699	0.8740
5	1.20	1.06423	0.64995	287.5971	174.0392	0.8783
5	1.30	1.09551	0.66837	309.3664	195.8086	0.8820
4	1.40	1.12300	0.68456	331.1357	217.5779	0.8853
4	1.50	1.14735	0.69801	352.9050	239.3472	0.8882
4	1.60	1.16907	0.71171	374.6743	261.1165	0.8908
4	1.70	1.18858	0.72320	396.4436	282.8858	0.8931
4	1.80	1.20618	0.73357	418.2129	304.6551	0.8952
4	1.90	1.22214	0.74297	439.9822	326.4244	0.8971
4	2.00	1.23669	0.75154	461.7515	348.1937	0.8988
4	2.10	1.25000	0.75939	483.5208	369.9630	0.9004
4	2.20	1.26223	0.76659	505.2901	391.7323	0.9018
4	2.30	1.27350	0.77323	527.0594	413.5016	0.9032
4	2.40	1.28392	0.77937	548.8287	435.2709	0.9044
4	2.50	1.29358	0.78506	570.5980	457.0402	0.9056

1

475, .25, 375

g= 130.50064166163 kmol.

k= 113.55784062929 kmol. l1= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .25 f= 217.69302936019 l= 26.365452930728 xf= .60427925246024

-.03903576 1.69747779 0 0 .024628309 .582071497 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. voedingssch. (yf)	damp vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
7	1.00	0.98671	0.60428	244.0585	130.5006	0.9126
7	1.10	1.03518	0.63283	265.8278	152.2699	0.9183
6	1.20	1.07697	0.65745	287.5971	174.0392	0.9233
6	1.30	1.11338	0.67890	309.3664	195.8086	0.9276
6	1.40	1.14539	0.69776	331.1357	217.5779	0.9314
5	1.50	1.17375	0.71446	352.9050	239.3472	0.9348
5	1.60	1.19904	0.72936	374.6743	261.1165	0.9378
5	1.70	1.22175	0.74274	396.4436	282.8858	0.9405
5	1.80	1.24224	0.75481	418.2129	304.6551	0.9430
5	1.90	1.26083	0.76576	439.9822	326.4244	0.9452
5	2.00	1.27777	0.77574	461.7515	348.1937	0.9472
5	2.10	1.29327	0.78487	483.5208	369.9630	0.9490
5	2.20	1.30750	0.79326	505.2901	391.7323	0.9507
5	2.30	1.32063	0.80099	527.0594	413.5016	0.9523
5	2.40	1.33276	0.80814	548.8287	435.2709	0.9537
5	2.50	1.34401	0.81476	570.5980	457.0402	0.9551

700 12004

1

70% H₂SO₄

130,50064166163 kmol,

k= 113,53634022585 kmol, 11= 20,814831261101 kmol,

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= ,0641 r= 217,67153795675 1= 26,365452030728 xf= ,60424018160180

-.0201424 2,0680302 0 0 ,015613006 ,47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voedins	samenst. damp voedins,ssch,(yf)	vlst. samenst. damp voedins,ssch,	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
14	1,00	1,22000	0,60424	244,0370	130,5006	1,0742
12	1,10	1,31103	0,64776	265,8041	152,2678	1,0830
10	1,20	1,38868	0,68520	287,5713	174,0340	1,0905
10	1,30	1,45632	0,71770	300,3385	195,8021	1,0971
9	1,40	1,51570	0,74673	331,1056	217,5603	1,1030
9	1,50	1,56847	0,77210	352,8728	230,3364	1,1081
8	1,60	1,61547	0,79401	374,6390	261,1036	1,1127
8	1,70	1,65765	0,81530	396,4071	282,8707	1,1168
8	1,80	1,69572	0,83370	418,1742	304,6379	1,1205
8	1,90	1,73026	0,85030	439,9414	326,4050	1,1239
8	2,00	1,76173	0,86560	461,7085	348,1722	1,1270
8	2,10	1,79053	0,87952	483,4757	369,9393	1,1298
8	2,20	1,81698	0,89231	505,2428	391,7065	1,1324
7	2,30	1,84136	0,90409	527,0100	413,4736	1,1347
7	2,40	1,86390	0,91499	548,7771	435,2408	1,1369
7	2,50	1,88480	0,92500	570,5443	457,0079	1,1390

375

70% H₂SO₄

s = 130,50064166163 kmol,

k = 113,53634022585 kmol, 11 = 20,814831261101 kmol,

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk = ,03 f = 217,67153705675 l = 26,365452930728 xf = ,60424018160180

-,0001424 2,0689302 0 0 ,015613006 ,47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlst. samenst. damp voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
61	1,00	1,22000	0,60424	244,0370	130,5006	1,1038
41	1,10	1,31671	0,65051	265,8041	152,2678	1,1132
33	1,20	1,39026	0,69041	287,5713	174,0349	1,1212
27	1,30	1,47118	0,72517	309,3385	195,8021	1,1283
26	1,40	1,53440	0,75573	331,1056	217,5603	1,1344
24	1,50	1,59041	0,78280	352,8728	239,3364	1,1399
23	1,60	1,64037	0,80694	374,6399	261,1036	1,1448
22	1,70	1,68522	0,82862	396,4071	282,8707	1,1492
21	1,80	1,72560	0,84819	418,1742	304,6379	1,1531
20	1,90	1,76241	0,86593	439,9414	326,4050	1,1567
20	2,00	1,79587	0,88211	461,7085	348,1722	1,1600
17	2,10	1,82640	0,89690	483,4757	369,9393	1,1630
19	2,20	1,85461	0,91040	505,2428	391,7065	1,1657
19	2,30	1,88052	0,92302	527,0100	413,4736	1,1682
18	2,40	1,90440	0,93460	548,7771	435,2408	1,1706
18	2,50	1,92671	0,94534	570,5443	457,0079	1,1727

475,035,375

s = 130,50064166163 kmol,

k = 113,53634022585 kmol, 11 = 20,814831261101 kmol,

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk = ,035 f = 217,67153705675 l = 26,365452930728 xf = ,60424018160180

-,0201424 2,0689302 0 0 ,015613006 ,47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlst. samenst. damp voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
20	1,00	1,22000	0,60424	244,0370	130,5006	1,0095
22	1,10	1,31588	0,65010	265,8041	152,2678	1,1087
18	1,20	1,39771	0,68966	287,5713	174,0349	1,1167
16	1,30	1,46900	0,72412	309,3385	195,8021	1,1237
15	1,40	1,53167	0,75441	331,1056	217,5603	1,1298
14	1,50	1,58710	0,78124	352,8728	239,3364	1,1352
13	1,60	1,63672	0,80518	374,6399	261,1036	1,1401
13	1,70	1,68117	0,82667	396,4071	282,8707	1,1444
13	1,80	1,72130	0,84606	418,1742	304,6379	1,1483
12	1,90	1,75779	0,86365	439,9414	326,4050	1,1519
12	2,00	1,79087	0,87969	461,7085	348,1722	1,1551
12	2,10	1,82122	0,89455	483,4757	369,9393	1,1581
11	2,20	1,84900	0,90783	505,2428	391,7065	1,1608
11	2,30	1,87478	0,92025	527,0100	413,4736	1,1633
11	2,40	1,89854	0,93173	548,7771	435,2408	1,1656
11	2,50	1,92056	0,94237	570,5443	457,0079	1,1678

70% H₂SO₄

471,04,375

s = 130,50064166163 kmol,
 k = 113,53634922585 kmol, l1 = 20,814831261101 kmol,
 alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
 xk = ,04 f = 217,67153795675 l = 26,365452930723 xf = ,60424018169189
 -,0291424 2,0680302 0 0 ,015613006 ,47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. voedingssch. (yf)	damp vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
24	1,00	1,22009	0,60424	244,0370	130,5006	1,0051
18	1,10	1,31505	0,64970	265,8041	152,2678	1,1043
15	1,20	1,37616	0,68891	287,5713	174,0349	1,1122
14	1,30	1,46682	0,72306	309,3385	195,8021	1,1101
13	1,40	1,52894	0,75309	331,1056	217,5693	1,1252
12	1,50	1,58397	0,77869	352,8728	239,3364	1,1306
12	1,60	1,63307	0,80341	374,6399	261,1036	1,1354
11	1,70	1,67713	0,82471	396,4071	282,8707	1,1307
11	1,80	1,71691	0,84304	418,1742	304,6370	1,1436
11	1,90	1,75298	0,85133	439,9414	326,4050	1,1471
10	2,00	1,78586	0,87727	461,7085	348,1722	1,1503
10	2,10	1,81594	0,89181	483,4757	369,9393	1,1532
10	2,20	1,84357	0,90516	505,2428	391,7065	1,1559
10	2,30	1,86904	0,91747	527,0100	413,4736	1,1584
10	2,40	1,89258	0,92835	548,7771	435,2408	1,1607
10	2,50	1,91442	0,93840	570,5443	457,0079	1,1628

475,05,375

s = 130,50064166163 kmol,
 k = 113,53634922585 kmol, l1 = 20,814831261101 kmol,
 alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
 xk = ,05 f = 217,67153795675 l = 26,365452930723 xf = ,60424018169189
 -,0291424 2,0680302 0 0 ,015613006 ,47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. voedingssch. (yf)	damp vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
18	1,00	1,22009	0,60424	244,0370	130,5006	1,0864
14	1,10	1,31338	0,64890	265,8041	152,2678	1,0955
13	1,20	1,39305	0,68741	287,5713	174,0349	1,1032
11	1,30	1,46247	0,72096	309,3385	195,8021	1,1100
11	1,40	1,52348	0,75045	331,1056	217,5693	1,1160
10	1,50	1,57754	0,77658	352,8728	239,3364	1,1213
10	1,60	1,62576	0,79988	374,6399	261,1036	1,1260
10	1,70	1,66905	0,82081	396,4071	282,8707	1,1302
9	1,80	1,70812	0,83963	418,1742	304,6370	1,1340
9	1,90	1,74356	0,85682	439,9414	326,4050	1,1375
9	2,00	1,77585	0,87243	461,7085	348,1722	1,1406
9	2,10	1,80540	0,88671	483,4757	369,9393	1,1435
9	2,20	1,83254	0,89983	505,2428	391,7065	1,1462
9	2,30	1,85755	0,91192	527,0100	413,4736	1,1486
8	2,40	1,88068	0,92319	548,7771	435,2408	1,1509
8	2,50	1,90213	0,93346	570,5443	457,0079	1,1529

475, 00, 375

7, 3% 12504

g = 130,50004166163 kmol,
k = 113,53634022585 kmol, 11 = 20,814831261101 kmol,

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
xb = .08 f = 217,67153795675 l = 26,365452939728 xf = .60424018169189

- .0291424 2,0689302 0 0 .015613006 .47715569 0 0

totaal aantal schotels	q waarde	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
12	1.00	1.22099	0.60424	244.0370	130.5006	1.0603
11	1.10	1.30838	0.64648	265.8041	152.2678	1.0680
9	1.20	1.38374	0.68290	287.5713	174.0349	1.0762
8	1.30	1.44040	0.71464	309.3385	195.8021	1.0826
8	1.40	1.50711	0.74254	331.1056	217.5693	1.0883
8	1.50	1.55824	0.76725	352.8728	239.3364	1.0933
7	1.60	1.60385	0.78929	374.6399	261.1036	1.0977
7	1.70	1.64489	0.80998	396.4071	282.8707	1.1017
7	1.80	1.68175	0.82695	418.1742	304.6379	1.1053
7	1.90	1.71527	0.84315	439.9414	326.4050	1.1086
7	2.00	1.74582	0.85791	461.7085	348.1722	1.1116
7	2.10	1.77377	0.87142	483.4757	369.9393	1.1143
7	2.20	1.79944	0.88383	505.2428	391.7065	1.1168
7	2.30	1.82310	0.89526	527.0100	413.4736	1.1191
7	2.40	1.84497	0.90584	548.7771	435.2408	1.1213
7	2.50	1.86526	0.91564	570.5443	457.0079	1.1232

475, 10, 375

g = 130,50004166163 kmol,
k = 113,53634022585 kmol, 11 = 20,814831261101 kmol,

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
xb = .1 f = 217,67153795675 l = 26,365452939728 xf = .60424018169189

- .0291424 2,0689302 0 0 .015613006 .47715569 0 0

totaal aantal schotels	q waarde	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
9	1.00	1.22099	0.60424	244.0370	130.5006	1.0429
8	1.10	1.30594	0.64487	265.8041	152.2678	1.0511
8	1.20	1.37753	0.67990	287.5713	174.0349	1.0582
7	1.30	1.44068	0.71043	309.3385	195.8021	1.0644
7	1.40	1.49620	0.73726	331.1056	217.5693	1.0698
7	1.50	1.54538	0.76193	352.8728	239.3364	1.0746
7	1.60	1.58925	0.78224	374.6399	261.1036	1.0789
6	1.70	1.62863	0.80127	396.4071	282.8707	1.0827
6	1.80	1.66417	0.81845	418.1742	304.6379	1.0862
6	1.90	1.69641	0.83403	439.9414	326.4050	1.0894
6	2.00	1.72579	0.84823	461.7085	348.1722	1.0922
6	2.10	1.75268	0.86123	483.4757	369.9393	1.0949
6	2.20	1.77737	0.87316	505.2428	391.7065	1.0973
6	2.30	1.80013	0.88416	527.0100	413.4736	1.0995
6	2.40	1.82117	0.89433	548.7771	435.2408	1.1015
6	2.50	1.84068	0.90376	570.5443	457.0079	1.1034

70% H₂SO₄

175, 15, 375
 L = 130,50064166163 kmol,
 K = 113,53634922585 kmol, H = 20,814831261101 kmol,
 alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
 x_L = 0,15 r = 217,67153795675 l = 26,365452930728 x_H = 0,69424918169189
 - 0,0291424 2,0689392 0 0 0,015613906 0,47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (y _f)	vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y _l
7	1,00	1,22079	0,60424	244,0370	130,5006	0,9094
6	1,10	1,29671	0,64084	265,8041	152,2678	1,0068
6	1,20	1,36201	0,67240	287,5713	174,0349	1,0132
6	1,30	1,41890	0,69990	309,3385	195,8021	1,0188
5	1,40	1,46991	0,72407	331,1056	217,5693	1,0236
5	1,50	1,51321	0,74548	352,8728	239,3364	1,0280
5	1,60	1,55273	0,76450	374,6399	261,1036	1,0318
5	1,70	1,58821	0,78173	396,4071	282,8707	1,0353
5	1,80	1,62023	0,79721	418,1742	304,6379	1,0384
5	1,90	1,64927	0,81125	439,9414	326,4050	1,0413
5	2,00	1,67574	0,82404	461,7085	348,1722	1,0438
5	2,10	1,69996	0,83574	483,4757	369,9393	1,0462
5	2,20	1,72220	0,84659	505,2428	391,7065	1,0484
5	2,30	1,74270	0,85640	527,0100	413,4736	1,0504
5	2,40	1,76165	0,86557	548,7771	435,2408	1,0522
5	2,50	1,77923	0,87406	570,5443	457,0079	1,0559

175, 20, 375
 L = 130,50064166163 kmol,
 K = 113,53634922585 kmol, H = 20,814831261101 kmol,
 alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
 x_L = 0,2 r = 217,67153795675 l = 26,365452930728 x_H = 0,69424918169189
 - 0,0291424 2,0689392 0 0 0,015613906 0,47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (y _f)	vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y _l
5	1,00	1,22079	0,60424	244,0370	130,5006	0,9559
5	1,10	1,28337	0,63681	265,8041	152,2678	0,9625
5	1,20	1,34643	0,66499	287,5713	174,0349	0,9682
5	1,30	1,39711	0,68937	309,3385	195,8021	0,9731
4	1,40	1,44162	0,71088	331,1056	217,5693	0,9775
4	1,50	1,48104	0,72994	352,8728	239,3364	0,9813
4	1,60	1,51621	0,74694	374,6399	261,1036	0,9848
4	1,70	1,54773	0,76219	396,4071	282,8707	0,9878
4	1,80	1,57628	0,77597	418,1742	304,6379	0,9906
4	1,90	1,60213	0,78846	439,9414	326,4050	0,9932
4	2,00	1,62563	0,79985	461,7085	348,1722	0,9955
4	2,10	1,64723	0,81026	483,4757	369,9393	0,9976
4	2,20	1,66793	0,81983	505,2428	391,7065	0,9995
4	2,30	1,68527	0,82867	527,0100	413,4736	1,0013
4	2,40	1,70214	0,83680	548,7771	435,2408	1,0029
4	2,50	1,71778	0,84436	570,5443	457,0079	1,0044

7-0-1-2-24

475 25 375

k= 113.53634022585 kmol, l1= 20.614831261101 kmol.
 alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol 2 uitgedrukt
 xk= 25 c= 217.67153795675 l= 26.365452330728 xF= .60424018169183
 - .0201424 2.0689502 0 0 .015613006 .47715569 0 0
 totaal aantal op waarde samenst. damp vlist. samenst. lacc
 schotels voeding voedingssch.(yf) voedingssch. in kmol/hr racc in kmol/hr y1
 4 1.00 1.22000 0.60424 244.0370 130.5000 0.0124
 4 1.10 1.23004 0.63278 265.8041 152.2678 0.0182
 4 1.20 1.33006 0.65740 287.5713 174.0340 0.0232
 4 1.30 1.37533 0.67884 309.3385 195.8021 0.0275
 4 1.40 1.41433 0.69760 331.1056 217.5693 0.0313
 4 1.50 1.44388 0.71433 352.8798 239.3364 0.0347
 4 =0 1.47070 0.72920 374.6399 261.1036 0.0377
 4 1.70 1.50736 0.74660 396.4071 282.8707 0.0404
 4 1.80 1.53233 0.75473 418.1742 304.6379 0.0428
 4 1.90 1.55409 0.76507 439.9414 326.4050 0.0450
 4 2.00 1.57563 0.77565 461.7085 348.1720 0.0471
 4 2.10 1.59451 0.78479 483.4757 369.9393 0.0489
 4 2.20 1.61160 0.79316 505.2428 391.7065 0.0506
 4 2.30 1.62785 0.80000 527.0100 413.4736 0.0522
 4 2.40 1.64263 0.80604 548.7771 435.2408 0.0536
 4 2.50 1.65634 0.81162 570.5443 457.0079 0.0549

475 30 375

k= 113.53634022585 kmol, l1= 20.614831261101 kmol.
 alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol 2 uitgedrukt
 xk= 3 c= 217.67153795675 l= 26.365452330728 xF= .60424018169183
 - .0201424 2.0689502 0 0 .015613006 .47715569 0 0
 totaal aantal op waarde samenst. damp vlist. samenst. lacc
 schotels voeding voedingssch.(yf) voedingssch. in kmol/hr racc in kmol/hr y1
 3 1.00 1.22000 0.60424 244.0370 130.5000 0.6692
 3 1.10 1.27170 0.62875 265.8041 152.2678 0.8739
 3 1.20 1.31544 0.64880 287.5713 174.0340 0.8782
 3 1.30 1.35354 0.66631 309.3385 195.8021 0.8819
 3 1.40 1.38704 0.68150 331.1056 217.5693 0.8851
 3 1.50 1.41671 0.69684 352.8798 239.3364 0.8880
 3 1.60 1.44318 0.71164 374.6399 261.1036 0.8906
 3 1.70 1.46694 0.72312 396.4071 282.8707 0.8929
 3 1.80 1.48839 0.73140 418.1742 304.6379 0.8950
 3 1.90 1.50784 0.74000 439.9414 326.4050 0.8969
 3 2.00 1.52557 0.75146 461.7085 348.1722 0.8987
 3 2.10 1.54170 0.75330 483.4757 369.9393 0.8993
 3 2.20 1.55669 0.76650 505.2428 391.7065 0.8997
 3 2.30 1.57042 0.77313 527.0100 413.4736 0.8991
 3 2.40 1.58111 0.77927 548.7771 435.2408 0.8983
 3 2.50 1.59460 0.78496 570.5443 457.0079 0.8974

75% H₂SO₄

75% H₂SO₄

1754.0641,375

n = 130.50064168165 kmol

h = 113.55734062329 kmol

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

VF = .0641 f = 217.69302936010 v = 25.365452330723 vF = .60497325246024

- .0234836 2.705649 0 0 .001517522 .58074636 0 0

	total aantal	in vaaide	aanst.	aanst.	in vaaide	aanst.	in vaaide	aanst.	in vaaide	aanst.	in vaaide	aanst.
	schotels	wooding	wooding	wooding	wooding	wooding	wooding	wooding	wooding	wooding	wooding	wooding
3	1.00	1.60648	0.60420	244.0535	130.5006	1.0743						
0	1.10	1.72626	0.64731	267.8278	152.2690	1.0831						
0	1.20	1.82763	0.66555	287.5971	174.9392	1.0907						
0	1.30	1.91632	0.71806	300.3664	195.2086	1.0973						
3	1.40	1.99411	0.74684	331.1357	217.5770	1.1031						
5	1.50	2.06302	0.77220	352.9050	230.3472	1.1083						
5	1.60	2.12440	0.79500	374.6743	251.1165	1.1129						
5	1.70	2.17957	0.81537	396.4436	262.8958	1.1170						
5	1.80	2.22843	0.83300	418.2120	284.6851	1.1207						
5	1.90	2.27466	0.85050	439.9800	306.4244	1.1241						
5	2.00	2.31582	0.86571	461.7515	328.1937	1.1271						
5	2.10	2.35349	0.87964	483.5207	350.0030	1.1300						
5	2.20	2.38807	0.89242	505.2901	371.7323	1.1325						
5	2.30	2.41938	0.90421	527.0594	393.4916	1.1349						
5	2.40	2.44847	0.91511	548.8287	415.2700	1.1371						
5	2.50	2.47681	0.92521	570.5980	437.0402	1.1392						

75% H₂SO₄

12 308116610 kmol. 11= 20.814831261101 kmol.
 1= 113.55784662020 kmol. 11= 20.814831261101 kmol.
 alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt.
 xk= .005 c= 217.60302336019 1= 26.365452330728 xrf= .60497325246004
 - .0264896 2.705649 0 0 .001517522 .38074636 0 0
 totaal aantal o waarde samenst. damp vlst. samenst. 1acc in kmol/hr

schotels	voeding	voedingssch. (v%)	vdst. samenst. in kmol/hr	1acc in kmol/hr	v1
15	1.00	1.60848	0.60423	244.0585	1.1258
14	1.10	1.73814	0.65217	265.8978	1.1311
12	1.20	1.85183	0.69347	287.5971	1.1394
12	1.30	1.95000	0.73045	300.3664	1.1467
11	1.40	2.03650	0.76109	331.1357	1.1531
11	1.50	2.11275	0.78010	350.0050	1.1587
11	1.60	2.18095	0.81586	374.6743	1.1638
10	1.70	2.24217	0.83640	390.4436	1.1683
10	1.80	2.29742	0.85824	419.2129	1.1729
10	1.90	2.34754	0.87743	450.9822	1.1777
10	2.00	2.39321	0.89472	461.7515	1.1844
10	2.10	2.43500	0.90076	483.5609	1.1875
10	2.20	2.47333	0.92335	505.2999	1.1903
10	2.30	2.50877	0.93709	527.0594	1.1930
10	2.40	2.54146	0.94011	548.8287	1.1954
10	2.50	2.57161	0.96932	570.5990	1.1977

175 21375
 c= 130.50064166163 kmol.
 1= 113.55784662020 kmol. 11= 20.814831261101 kmol.
 alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt.
 xk= .01 c= 217.60302336019 1= 26.365452330728 xrf= .60497325246004
 - .0264896 2.705649 0 0 .001517522 .38074636 0 0
 totaal aantal o waarde samenst. damp vlst. samenst. 1acc in kmol/hr

schotels	voeding	voedingssch. (v%)	vdst. samenst. in kmol/hr	1acc in kmol/hr	v1
12	1.00	1.60848	0.60423	244.0585	1.1214
11	1.10	1.73805	0.65217	265.8978	1.1311
10	1.20	1.84360	0.69347	287.5971	1.1394
10	1.30	1.94715	0.72045	300.3664	1.1467
10	1.40	2.03273	0.76109	331.1357	1.1531
10	1.50	2.10854	0.78010	350.0050	1.1587
10	1.60	2.17617	0.81410	374.6743	1.1638
10	1.70	2.23638	0.83653	390.4436	1.1683
10	1.80	2.29167	0.85679	418.2129	1.1729
10	1.90	2.34137	0.87516	439.9822	1.1761
10	2.00	2.38607	0.89190	461.7515	1.1795
10	2.10	2.42811	0.90721	483.5609	1.1826
10	2.20	2.46817	0.92120	505.2999	1.1854
10	2.30	2.50125	0.93425	527.0594	1.1897
10	2.40	2.53360	0.94624	548.8287	1.1925
10	2.50	2.56377	0.95735	570.5990	1.1927

475, 02, 375

$\sigma = 113.55784062029$ kmol

$\tau = 20.814831261101$ kmol

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

$x_k = .02$ $\sigma = 217.69302936019$ $\tau = 26.365452030728$ $x^s = .60427025246024$
- .0264836 2.705640 0 0 .001517522 .38074636 0 0

75% H₂SO₄

schotels	voeding	voedingssch. (y _f)	vst. samenst.	lacc	gacc	v1
			voedingssch.	in kmol/hr	in kmol/hr	
10	1.00	1.60348	0.60428	244.0585	130.5006	1.1127
3	1.10	1.73567	0.65136	265.2278	152.2600	1.1222
3	1.20	1.84574	0.69107	287.5071	174.0392	1.1304
8	1.30	1.94145	0.72735	300.3664	195.0086	1.1376
3	1.40	2.02550	0.75046	331.1357	217.5779	1.1438
7	1.50	2.10015	0.78500	352.9050	239.3472	1.1494
7	1.60	2.16662	0.81057	374.6743	261.1165	1.1544
7	1.70	2.22530	0.83263	396.4436	282.8858	1.1588
7	1.80	2.28018	0.85234	418.2129	304.6551	1.1629
7	1.90	2.32904	0.87060	439.9822	326.4244	1.1665
7	2.00	2.37357	0.88700	461.7515	348.1937	1.1698
7	2.10	2.41432	0.90211	483.5208	369.9630	1.1729
7	2.20	2.45174	0.91595	505.2901	391.7322	1.1757
7	2.30	2.48523	0.92860	527.0594	413.5016	1.1782
7	2.40	2.51812	0.94043	548.8287	435.2709	1.1806
7	2.50	2.54770	0.95141	570.5980	457.0402	1.1828

1
475, 03, 375

$\sigma = 130.50064166163$ kmol

$\tau = 113.55784062029$ kmol $\tau = 20.814831261101$ kmol

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

$x_k = .03$ $\sigma = 217.69302936019$ $\tau = 26.365452030728$ $x^s = .60427025246024$
- .0264896 2.705640 0 0 .001517522 .38074636 0 0

schotels	voeding	voedingssch. (y _f)	vst. samenst.	lacc	gacc	v1
			voedingssch.	in kmol/hr	in kmol/hr	
6	1.00	1.60348	0.60428	244.0585	130.5006	1.1040
6	1.10	1.73360	0.65356	265.2278	152.2600	1.1134
7	1.20	1.84168	0.69047	287.5071	174.0392	1.1214
7	1.30	1.93575	0.72524	300.3664	195.0086	1.1284
7	1.40	2.01845	0.75530	331.1357	217.5779	1.1346
7	1.50	2.09171	0.78983	352.9050	239.3472	1.1401
7	1.60	2.15797	0.80734	374.6743	261.1165	1.1450
6	1.70	2.21573	0.82872	396.4436	282.8858	1.1493
6	1.80	2.26868	0.84323	418.2129	304.6551	1.1533
6	1.90	2.31671	0.86004	439.9822	326.4244	1.1569
6	2.00	2.36048	0.88222	461.7515	348.1937	1.1602
6	2.10	2.40032	0.90732	483.5208	369.9630	1.1631
6	2.20	2.43731	0.91061	505.2901	391.7322	1.1659
6	2.30	2.47121	0.92314	527.0594	413.5016	1.1684
6	2.40	2.50255	0.93473	548.8287	435.2709	1.1708
6	2.50	2.53162	0.94547	570.5980	457.0402	1.1729

475,15,375

$\dot{m} = 130.50064166163 \text{ kmol}$

$\dot{m} = 113.55784032029 \text{ kmol}$, $\dot{m} = 20.014831261101 \text{ kmol}$

75% H_2SO_4

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

$x_k = .15$ $\dot{m} = 217.00302936010$ $\dot{m} = 26.565452930728$ $x^s = .00427925246004$

-0.0264899 2.705549 0.001517522 $.38074636$ 0.0

totaal aantal g waarde samenst. damp

schotels	voeding	samenst. damp voedingssch. (y^s)	vlot. samenst. damp voedingssch.	lacc in kmol/hr	lacc in kmol/hr	v1
4	1.00	1.60848	0.60423	244.0585	130.5006	0.0096
4	1.10	1.70753	0.64080	265.8278	152.2690	1.0070
4	1.20	1.79295	0.67246	287.5971	174.0302	1.0134
4	1.30	1.86737	0.69996	309.3664	195.8086	1.0189
4	1.40	1.93273	0.72414	331.1357	217.5779	1.0233
4	1.50	1.99074	0.74556	352.9050	239.3472	1.0281
4	1.60	2.04243	0.76467	374.6743	261.1165	1.0320
4	1.70	2.08834	0.78182	396.4436	282.8858	1.0354
4	1.80	2.13072	0.79730	418.2129	304.6551	1.0386
4	1.90	2.16872	0.81134	439.9822	326.4244	1.0414
4	2.00	2.20334	0.82414	461.7515	348.1937	1.0440
4	2.10	2.23502	0.83585	483.5208	369.9630	1.0464
4	2.20	2.26412	0.84669	505.2901	391.7323	1.0485
4	2.30	2.29093	0.85651	527.0594	413.5016	1.0505
4	2.40	2.31573	0.86560	548.8287	435.2709	1.0524
4	2.50	2.33873	0.87416	570.5980	457.0402	1.0541

80% H2SO4

1

575,0641,375

g= 130.50064166163 kmol.

k= 113.55784062929 kmol. ll= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .0641 f= 217.69302936019 l= 26.365452930728 xf= .60427925246024

.110997872 2.7349048 0 0 -.00937283 .31704207 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. voedingssch. (yf)	damp vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
5	1.00	1.76364	0.60428	244.0585	130.5006	1.0743
5	1.10	1.83270	0.64781	265.8278	152.2609	1.0831
4	1.20	1.93537	0.68535	287.5971	174.0392	1.0907
4	1.30	2.07481	0.71806	309.3664	195.8036	1.0973
4	1.40	2.15344	0.74681	331.1357	217.5779	1.1031
4	1.50	2.22319	0.77228	352.9050	239.3472	1.1083
4	1.60	2.28524	0.79500	374.6743	261.1165	1.1129
4	1.70	2.34101	0.81530	396.4436	282.8858	1.1170
4	1.80	2.39136	0.83380	418.2129	304.6551	1.1207
4	1.90	2.43703	0.85050	439.9322	326.4244	1.1241
4	2.00	2.47864	0.86571	461.7515	348.1937	1.1271
4	2.10	2.51672	0.87964	483.5208	369.9630	1.1300
4	2.20	2.55169	0.89242	505.2901	391.7323	1.1325
4	2.30	2.58392	0.90421	527.0594	413.5016	1.1349
4	2.40	2.61372	0.91511	548.8287	435.2709	1.1371
4	2.50	2.64136	0.92521	570.5980	457.0402	1.1392

$\sigma = 130.50064166163$ kmol.
 $k = 113.55784062929$ kmol. $11 = 20.814831261101$ kmol.
 alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
 $x_k = .1$ $f = 217.69302936019$ $l = 26.365452930728$ $x_f = .60427925246024$
 $.110997872$ 2.7349043 0 0 $-.00937283$ $.31704207$ 0 0

80% H₂SO₄

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. voedingssch. (yf)	damp vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
4	1.00	1.76364	0.60428	244.0585	130.5006	1.0431
4	1.10	1.87470	0.64492	265.8278	152.2699	1.0513
4	1.20	1.97063	0.67996	287.5971	174.0392	1.0584
4	1.30	2.05413	0.71049	309.3664	195.8086	1.0645
4	1.40	2.12754	0.73733	331.1357	217.5779	1.0700
4	1.50	2.19256	0.76111	352.9050	239.3472	1.0748
4	1.60	2.25057	0.78232	374.6743	261.1165	1.0791
4	1.70	2.30264	0.80136	396.4436	282.8858	1.0829
4	1.80	2.34964	0.81854	418.2129	304.6551	1.0864
4	1.90	2.39227	0.83413	439.9822	326.4244	1.0895
4	2.00	2.43112	0.84834	461.7515	348.1937	1.0924
4	2.10	2.46667	0.86134	483.5208	369.9630	1.0950
4	2.20	2.49932	0.87327	505.2901	391.7323	1.0974
4	2.30	2.52941	0.88428	527.0594	413.5016	1.0997
4	2.40	2.55723	0.89445	548.8287	435.2709	1.1017
4	2.50	2.58303	0.90388	570.5980	457.0402	1.1036

1

475, .005, 375

$\sigma = 130.50064166163$ kmol.
 $k = 113.55784062929$ kmol. $11 = 20.814831261101$ kmol.
 alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
 $x_k = .005$ $f = 217.69302936019$ $l = 26.365452930728$ $x_f = .60427925246024$
 $.110997872$ 2.7349043 0 0 $-.00937283$ $.31704207$ 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. voedingssch. (yf)	damp vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
7	1.00	1.76364	0.60428	244.0585	130.5006	1.1258
7	1.10	1.89572	0.65257	265.8278	152.2699	1.1355
7	1.20	2.00062	0.69422	287.5971	174.0392	1.1439
6	1.30	2.10886	0.73059	309.3664	195.8086	1.1513
6	1.40	2.19609	0.76240	331.1357	217.5779	1.1577
6	1.50	2.27337	0.79066	352.9050	239.3472	1.1634
6	1.60	2.34250	0.81586	374.6743	261.1165	1.1685
6	1.70	2.40413	0.83849	396.4436	282.8858	1.1731
6	1.80	2.46003	0.85891	418.2129	304.6551	1.1772
6	1.90	2.51070	0.87743	439.9822	326.4244	1.1809
6	2.00	2.55687	0.89432	461.7515	348.1937	1.1844
6	2.10	2.59911	0.90976	483.5208	369.9630	1.1875
6	2.20	2.63791	0.92395	505.2901	391.7323	1.1903
6	2.30	2.67367	0.93702	527.0594	413.5016	1.1930
6	2.40	2.70673	0.94911	548.8287	435.2709	1.1954
6	2.50	2.73739	0.96032	570.5980	457.0402	1.1977

475, .15, 875

$H_2O = 1552 \text{ kg/hr.}$

70% H_2SO_4

$g = 50.175628809628 \text{ kmol.}$

$k = 193.86136207785 \text{ kmol. } l_1 = 20.814831261101 \text{ kmol.}$

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

$x_k = .15 \quad f = 217.67153795675 \quad l = 26.365452930728 \quad x_f = .60424018169189$

$-.0291424 \quad 2.0689302 \quad 0 \quad 0 \quad .015613006 \quad .47715569 \quad 0 \quad 0$

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlst. samenst. lacc voedingssch.	in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
12	1.80	3.32650	1.62192	413.1742	224.3129	2.8940
11	1.90	3.51092	1.71106	439.9414	246.0800	2.9409
10	2.00	3.68348	1.79446	461.7085	267.8472	2.9847
10	2.10	3.84527	1.87267	483.4757	289.6143	3.0258
9	2.20	3.99728	1.94614	505.2428	311.3815	3.0644
9	2.30	4.14037	2.01530	527.0100	333.1486	3.1007
9	2.40	4.27530	2.08051	548.7771	354.9158	3.1359
9	2.50	4.40274	2.14211	570.5443	376.6829	3.1674

850, .15, 750

l_1 2x zo groot gemaakt \rightarrow 80% H_2SO_4 komt in de absorber

$g = 50.175628809628 \text{ kmol.}$

$k = 214.67619333895 \text{ kmol. } l_1 = 41.629662522202 \text{ kmol.}$

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

$x_k = .15 \quad f = 217.67153795675 \quad l = 47.180284191829 \quad x_f = .60424018169189$

$-.0291424 \quad 2.0689302 \quad 0 \quad 0 \quad .015613006 \quad .47715569 \quad 0 \quad 0$

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlst. samenst. lacc voedingssch.	in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
18	1.80	4.29108	2.08814	438.9891	224.3129	3.9430
15	1.90	4.65528	2.26417	460.7562	246.0800	4.1085
13	2.00	5.01537	2.43822	482.5234	267.8472	4.2722
12	2.10	5.37142	2.61032	504.2905	289.6143	4.4340
12	2.20	5.72351	2.78050	526.0577	311.3815	4.5940
11	2.30	6.07170	2.94879	547.8248	333.1486	4.7523
11	2.40	6.41605	3.11523	569.5920	354.9158	4.9088
11	2.50	6.75663	3.27985	591.3591	376.6829	5.0636

475, .20, 375 $H_2O = 2000 \text{ kg/hr}$ 70% H_2SO_4 .

g= 50.175628809628 kmol.
k= 229.82939049704 kmol. l1= 20.814831261101 kmol.
alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
xk= .2 f= 253.63956637594 l= 26.365452930728 xf= .51855430729289
-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. voedingssch. (yf)	damp vlst. voedingssch.	samenst. lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
49	1.50	2.26368	1.10822	406.8248	176.0954	2.2875
14	1.60	2.45360	1.20001	432.1888	202.3594	2.3358
11	1.70	2.62999	1.28527	457.5527	227.7233	2.3806
10	1.80	2.79424	1.36466	482.9167	253.0873	2.4223
9	1.90	2.94757	1.43877	508.2806	278.4512	2.4612
8	2.00	3.09103	1.50811	533.6446	303.8152	2.4977
8	2.10	3.22555	1.57313	559.0085	329.1792	2.5318
8	2.20	3.35193	1.63421	584.3725	354.5431	2.5639
7	2.30	3.47099	1.69171	609.7365	379.9071	2.5941
7	2.40	3.58308	1.74593	635.1094	405.2710	2.6226
7	2.50	3.68904	1.79715	660.4644	430.6350	2.6495

475, .20, 375 $H_2O = 2000 \text{ kg/hr}$ 70% H_2SO_4 .

g= 50.175628809628 kmol.
k= 218.72814715778 kmol. l1= 20.814831261101 kmol.
alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt
xk= .2 f= 242.53832303668 l= 26.365452930728 xf= .542289103006
-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. voedingssch. (yf)	damp vlst. voedingssch.	samenst. lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
31	1.50	2.34036	1.14528	390.1729	171.4448	2.3513
14	1.60	2.53458	1.23915	414.4268	195.6986	2.4006
11	1.70	2.71495	1.32633	438.6806	219.9525	2.4464
10	1.80	2.88292	1.40752	462.9344	244.2063	2.4891
9	1.90	3.03972	1.48331	487.1883	268.4601	2.5289
8	2.00	3.18642	1.55422	511.4421	292.7140	2.5661
8	2.10	3.32398	1.62070	535.6959	316.9678	2.6011
8	2.20	3.45322	1.68317	559.9498	341.2216	2.6339
8	2.30	3.57487	1.74197	584.2036	365.4754	2.6648
7	2.40	3.68959	1.79742	608.4574	389.7293	2.6939
7	2.50	3.79794	1.84979	632.7113	413.9831	2.7215

475,,20,375

$H_2O = 1800 \text{ kg/hr}$ 70% H_2SO_4

g= 50.175628809628 kmol.

k= 207.62690381853 kmol. ll= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .2 f= 231.43707969743 l= 26.365452930728 xf= .56830085229253

-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715569 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch.(yf)	vlst. samenst. lacc voedingssch. in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
26	1.50	2.42086	1.18419	373.5211	2.4160
14	1.60	2.61922	1.28006	396.6648	2.4663
11	1.70	2.80345	1.36911	419.8085	2.5131
10	1.80	2.96501	1.45203	442.9522	2.5567
9	1.90	3.13516	1.52944	466.0959	2.5974
8	2.00	3.28501	1.60187	489.2396	2.6354
8	2.10	3.42551	1.66978	512.3833	2.6711
8	2.20	3.55751	1.73358	535.5270	2.7046
8	2.30	3.68176	1.79363	558.6707	2.7362
7	2.40	3.79893	1.85027	581.8144	2.7660
7	2.50	3.9#960	1.90376	604.9582	2.7941

1

475,,10,375

g= 50.175628809628 kmol.

k= 207.62690381853 kmol. ll= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .1 f= 231.43707969743 l= 26.365452930728 xf= .56830085229253

-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715569 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch.(yf)	vlst. samenst. lacc voedingssch. in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
140.	WAS LAST LINE EXECUTED				

?m,
119

475, .20, 375

$H_2O = 1700 \text{ kg/hr.}$ 70% H_2SO_4

g= 50.175628809628 kmol.

k= 202.0762821489 kmol. ll= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .2 f= 225.8864580278 l= 26.365452930728 xf= .58226549210823

-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch.(yf)	vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
24	1.50	2.46271	1.20441	305.1051	163.1189	2.4487
14	1.60	2.66309	1.30127	387.7838	185.7075	2.4996
11	1.70	2.84919	1.39122	410.3724	208.2961	2.5469
10	1.80	3.02250	1.47499	432.9611	230.8848	2.5909
9	1.90	3.18428	1.55318	455.5497	253.4734	2.6320
8	2.00	3.33564	1.62634	478.1384	276.0621	2.6704
8	2.10	3.47757	1.69404	500.7270	298.6507	2.7065
8	2.20	3.61092	1.75939	523.3157	321.2394	2.7403
8	2.30	3.73643	1.82006	545.9043	343.8280	2.7722
7	2.40	3.85479	1.87727	568.4930	366.4167	2.8023
7	2.50	3.96659	1.93130	591.0816	389.0053	2.8307

1

475, .20, 375

g= 50.175628809628 kmol.

k= 202.0762821489 kmol. ll= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .1 f= 225.8864580278 l= 26.365452930728 xf= .58226549210823

-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch.(yf)	vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
------------------------	------------------	--------------------------------	-----------------------------	-----------------	-----------------	----

140. WAS LAST LINE EXECUTED

?m
322

1
 475,.20,375 h2o = 1552 kg/kw. 70% H2SO4

g= 50.175628809628 kmol.

k= 193.86136207785 kmol. l1= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .2 f= 217.67153795675 l= 26.365452930728 xf= .60424018169189

-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715569 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch.(yf)	vlst. samenst. lacc voedingssch. in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl	
22	1.50	2.52683	1.23541	352.8728	159.0114	2.4977
13	1.60	2.73012	1.33366	374.6399	180.7786	2.5494
11	1.70	2.91892	1.42492	396.4071	202.5457	2.5973
10	1.80	3.09474	1.50990	418.1742	224.3129	2.6420
9	1.90	3.25886	1.58923	439.9414	246.9800	2.6837
8	2.00	3.41242	1.66345	461.7085	267.8472	2.7227
8	2.10	3.55641	1.73304	483.4757	289.6143	2.7592
8	2.20	3.69168	1.79843	505.2428	311.3815	2.7936
8	2.30	3.81902	1.85998	527.0100	333.1486	2.8259
7	2.40	3.93910	1.91802	548.7771	354.9158	2.8564
7	2.50	4.05252	1.97233	570.5443	376.6829	2.8852

1
 475,.15,375

g= 50.175628809628 kmol.

k= 193.86136207785 kmol. l1= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .15 f= 217.67153795675 l= 26.365452930728 xf= .60424018169189

-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715569 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch.(yf)	vlst. samenst. lacc voedingssch. in kmol/hr	gacc in kmol/hr	yl
150.	WAS LAST LINE EXECUTED				

?m
 267

200, .10, 100

70% H₂SO₄; zowel l als l1 verlaagd.

g= 50.175628809628 kmol.

k= 178.59715248638 kmol. l1= 5.550621669627 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .1 f= 217.67153795675 l= 11.101243339254 xf= .60424018169189

-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715569 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlst. samenst. damp voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
14	1.80	3.05135	1.48893	402.9100	224.3129	2.5948
12	1.90	3.18586	1.55395	424.6772	246.0800	2.6092
→ 11	2.00	3.30860	1.61327	446.4443	267.8472	2.6223
11	2.10	3.42104	1.66762	468.2115	289.6143	2.6343
10	2.20	3.52443	1.71759	489.9786	311.3815	2.6454
10	2.30	3.61981	1.76369	511.7458	333.1486	2.6556
9	2.40	3.70809	1.80636	533.5129	354.9158	2.6650
9	2.50	3.79003	1.84597	555.2801	376.6829	2.6738

600, .10, 500

L1 verhoogd.

g= 50.175628809628 kmol.

k= 200.79963016489 kmol. l1= 27.753108348135 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .1 f= 217.67153795675 l= 33.303730017762 xf= .60424018169189

-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715569 0 0

voor q=2,0 1 schotel meer als in 't geval L=475; L1=375

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch. (yf)	vlst. samenst. damp voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
19	1.80	3.85295	1.87633	425.1125	224.3129	3.4665
16	1.90	4.10551	1.99845	446.8797	246.0800	3.5476
→ 14	2.00	4.34537	2.11438	468.6468	267.8472	3.6245
13	2.10	4.57344	2.22462	490.4140	289.6143	3.6977
12	2.20	4.79059	2.32958	512.1811	311.3815	3.7674
12	2.30	4.99758	2.42962	533.9483	333.1486	3.8338
11	2.40	5.19510	2.52509	555.7154	354.9158	3.8971
11	2.50	5.38379	2.61629	577.4826	376.6829	3.9577

475, .10, 375

70% H₂SO₄

g= 50.175628809628 kmol.

k= 193.86136207785 kmol. 11= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .1 f= 217.67153795675 l= 26.365452930728 xf= .60424018169189

-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch.(yf)	vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
17	1.80	3.55826	1.73394	418.1742	224.3129	3.1461
15	1.90	3.76299	1.83280	439.9414	246.0800	3.1981
→ 13	2.00	3.95453	1.92548	461.7085	267.8472	3.2467
12	2.10	4.13414	2.01229	483.4757	289.6143	3.2923
12	2.20	4.30288	2.09385	505.2428	311.3815	3.3352
11	2.30	4.46172	2.17062	527.9100	333.1486	3.3755
11	2.40	4.61150	2.24301	548.7771	354.9158	3.4136
10	2.50	4.75297	2.31139	570.5443	376.6829	3.4495

425, .10, 375

l is verlaagd.

g= 47.400317974814 kmol.

k= 193.86136207785 kmol. 11= 20.814831261101 kmol.

alle hier volgende gegevens zijn in kmol en mol % uitgedrukt

xk= .1 f= 217.67153795675 l= 23.500142095915 xf= .60424018169189

-.0291424 2.0689302 0 0 .015613006 .47715560 0 0

totaal aantal schotels	q waarde voeding	samenst. damp voedingssch.(yf)	vlst. samenst. voedingssch.	lacc in kmol/hr	gacc in kmol/hr	y1
17	1.80	3.65588	1.78112	415.3989	221.5375	3.2522
15	1.90	3.86548	1.88243	437.1661	243.3047	3.3026
→ 14	2.00	4.06107	1.97697	458.9332	265.0719	3.3497
13	2.10	4.24400	2.06539	480.7004	286.8390	3.3937
12	2.20	4.41546	2.14826	502.4675	308.6062	3.4349
11	2.30	4.57650	2.22610	524.2347	330.3733	3.4737
11	2.40	4.72805	2.29935	546.0018	352.1405	3.5101
10	2.50	4.87091	2.36840	567.7690	373.9076	3.5445

Programma "liquid"

```
list
10. DECLARE a(7),b(7);
15. GET LIST(a,b);
20. LET ph2o(t)=10**(a(i)-b(i)/t);
30. DO i=1 TO 7 BY 1;
34. PUT LIST('a=',a(i),'b=',b(i));
35. p=i*5+60;
36. xacct=(1-p/100)*98.08/(p/100*18.016);
37. PUT LIST('ph2o=',ph2o(t),'voor',p,'% H2SO4');
38. PUT LIST('xacct=',xacct);
40. DO f=293 TO 323 BY 5;
50. t=f;
55. yacct=ph2o(t)/(760-ph2o(t));
66. PUT LIST('yacct=',yacct,'voor t=',t-273,'grd C');
70. END ;
80. END ;
```

```
a= 8.853 b= 2533
ph2o= 10.25403361551 voor 65 % H2SO4
xacct= 2.9314113949993
yacct= .0021284261918755 voor t= 20 grd C
yacct= .0029749281735455 voor t= 25 grd C
yacct= .0041137067528921 voor t= 30 grd C
yacct= .0056311767965207 voor t= 35 grd C
yacct= .0076355111389648 voor t= 40 grd C
yacct= .010261513272151 voor t= 45 grd C
yacct= .01367667726838 voor t= 50 grd C
a= 9.032 b= 2688
ph2o= 5.1288332081303 voor 70 % H2SO4
xacct= 2.3331641715301
yacct= .00094959229322911 voor t= 20 grd C
yacct= .001354066037029 voor t= 25 grd C
yacct= .0019086548808496 voor t= 30 grd C
yacct= .0026611408654027 voor t= 35 grd C
yacct= .003672136789217 voor t= 40 grd C
yacct= .0050179930576399 voor t= 45 grd C
yacct= .0067943159492068 voor t= 50 grd C
a= 9.034 b= 2810
ph2o= 2.1592831538281 voor 75 % H2SO4
xacct= 1.8146832445234
yacct= .0003655118255953 voor t= 20 grd C
yacct= .00052952456864071 voor t= 25 grd C
yacct= .00075785832213021 voor t= 30 grd C
yacct= .0010721984739614 voor t= 35 grd C
yacct= .0015003816503736 voor t= 40 grd C
yacct= .002077829337465 voor t= 45 grd C
yacct= .0028492572526696 voor t= 50 grd C
a= 9.293 b= 3040
ph2o= .76073832171485 voor 80 % H2SO4
xacct= 1.3610124333925
yacct= .00010884464183586 voor t= 20 grd C
yacct= .00016252295231964 voor t= 25 grd C
yacct= .00023948984563061 voor t= 30 grd C
yacct= .00034850407822853 voor t= 35 grd C
yacct= .00050112252460348 voor t= 40 grd C
yacct= .00071243833156851 voor t= 45 grd C
yacct= .0010019744237584 voor t= 50 grd C
```

a= 9.230 b= 3175
ph2o= .25661299045202 voor 85 % H2SO4
xacct= .96071465886533
yacct= .000033267746313997 voor t= 20 grd C
yacct= .000050564527222785 voor t= 25 grd C
yacct= .000075800395455433 voor t= 30 grd C
yacct= .00011214852138546 voor t= 35 grd C
yacct= .00016386552726304 voor t= 40 grd C
yacct= .00023659873567227 voor t= 45 grd C
yacct= .00033776271678005 voor t= 50 grd C
a= 9.255 b= 3390
ph2o= .057496838163554 voor 90 % H2SO4
xacct= .60489441484113
yacct= .0000063712303094435 voor t= 20 grd C
yacct= .0000099621209000955 voor t= 25 grd C
yacct= .000015348794152948 voor t= 30 grd C
yacct= .000023318629827754 voor t= 35 grd C
yacct= .000034956718918189 voor t= 40 grd C
yacct= .000051740606991514 voor t= 45 grd C
yacct= .000075659458346298 voor t= 50 grd C
a= 9.70 b= 3888
ph2o= .0056604153134063 voor 95 % H2SO4
xacct= .2865289333458
yacct= .0000004360758376833 voor t= 20 grd C
yacct= .00000072812653483838 voor t= 25 grd C
yacct= .00000119537387084 voor t= 30 grd C
yacct= .0000019311260531068 voor t= 35 grd C
yacct= .0000030722920876287 voor t= 40 grd C
yacct= .0000048169640528678 voor t= 45 grd C
yacct= .0000074479703579102 voor t= 50 grd C

BIJLAGE (5)

MATERIAALEIGENSCHAPPEN

Kennzeichnende Eigenschaften von DIABON und DURABON

Für die Verwendung im Apparatebau liefern wir die aus Kohlenstoff bestehenden, hochkorrosionsfesten Werkstoffe

-136-

®DURABON

eine dem besonderen Verwendungszweck angepaßte Hartbrandkohle, und

®DIABON

ein Elektrographit, entstanden aus Hartbrandkohle von DURABON-Qualität durch Nachbrennen im Elektroofen bei sehr hohen Temperaturen.

DIABON/DURABON »N«

der meistverwendete Typ mit Kunstharzimpregnierung
Temperaturbeanspruchungsgrenze: 165 °C

DIABON/DURABON »TF«

Material, das durch Einlagern von PTFE in die Poren gas- und flüssigkeitsdicht imprägniert wurde
Temperaturbeanspruchungsgrenze: 200 °C

DIABON/DURABON »OO«

nicht imprägniertes, poröses Material
Temperaturbeanspruchungsgrenze ohne Schutzgas: 400 °C

DIABON/DURABON »OX 1« und »OX 2«

durch Einlagern von Kohlenstoff in die Poren verdichtetes Material. Die Eigenschaften ändern sich mit dem Grad der Verdichtung. Der noch verbliebene Porenraum kann durch Imprägnieren gefüllt werden.
Temperaturbeanspruchungsgrenze nicht imprägniert, ohne Schutzgas: 400 °C; mit Kunstharz imprägniert: 165 °C

DIABON/DURABON »Z«

vollständig aus Kohlenstoff bestehendes, praktisch gas- und flüssigkeitsdichtes Material für Sonderzwecke
Temperaturbeanspruchungsgrenze ohne Schutzgas: 400 °C

DIABON/DURABON »R«

ein gleichfalls nur aus Kohlenstoff bestehendes gas- und flüssigkeitsdichtes Material. Verfügbar als Rohr oder Platte mit Materialdicken von 10 bis 15 mm
Temperaturbeanspruchungsgrenze ohne Schutzgas: 300 °C

Bedingt durch den Herstellungsprozeß haben die Werkstoffe DIABON und DURABON wie alle Kunstkohleprodukte im Ausgangszustand ein offenes Porenvolumen. Um sie gas- und flüssigkeitsdicht zu machen, wie es meist für den Apparatebau gefordert werden muß, werden die Poren mit einem korrosionsbeständigen Imprägniermittel gefüllt.

Den jeweiligen chemischen und thermischen Anforderungen entsprechend verwenden wir verschiedene Imprägniermittel. Aus der Zusammenstellung sind die lieferbaren DIABON- und DURABON-Typen ersichtlich.

Die DIABON- und DURABON-Typen sind beständig gegen fast alle korrodierenden anorganischen und organischen Agenzien, soweit sie nicht stark oxydierend wirken, wie beispielsweise Oleum, konzentrierte Chromsäure und konzentrierte Salpetersäure. Elementares Brom und Fluor greifen gleichfalls an.

Der DIABON-Typ »N« ist gegen die meisten in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten Medien beständig. In den mit * gekennzeichneten Fällen können das Imprägnierharz – und auch der Graphit – bei längerer Verweilzeit geschädigt werden. Es ist hier von Fall zu Fall zu entscheiden, ob mit dem Typ »N« eine wirtschaftliche Lebensdauer zu erzielen ist oder ob der Einsatz anderer DIABON-Typen empfohlen werden muß. Für die mit ** bezeichneten Medien ist DIABON nicht verwendbar.

Die Angaben der Tabelle entsprechen unserem besten Wissen, ohne jedoch verbindlich zu sein. Wir bitten, bei allen Anfragen, besonders wenn Stoffgemische vorliegen, uns die chemische Beanspruchung bekanntzugeben. Für die Prüfung unter speziellen Betriebsbedingungen stellen wir gerne Muster zur Verfügung.

Medium	Konzentration	Temperatur
Anorganische Säuren		
Amidosulfonsäure	alle	165 °C
Borfluorwasserstoffsäure	alle	Siedep.
Bromwasserstoffsäure	50 %	Siedep.
Chromsäure *	0-10 %	
Flußsäure	0-60 %	Siedep.
Kieselfluorwasserstoffsäure	alle	Siedep.
Phosphorsäure	alle	165 °C
Salpetersäure *	0-10 %	85 °C
Salpetersäure *	10-25 %	85-25 °C
Salzsäure	alle	Siedep.
Schweflige Säure	alle	Siedep.
Schwefelsäure	0-70 %	Siedep.
Schwefelsäure	70-80 %	165 °C
Schwefelsäure	80-96 %	165-25 °C
Organische Säuren		
Ameisensäure	alle	Siedep.
Aminosäuren	alle	165 °C
Chloressigsäuren	alle	165 °C
Essigsäure	alle	Siedep.
Essigsäureanhydrid	100 %	Siedep.
Fettsäuren	100 %	165 °C
Maleinsäure	alle	Siedep.
Milchsäure	alle	Siedep.
Sulfonsäuren, wie Benzolsulfonsäure	alle	165 °C
Salzlösungen		
Acetate	} aller gebräuchlichen Metalle	alle 165 °C
Chloride		
Fluoride		
Sulfate		
Sulfite		
Calciumhypochlorit* (Chlorkalk)	alle	
Natriumhypochlorit* (Bleichlauge)	alle	

Medium	Konzentration	Temperatur
Alkalien		
Mono-, Di-, Tri-Äthanolamin	alle	165 °C
Ammoniak in wäßriger Lösung	alle	Siedep.
Natriumcarbonat (Soda)	alle	Siedep.
Natronlauge *	0-10 %	Siedep.
Natronlauge *	10-70 %	
Verschiedene Stoffe		
Ammoniak, gasförmig	100 %	165 °C
Brom **	100 %	
Bromwasserstoff, gasförmig	100 %	165 °C
Chlor, trocken	100 %	165 °C
Chlorwasser *	alle	
Chlorwasserstoff, gasförmig	100 %	165 °C
Fluor **	100 %	
Fluorwasserstoff, gasförmig	100 %	165 °C
Phosgen	100 %	100 °C
Phosphorchloride	100 %	Siedep.
Schwefeldioxyd, gasförmig u. flüssig	100 %	165 °C
Schwefelkohlenstoff	100 %	Siedep.
Thionylchlorid	100 %	Siedep.
Organische Verbindungen		
Acrylnitril	100 %	165 °C
Aldehyde	alle	165 °C
Alkohole	alle	165 °C
Anilin, Dimethylanilin	100 %	165 °C
Anilinchlorhydrat	alle	165 °C
Äther	100 %	165 °C
Benzol und Benzolhomologe	100 %	165 °C

Medium	Konzentration	Temperatur
Chloral, Chloralhydrat	100 %	Siedep.
Chlorbenzol, Dichlorbenzol	100 %	165 °C
Chlorcyan, Cyanurchlorid	100 %	165 °C
Diphyl, Dowtherm	100 %	165 °C
Ester	100 %	165 °C
Frigene (Freone)	100 %	165 °C
Halogenierte Kohlenwasserstoffe	100 %	165 °C
Ketone	alle	165 °C
Mercaptane	alle	165 °C
Mineralöle	100 %	165 °C
Nitrobenzol	100 %	165 °C
Phenole, Kresole	100 %	165 °C
Vinylchlorid	100 %	165 °C
Stoffgemische		
Chlor, gelöst in Salzsäure mit über 20 Gew. % HCl	alle	Siedep.
Calciumbisulfatlösung (Zellstoffkocherlauge)	alle	165 °C
Salpetersäure + Flußsäure	} * 15 % 2 %	75 °C
Salpetersäure + Salzsäure		
Salpetersäure + Schwefelsäure	} * 5 % 20 %	80 °C
Salzsaure und schwefelsaure Beizbäder und Vernickelungsbäder			alle	Siedep.
Schwefelsaure Spinnbadlösungen (Fällbäder)	alle	Siedep.
Schwefelsäure + Titanylsulfat	} 75 % alle	165 °C

Die in der nachstehenden Tabelle angeführten Zahlen, die sich auf die Materialtypen »OO« und »N« beziehen, sind mittlere Werte; sie schwanken in Abhängigkeit von Art und Größe der Formkörper.

Eigenschaft		DIABON		DURABON*	
		nicht imprägniert Typ »OO«	imprägniert Typ »N«	nicht imprägniert Typ »OO«	imprägniert Typ »N«
Raumgewicht	g/cm ³	1,60	1,85	1,60	1,85
Porenvolumen	%	20	0	20	0
Zugfestigkeit ***	kp/cm ²				
Rohrmaterial		60	250	80	270
Block- u. Plattenmaterial		30	150	50	160
Biegefestigkeit ***	kp/cm ²				
Rohrmaterial		140	420	180	450
Block- u. Plattenmaterial		80	270	110	300
Druckfestigkeit ***	kp/cm ²				
Rohrmaterial		220	750	500	1200
Block- u. Plattenmaterial		220	750	500	1200
Dyn. Elastizitätsmodul	kp/cm ²				
Rohrmaterial		100 · 10 ³	230 · 10 ³	150 · 10 ³	250 · 10 ³
Block- u. Plattenmaterial		60 · 10 ³	150 · 10 ³	90 · 10 ³	180 · 10 ³
Spez. elektrischer Widerstand	Ω mm ² /m	10	10	50	50
Wärmeleitfähigkeit (20 °C)	kcal/mh °C	100	100	3	3
Spezifische Wärme	kcal/kg °C	0,23	0,25	0,23	0,25
Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	1/°C	2 · 10 ⁻⁶	3,5 · 10 ⁻⁶	3 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶
Temperaturbeanspruchungsgrenze	°C	> 2000**	165	> 2000**	165

*) Die für DURABON angegebenen Kennwerte beziehen sich nicht auf unsere DURABON-Kohlenstoffsteine (siehe unser Arbeitsblatt K 01)

**) Der Wert gilt für reduzierende Atmosphäre (bei DURABON oberhalb 2000 °C Umwandlung in DIABON); an Luft liegt die Grenze bei ca. 500 °C

***) Auf Anforderung stellen wir Unterlagen für Festigkeitsberechnungen in Abhängigkeit von der Art der Formkörper und den Betriebsbedingungen zur Verfügung

Technisch besonders wertvolle
Eigenschaften:

DIABON

hohe Wärmeleitfähigkeit, die nur von wenigen Metallen übertroffen wird
besonders gute
Temperaturwechselbeständigkeit
leichte Bearbeitbarkeit, die eine maßgenaue Formgebung ermöglicht
gute Gleit- und Schmiereigenschaften bei der Verwendung für Lager, Gleitringe, Ventile, Hähne
geringe Neigung zu Verkrustungen und schlechte Haftung von Fremdstoffen

DURABON

große Schleif-, Schneid- und Ritzhärte ergeben ausgezeichnete Verschleißfestigkeit
besonders gute
Temperaturwechselbeständigkeit wie bei den DIABON-Formkörpern

DIABON-Kolonnen und Zubehörteile zur Erstellung von Anlagen

Auf diesem Gebiet umfaßt unsere
Fertigung

Kolonnenschüsse
aus DIABON und DURABON

Ober- und Unterteile
aus DIABON und DURABON

**Tragroste, Lochböden und
Verteilerböden**
aus DIABON und DURABON

Glockenböden
und andere Bodenkonstruktionen
aus DIABON und DURABON

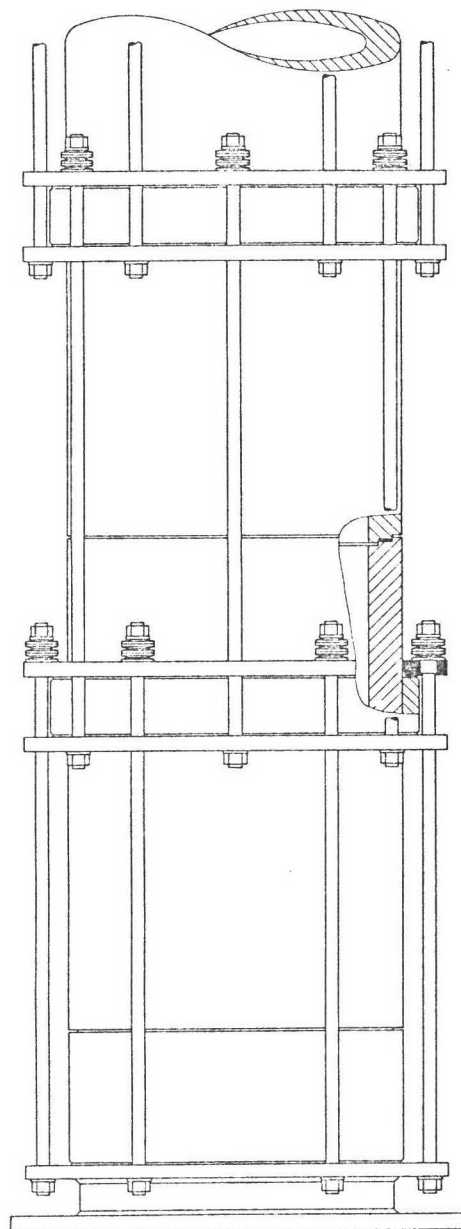
©PALLRINGE und RASCHIGRINGE
aus DURABON

Kolonnenschüsse

Die Größen unserer genormten Kolonnenschüsse sind der Tabelle auf der folgenden Seite zu entnehmen. Die Ober- und Unterteile sind nicht genormt und werden in der Ausführung und Stützenanordnung den jeweiligen Verhältnissen angepaßt. Ebenso können in jeden Schuß an beliebiger Stelle Stützen eingesetzt werden.

Beim üblichen Aufbau werden die einzelnen Schüsse mit Flachdichtungen abgedichtet und mit Schlaudern über die gesamte Baulänge zusammengespannt. Für Sonderfälle werden beidseitig mit Flanschen versehene Einzelschüsse bis zu 2000 mm Länge gefertigt, so daß jede Stoßstelle mit einem eigenen Paar Schellen gespannt werden kann.

Für Kolonnen, die unter erhöhtem Druck arbeiten, empfehlen wir einen Schutzmantel anzubringen, der vor allem Beschädigungen durch Einwirkung von außen abhalten kann. Es genügt hierfür eine Glaswolle- oder Steinwollematte mit Blechmantel in der üblichen Ausführung einer Wärmeisolierung.



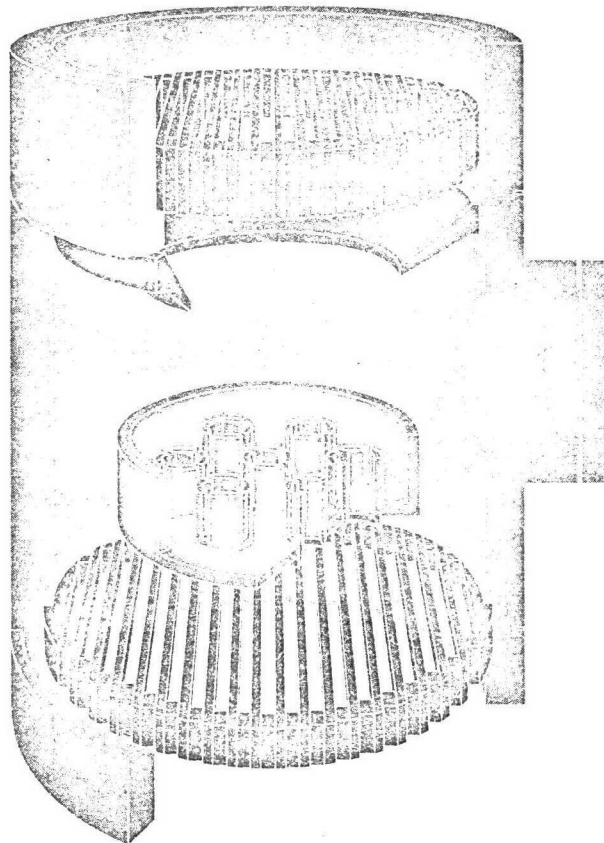
**Typenliste für Hohlzylinder
aus DIABON und DURABON**

Bezeichnung	Maße in mm		Länge, ungekittet	zul. Betriebsdruck bei 20 °C (atü)*	
	Außen- ϕ	Innen- ϕ			
250 x 25	250	200	1800	2,9	Toleranzen <hr/> bis 500 mm Außen- ϕ für Innen- und Außen- ϕ \pm 2 mm über 500 mm Außen- ϕ für Innen- und Außen- ϕ \pm 5 mm Länge für sämtliche Formate \pm 2 mm <hr/> * Bei höheren Temperaturen fällt der zulässige Betriebsdruck um 5 % auf 40 °C.
310 x 30	310	250	1800	2,8	
400 x 35	400	330	1800	2,5	
500 x 40	500	420	1800	2,3	
610 x 55	610	500	1050	2,5	
720 x 55	720	610	1050	2,0	
830 x 65	830	700	1100	2,0	
950 x 75	950	800	1200	2,0	
1150 x 90	1150	970	1200	2,0	
1450 x 125	1450	1200	1200	2,3	
260 x 35	260	190	1800	3,8	
310 x 35	310	240	1800	3,4	
400 x 45	400	310	1800	3,3	
510 x 50	510	410	1800	2,9	

**Tragroste, Lochböden
und Verteilerböden**

Die üblichen Abmessungen der von uns gefertigten Böden in den verschiedenen Formen und Ausführungen reichen bis zu 2500 mm Durchmesser, ohne daß dies die oberste Grenze darstellt.

Einbauten aus DIABON und DURABON bringen auch in Kombination mit anderen Werkstoffen, wie z. B. Glas oder Keramik, wegen der genauen Bearbeitbarkeit und geringeren Bruchgefahr besondere Vorteile.



DIABON-Verteilerboden
nach DBG M 1.965.735 - Gm 773
der Farbwerke Hoechst AG

TRAGROSTE UND LOCHBÖDEN

Kleinere Roste oder Böden werden von uns einteilig, große Abmessungen mehrteilig ausgeführt. Der freie Strömungsquerschnitt der Tragroste beträgt etwa 65 % des inneren Kolonnenquerschnittes. Für die Errechnung einer sicheren Rost- oder Bodendicke benötigen wir genaue Angaben über die Einbaumaße, die Art und das Gewicht der Belastung sowie die chemische und thermische Beaufschlagung.

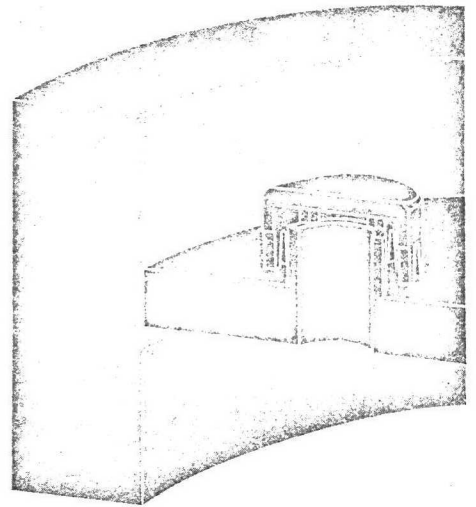
**VERTEILER- und
ZWISCHENVERTEILERBÖDEN**

Die als Beispiel in der obenstehenden Abbildung gezeigte Konstruktion zeichnet sich durch einen großen freien Querschnitt, geringen Druckverlust und eine sehr hohe Belastungsfähigkeit der Kolonne aus. Da diese Ausführung besonders unempfindlich gegen Ablagerungen und Verunreinigungen ist, bleibt die Flüssigkeitsverteilung gleichmäßig gut.

**Glockenböden
und andere Bodenkonstruktionen**

GLOCKENBÖDEN

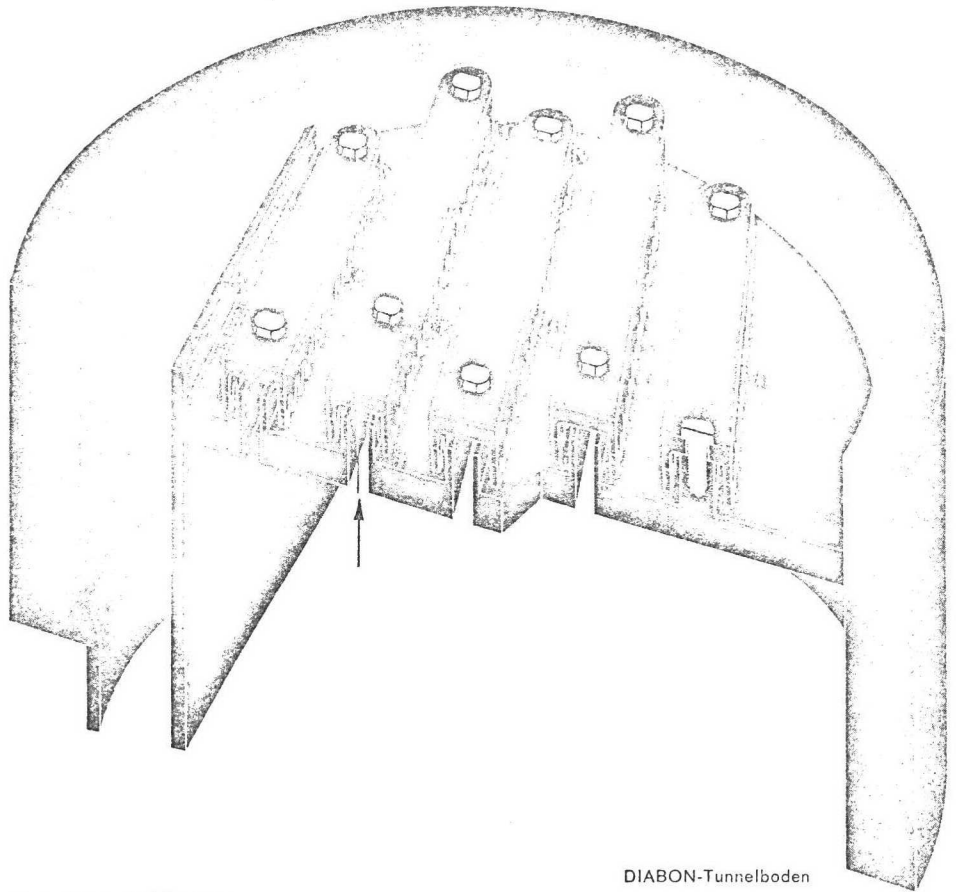
Unsere Standardausführung für DIABON-Glocken zeigt die nebenstehende Skizze. Natürlich können auch andere Konstruktionen aus DIABON gefertigt werden.



Schnitt durch eine DIABON-Glocke

SIEBBÖDEN

Für manche Destillationsprobleme bieten Siebböden besondere Vorteile. Die Böden können bis zu einem Durchmesser von 1500 mm bei beliebiger Vorgabe des Bohrbildes gefertigt werden.



DIABON-Tunnelboden

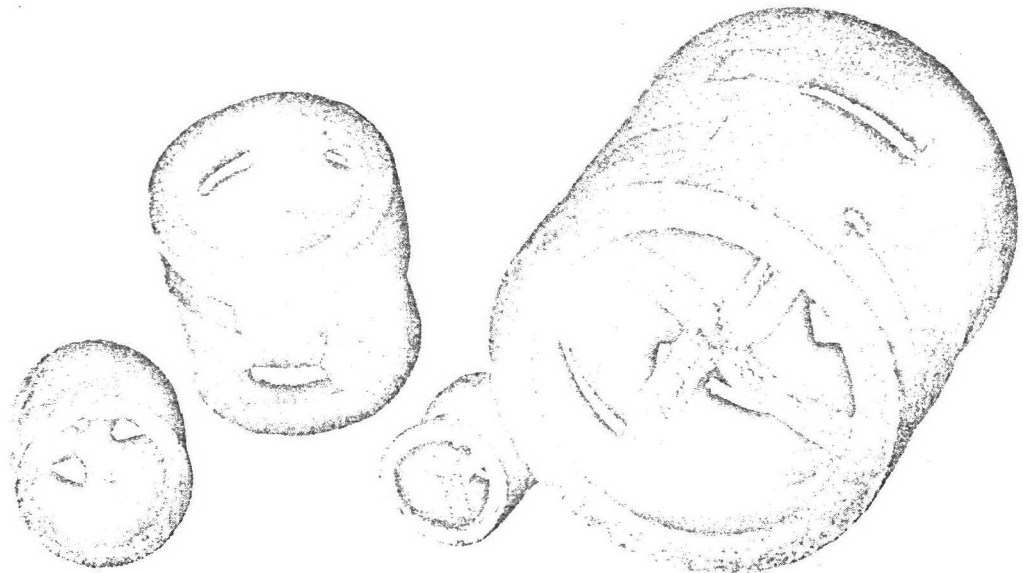
TUNNELBÖDEN

Diese Bodentypen können sehr günstig aus DIABON-Material gefertigt werden. Neben der materialgerechten Konstruktion haben sie gegenüber anderen Austauschböden den besonderen Vorteil, daß sie in einem breiten Bereich, insbesondere in Richtung auf geringe Belastung, einwandfrei arbeiten.

Es wird eine hohe Trennschärfe erreicht; in den üblichen Belastungsbereichen wurden Verstärkungsverhältnisse bis zu 100% gemessen.

Für die Herstellung von Kolonnen-Füllkörpern – ©PALLRINGEN und RASCHIGRINGEN – hat sich unser Material DURABON bestens bewährt. In den meisten Fällen genügt die Qualität DURABON nichtimprägniert. Nur bei besonders hoher mechanischer Beanspruchung oder bei öfterem Produktwechsel ist imprägniertes DURABON-Material erforderlich.

Pallringe sind Hochleistungs-Füllkörper. Pallringe haben den Vorteil, bei geringem Strömungswiderstand eine große Oberfläche zu bieten und eine gute Flüssigkeitsverteilung mit geringer Randgängigkeit zu gewährleisten. Die altbekannten Raschigringe fertigen wir außer den in der Tabelle angeführten Dimensionen auch in anderen Formaten bis zu 200 mm äußerem Durchmesser.



DURABON-Pallringe

Größe und Abmessungen

	Maße in mm		Schüttgewicht in kg/m ³		Stück pro m ³	Oberfläche m ² /m ³
	Durchmesser	Wanddicke	nicht imprägniert	imprägniert		
Pallringe	20	3	630	730	95 000	310
	25	4	570	660	50 000	260
	35	5	525	605	18 000	168
	50	7	430	495	5 800	123
	80	10	375	435	1 500	76
	100	10	360	415	750	60
Raschigringe	20	3	630	730	95 000	240
	25	4	570	660	50 000	192
	35	5	525	605	18 000	136
	50	7	430	495	5 800	93
	80	10	375	435	1 500	58,5
	100	10	360	415	750	47



SIGRI ELEKTROGRAPHIT GMBH

8901 Meitingen bei Augsburg

Telefon: Meitingen (0 82 71) 3 21

Telex: Sigri Meitingen 05 3823

Telegramm: Sigri Meitingen

DIABON-Rohrbündel-Wärmeaustauscher

Typ SS 70 und SD 70 mit Stopfbuchsabdichtung

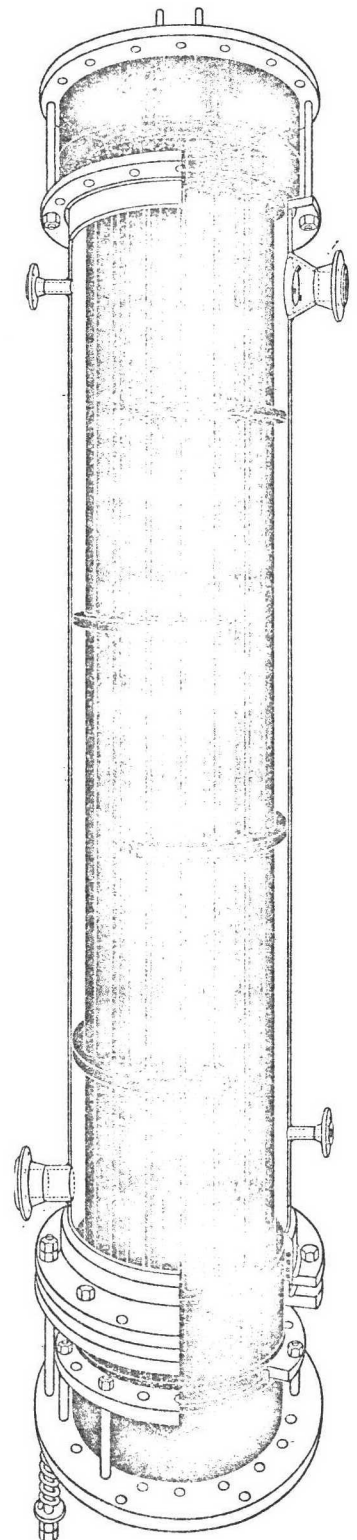
Konstruktionsmerkmale

Die Apparate sind in ihrer Konstruktion den aus metallischen Werkstoffen gefertigten Rohrbündel-Wärmeaustauschern ähnlich. Das gesamte Rohrbündel einschließlich der Böden, Kopfstücke und Umlenkscheiben ist aus unserem Material [®]DIABON imprägniert gefertigt. Der Mantel ist aus Stahl (Typ SS 70), der auch gummiert oder auf andere Weise geschützt werden kann, oder ebenfalls aus DIABON (Typ SD 70). Zum Dehnungsausgleich gegenüber dem Mantel ist ein Rohrboden in einer Stopfbuchse frei beweglich.

Die Kopfstücke können für einfachen oder mehrfachen Durchgang ausgeführt werden. Die Anzahl der Leitscheiben im Mantelraum des Bündels wird den Erfordernissen angepaßt.

Die Wärmeaustauscher sind in allen konstruktiven Einzelheiten mit Ausnahme der Befestigungselemente genormt und werden bis zu 412 m² mittlerer Austauschfläche bei Rohrlängen bis zu 5500 mm gebaut. Die Rohre der Standardtype haben die Abmessungen 37 x 6 mm.

Die genormten DIABON-Apparate sollten nach Möglichkeit bei allen Planungen zugrunde gelegt werden. Abweichungen von der genormten Ausführung erfordern zusätzliche konstruktive Arbeiten und hierdurch bedingt längere Lieferzeiten und Preiszuschläge.



Unsere Rohrbündel-Wärmeaustauscher mit Stopfbuchsabdichtung sind die am häufigsten verwendeten DIABON-Austauscher für Wärmeaustauschprozesse aller Art, wie

- Erwärmen und Kühlen von Flüssigkeiten und Gasen
- Verdampfen
- Kondensieren
- Absorbieren von Gasen unter gleichzeitiger Wärmeabfuhr

Die Standardapparate können bis 6 atü belastet werden. Bei höheren Heiztemperaturen können flüssige Wärmeüberträger, z. B. [®]Diphyl, verwendet werden.

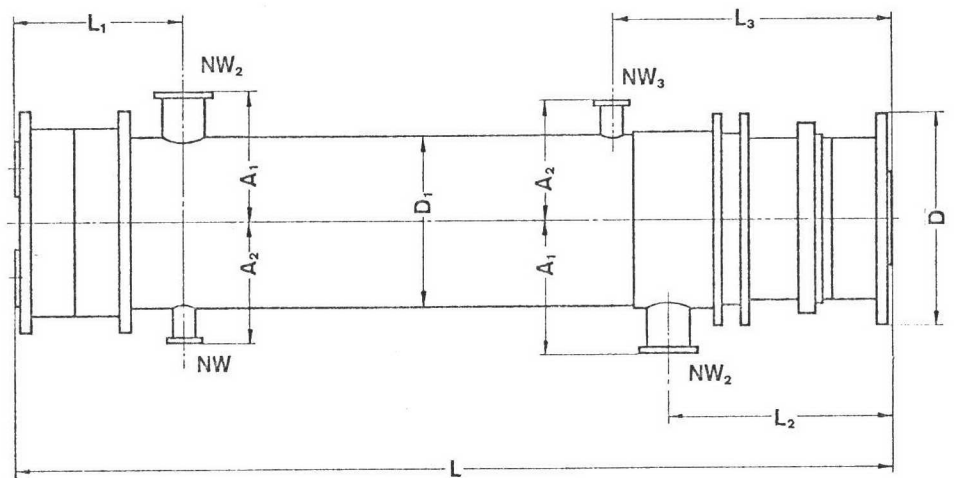
Bei der Austauscherreihe mit maximaler Auslegung 3 atü gilt diese Begrenzung nur für den Röhrenraum. Der Mantelraum ist auch bei dieser Ausführung für maximal 6 atü Betriebsdruck ausgelegt.

Neben der Standardausführung fertigen wir Rohrbündelapparate, die für Betriebsdrücke bis maximal 12 atü ausgelegt werden können. Diese Austauscher sind mit starkwandigen DIABON-Rohren ausgerüstet. Nähere Einzelheiten sind auf der Seite 6 angegeben.

Für Absorptionsprozesse oder bei der Verwendung als Fallfilm-Verdampfer werden die oberen Rohrenden mit Überlaufkronen zur gleichmäßigen Verteilung der Flüssigkeit versehen.

Auf besonderen Wunsch fertigen wir auch andere Wärmeaustauschertypen, wie z. B. Apparate mit schwimmendem Kopf oder mit Membranabdichtung. Wir weisen ferner noch auf unsere Blätter über Feldrohr-Austauscher (W 03) und Austauscher mit Kühlwasserüberlauf (W 02) hin.

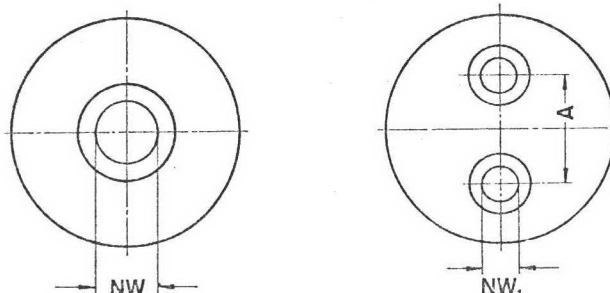
**Größe und Abmessungen
der Apparate Typ SS 70**



Bezeichnung eines Wärmeaustauschers vom Typ SS mit 85 Rohren, 3000 mm lang:

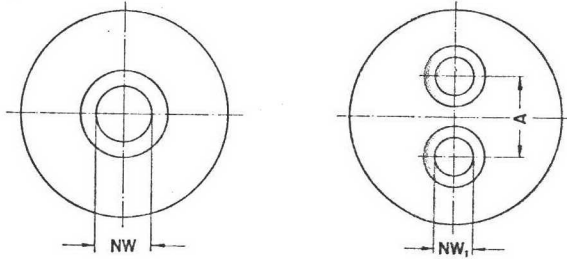
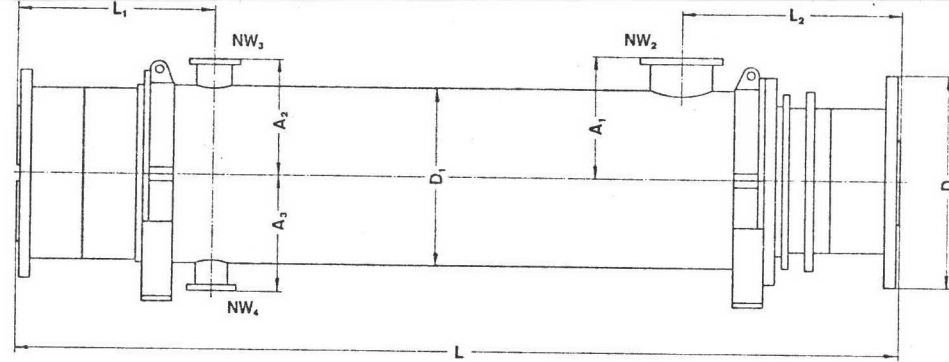
SS 70-85 30
 3000 mm Rohrlänge
 Rohranzahl
 Baumuster Nr.
 Stahlmantel
 Stopfbuchse
 Für die Ausführung unverbindlich!

Stutzenanschlüsse:
 NW und NW₁ nach DIN 7002;
 NW₂ und NW₃ nach DIN 2633/2632



Typ	Maße in mm												D	NW	NW	NW ₁	NW ₂	NW ₃	Z-facher Durchgang	4-facher Durchgang	A ₁	A ₂
	mittlere Austauschfläche	äußere Austauschfläche	für 6 atü		für 3 atü																	
			L ₁ + 3-facher Durchgang	L ₂ + 4-facher Durchgang	L ₁ + 3-facher Durchgang	L ₂ + 4-facher Durchgang																
SS 70-0715	1,0	1,1	1939	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-0720	1,4	1,5	2449	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-0725	1,7	1,9	2949	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-0730	2,0	2,3	3449	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-1915	2,3	3,0	2084	2100	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-1920	3,7	4,2	2584	2600	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-1925	4,6	5,3	3084	3100	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-1930	5,6	6,4	3584	3600	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-3120	6,0	6,8	2624	2650	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-3125	7,6	8,6	3124	3150	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-3130	9,1	10,5	3624	3650	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-3135	10,9	12,2	4124	4150	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-3140	12,1	14,0	4624	4650	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-3145	13,6	15,8	5124	5150	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-3150	15,1	17,6	5624	5650	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-3155	16,5	19,5	6124	6150	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-5525	13,5	15,0	3238	3290	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-5530	16,0	18,5	3738	3790	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-5535	19,0	21,5	4238	4290	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-5540	21,5	25,0	4738	4790	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-5545	24,0	28,0	5238	5290	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-5550	27,0	31,0	5738	5790	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-5555	29,5	34,0	6238	6290	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-6130	17,8	20,5	3754	3805	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-6135	20,8	24,0	4254	4305	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-6140	23,8	27,5	4754	4805	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-6145	26,7	31,0	5254	5305	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-6150	29,7	34,5	5754	5805	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-6155	32,0	38,0	6254	6305	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-8530	25,0	28,5	3855	3915	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-8535	29,0	33,5	4355	4415	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-8540	33,0	38,0	4855	4915	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-8545	37,0	43,0	5355	5415	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-8550	41,0	48,0	5855	5915	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-8555	46,0	53,0	6355	6415	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-10930	32,0	37,0	3934	3977	3874	3872	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-10935	37,0	43,0	4434	4477	4374	4372	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-10940	42,0	49,0	4934	4977	4874	4872	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-10945	48,0	55,0	5434	5477	5374	5372	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-10950	53,0	62,0	5934	5977	5874	5872	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-10955	58,0	68,0	6434	6477	6374	6372	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-16330	43,0	55,0	4109	4137	3922	3977	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-16335	46,0	64,0	4609	4637	4472	4477	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-16340	53,0	74,0	5109	5137	4972	4977	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-16345	71,0	83,0	5609	5637	5422	5477	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-16350	79,0	92,0	6109	6137	5922	5977	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-16355	87,0	102,0	6609	6637	6422	6477	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-22330	65,0	75,0	4294	4335	4048	4125	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-22335	76,0	89,0	4794	4835	4548	4625	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-22340	87,0	101,0	5294	5335	5048	5125	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-22345	98,0	113,0	5794	5835	5548	5625	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-22350	109,0	126,0	6294	6335	6048	6125	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-22355	119,0	140,0	6794	6835	6548	6625	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-29330	86,0	100,0	4154	4450	4188	4220	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-29335	101,0	116,0	4654	4950	4698	4720	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-29340	115,0	133,0	5154	5450	5188	5220	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-29345	129,0	150,0	5654	5950	5698	5720	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-29350	144,0	167,0	6154	6450	6198	6220	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-29355	158,0	184,0	6654	6950	6698	6720	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-36130	106,0	121,0	4634	4930	4208	4380	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-36135	123,0	142,0	5134	5430	4708	4880	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-36140	141,0	163,0	5634	5930	5238	5380	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-36145	158,0	184,0	6134	6430	5738	5880	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-36150	175,0	206,0	6634	6930	6238	6380	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-36155	193,0	226,0	7134	7430	6738	6880	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-46330	135,0	155,0	4834	4960	4488	4540	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-46335	153,0	180,0	5334	5500	5048	5040	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-46340	180,0	209,0	5834	6000	5548	5540	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-46345	203,0	236,0	6334	6500	5980	6040	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-46350	225,0	263,0	6834	7000	6488	6540	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-46355	248,0	290,0	7334	7500	6988	7040	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-56330	170,0	195,0	5034	5060	4664	4720	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-56335	198,0	229,0	5534	5560	5164	5220	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-56340	227,0	263,0	6034	6060	5664	5720	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-56345	255,0	297,0	6534	6560	6164	6220	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-56350	284,0	330,0	7034	7060	6664	6720	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-56355	312,0	364,0	7534	7560	7164	7220	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-76930	225,0	257,0	5874	5420	4760	4990	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-76935	260,0	302,0	6374	5920	5260	5490	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-76940	291,0	347,0	6874	6420	5760	5990	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-76945	327,0	391,0	7374	6920	6260	6490	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-76950	374,0	436,0	7874	7420	6760	6990	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
SS 70-76955	412,0	480,0	8374	7920	7260	7490	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		

Typ	Maße in m												D ₁	für 6 atü	für 3 atü	für 6 atü	für 3 atü
	für 6 atü		für 3 atü		für 2 atü		L ₁ + 3-facher Durchgang	L ₂ + 4-facher Durchgang	L ₁ + 3-facher Durchgang	L ₂ + 4-facher Durchgang	L ₁ + 3-facher Durchgang	L ₂ + 4-facher Durchgang					
	L _{1</}																



Ausführung für 6 atü im Röhrenraum

Typ	max. Betr.- Druck im Mantelraum mittlere Fläche	äußere Fläche	1 + 3facher Durchgang		D	NW	2facher Durchgang				2facher Durchgang			1 + 3facher Durchgang				D ₁	Inhalt Röhrenraum	Inhalt Mantelraum	Leergewicht				
			m ²	m ²			L	L	NW ₁	NW ₂	NW ₃	NW ₄	A	A	A ₁	A ₂	A ₃					L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	Ltr.	Ltr.	kg
SD 70-3110	2,7	3,0	3,2	1658	1680	555	100	65	50	100	65	40	205	210	330	330	310	590	685	610	680	410 x 45	25	40	480
SD 70-3115		4,5	5,0	2158	2180																		32	60	540
SD 70-3120		6,0	6,8	2658	2680																		40	85	600
SD 70-3125		7,6	8,6	3158	3180																		48	105	660
SD 70-3130		9,1	10,5	3658	3680																		55	130	720
SD 70-5520	2,3	10,7	12,0	2759	2800	650	125	100	80	150	80	50	230	250	400	400	370	655	770	700	765	510 x 52	74	130	890
SD 70-5525		13,5	15,0	3259	3300																		87	160	970
SD 70-5530		16,0	18,5	3759	3800																		100	195	1050
SD 70-8525	1,9	20,5	23,5	3404	3455	770	150	125	80	150	80	65	300	330	460	460	440	735	830	790	825	625 x 58,5	140	240	1580
SD 70-8530		25,0	28,5	3904	3955																		160	310	1700
SD 70-12125	1,6	29,5	34,0	3528	3557	880	200	150	100	200	100	80	320	360	545	545	500	830	920	860	915	725 x 58,5	210	380	2020
SD 70-12130		35,0	41,0	4028	4057																		240	450	2170
SD 70-16325	1,6	40	45	3664	3685	985	200	150	125	200	100	80	360	430	600	600	560	930	1010	960	1005	835 x 68,5	285	470	2680
SD 70-16330		48	55	4164	4185																		325	580	2860
SD 70-22325	1,6	54	62	3844	3855	1120	250	200	150	250	125	100	420	500	670	670	630	1070	1220	1080	1215	960 x 81	410	600	3800
SD 70-22330		65	75	4344	4355																		460	730	4040
SD 70-36125	1,4	88	100	4124	4155	1310	300	200	300	150	100	500	600	780	780	730	1290	1310	1320	1305	1150 x 84	710	840	5730	
SD 70-36130		105	121	4624	4655																	800	1020	6040	
SD 70-58325	1,4	142	161	4544	4570	1630	400	300	250	400	200	125	600	800	980	980	890	1560	1600	1580	1450 x 112,5	1270	1250	10100	
SD 70-58330		170	195	5044	5070																	1410	1530	10600	

Ausführung für 3 atü im Röhrenraum

Typ	max. Betr.- Druck im Mantelraum mittlere Fläche	äußere Fläche	1 + 3facher Durchgang		D	NW	2facher Durchgang				2facher Durchgang			1 + 3facher Durchgang				D ₁	Inhalt Röhrenraum	Inhalt Mantelraum	Leergewicht				
			m ²	m ²			L	L	NW ₁	NW ₂	NW ₃	NW ₄	A	A	A ₁	A ₂	A ₃					L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	Ltr.	Ltr.	kg
SD 70-12125	1,6	29,5	34	3463	3492	880	200	150	100	200	100	80	320	360	545	545	500	765	920	800	915	725 x 58,5	205	380	1940
SD 70-12130		35	41	3963	3992																		235	450	2090
SD 70-16325	1,6	40	45	3484	3530	985	200	150	125	200	100	80	360	430	600	600	560	805	955	850	950	835 x 68,5	280	470	2560
SD 70-16330		48	55	3984	4030																		320	580	2740
SD 70-22325	1,6	54	62	3594	3655	1120	250	200	150	250	125	100	420	500	670	670	630	900	1140	960	1135	960 x 81	395	600	3600
SD 70-22330		65	75	4094	4155																		445	730	3840
SD 70-36125	1,4	88	100	3804	3895	1310	300	200	300	150	100	500	600	780	780	730	1070	1210	1160	1205	1150 x 84	690	840	5350	
SD 70-36130		106	121	4304	4395																	780	1020	5600	
SD 70-58325	1,4	142	161	4174	4210	1630	400	300	250	400	200	125	600	800	980	980	890	1300	1490	1340	1485	1150 x 112,5	1230	1250	9250
SD 70-58330		170	195	4674	4710																		1370	1530	9750

Die umstehend aufgeführten Apparate der Serie SS 70 können durch Ausrüstung mit DIABON-Rohren größerer Wanddicke – entsprechend folgender Tabelle – auch für Betriebsdrücke über 6 atü ausgeführt werden.

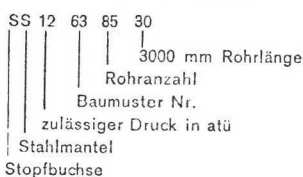
Maße in mm			zulässiger Betriebsdruck in atü	
Außen-φ	Innen-φ	Bezeichnung	bei 20 °C	bei 165 °C
37	15	37 x 11	12	10
50	25	50 x 12,5	10	8
70	32	70 x 19	10	8
106	50	106 x 23	8	6,5

Für die beiden wichtigsten Abmessungen 37 x 11 und 50 x 12,5 sind in der Zusammenstellung die bisher in Anlehnung an die Typenreihe SS 70 genormten Apparate

angeführt. Diese Tabelle enthält nur die sich ändernden Werte. Für die Außenabmessungen gelten die in der Haupttabelle für die Typenreihe SS 70 angegebenen Maße.

Grundtyp	ausgerüstet mit Rohren 37 x 11	Rohr-anzahl	mittlere Fläche m ²	äußere Fläche m ²	Inhalt Röhrenraum Ltr.	Inhalt Mantelraum Ltr.	Leergewicht kg
SS 70-0715	SS 12 63-0715	7	0,9	1,1	4	20	175
SS 70-0720	SS 12 63-0720		1,1	1,5	5	28	190
SS 70-0725	SS 12 63-0725		1,4	1,9	6	36	205
SS 70-0730	SS 12 63-0730		1,7	2,3	7	42	220
SS 70-1915	SS 12 63-1915	19	2,3	3,0	10	46	320
SS 70-1920	SS 12 63-1920		3,1	4,4	12	63	360
SS 70-1925	SS 12 63-1925		3,9	5,3	14	80	400
SS 70-1930	SS 12 63-1930		4,7	6,4	16	95	440
SS 70-3120	SS 12 63-3120	31	5,1	6,8	20	85	480
SS 70-3125	SS 12 63-3125		6,3	8,6	23	105	540
SS 70-3130	SS 12 63-3130		7,6	10,5	26	125	600
SS 70-5525	SS 12 63-5525	55	11,2	15,0	42	160	790
SS 70-5530	SS 12 63-5530		13,5	18,5	49	190	890
SS 70-6130	SS 12 63-6130	61	15,0	20,5	54	235	1020
SS 70-8530	SS 12 63-8530	85	21	29	75	290	1420
SS 70-10930	SS 12 63-10930	109	27	37	98	360	1820
SS 70-16330	SS 12 63-16330	163	40	55	158	510	2550
SS 70-22330	SS 12 63-22330	223	55	75	232	710	3400
SS 70-29530	SS 12 63-29530	295	72	100	324	870	4500
SS 70-36130	SS 12 63-36130	361	88	121	412	1020	5700
SS 70-46330	SS 12 63-46330	463	114	155	556	1320	7400
Grundtyp	ausgerüstet mit Rohren 50 x 12,5	Rohr-anzahl	mittlere Fläche m ²	äußere Fläche m ²	Inhalt Röhrenraum Ltr.	Inhalt Mantelraum Ltr.	Leergewicht kg
SS 70-0715	SS 10 63-0315	3	0,5	0,8	7	23	175
SS 70-0720	SS 10 63-0320		0,7	1,1	8	31	190
SS 70-0725	SS 10 63-0325		0,9	1,4	10	40	205
SS 70-0730	SS 10 63-0330		1,1	1,7	12	47	220
SS 70-1915	SS 10 63-0715	7	1,2	2,0	19	55	320
SS 70-1920	SS 10 63-0720		1,7	2,6	23	74	360
SS 70-1925	SS 10 63-0725		2,1	3,3	28	95	400
SS 70-1930	SS 10 63-0730		2,5	3,9	33	114	440
SS 70-3120	SS 10 63-1320	13	3,1	4,9	39	99	490
SS 70-3125	SS 10 63-1325		3,8	6,1	47	128	550
SS 70-3130	SS 10 63-1330		4,6	7,3	54	153	610
SS 70-5525	SS 10 63-1925	19	5,6	9,0	85	210	810
SS 70-5530	SS 10 63-1930		6,7	10,7	100	255	920
SS 70-6130	SS 10 63-3130	31	11,0	17,5	110	260	1060
SS 70-8530	SS 10 63-3730	37	13	21	155	345	1440
SS 70-10930	SS 10 63-5530	55	19	31	200	390	1900
SS 70-16330	SS 10 63-8530	85	30	48	310	530	2700
SS 70-22330	SS 10 63-12730	127	45	71	440	770	3700
SS 70-29530	SS 10 63-16330	163	58	92	600	830	5100
SS 70-36130	SS 10 63-19930	199	70	112	750	950	6250
SS 70-46330	SS 10 63-25330	253	90	142	990	800	7950

Bezeichnung eines Wärmeaustauschers vom Typ SS 12 mit 85 Rohren, 3000 mm lang:



Für die Ausführung unverbindlich!

Stützenanschlüsse:
NW und NW₁ nach DIN 7002; NW₂ und NW₃ nach DIN 2633/2632



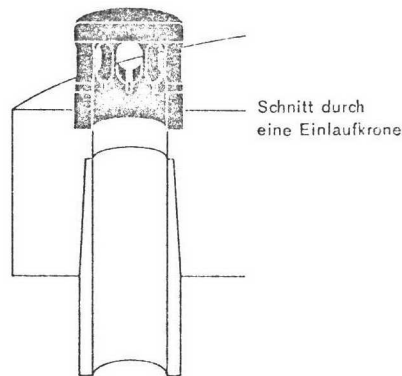
SIGRI ELEKTROGRAPHIT GMBH

D-8901 Meitingen bei Augsburg

Telefon: (0 82 71) 3 21 (83-1)
Telex: 05 3823 (5 39013 und 5 39014) sigri d
Telegramm: Sigri Meitingen

DIABON-Fallfilm-Wärmeaustauscher

die-Num

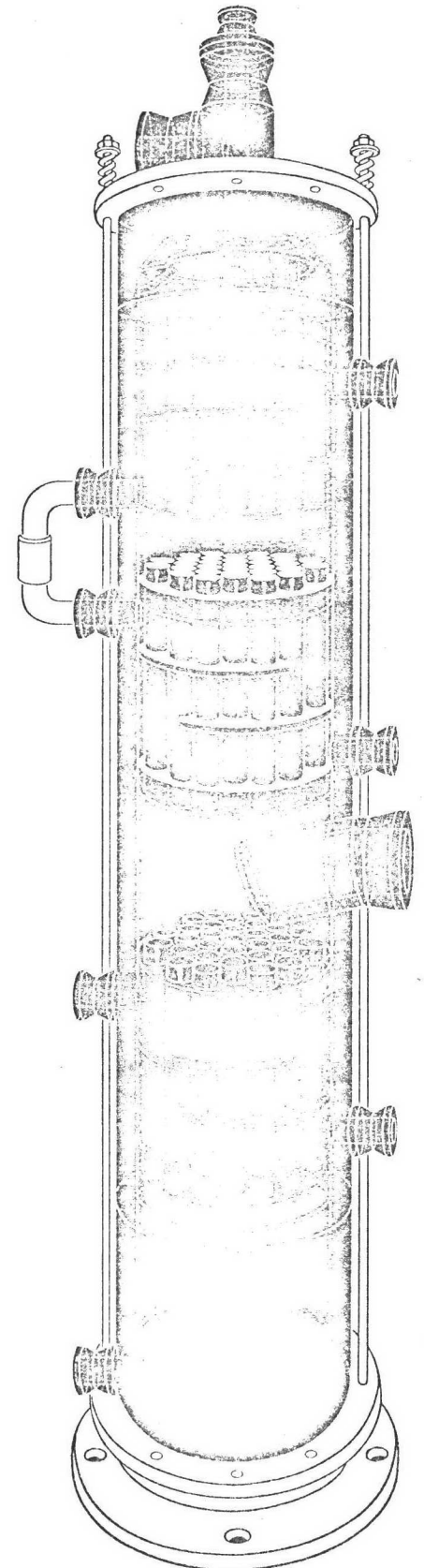


Konstruktionsmerkmale

Der Apparat wird baukastenartig aus Rohrbündelschüssen und den zugehörigen Ober- und Unterteilen aufgebaut und durch eine Spannvorrichtung zusammengehalten. Die Rohre eines jeden Bündels tragen am oberen Ende gedeckte Überlaufkronen. Der Außenraum des Bündels ist durch Leitscheiben unterteilt. Alle Teile sind aus unserem hochkorrosionsbeständigen Werkstoff DIABON imprägniert gefertigt.

Arbeitsweise

Die aufzugebene Flüssigkeit wird durch die Überlaufkronen gleichmäßig verteilt und fließt als fallender Film über die Innenwände der Rohre. Die gleichmäßige Ausbildung des Filmes bleibt in einem Schwankungsbereich der Flüssigkeitsmenge von 1:100 erhalten. Der Apparat gewährleistet somit auch bei geringen Durchsätzen noch eine gute Wärmeübertragung. Bei der Verwendung als Absorber oder Verdampfer wird der Gas- bzw. Dampfstrom durch den von Flüssigkeit freien Kernraum der Rohre geführt.



Besondere Vorteile

**Größe und Abmessungen
der Rohrbündelschüsse**

- Gasabsorption, insbesondere Absorption von Halogenwasserstoffgasen (Blatt A 02)
- Gaswäscher bei gleichzeitiger Kühlung
- Fallfilmverdampfer mit geringer Verweilzeit der Flüssigkeit
- Hohe Leistung, auch bei geringen Durchsätzen
- Geringer Druckverlust
- Ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit
- Wärmeaustausch zwischen zwei korrodierenden Medien möglich
- Leichter Austausch einzelner Elemente
- Kühlung und Erwärmung von Flüssigkeiten, insbesondere bei stark schwankender Flüssigkeitsmenge
- Kondensation von Dämpfen
- Einzelne Schüsse als Bauelemente verschiedener Anordnungen
- Einfache Anpassung durch beliebige Kombination einzelner Elemente
- Gut chemisch und mechanisch zu reinigen
- Geringe Bodenfläche
- Vielseitige Einsatzmöglichkeiten

Typ	mittlere Austauschfläche m ²	Maße in mm						Maße in mm				
		Bauhöhen		Rohrbündel	Außen-φ	Berohrung		Stützen NW				
		Oberteil *	Unterteil *			Format	Anzahl	Kühlwasser	Absorptionswasser-eintritt	Säureablauf	Gas-eintritt	Inertgas-austritt
F07	0,3	530	280	550	200	37 x 6	7	25	15	20	80	50
F007	0,6	530	280	1000	200	37 x 6	7	40	15	20	80	50
F19	0,8	545	355	550	310	37 x 6	19	40	15	25	100	65
F019	1,7	545	355	1000	310	37 x 6	19	50	15	25	100	65
F31	1,8	640	460	550	510	50 x 6,5	31	50	25	40	150	100
F031	3,5	640	460	1000	510	50 x 6,5	31	65	25	40	150	100
F061	6,7	880	800	1000	720	50 x 6,5	61	100	40	65	200	150
F085	9,1	950	900	1000	830	50 x 6,5	85	100	40	65	200	150
F121	12,9	1100	980	1000	950	50 x 6,5	121	125	50	80	250	200
F187	19,4	1180	1160	1000	1150	50 x 6,5	187	150	65	100	300	200
F283	36,5	1320	1200	1200	1450	50 x 6,5	283	200	80	150	400	250

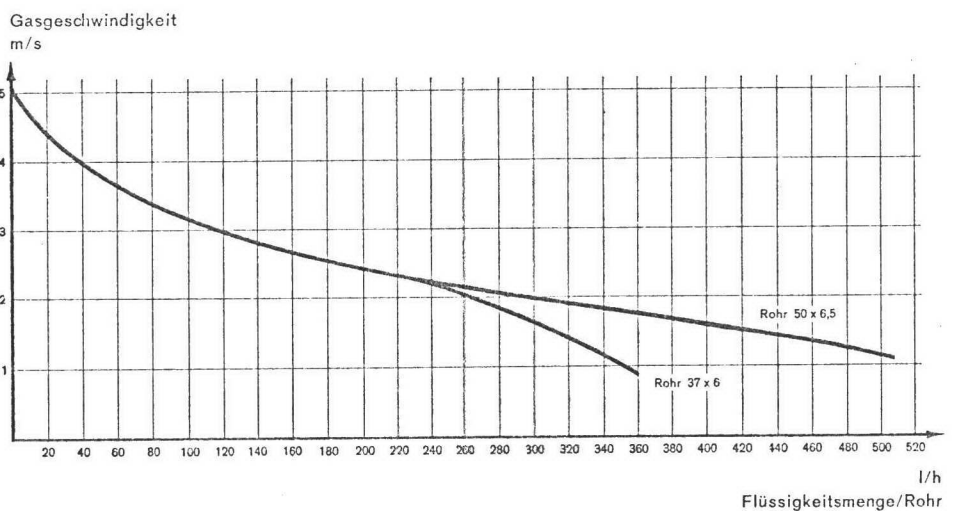
* Bauhöhen für Ober- und Unterteil in der Ausführung als Absorber

Belastungsgrenzen

beim Betrieb als Fallfilm-Apparat ohne Gasdurchsatz:

Flüssigkeitsmenge l/h und Rohr	Gasgeschwindigkeit m/s	
	minimal	maximal
Rohre 37 x 6	3,5	350
Rohre 50 x 6,5	5	500

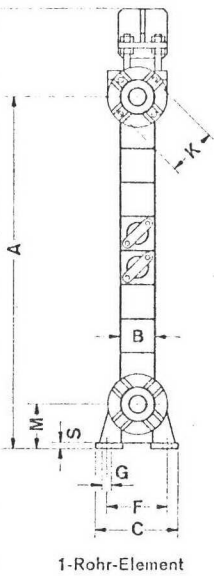
bei der Verwendung als Gasabsorber im Gegenstrom:



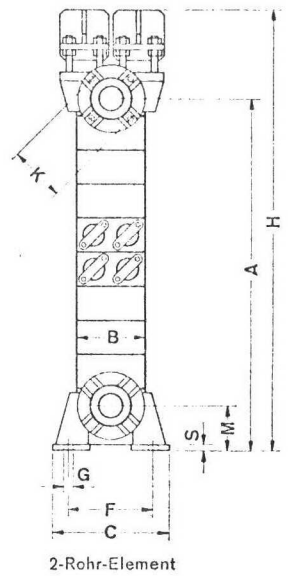
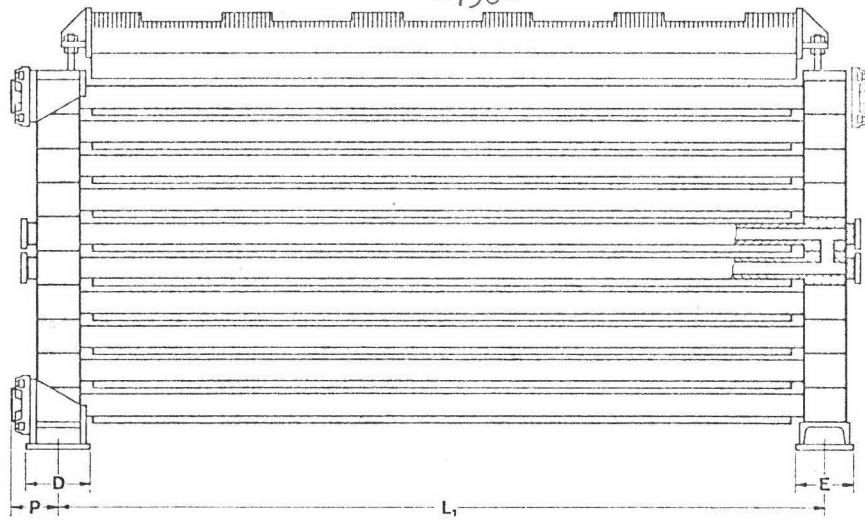
SIGRI ELEKTROGRAPHIT GMBH

8901 Meitingen bei Augsburg

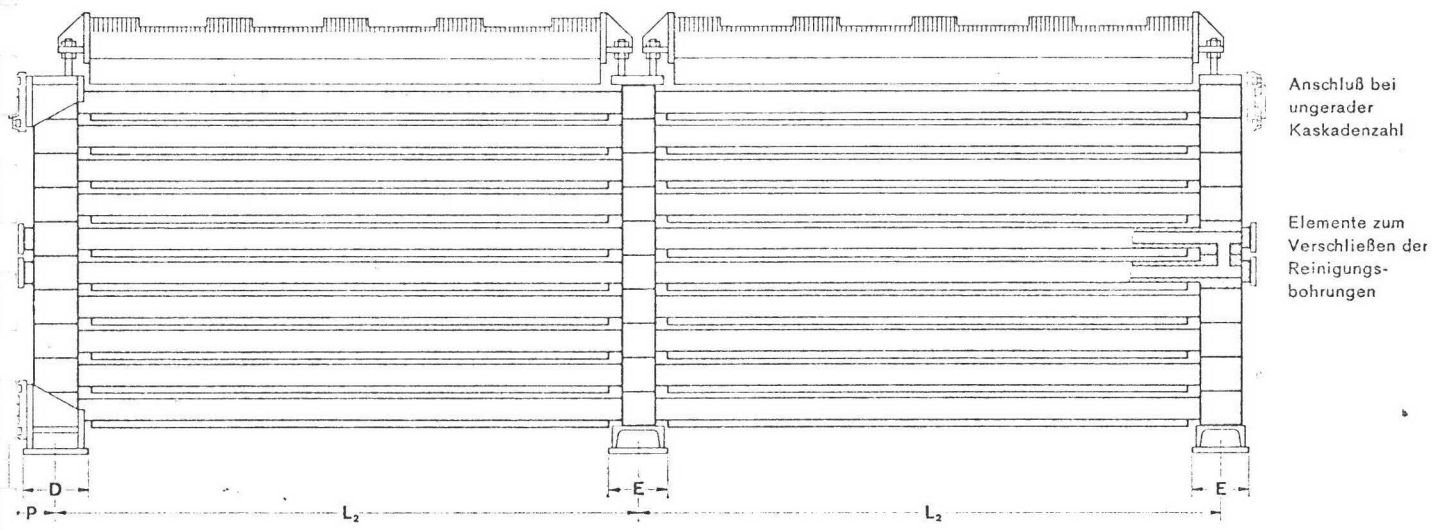
Telefon: Meitingen (0 82 71) 3 21
Telex: Sigri Meitingen 05 3823
Telegramm: Sigri Meitingen



1-Rohr-Element



2-Rohr-Element



DIABON-Riesel-Wärmeaustauscher

DIABON-Riesel-Wärmeaustauscher haben vielseitige Verwendungsmöglichkeiten. Eine der wichtigsten Anwendungen ist die Ausgestaltung als SCHWEFELSÄUREVERDÜNNER für die kontinuierliche Herstellung von verdünnter Schwefelsäure, z. B. in der Düngemittelindustrie.

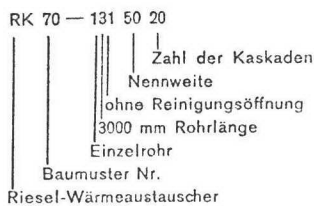
Konstruktionsmerkmale und Arbeitsweise

Der Apparat wird aus einzelnen Rohrelementen, die jeweils an den Ecken Umlenklöcke tragen, aufgebaut und durch Spannvorrichtungen zusammengehalten. Die Umlenklöcke können mit einer Reinigungsöffnung versehen werden. Die Rohre werden in ihrem Format und in der Länge – bis zu 6 m – den Erfordernissen angepaßt. Die üblichen Bauhöhen betragen in Abhängigkeit vom

Rohrdurchmesser bis zu 2,7 m, und es können beliebig viele Kaskaden nebeneinandergesetzt werden. Eine Berieselungseinrichtung aus Stahlblech oder Kunststoff wird auf Wunsch mitgeliefert. Die Hintereinanderschaltung der Einzelrohre ergibt eine hohe Strömungsgeschwindigkeit und damit auch bei geringen Durchsatzmengen eine hohe Wärmeübertragungsleistung.

Nennweite NW	Reinigungs- öffnung	mittlere Austausch- fläche je Element bei Rohrlänge		Strö- mungs- quer- schnitt cm ²	Maße in mm																
		3 m m ²	6 m m ²		L ₁	L ₂	A	H	B	C	D	S	E	F	G	M	P	K	N		
		1-Rohr-Element																			
25	ohne mit	0,30	0,60	4,9	3022 3022	3024 3024	28,5 + 18,5 +	57 · Z 77 · Z	249 + 249 +	57 · Z 77 · Z	55 95	240 240	110 160	10 90	90 200	200 18	18 18	85,5 95,5	75 130	85 85	4 x M 12 4 x M 12
40	ohne mit	0,45	0,90	12,5	3040 3040	3033 3033	23,5 + 18,5 +	77 · Z 87 · Z	254 + 254 +	77 · Z 87 · Z	75 115	240 260	130 190	10 10	110 110	200 220	18 18	100,5 105,5	90 150	110 110	4 x M 12 4 x M 12
50	ohne mit	0,56	1,12	20	3050 3050	3038 3038	21 + 18,5 +	92 · Z 97 · Z	259 + 259 +	92 · Z 97 · Z	90 130	250 280	150 210	10 10	130 130	210 240	18 18	113 115,5	105 160	125 125	4 x M 12 4 x M 12
80	mit ohne	0,87	1,74	50	3080 3080	3048 3048	11 + 8,5 +	132 · Z 137 · Z	269 + 269 +	132 · Z 137 · Z	130 170	300 340	190 258	10 15	170 170	260 290	22 22	143 145,5	130 195	160 160	4 x M 16 4 x M 16
2-Rohr-Element																					
25	ohne mit	0,60	1,20	9,8	3022 3022	3024 3024	81 + 41 +	57 · Z 77 · Z	289 + 249 +	57 · Z 77 · Z	115 165	310 320	136 160	10 10	90 90	270 280	18 18	103 103	105 135	110 110	4 x M 12 4 x M 12
40	ohne mit	0,90	1,80	25	3040 3040	3033 3033	74,5 + 44,5 +	77 · Z 92 · Z	292 + 262 +	77 · Z 92 · Z	155 210	310 365	155 190	10 10	110 110	270 325	18 18	117,5 117,5	115 150	125 125	4 x M 12 4 x M 12
50	ohne mit	1,12	2,24	40	3050 3050	3038 3038	73,5 + 53,5 +	92 · Z 102 · Z	299 + 279 +	92 · Z 102 · Z	185 240	360 430	174 208	15 15	130 130	310 380	22 22	130,5 130,5	125 160	145 145	4 x M 12 4 x M 12
80	ohne mit	1,74	3,48	100	3080 3080	3048 3048	69,5 + 39,5 +	132 · Z 147 · Z	317 + 287 +	132 · Z 147 · Z	265 320	450 510	218 263	15 15	170 170	400 460	22 22	162,5 162,5	155 200	180 180	4 x M 16 4 x M 16

Bezeichnung eines Riesel-Wärmeaustauschers mit Einzelrohr von 3000 mm Länge, ohne Reinigungsöffnung, Nennweite 50, 20 Kaskaden:



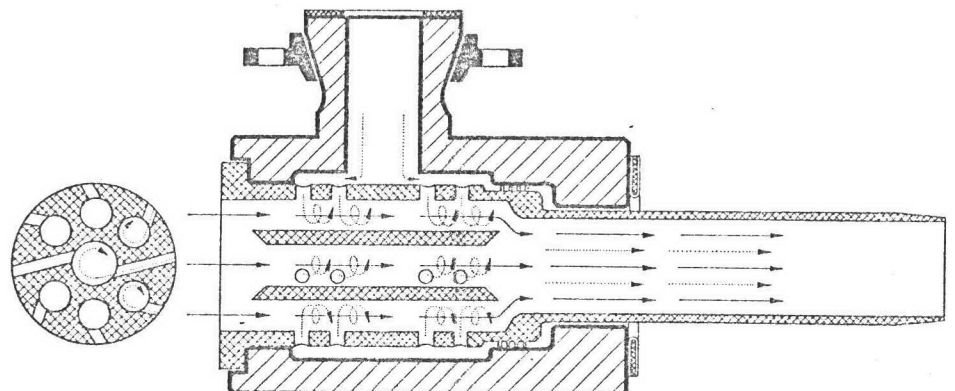
**Verwendungsmöglichkeiten
und besondere Vorteile**

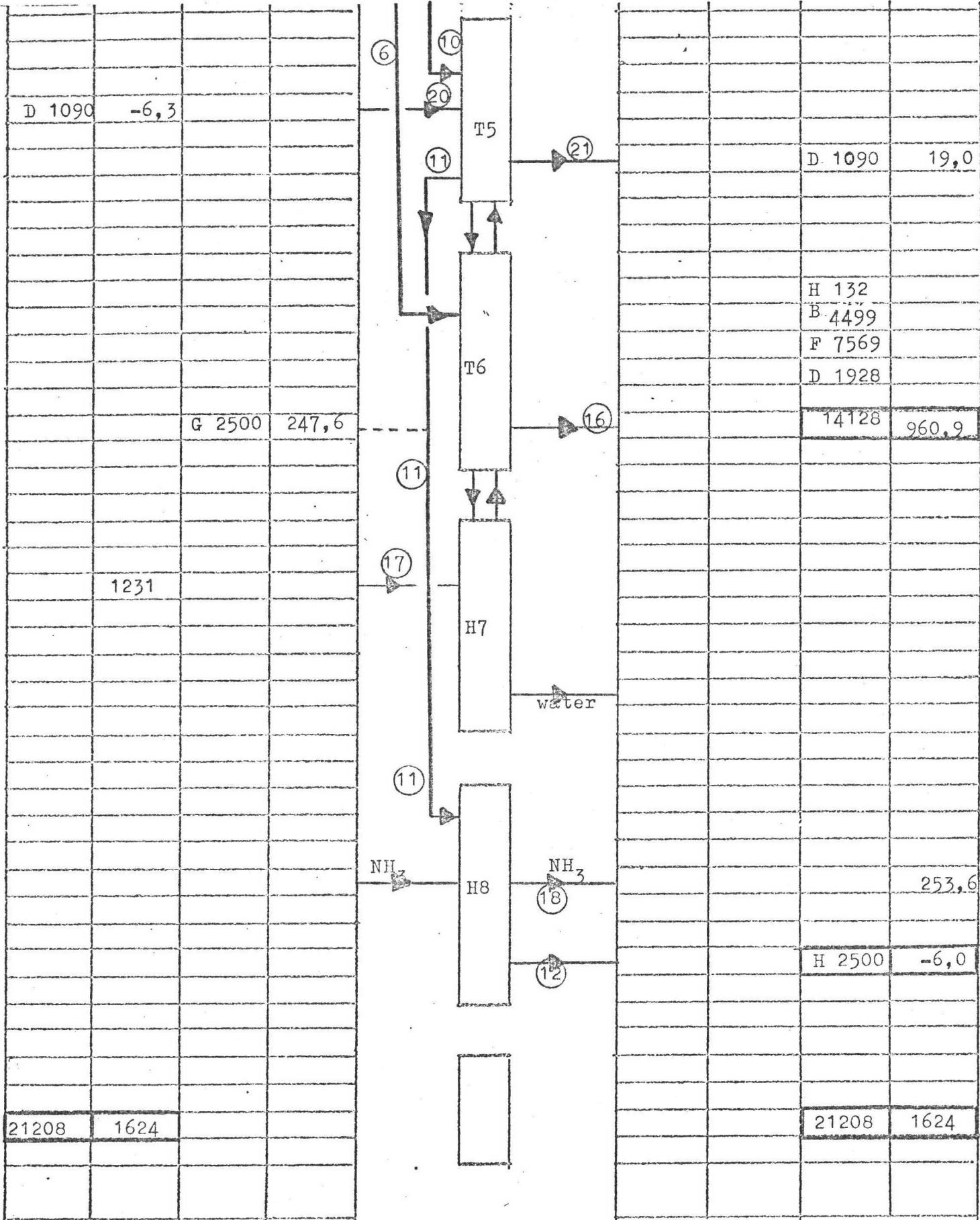
- Kühlen von korrodierenden Flüssigkeiten
- Mischen von Flüssigkeiten bei exothermer Reaktion, insbesondere Verdünnen von Schwefelsäure
- Hohe Leistung auch bei geringen Durchsätzen
- Ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit
- Einfache Anpassung der Leistung durch Wegnahme oder Hinzufügung von Rohrelementen
- Chemisch und mechanisch gut zu reinigen
- Einfachster Aufbau

**Sonderausstattung
zur Schwefelsäureverdünnung**

In der Ausführung als Schwefelsäureverdünner ist das unterste Rohrelement des Apparates mit einem DIABON-Mischkopf ausgestattet, dessen Schwefelsäureeintrittsstutzen aus PTFE-Material, z. B. Hostaflon TF oder Teflon gefertigt ist.

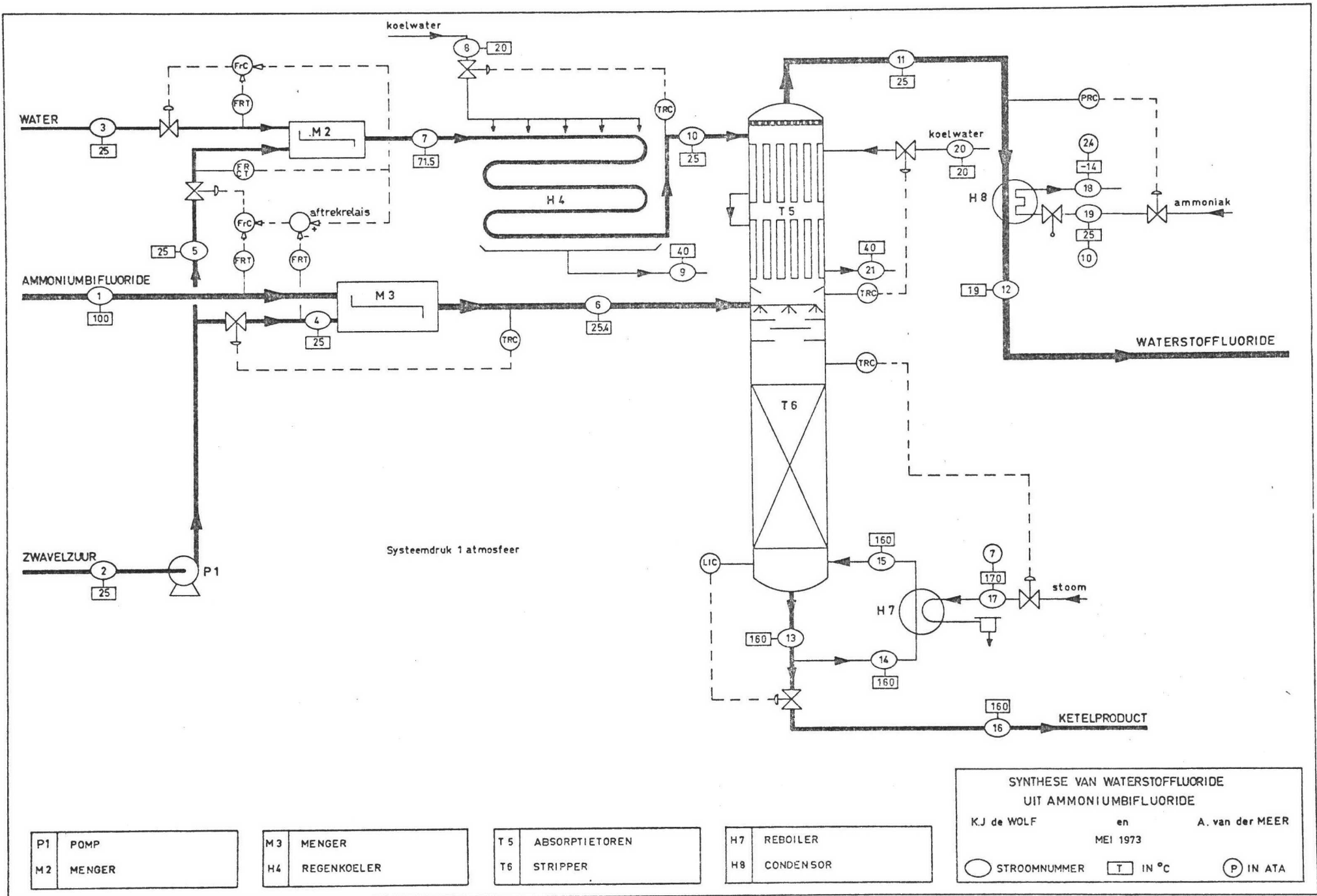
Die heiße, verdünnte Säure tritt aus dem Mischkopf unmittelbar in den Kühler. Bei gewissen Endkonzentrationen könnte die in einem Mischkopf entwickelte Verdünnungswärme nicht mehr beherrscht werden. In diesem Falle erfolgt die Verdünnung in zwei Stufen unter Benutzung eines zusätzlichen Mischkopfes.





MASSA in kg	COMPONENTEN
	A=H ₂ SO ₄ (98,8%)
	B=H ₂ SO ₄ (100%)
WARMTE in kW	C=H ₂ SO ₄ (90%)
	D=H ₂ O
	E=NH ₄ HF ₂ (80%)
	F=NH ₄ HSO ₄

COMPONENTEN	VOORONTVERF
G=HF(gas)	NH ₃
H=HF(vlst.)	HF-bereiding
	mei 1973
	K.J.de Wolf
	A.v.d.Meer



P1	POMP
M2	MENGER

M3	MENGER
H4	REGENKOELER

T5	ABSORPTIETOREN
T6	STRIPPER

H7	REBOILER
H8	CONDENSOR

SYNTHESIS OF HYDROGEN FLUORIDE
 FROM AMMONIUM BIFLUORIDE
 K.J de WOLF and A. van der MEER
 MAY 1973

○ STREAM NUMBER T IN °C P IN ATA

