

Industrieel Ingenieur en Biotechniek Geel
Industrieel Ingenieur in Elektromechanica
Automatisering



Automatisering van een batch systeem voor massaspectrometrie

CAMPUS
Geel



Jeroen Maes

Academiejaar 2006-2007

De houder van dit diploma is gerechtigd tot het voeren van de titel van Master

VOORWOORD

Het SCK (Studiecentrum voor Kernenergie) heeft mij de mogelijkheid geboden voor de realisatie van dit eindwerk. Het onderwerp sluit volledig aan bij mijn gevolgde studies.

Er is me gevraagd om de elektrische componenten die ik gebruikt heb in het nieuwe systeem grondig uit te leggen omdat de nieuwe verantwoordelijke van het systeem minder bekend is met deze toepassingen.

De automatisering van het batch systeem van de massaspectrometer heb ik stap voor stap op een zelfstandige basis kunnen uitwerken onder de deskundige begeleiding van de medewerkers van het SCK.

Op deze manier heb ik het praktische werk goed kunnen combineren met programmering en projectontwikkeling. In samenspraak met de externe begeleiders: Göran Verpoucke, Liliane Vos, Herman Van Eyck en Dirk Delnooz heb ik de mogelijkheid gekregen om beslissingen te nemen, waarvoor mijn dank.

Ik dank mijn promotor Hugo Belmans en de mensen van Pfeiffer Vacuüm en VAT Valves die me de nodige informatie verleend hebben i.v.m. de vacuümcomponenten.

Als laatste wil ik mijn vriendin en familie bedanken voor de steun tijdens het verwezenlijken van het project en het schrijven van het eindwerk.

INHOUDSTAFEL

INHOUDSTAFEL	3
INLEIDING	6
1 MASSASPECTROMETRIE	7
1.1 Algemeen werkingsprincipe	7
1.2 Componenten van een quadropool massaspectrometer	8
1.2.1 De ionenbron.....	8
1.2.2 De quadropool lens	9
2 DE METING.....	11
2.1 De verschillende metingen.....	11
2.1.1 Scan.....	11
2.1.2 MID meting	12
2.1.3 MCD meting	13
2.2 De meetsequentie	14
2.2.1 Het systeem opstarten.....	15
2.2.2 IJken	17
2.2.3 Analyse.....	19
2.2.4 Verwerking van de meetgegevens	20
3 HET HUIDIGE SYSTEEM	21
3.1 Overzicht van het huidige systeem	21
3.2 De meting met het huidige systeem.....	22
4 HET NIEUWE SYSTEEM	23
4.1 De eisen van het nieuwe systeem	23
4.2 De eerste ontwerpen.....	23
4.2.1 Ontwerp 1a	23
4.2.2 Ontwerp 1b	24
4.2.3 Ontwerp 2.....	25
4.2.4 Ontwerp 3.....	26
4.2.5 De kleppen.....	28
4.2.6 De sturing	28
4.3 De uiteindelijke keuze.....	29
4.4 De meting met het nieuwe systeem	29
5 HET INLAATSYSTEEM	30
5.1 Algemene opbouw	30
5.2 Componenten.....	31
5.2.1 Break-seal gasampul	31
5.2.2 Kleppen	32
5.2.3 Druksensoren	34
5.2.4 Maxigauge (Pfeiffer Vacuum TPG 256 A)	37
5.2.5 Geijkte volumes.....	39

5.3	Montage van het systeem	40
5.4	Aansluiting van het systeem aan het huidige systeem	40
6	OPBOUW VAN HET ELEKTRISCH SYSTEEM.....	42
6.1	Algemene opbouw	42
6.2	Sturing van de kleppen	42
6.3	Uitlezing van de klepstand	43
6.4	De componenten	44
6.4.1	Digitale I/O kaart (National Instruments PCI-6527)	44
6.4.2	"Load" weerstanden	46
6.4.3	Relaiskaart (Velleman K6714-16).....	47
6.4.4	24 V voeding voor de kleppen.....	49
6.4.5	Connectoren.....	49
6.5	Implementatie van het systeem.....	50
7	DE STURING.....	52
7.1	Algemeen	52
7.2	Quadstar	53
7.2.1	DDE	53
7.2.2	Link.....	54
7.2.3	Background	56
7.2.4	Calibration	56
7.2.5	Measurement	57
7.3	Excel	58
7.4	Visual Basic.....	59
7.4.1	Algemeen.....	59
7.4.2	Errorchecker.....	59
7.4.3	Functies.....	60
7.4.4	MDIhead	81
7.4.5	Properties	86
7.4.6	Automatic	88
7.4.7	Manual	108

BESLUIT 111

LITERATUURLIJST	112
BIJLAGE 1: KABELSCHEMA VAN KLEP 1	113
BIJLAGE 2: KABELSCHEMA VAN KLEP 2	114
BIJLAGE 3: KABELSCHEMA VAN KLEP 3	115
BIJLAGE 4: KABELSCHEMA VAN KLEP 4	116
BIJLAGE 5: KABELSCHEMA VAN KLEP 5	117
BIJLAGE 6: KABELSCHEMA VAN KLEP 6	118
BIJLAGE 7: KABELSCHEMA VAN KLEP 7	119
BIJLAGE 8: SPREADSHEET "COMBINATIES"	120

INLEIDING

Het Belgische Studiecentrum voor Kernenergie (SCK-CEN) is een stichting van openbaar nut, onder voogdij van de Belgische federale minister van energie. Het SCK-CEN werd opgericht in 1952. Sinds 1991 geeft de statutaire opdracht voorrang aan onderzoek over problemen met betrekking tot:

- veiligheid van kerninstallaties
- stralingsbescherming
- veilige handeling en berging van radioactief afval
- strijd tegen ongecontroleerde proliferatie van splijtbaar materiaal
- strijd tegen terrorisme

Het Laboratorium voor Hoge- en Middelmattige Activiteit (LHMA) evalueert de gevolgen van bestraling op materialen die gebruikt worden in de huidige en toekomstige nucleaire installaties.

In het gebouw LHMA is de massaspectrometer geïnstalleerd. Deze installatie wordt gebruikt voor het meten van de fissiegassen die ontstaan in kernbrandstofnaalden, om zo meer kennis te bekomen van de processen tijdens bestraling van kernbrandstof.

De installatie is een massaspectrometer die werkt via handkranen. Deze installatie is erg arbeidsintensief en vooral operatorafhankelijk, vandaar de keuze om het systeem te automatiseren.

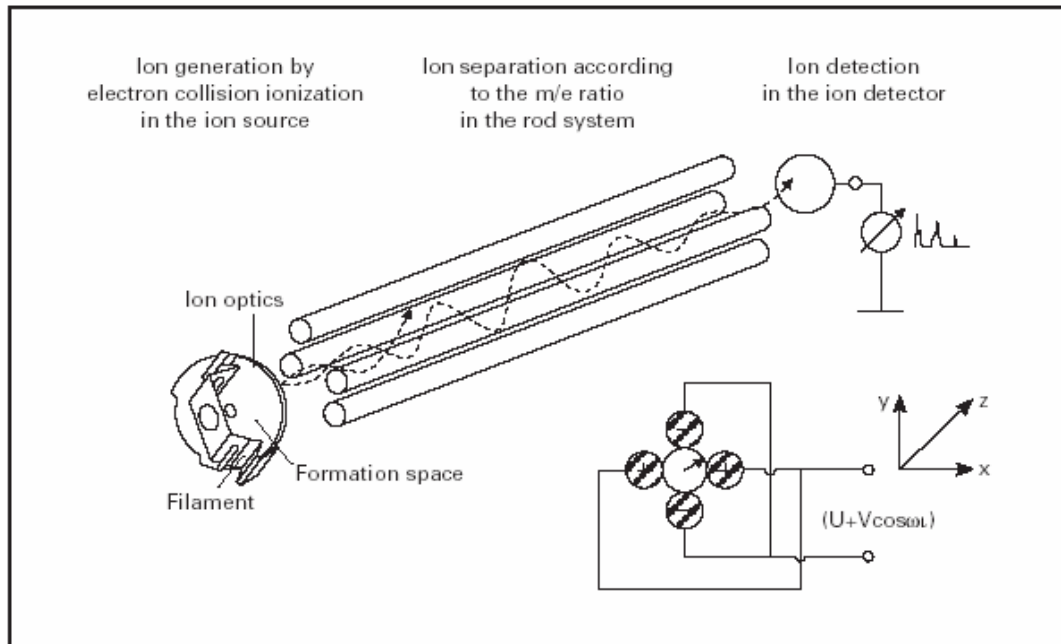
Het was vooral de bedoeling om de nauwkeurigheid van het systeem te verhogen en te zorgen dat er niet constant een operator aanwezig moet zijn om met dit systeem te werken. Om dit te bewerkstelligen werd gekozen om een volledig nieuw inlaatsysteem in bypass over het huidige systeem te plaatsen om ervoor te zorgen dat het huidige systeem steeds bruikbaar blijft. Een moeilijkheid bij dit systeem is dat het een batch proces is: er is geen continue meting, maar er wordt telkens een deel van het gas (batch) ingelaten uit een ampul met een beperkt volume.

In dit werkstuk wordt het principe van massaspectrometrie bondig uitgelegd. De aandacht ligt op het inlaatsysteem en de sturing hiervan. De keuze van bepaalde componenten voor het systeem en de implementatie ervan komt aan bod. Verder wordt de werking van het huidige systeem en deze van het nieuwe systeem besproken en vergeleken. Tot slot wordt de volledige sturing en de werking ervan in detail uitgelegd.

Het project omvat het automatiseren van het batch inlaatsysteem: ontwerpen van een systeem, bestellen van componenten, implementatie, opbouw, programmeren van de sturing. Het project mag beschouwd worden als een totaal project.

1 MASSASPECTROMETRIE

1.1 Algemeen werkingsprincipe



Figuur 1.1 Principiële werking van de massaspectrometer (Pfeiffer Vacuum, 2005, p. 8)

Het principe dat hier gebruikt wordt, is scheiding van de elementen op basis van de massa. Uit het detector signaal kan, gebruik makend van ijkings op zuivere gassen, de concentratie van de verschillende componenten berekend worden. De werking wordt verder uitgelegd aan de hand van het gebruikte systeem. Dit principe wordt weergegeven in Figuur 1.1

Met behulp van een inlaatsysteem wordt een geringe hoeveelheid van het monster in de massaspectrometer gebracht. De kleine hoeveelheid gas wordt ingesloten tussen 2 kleppen en dan geëxpandeerd in het reservoir. Het monster, in gasfase, wordt in de ionisatieruimte gelekt via een diafragma dat gaatjes bevat van $\pm 200 \mu\text{m}$.

Na inlaat vindt een omzetting plaats naar gasvormige ionen. Dit wordt gedaan door het monster vanuit een ionenbron te bombarderen met elektronen, ionen, moleculen of fotonen. Hierdoor wordt een stroom verkregen van positief en negatief geladen ionen. Met behulp van een aangelegd potentiaalverschil wordt de ionenstroom versneld naar de ruimte voor de massa-analyse.

Er zijn verschillende mogelijkheden voor het scheiden van ionen op basis van mass to charge ratio (massa/lading). Deze massaspectrometer is een quadrupool massaspectrometer, deze is minder duur, krachtiger en heeft een kortere scantijd dan een massaspectrometer uitgevoerd met een magnetische sector.

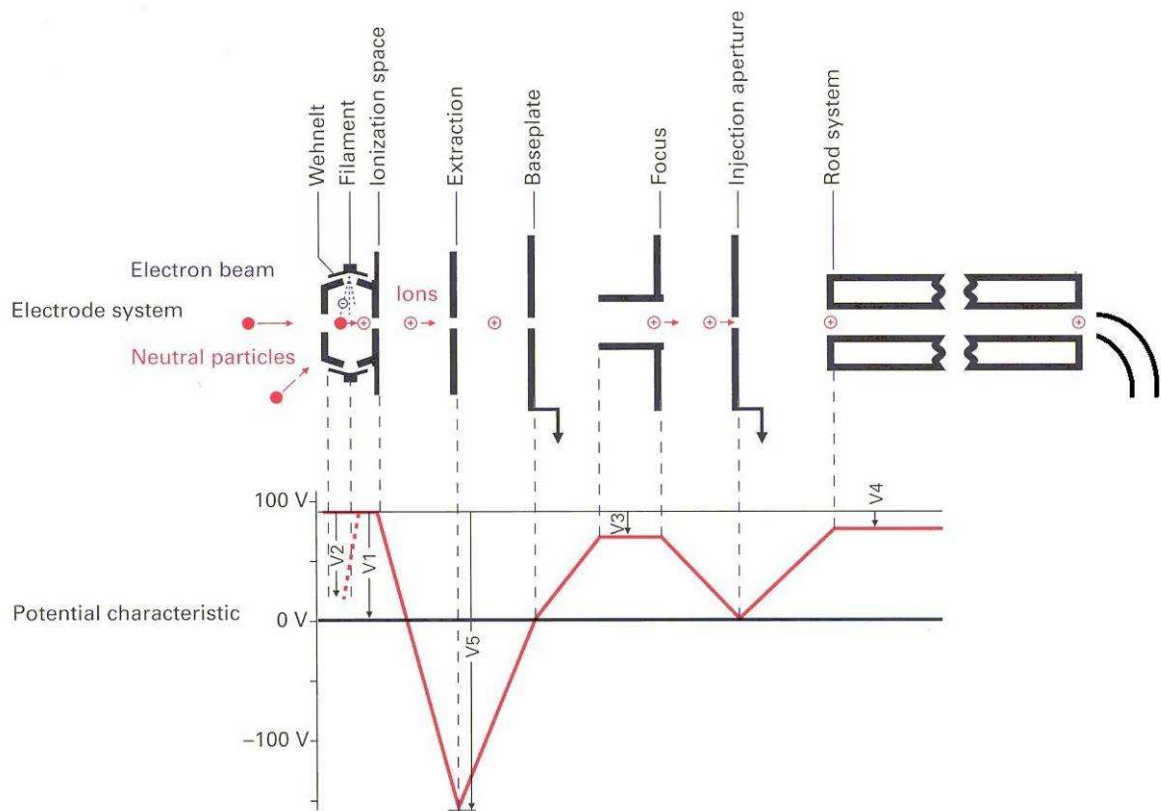
Een quadrupool functioneert als een soort filter waarbij alleen ionen binnen een kleine bandbreedte van m/z (massa/lading) worden doorgelaten. De overige ionen worden geneutraliseerd en afgevoerd. Door het variëren van het elektrische signaal naar de quadrupool kan de plaats van de bandbreedte worden veranderd.

Het hart van de quadrupool bestaat uit 4 cilindrische metalen staven die gebruikt worden als elektroden. De staven zijn twee aan twee aan een gelijkspanningsbron gekoppeld waarbij het ene paar negatief en het andere paar positief geladen is. Op beide paren is een wisselspanning aangesloten. Een binnenkomend ion zal aangetrokken of afgestoten worden naargelang de frequentie.

Indien het ion niet of slechts zeer licht wordt afgebogen, zal het kans zien om door de tussenruimte te bewegen waarna het wordt gedetecteerd door de detector. Door het verschuiven van de bandbreedte kan men ionen met m/z meten.

1.2 Componenten van een quadrupool massaspectrometer

1.2.1 De ionenbron



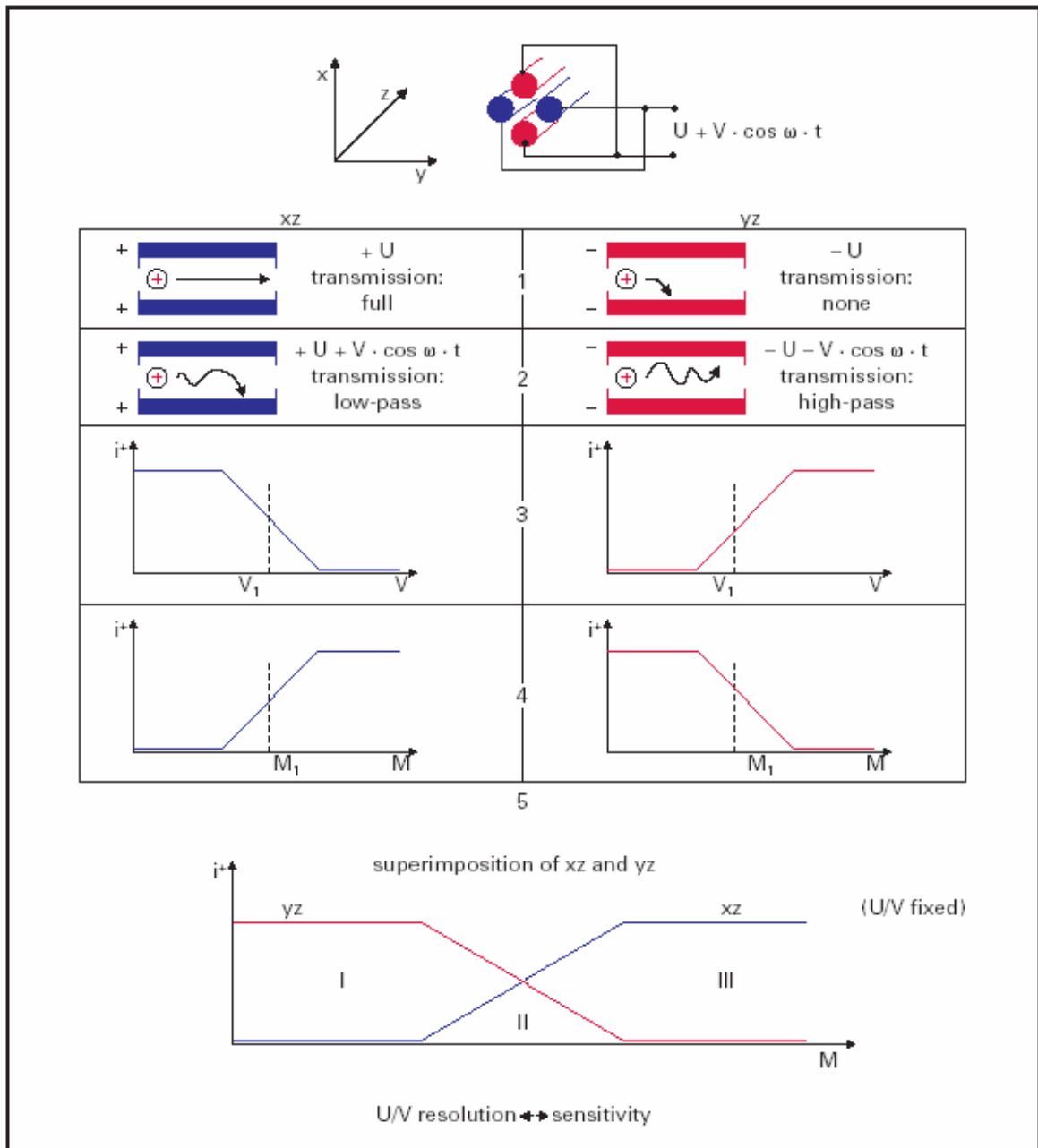
Figuur 1.2 De ionenbron (Pfeiffer Vacuum, 2005, p. 14)

De ionenbron heeft 3 functies. Het Re filament creëert elektronen om het gas te ioniseren. De gevormde ionen worden versneld en gefocuseerd naar de quadrupool lens.

Zoals te zien in Figuur 1.2 komen de neutrale deeltjes binnen in de ionisatie kamer. Ze worden hier door het filament gebombardeerd met elektronen. Deze elektronen botsen met de elektronen van de neutrale deeltjes waardoor deze loskomen van de neutrale deeltjes en de neutrale deeltjes geladen worden. Zo worden er ionen gecreëerd. Deze ionen worden versneld door het potentiaalverschil tussen de "extraction" en de "ionisation space". Daarna terug vertraagd tot aan de "baseplate" om vervolgens naar de "focus" te gaan. Hier worden ze gefocuseerd d.m.v. een positief geladen buis die zo

de ionen dwingt om naar het midden te gaan. Als laatste worden ze terug versneld en geïnjecteerd in de quadropool lens om de juiste component te filteren.

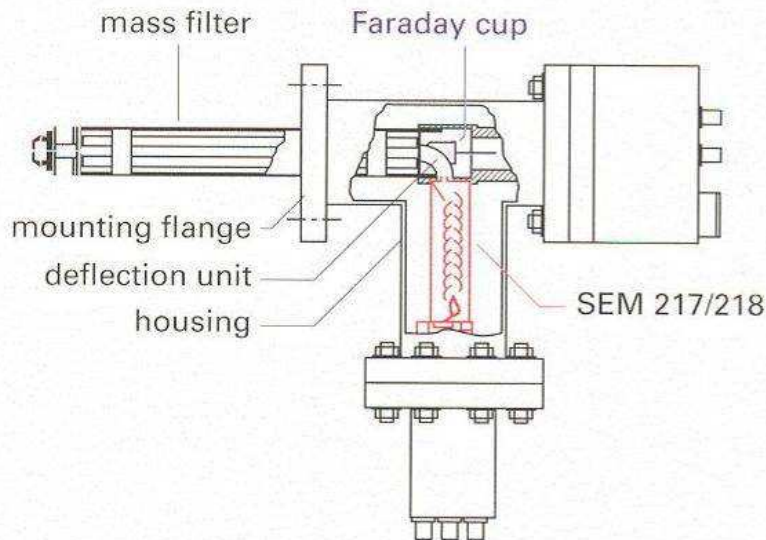
1.2.2 De quadropool lens



Figuur 1.3 Werking van de quadropool lens (Pfeiffer Vacuum, 2005, p. 18)

De quadropool lens staat op Figuur 1.4 aangeduid als "mass filter". Het is opgebouwd uit 4 parallelle staven die gebruikt worden als elektroden. Deze spanning bestaat uit een gelijkspanningcomponent en een wisselspanningcomponent. De gelijkspanningcomponent zorgt voor een rechtlijnige beweging van de ionen en de wisselspanning met bepaalde frequentie zorgt voor een cirkelvormige beweging. Door de frequentie in te stellen kunnen we er voor zorgen dat een bepaalde component, met de ingestelde m/z verhouding, van het gas binnen het stavensysteem blijft. De rest van de ionen worden eruit geslingerd.

Zoals te zien in Figuur 1.3 is er door de wisselspanning is het xz-vlak een laag doorlaatfilter en het yz-vlak een hoog doorlaat filter. De lage massa's worden dus via het xz-vlak uit de lens getrokken en de hoge massa's worden via het yz-vlak uit de lens getrokken. Door het effect van de 2 filters iets te laten overlappen kan 1 bepaalde massa eruit gefilterd worden. Zoals voorgesteld in de onderste grafiek zullen alleen de massa's die in gebied II van de grafiek liggen doorgelaten worden door de lens.



Figuur 1.4 De quadrupool lens, Faraday cup en SEM (Pfeiffer Vacuum, 2005, p. 25)

In Figuur 1.4 is de quadrupool lens, de Faraday cup en de secundaire elektronen vermenigvuldiger (SEM = Secondary Electron Multiplier) te zien. De massaspectrometer heeft 2 types detectors: Faraday cup en secundaire elektronen vermenigvuldiger die kunnen geselecteerd worden.

Indien de Faraday cup geselecteerd wordt zullen de ionen die vanuit de lens op de Faraday cup botsen hun lading verliezen en zo een detecteerbaar signaal genereren.

Als via de SEM gemeten wordt, worden de ionen d.m.v. een spanning 90° omgebogen. De ionen botsen dan op de eerste dynode van de SEM waardoor elektronen die zich op de dynode bevinden worden weggeslingerd. Omdat de volgende dynode altijd positiever is dan de vorige botsen de ladingen op een reeks volgende dynoden waar zich hetzelfde verschijnsel voordoet. De elektronen worden zo vermenigvuldigd om een beter meetbaar signaal te verkrijgen. Deze methode heeft de grootste signaal/ruis verhouding omdat de neutrale deeltjes, fotonen en x-stralen niet mee gemeten worden. Dit komt omdat deze deeltjes niet mee afgebogen worden.

Er wordt in deze toepassing altijd gemeten via de SEM en niet via de Faraday cup.

2 DE METING

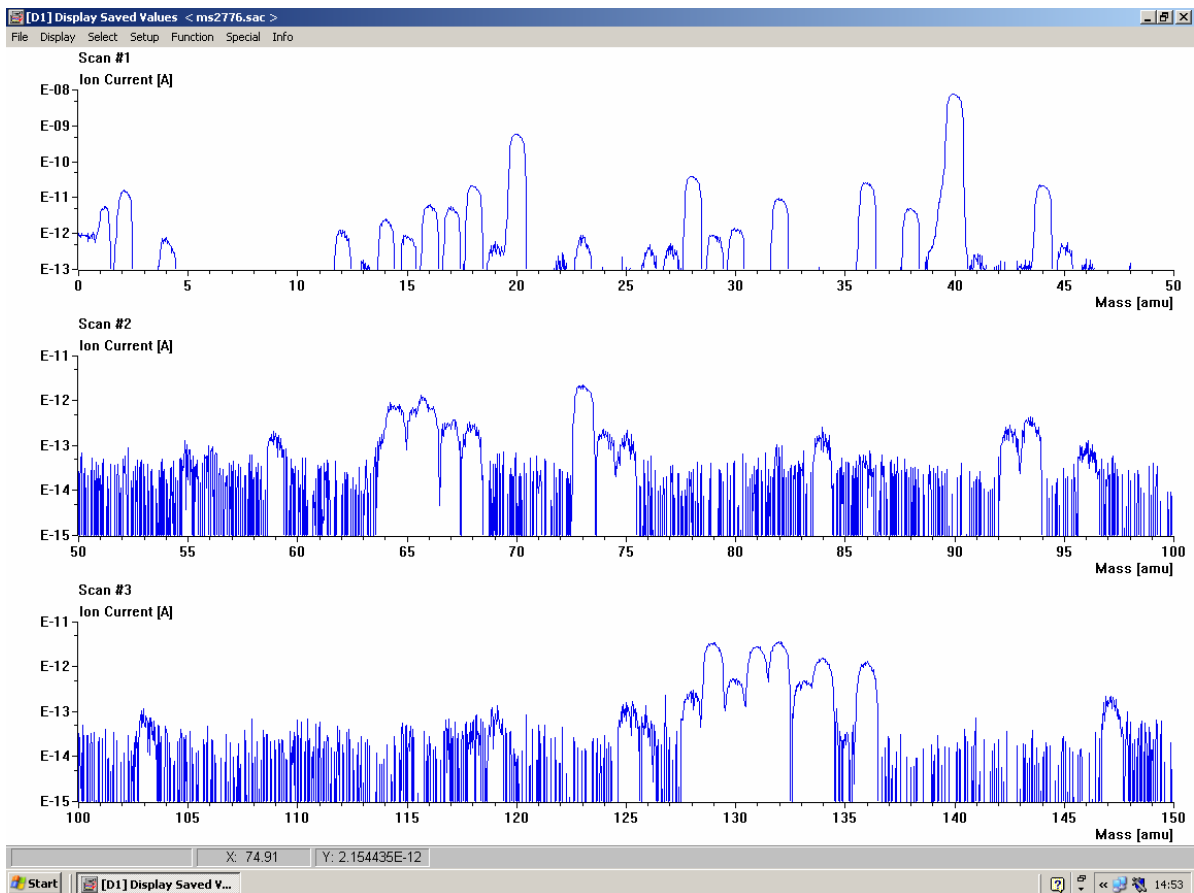
2.1 De verschillende metingen

Bij de analyse en ijking worden verschillende metingen gebruikt. Deze metingen kunnen via het Quadstar programma gestart worden. De verschillende metingen zijn:

- scan
- MID meting
- MCD meting

2.1.1 Scan

Bij een scan worden alle massa's van 0 tot 150 gemeten en weergegeven in een grafiek. Op deze manier kan snel een idee gevormd worden over de samenstelling van een gas en de concentratie van de verschillende componenten. De scan wordt gebruikt om de achtergrond te controleren en om eventuele componenten uit de ampul die niet in het meetbestand zitten op te sporen.



Figuur 2.1 Scan van de massa's 0 – 150

2.1.2 MID meting

Een MID meting (multiple ion detection) meet het elektrische signaal dat gegenereerd wordt door de ionen. Bij de MID methode worden alle massa's die overeenkomen met de massa's in het geselecteerde meetbestand gescand door de frequentie van de quadropoolfilter te wijzigen.

Deze meting wordt gebruikt bij het ijken met zuivere gassen. Op deze manier kan het signaal dat gegenereerd wordt door een zuiver gas door de massaspectrometer te laten stromen gemeten worden. Bij het ijken voeren we deze meting uit op verschillende inlaatdrukken. Zo kan een curve opgesteld worden van het meetsignaal in functie van de inlaatdruk. Bij de eigenlijke meting van het gas wordt de meetwaarde en de inlaatdruk vergeleken met de curve. Hieruit wordt de concentratie van een bepaalde component in het gas bepaald.

Cycle	Date	Time	RelTime[s]	ppressure	bpressure	1	2	4	12	13	14
1	4/04/2007	9:16:22:00	0	1,38E-08	0	6,61E-13	8,96E-13	2,13E-14	1,13E-13	1,38E-14	8,05E-14
2	4/04/2007	9:24:10:35	468,353	1,34E-05	0,7038	1,48E-11	1,78E-11	4,68E-13	1,47E-12	3,38E-13	5,68E-09
3	4/04/2007	9:25:05:27	523,274	1,00E-05	0,503528	1,10E-11	1,33E-11	4,32E-13	1,00E-12	2,18E-13	4,13E-09
4	4/04/2007	9:25:41:53	559,539	8,46E-06	0,401009	8,95E-12	1,13E-11	3,80E-13	7,67E-13	1,80E-13	3,35E-09
5	4/04/2007	9:26:00:03	578,039	7,70E-06	0,357736	8,16E-12	1,02E-11	3,38E-13	7,20E-13	1,43E-13	3,01E-09
6	4/04/2007	9:26:25:85	603,852	6,69E-06	0,303556	7,05E-12	8,95E-12	3,07E-13	6,09E-13	1,25E-13	2,59E-09
7	4/04/2007	9:26:54:21	632,211	5,55E-06	0,253146	6,20E-12	7,68E-12	2,57E-13	5,38E-13	1,10E-13	2,19E-09
8	4/04/2007	9:27:28:14	666,149	4,69E-06	0,203126	5,15E-12	6,53E-12	2,17E-13	4,61E-13	1,03E-13	1,78E-09
9	4/04/2007	9:28:13:50	711,508	3,55E-06	0,150908	4,06E-12	5,15E-12	1,68E-13	3,62E-13	8,79E-14	1,35E-09
10	4/04/2007	9:29:11:55	769,555	2,66E-06	0,10262	2,99E-12	3,85E-12	1,23E-13	2,79E-13	5,81E-14	9,36E-10
11	4/04/2007	9:30:54:88	872,883	1,37E-06	0,051689	1,84E-12	2,34E-12	8,52E-14	1,82E-13	4,09E-14	4,86E-10
12	4/04/2007	9:32:40:77	978,772	6,23E-07	0,024887	1,25E-12	1,72E-12	5,31E-14	1,31E-13	3,28E-14	2,41E-10

15	16	17	18	19	20	22	28	29	32	33	34	36
3,76E-14	3,96E-12	3,88E-12	1,50E-11	2,23E-14	3,52E-14	1,36E-14	1,49E-12	4,28E-14	6,13E-13	-6,82E-15	-3,38E-15	7,39E-15
1,85E-11	1,37E-11	1,08E-11	2,63E-11	4,17E-14	2,29E-13	1,13E-13	9,10E-08	6,51E-10	3,23E-11	8,76E-14	2,43E-13	8,02E-14
1,35E-11	1,18E-11	9,74E-12	2,10E-11	5,07E-14	1,78E-13	7,50E-14	6,83E-08	4,89E-10	2,27E-11	6,44E-14	1,66E-13	7,08E-14
1,11E-11	1,08E-11	9,15E-12	1,91E-11	3,08E-14	1,42E-13	6,96E-14	5,59E-08	4,02E-10	1,77E-11	4,64E-14	1,24E-13	6,18E-14
9,95E-12	1,04E-11	8,87E-12	1,84E-11	3,43E-14	1,42E-13	5,49E-14	5,04E-08	3,62E-10	1,60E-11	4,90E-14	9,96E-14	5,72E-14
8,45E-12	9,68E-12	8,67E-12	1,76E-11	3,47E-14	1,15E-13	4,20E-14	4,35E-08	3,13E-10	1,37E-11	3,96E-14	1,09E-13	3,66E-14
7,34E-12	8,98E-12	8,08E-12	1,67E-11	3,78E-14	1,13E-13	4,07E-14	3,69E-08	2,66E-10	1,15E-11	3,02E-14	9,65E-14	3,87E-14
5,98E-12	8,33E-12	7,56E-12	1,59E-11	2,84E-14	1,03E-13	4,11E-14	3,01E-08	2,18E-10	9,45E-12	3,88E-14	8,13E-14	4,02E-14
4,59E-12	7,67E-12	7,03E-12	1,52E-11	3,27E-14	7,85E-14	3,52E-14	2,28E-08	1,66E-10	7,32E-12	2,57E-14	5,42E-14	2,85E-14
3,27E-12	7,11E-12	6,50E-12	1,45E-11	2,60E-14	7,62E-14	2,33E-14	1,59E-08	1,16E-10	5,38E-12	2,78E-14	4,22E-14	2,81E-14
1,70E-12	6,13E-12	5,67E-12	1,38E-11	1,25E-14	6,29E-14	1,54E-14	8,14E-09	6,02E-11	3,17E-12	1,14E-14	2,52E-14	2,84E-14
9,40E-13	5,40E-12	5,28E-12	1,35E-11	2,19E-14	4,91E-14	7,26E-15	4,04E-09	3,02E-11	1,92E-12	8,09E-15	1,31E-14	2,49E-14

38	39	40	41	42	43	44	45	46	62	63	64	65
-2,29E-15	2,19E-13	1,05E-14	2,01E-14	-2,20E-16	2,11E-14	1,73E-12	1,99E-14	1,79E-14	-3,90E-15	1,69E-15	9,99E-14	-1,20E-14
1,67E-13	5,82E-13	7,50E-13	4,16E-13	4,07E-13	2,96E-13	2,27E-11	2,65E-13	3,06E-13	2,97E-14	2,64E-13	7,17E-12	8,58E-14
1,10E-13	4,33E-13	5,27E-13	2,91E-13	2,69E-13	2,20E-13	1,68E-11	2,04E-13	2,36E-13	2,04E-14	2,09E-13	4,85E-12	6,16E-14
8,34E-14	4,03E-13	4,60E-13	2,41E-13	2,11E-13	1,98E-13	1,39E-11	1,72E-13	1,96E-13	9,37E-15	1,88E-13	3,77E-12	5,09E-14
5,97E-14	3,52E-13	4,23E-13	2,53E-13	1,76E-13	1,80E-13	1,26E-11	1,71E-13	1,86E-13	1,61E-14	1,62E-13	3,30E-12	3,82E-14
8,17E-14	3,58E-13	3,53E-13	2,16E-13	1,67E-13	1,68E-13	1,12E-11	1,24E-13	1,52E-13	2,60E-15	1,48E-13	2,85E-12	3,73E-14
5,94E-14	3,28E-13	3,30E-13	1,62E-13	1,29E-13	1,51E-13	9,62E-12	1,03E-13	1,43E-13	5,73E-15	1,21E-13	2,38E-12	2,37E-14
6,70E-14	3,28E-13	2,53E-13	1,42E-13	1,12E-13	1,26E-13	8,03E-12	9,93E-14	1,37E-13	4,90E-15	9,87E-14	1,92E-12	3,24E-14
4,38E-14	2,90E-13	2,15E-13	1,31E-13	8,19E-14	1,14E-13	6,61E-12	8,90E-14	1,13E-13	6,58E-15	8,88E-14	1,42E-12	2,05E-14
2,97E-14	2,73E-13	1,53E-13	9,49E-14	7,09E-14	8,36E-14	4,83E-12	6,19E-14	8,19E-14	1,27E-15	6,19E-14	1,00E-12	1,28E-14
1,67E-14	2,48E-13	7,53E-14	6,23E-14	2,96E-14	5,87E-14	3,02E-12	3,96E-14	5,20E-14	-1,86E-15	3,09E-14	5,48E-13	1,67E-14
9,29E-15	2,14E-13	6,42E-14	5,53E-14	2,23E-14	4,28E-14	2,15E-12	3,03E-14	3,96E-14	-3,58E-15	1,89E-14	2,54E-13	4,79E-16

66	67	68	78	80	82	83	84	85	86	124	126	128
2,12E-15	-6,60E-15	-9,41E-15	-3,59E-15	-3,70E-15	-7,40E-15	-2,37E-15	-8,06E-15	-6,92E-15	-8,38E-15	-9,00E-15	-7,61E-15	-3,24E-15
4,08E-13	4,05E-14	3,14E-14	7,60E-14	5,45E-14	2,18E-14	9,63E-15	3,27E-14	-1,08E-15	4,90E-15	-1,46E-15	3,12E-15	2,35E-15
2,83E-13	3,67E-14	2,87E-14	4,75E-14	4,39E-14	1,00E-14	1,17E-14	3,49E-14	-2,79E-15	2,23E-15	-2,21E-15	-5,00E-15	1,14E-16
2,03E-13	2,32E-14	2,60E-14	3,51E-14	3,68E-14	6,04E-15	-4,05E-15	2,60E-14	-3,25E-15	1,82E-14	-4,21E-15	-7,06E-15	1,34E-14
1,88E-13	2,10E-14	1,75E-14	2,18E-14	2,61E-14	1,70E-14	9,14E-15	1,31E-14	-5,84E-15	-5,38E-16	-7,96E-15	-6,98E-15	2,21E-15
1,62E-13	2,14E-14	2,28E-14	1,69E-14	2,63E-14	8,60E-15	1,08E-14	1,05E-14	-2,91E-15	-1,41E-16	-6,14E-15	5,00E-16	-1,72E-15
1,16E-13	1,57E-14	2,09E-14	1,50E-14	1,79E-14	6,03E-15	-1,20E-16	9,58E-15	-1,28E-14	2,26E-15	1,16E-15	-2,33E-15	-4,93E-15
1,17E-13	7,09E-15	1,21E-14	2,02E-14	1,70E-14	7,74E-16	3,12E-15	9,42E-15	-3,14E-15	-2,46E-15	-3,14E-15	-4,94E-15	-9,39E-15
7,95E-14	1,86E-14	2,99E-15	8,33E-15	1,13E-14	1,08E-16	1,65E-15	1,17E-14	-2,29E-15	-2,58E-15	-5,43E-15	-1,68E-16	-4,17E-15
6,25E-14	8,87E-15	3,52E-15	1,70E-14	-6,06E-16	-8,19E-16	-2,10E-15	3,53E-15	-5,34E-15	-5,12E-15	-1,41E-15	-1,65E-16	2,44E-15
2,53E-14	2,02E-15	-3,61E-15	7,10E-15	1,15E-14	-1,23E-14	4,64E-16	1,02E-15	-3,38E-15	-8,58E-15	-2,59E-15	-8,56E-15	-1,16E-16
4,62E-15	-2,42E-15	3,86E-15	3,94E-16	-1,83E-16	-3,76E-15	-4,85E-15	6,01E-16	-7,22E-16	-9,96E-15	-5,54E-15	-5,21E-15	-1,04E-14

129	130	131	132	134	136	bpressure	ppressure
-7,56E-15	-8,10E-15	-1,38E-14	-8,71E-15	-7,25E-15	-1,44E-14	0	1,38E-08
7,74E-14	2,42E-15	6,97E-14	8,76E-14	4,26E-14	2,56E-14	0,641733	1,25E-05
5,13E-14	9,74E-16	5,40E-14	5,71E-14	1,85E-14	1,93E-14	0,458605	9,21E-06
4,60E-14	2,53E-15	4,30E-14	5,92E-14	1,55E-14	2,82E-14	0,365373	7,82E-06
2,97E-14	-1,69E-15	2,86E-14	4,46E-14	1,79E-14	1,76E-14	0,325872	7,19E-06
3,18E-14	-9,21E-16	2,64E-14	3,62E-14	1,59E-14	1,10E-14	0,27614	6,12E-06
2,95E-14	-1,17E-15	3,42E-14	2,69E-14	2,50E-15	9,67E-15	0,23006	5,17E-06
1,58E-14	4,12E-15	2,03E-14	2,52E-14	1,20E-14	8,74E-15	0,183946	4,32E-06
3,07E-15	-1,04E-15	8,73E-15	1,62E-14	-6,51E-16	1,72E-15	0,13693	3,18E-06
3,14E-15	-2,50E-15	9,40E-15	1,05E-14	-5,75E-15	-2,52E-15	0,093725	2,49E-06
4,17E-15	-9,22E-15	2,57E-15	6,61E-15	-5,92E-15	-5,48E-16	0,046584	1,18E-06
-7,30E-16	-1,18E-14	-5,73E-15	-9,63E-17	-4,49E-15	-2,73E-16	0,022335	5,76E-07

Figuur 2.2 De MID meting

2.1.3 MCD meting

Een MCD meting (mass concentration determination) is dezelfde meting als de MID meting. Het enige verschil is dat bij de MCD meting ook nog de concentratie berekend wordt van de verschillende componenten van het gas. Deze concentratie wordt berekend aan de hand van een ijkmatrix die in de Quadstar software kan ingevuld worden.

Deze ijkmatrix is in dit systeem ingevuld met vaste waarden. Bij de meting worden de waarden van de concentraties enkel gebruikt als richtlijn voor de operator. De gebruikte meetresultaten worden gehaald uit de vergelijking van de gemeten elektrische signalen met de ijkcurves.

Cycle	Date	Time	RelTime[s]	Ar	CH4	CO2	H2	H2O	He	Kr78	Kr80
1	5/04/2007	14:29:55:00	0	0,313559	11,2397	7,02972	19,7632	44,0938	3,68427	-0,084345	-0,116376
2	5/04/2007	14:39:16:17	561,174	98,8018	0,014454	0,256218	0,020559	0,0144686	0,004301	0,132707	5,55E-05
3	5/04/2007	14:49:20:66	1165,66	98,6984	0,01723	0,25649	0,024609	0,0321269	0,005507	0,134077	1,46E-05
4	5/04/2007	14:59:59:45	1804,46	98,6192	0,019913	0,256667	0,032334	0,0518966	0,005883	0,134643	5,00E-05

Kr82	Kr83	Kr84	Kr85	Kr86	N2	O2	Xe124	Xe126	Xe128	Xe129	Xe130	Xe131
-0,076212	-0,065767	-0,091682	-0,057626	-0,117728	7,84692	7,02036	-0,062533	-0,059047	-0,061911	0,047401	-0,127959	-0,041959
0,000207	0,000101	0,001099	0,000514	0,000274	0,405653	0,108175	0,000155	0,000444	0,004531	0,060976	0,009707	0,050535
0,000304	0,000179	0,001228	0,000231	0,000304	0,456996	0,123229	0,00019	0,000542	0,004472	0,063222	0,009785	0,053247
0,000256	0,000151	0,001244	0,000118	0,000238	0,509398	0,147882	0,000157	0,00048	0,003994	0,056692	0,008934	0,046074

Xe132	Xe134	Xe136
0,052851	-0,050906	-0,077649
0,064328	0,026605	0,02212
0,067257	0,027338	0,023037
0,059619	0,024132	0,020052

Figuur 2.3 De berekende concentraties van de MCD meting

bpressure	ppressure	1	2	4	12	13	14	15	16	17	18	19
0	1,20E-08	6,11E-13	1,08E-11	4,35E-13	4,54E-14	1,91E-15	6,56E-14	1,98E-14	2,81E-12	3,21E-12	1,23E-11	1,84E-14
0,099444	2,81E-06	2,86E-12	1,53E-11	6,91E-13	1,83E-12	1,50E-13	4,08E-12	1,09E-12	8,51E-12	4,28E-12	2,09E-11	8,06E-13
0,082289	2,54E-06	3,29E-12	1,54E-11	7,40E-13	1,56E-12	1,54E-13	3,90E-12	1,17E-12	7,79E-12	5,01E-12	2,31E-11	6,78E-13
0,061899	1,99E-06	3,20E-12	1,57E-11	6,15E-13	1,30E-12	1,37E-13	3,27E-12	1,01E-12	6,71E-12	5,12E-12	2,29E-11	5,38E-13

20	22	28	29	32	33	34	36	38	39	40	41	42
2,80E-14	1,87E-15	1,00E-12	1,93E-14	6,12E-13	-1,29E-14	-1,22E-14	-8,81E-15	-1,20E-14	1,18E-13	2,19E-14	1,59E-14	-3,96E-15
1,13E-09	3,56E-13	6,85E-11	1,17E-12	1,46E-11	9,25E-15	6,61E-14	5,35E-11	9,97E-12	7,58E-13	1,47E-08	4,01E-13	1,89E-13
9,43E-10	3,08E-13	6,43E-11	1,16E-12	1,39E-11	2,34E-14	5,96E-14	4,47E-11	8,15E-12	6,79E-13	1,23E-08	3,08E-13	1,73E-13
7,32E-10	2,48E-13	5,54E-11	9,89E-13	1,29E-11	1,61E-14	5,32E-14	3,51E-11	6,37E-12	5,90E-13	9,55E-09	2,77E-13	1,24E-13

43	44	45	46	62	63	64	65	66	67	68	78	80
1,05E-14	7,28E-13	3,49E-15	-1,11E-15	-7,86E-15	-8,02E-15	2,63E-15	-1,40E-14	-8,10E-15	-1,30E-14	-6,61E-15	-1,04E-14	-1,69E-14
1,64E-13	4,06E-11	1,75E-13	5,87E-13	5,23E-15	4,41E-15	2,85E-13	2,16E-13	1,53E-12	6,05E-13	5,07E-13	1,04E-15	1,10E-14
1,56E-13	3,40E-11	1,62E-13	5,46E-13	5,37E-15	3,41E-15	2,02E-13	2,16E-13	1,36E-12	5,40E-13	4,80E-13	-3,06E-15	2,42E-15
8,95E-14	2,64E-11	1,35E-13	4,50E-13	2,35E-15	1,21E-14	1,59E-13	1,45E-13	9,35E-13	3,91E-13	3,37E-13	-1,78E-15	6,45E-15

82	83	84	85	86	124	126	128	129	130	131	132	134
-1,11E-14	-9,58E-15	-1,34E-14	-8,39E-15	-1,71E-14	-7,87E-15	-7,43E-15	-7,79E-15	5,97E-15	-1,61E-14	-5,28E-15	6,65E-15	-6,41E-15
4,11E-14	2,00E-14	2,18E-13	1,02E-13	5,42E-14	2,65E-14	7,61E-14	7,76E-13	1,04E-11	1,66E-12	8,66E-12	1,10E-11	4,56E-12
5,04E-14	2,96E-14	2,04E-13	3,83E-14	5,05E-14	2,73E-14	7,77E-14	6,41E-13	9,07E-12	1,40E-12	7,64E-12	9,65E-12	3,92E-12
3,31E-14	1,94E-14	1,60E-13	1,53E-14	3,07E-14	1,75E-14	5,35E-14	4,45E-13	6,32E-12	9,96E-13	5,14E-12	6,65E-12	2,69E-12

136	bpressure	ppressure
-9,77E-15	0	1,20E-08
3,79E-12	0,092455	2,76E-06
3,30E-12	0,077206	2,45E-06
2,24E-12	0,059347	1,94E-06

Figuur 2.4 De elektrische signalen van de MCD meting

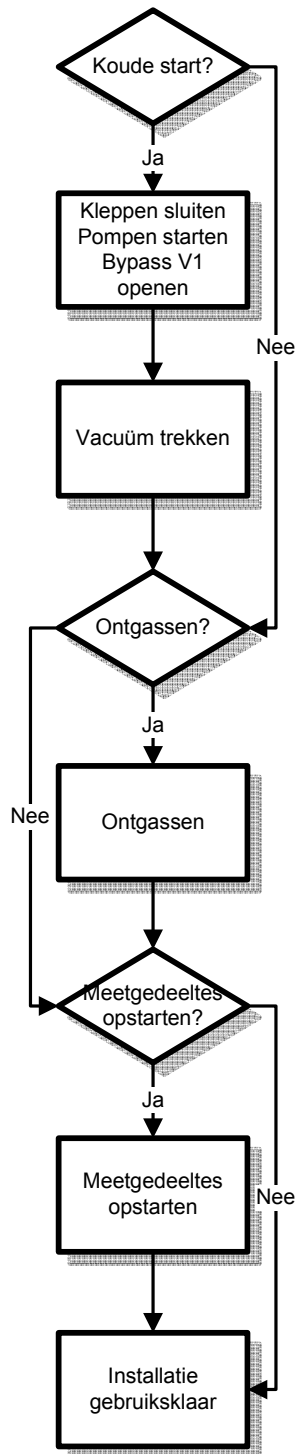
2.2 De meetsequentie

De volledige meetsequentie (Verpoucke, Van Eyck, 2005) bestaat uit verschillende delen. Afhankelijk van de toestand van het systeem kunnen bepaalde delen overgeslagen worden. De delen van de meetsequentie zijn:

1. systeem opstarten
2. ijken
3. analyse
4. verwerking van de meetgegevens

Het schema van de huidige installatie en van de nieuwe installatie staat weergegeven in Figuur 3.1 en Figuur 5.1.

2.2.1 Het systeem opstarten



Figuur 2.5 Blokschema van het opstarten van de installatie

In Figuur 2.5 staat het blokschema van het opstarten van de installatie. Dit proces moet voornamelijk manueel gebeuren en bestaat uit het opstarten van pompen en uitleesapparatuur, vacuüm trekken, ontgassen, ...

2.2.1.1 Starten van de pompen en meters

De pompen worden opgestart om het systeem onder vacuüm te brengen. De vacuümmeters worden ingeschakeld.

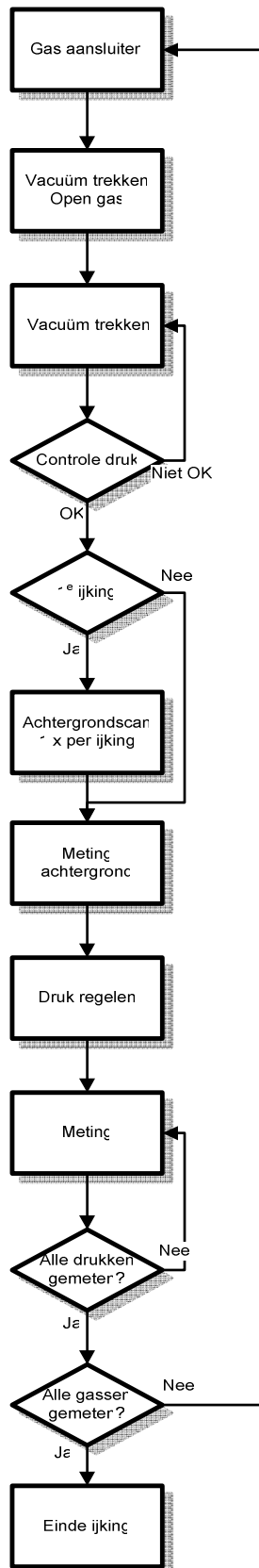
2.2.1.2 Ontgassen

Om de installatie te zuiveren van gassen die door de wanden geadsorbeerd zijn wordt de installatie uitgestookt met behulp van verwarmingsbanden. De verwarmingsband wordt geregeld op een temperatuur van 100 °C d.m.v. een transformator en een thermokoppel gedurende ongeveer 8h . Daarna zou de druk tot $1 \cdot 10^{-9}$ mbar gedaald moeten zijn. Indien dit niet het geval is wordt er verder uitgestookt.

2.2.1.3 Opstarten van de meetgedeeltes

De stuureenheid QMG422 wordt ingeschakeld. Daarna wordt het Quadstar measurement menu opgestart en wordt het Re filament en de SEM aangezet. Als laatste wordt de timer voor de registratie van de brandtijd opgestart en warmt het systeem op gedurende 1 nacht.

2.2.2 IJken



Figuur 2.6 Blokschema van de ijking

Om de installatie te ijken moeten alle detectorsignalen van de gascomponenten die in de ampul kunnen voorkomen, eerst worden bepaald bij verschillende inlaatdrukken. Deze signalen worden in curves uitgezet in functie van de inlaatdruk. Deze ijkcurves laten toe om bij de eigenlijke meting het detectorsignaal naar concentratie om te zetten. De ijking gebeurt met de MID methoden van de Quadstar software zoals uitgelegd in 2.1.2.

2.2.2.1 Ijkgas aansluiten

De drukdoos wordt aangesloten op het systeem. De drukdoos waarin het ijkgas zich bevindt blijft gesloten. We openen het ventiel waarop het ijkgas aangesloten is om de ruimte tussen de gesloten drukdoos en deze klep vacuüm te trekken.

Eenmaal het systeem vacuüm is wordt de pomp van het systeem afgesloten. Hierbij let men er op dat de druk niet toeneemt. Als dit wel het geval is bevindt er zich een lek bij het aansluitpunt van de drukdoos. De drukdoos wordt dan afgesloten van het systeem en opnieuw aangekoppeld.

2.2.2.2 Meting achtergrond

Er wordt een bepaling van de achtergrond gedaan, door een scan van de massa's 0 - 150 uit te voeren (zie 2.1.1). De scan wordt bewaard in het logboek samen met de druk van de penning vacuümmeter. Deze procedure gebeurt iedere ochtend.

2.2.2.3 Meting ijkgas

Bij het opstarten van de MID meting (zie 2.1.2) kiest men eerst het juiste meetbestand. In dit bestand staan de te verwachten gascomponenten waar op gemeten moet worden. Daarna wordt een meting gedaan van de achtergrond van het systeem. Er is dus nog geen gas aanwezig. Dit ter verificatie van de achtergrond.

De eigenlijke meetcyclus verloopt als volgt. Men opent de drukdoos, daarna wordt de drukdoos terug gesloten. Als men het gas dan in het systeem inlaat zal de druk al deels gereduceerd zijn. Vervolgens wordt de druk geregeld tot juist boven de hoogste meetdruk.

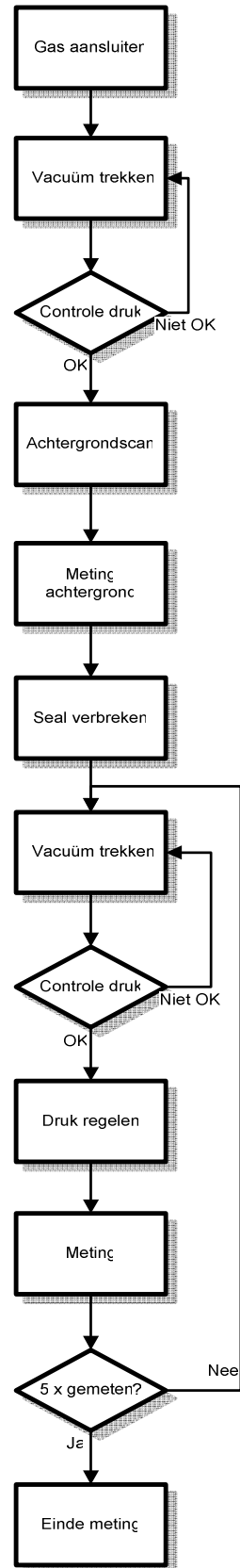
Er wordt bij een druk van 0.7 mbar een eerste meting uitgevoerd. Na deze meting laat men de druk verder zakken tot de volgende meetdruk. We herhalen dit proces voor alle meetdrukken. Indien de druk te ver gedaald is alvorens de vorige meting afgelopen is wordt terug gas ingelaten. De verschillende meetdrukken zijn: 0.7 – 0.5 – 0.40 – 0.35 – 0.30 – 0.25 – 0.20 – 0.15 – 0.10 – 0.05 en 0.025 mbar.

Na de meting wordt het systeem terug vacuüm getrokken en kan men het volgende ijkgas meten of beginnen met de eigenlijke meting.

2.2.2.4 Verificatie van de ijking

De meetresultaten van de ijking worden hiervoor in de daartoe bestemde Excel files bewaard en verwerkt. De operator kijkt aan de hand van de gegevens na of de ijking goed verlopen is. Als dit niet het geval is wordt een deel of heel de ijking hernomen.

2.2.3 Analyse



Figuur 2.7 Blokschema van de meting

De analyse meting gebeurt bij een druk rond de 0.4 mbar om zeker te zijn dat in het geijkte gebied gemeten wordt. Voor de meting wordt gebruik gemaakt van de MCD methode van de Quadstar software (zie 2.1.3).

2.2.3.1 Gasampul aansluiten

De gasampul wordt aangesloten terwijl alle kleppen gesloten zijn. Daarna wordt de klep van de pomp en de klep voor de ampul geopend om deze ruimte vacuüm te pompen. Vervolgens openen we de ampul. Dit zal het volume boven de break-seal vacuüm trekken. Vervolgens wordt de klep voor de pomp afgesloten en de druk van de baratron gecontroleerd, als deze stijgt, is er een lek en wordt de ampul afgesloten en opnieuw aangesloten.

2.2.3.2 Meting achtergrond

Er wordt een bepaling van de achtergrond gedaan, door een scan van de massa's 0 - 150 uit te voeren (zie 2.1.1). De scan wordt bewaard in het logboek samen met de druk van de penning vacuümmeter. Deze procedure gebeurt iedere ochtend.

2.2.3.3 Meting gas

Bij het opstarten van de MCD meting kiest men eerst het juiste meetbestand overeenkomend met het MID bestand waarmee de ijking gebeurd is. Daarna wordt een meting gedaan van de achtergrond van het systeem. Er is dus nog geen gas aanwezig. Dit ter verificatie van de achtergrond.

De ampul wordt gesloten en de break-seal wordt geopend (zie 5.2.1). Hierna wordt het volume voor de ampul vacuüm getrokken om eventuele lucht die is binnengekomen tijdens het manipuleren van de ampul te verwijderen.

Het gas wordt een eerste maal ontspannen door de gasampul te openen en weer te sluiten. Daarna wordt het gas een tweede maal ontspannen door de klep voor de ampul te openen en te sluiten. Tot slot wordt de inlaatdruk tot 0.4 mbar geregeld. Hierna wordt de meting onmiddellijk gestart. Als de meting voltooid is wordt het systeem terug vacuüm getrokken.

We herhalen deze meting 3 tot 5 keer naargelang de hoeveelheid gas in de ampul. Iedere meting wordt met een volgnummer genoteerd in het logboek dat bij het toestel ligt.

Als laatste meting wordt een scan van de massa 's 0 - 150 genomen. Hiervoor wordt gas ingelaten zoals in vorige paragraaf beschreven en de scan (zie 2.1.1) opgestart. Hierdoor worden eventuele niet verwachte gascomponenten die aanwezig zijn opgespoord en is er de mogelijkheid om te corrigeren.

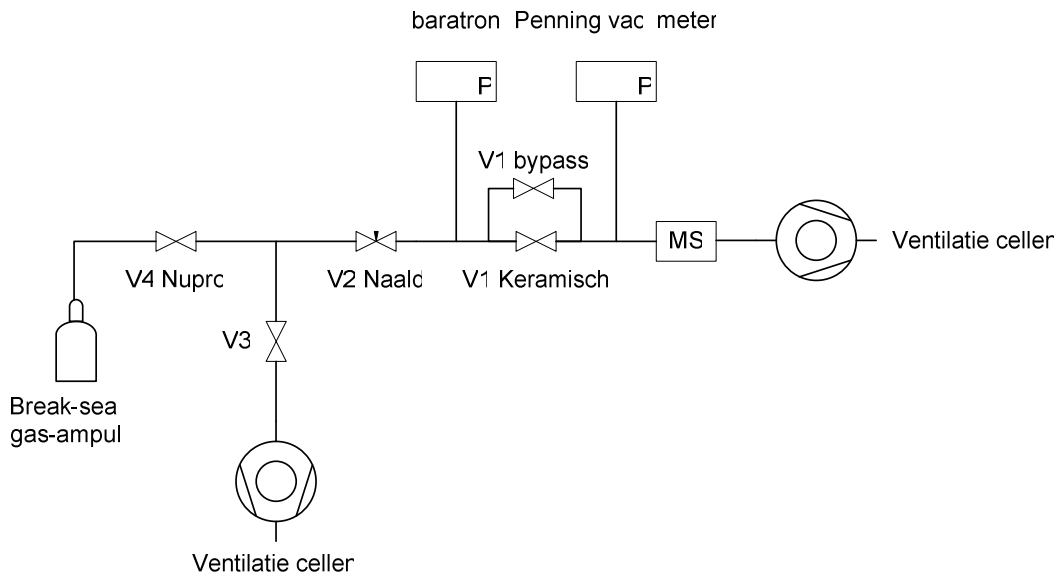
Na de meting wordt het systeem en de ampul vacuüm getrokken en de neutrale evacuatie stand wordt teruggezet.

2.2.4 Verwerking van de meetgegevens

De meetgegevens worden geconverteerd naar ASCII code en geïmporteerd naar het daarvoor voorziene Excel bestand. Zo kunnen deze gegevens gebruikt worden voor verdere verwerking.

3 HET HUIDIGE SYSTEEM

3.1 Overzicht van het huidige systeem



Figuur 3.1 Het huidige systeem

Het huidige systeem, gebruikt voor de meting van de fissiegassen ontstaan in de brandstofstaven van de reactor, is een systeem dat werkt met handbediende kleppen. Het doel van het inlaatsysteem is voornamelijk de druk uit de gasampul (0.5 bar) te verlagen tot 0.4 mbar. Het systeem is opgesteld volgens Figuur 3.1

Een typische meetsequentie gaat als volgt:

- Na het openen van de ampul en ventiel V4 wordt het gas een eerste maal ontspannen tussen V2, V3 en V4.
- Daarna wordt het gas op de juiste druk gebracht d.m.v. naaldventiel V2.
- V1 is een lekventiel dat de druk nog verder verlaagt zodat de druk binnen het meetbereik van de massaspectrometer ligt.
- Na de meting kan V3 geopend worden om het radioactieve gas veilig te evacueren naar het daarvoor voorziene ventilatie systeem.

Het systeem heeft de volgende nadelen:

- de operatorafhankelijkheid van gasinlaat
- de ontmenging van zwaardere moleculen t.o.v. lichtere moleculen
- de arbeidsintensiviteit van het systeem

De inlaatdruk moet d.m.v. het naaldventiel met de hand geregeld worden op een druk van 0.4 mbar. De operator moet zo goed mogelijk de inlaatdruk regelen en de meting tegelijk starten. De tijd tussen het sluiten van het naaldventiel en het starten van de meting is variabel. Hierdoor is de meting moeilijk reproduceerbaar.

Om de inlaatdruk te regelen met een naaldventiel moet het gas door een zeer nauwe opening stromen. Er zullen meer lichtere moleculen door de opening stromen dan zwaardere. Dit verschijnsel wordt ontmenging genoemd. Gasontmenging wordt gemeten als een verschil in concentraties in het massaspectrum t.o.v. het massaspectrum van de beginconcentraties.

Om met het systeem te kunnen meten moet er eerst gekalibreerd worden. Na dit proces kan er 2 dagen gemeten worden. Om het systeem te kalibreren moeten alle gassen die zich in de ampul kunnen bevinden (argon, methaan, koolstofdioxide, waterstof, helium, krypton, xenon, stikstofdioxide en zuurstof) op verschillende inlaatdrukken (0.7 – 0.5 – 0.40 – 0.35 – 0.30 – 0.25 – 0.20 – 0.15 – 0.10 – 0.05 en 0.025 mbar) gemeten worden. De drukregeling bestaat hier uit een meting van de verschillende begindrukken, indien deze druk overeenkomt met een van de inlaatdrukken waar op moet gemeten worden, wordt de meting gestart. Dit proces duurt ongeveer 1 volledige dag en er is constant een operator nodig. Voor de meting zelf is eveneens constant een operator nodig.

3.2 De meting met het huidige systeem

De meetsequentie verloopt zoals uitgelegd in 2.2 en wordt volledig gedaan met behulp van handbediende kleppen.

De drukregeling wordt uitgevoerd door middel van een naaldventiel. Indien dit naaldventiel geopend wordt zal het gas door een zeer nauwe opening richting de massaspectrometer vloeien. Indien de druk gestegen is tot de gewenste inlaatdruk sluit de operator het naaldventiel.

4 HET NIEUWE SYSTEEM

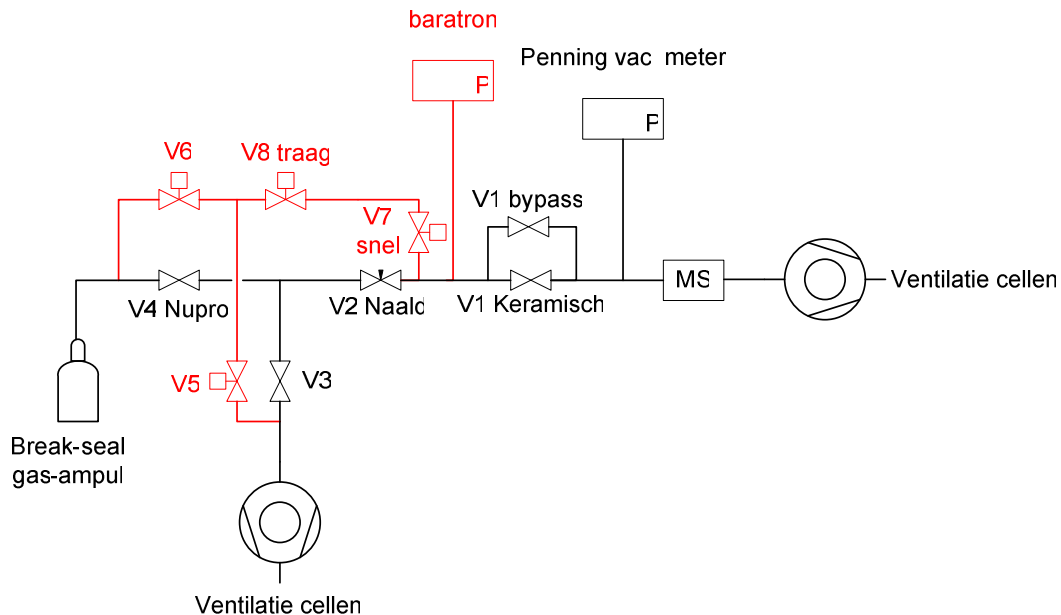
4.1 De eisen van het nieuwe systeem

- metingen uitvoeren die onafhankelijk zijn van de operator
- ontmenging vermijden
- automatisch meten en ijken
- 2 ampullen meten per dag
- in bypass over het huidige systeem zodat dit ook nog bruikbaar blijft

Het doel van het nieuwe systeem is hetzelfde als het doel van het huidige systeem, namelijk de druk in de ampul (0.2 tot 0.5 bar) verlagen tot de juiste inlaatdruk (0.4 mbar).

4.2 De eerste ontwerpen

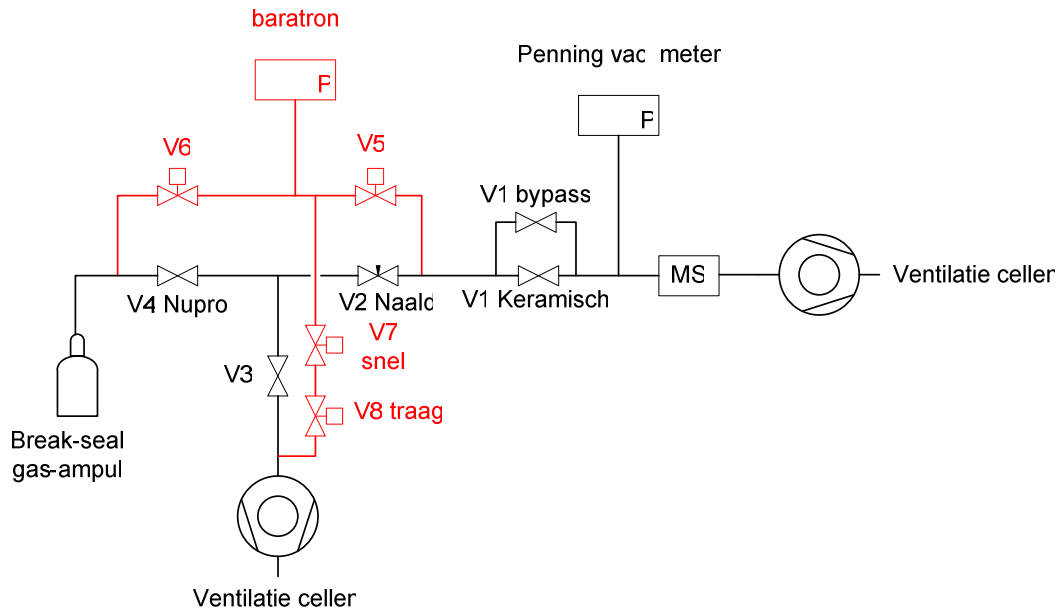
4.2.1 Ontwerp 1a



Figuur 4.1 Ontwerp 1a

In ontwerp 1a (Figuur 4.1) is een systeem te zien dat gebruikt maakt van 1 trager sluitende klep met lage doorstroomsnelheid (trage klep) en 3 snelsluitende kleppen met hoge doorstroomsnelheid (snelle klep). Het is een redelijk eenvoudig systeem waar weinig componenten voor vereist zijn. De drukmeting wordt bekomen door de stromingssnelheid van het gas te verlagen door de trage klep en via de drukmeting te wachten tot het systeem de juiste druk heeft bereikt. Klep 7 wordt gebruikt om het inlaatsysteem snel af te sluiten als de juiste inlaatdruk bereikt is.

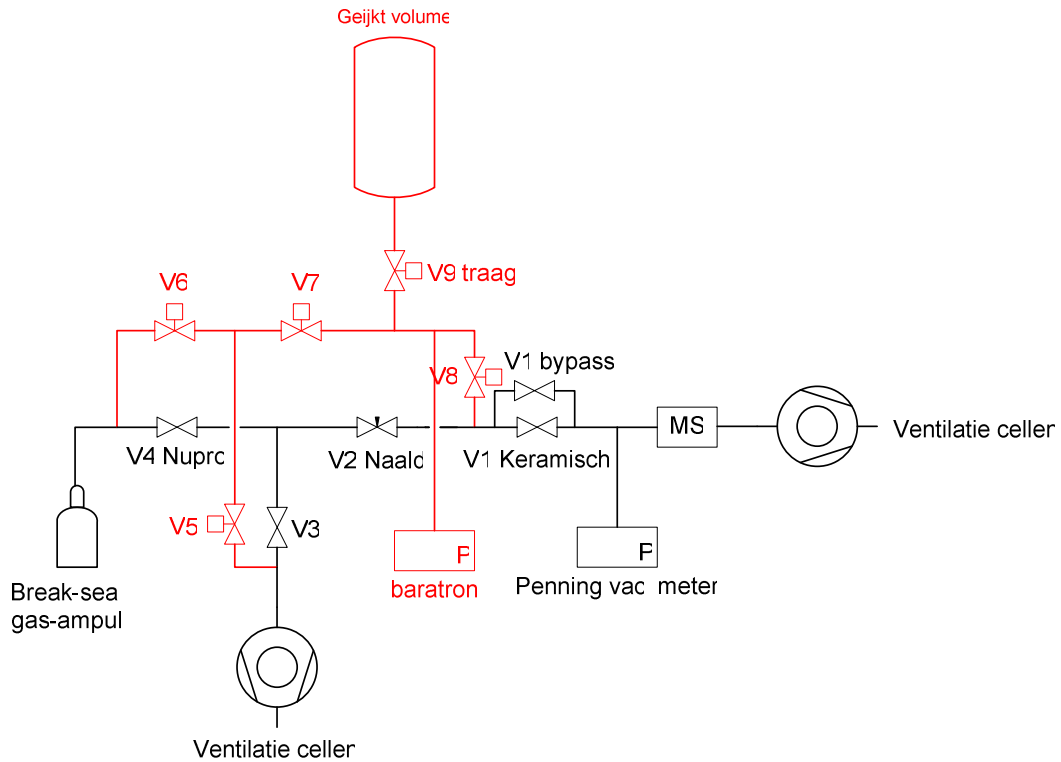
4.2.2 Ontwerp 1b



Figuur 4.2 Ontwerp 1b

Ontwerp 1b (Figuur 4.2) is volgens hetzelfde principe als ontwerp 1 opgebouwd. De tragere klep is downstream gebruikt. Het voordeel van dit systeem is dat het gas slechts voor een deel ontmengt omdat niet al het gas door de tragere klep stroomt, wat echter niet inhoudt dat de absolute hoeveelheid gas die door de tragere klep moet klein zal zijn, daar de druk van 0.2 tot 0.5 bar naar 0.4 mbar verlaagt dient te worden.

4.2.4 Ontwerp 3



Figuur 4.4 Ontwerp 3

Ontwerp 3 (Figuur 4.4) werkt zoals ontwerp 1b, alleen wordt hier het gas in een geijkt volume gelaten om de drukregeling te verwezenlijken.

Tabel 4.1 Vergelijking van ontwerpen voor het inlaatsysteem

	ontwerp 1a 4.2.1	ontwerp 1b 4.2.2	ontwerp 2 4.2.3	ontwerp 3 4.2.4
Ontmenging	ja	ja	nee	ja
kostprijs kleppen	€ 3650	€ 3650	€ 3500	€ 4150
nauwkeurigheid inlaatdruk	druk is continu regelbaar	druk is continu regelbaar	druk is niet continu regelbaar	druk is continu regelbaar
Opmerkingen	Tragere klep wordt hier upstream gebruikt.	Identiek aan ontwerp 1a enkel wordt hier de tragere klep downstream gebruikt.	Als de inlaatdruk binnen het toegelaten bereik blijft en het systeem goed geijkt is zal de meting ondanks de minder precieze inlaatdruk toch juist zijn. Er moet hier ook een extra drukmeter aangekocht worden.	Ongeveer identiek aan ontwerp 1b enkel de prijs is hoger.

4.2.5 De kleppen

Op basis van de voorgaande ontwerpen werd op zoek gegaan naar geschikte kleppen. Na marktonderzoek werden bij *VAT Valves* kleppen gevonden die voldeden aan de eisen van onze toepassing: UHV (ultra hoog vacuüm), een klep met een kleine doorlaat voor een tragere doorstroming en een snelsluitende klep met grote doorlaat. Onderstaande Tabel 4.2 geeft enkele gegevens (VAT, 2003 & VAT, 2007) van beide kleppen weer

Tabel 4.2 Kleppen

	UHV angle valve	mini UHV gate valve with orifice
type	hoge doorstroomsnelheid	lage doorstroomsnelheid (opening vrij te kiezen)
kostprijs	€ 511	ongeveer € 2150
mechanisme	luchtdruk met solenoïde	luchtdruk met solenoïde
closing time	0,05 s	0,7 s
diameter	DN 16 CF	DN 40 CF
stromingsrichting	up- en downstream	enkel downstream

Tabel 4.2 geeft een aantal belangrijke verschillen tussen de 2 kleppen. De snellere klep (het *UHV angle valve*) sluit veel sneller dan de klep met diafragma (*mini UHV gate valve with orifice*). De aansluitdiameters zijn verschillend. Een ander verschil is de doorstroomsnelheid, Bij de klep met diafragma kan d.m.v. de doorlaat het gasdebiet geregeld worden. Als laatste is er een verschil in kostprijs.

De klep met diafragma is een downstream klep. Dit wil zeggen dat deze klep enkel gebruikt kan worden om gas af te voeren. Dit geeft beperkingen voor enkele ontwerpen.

Een bedenking bij de klep met diafragma is dat het de ontmenging enkel zal beperken als de doorlaat groot genoeg gekozen wordt. Het risico bestaat dan echter dat de sturing en de kleppen te traag zullen reageren om de juiste inlaatdruk te bekomen.

Beide ventielen worden gestuurd met luchtdruk en een solenoïde. Dit wil zeggen dat de lucht gestuurd wordt door de solenoïde. Hierdoor is het geen elektrisch vermogen dat de klep open houdt, maar pneumatisch vermogen. Voor onze toepassing is dit van belang omdat we opwarming van de solenoïde, waardoor een snellere slijtage ontstaat, en elektrische en magnetische storingen zoveel mogelijk willen vermijden.

4.2.6 De sturing

Een eerste vraag was: Werken met een PLC of de sturing verwezenlijken via de PC?

Een voordeel van een PLC is de bedrijfszekerheid. Een PLC heeft minder kans om vast te lopen dan een PC. De PLC heeft voor ons ook enkele nadelen: de communicatie met het meetprogramma van de massaspectrometer wordt moeilijker omdat het al een redelijk oud programma is waarbij gegevensoverdracht enkel mogelijk is via Dynamic Data Exchange (DDE) en de kostprijs van de installatie wordt verhoogd.

Via de PC werken zal de kostprijs verminderen en de sturing minder omslachtig maken omdat er maar 2 hoofdapplicaties zijn die met elkaar moeten communiceren (Visual Basic en het meetprogramma) in plaats van 3. Een nadeel is dat een PC gevoeliger is voor fouten en kan uitvallen of vastlopen.

Het meetprogramma is al afhankelijk van de PC waardoor de extra bedrijfszekerheid van een PLC geen extra meerwaarde is in dit systeem. Er werd gekozen voor een PC implementatie.

4.3 De uiteindelijke keuze

Er is gekozen voor ontwerp 2 (Figuur 4.3), het systeem met geijkte volumes. Het belangrijkste voordeel bij dit systeem is dat de ontmenging veel minder zal zijn in het inlaatsysteem omdat de kleppen een grote doorstoomopening hebben. Na openen of sluiten van een klep kan bovendien een stabilisatietijd voorzien worden om het gas te homogeniseren.

Bij dit systeem zijn er 7 kleppen nodig en een extra drukmeter. Een nadeel is wel dat de druk niet juist kan worden geregeld op de gewenste druk. Dit is geen probleem zolang de druk in het gekalibreerde gebied ligt.

4.4 De meting met het nieuwe systeem

Bij het nieuwe systeem worden dezelfde stappen gevolgd als bij de meting met het huidige systeem (zie 2.2). Het voordeel van het nieuwe systeem is dat het bijna volledig automatisch gebeurt. Het enige wat nog moet worden gedaan door de operator is: Het opstarten van het systeem, het aansluiten van ijk-gassen en ampullen en de resultaten verwerken. Via meldingen op het scherm van de Visual Basic applicatie wordt de operator duidelijk gemaakt wat er moet gebeuren. Indien de operator gedaan heeft wat gevraagd werd drukt hij/zij op de "OK" knop. Hierna zal de sequentie verder gaan.

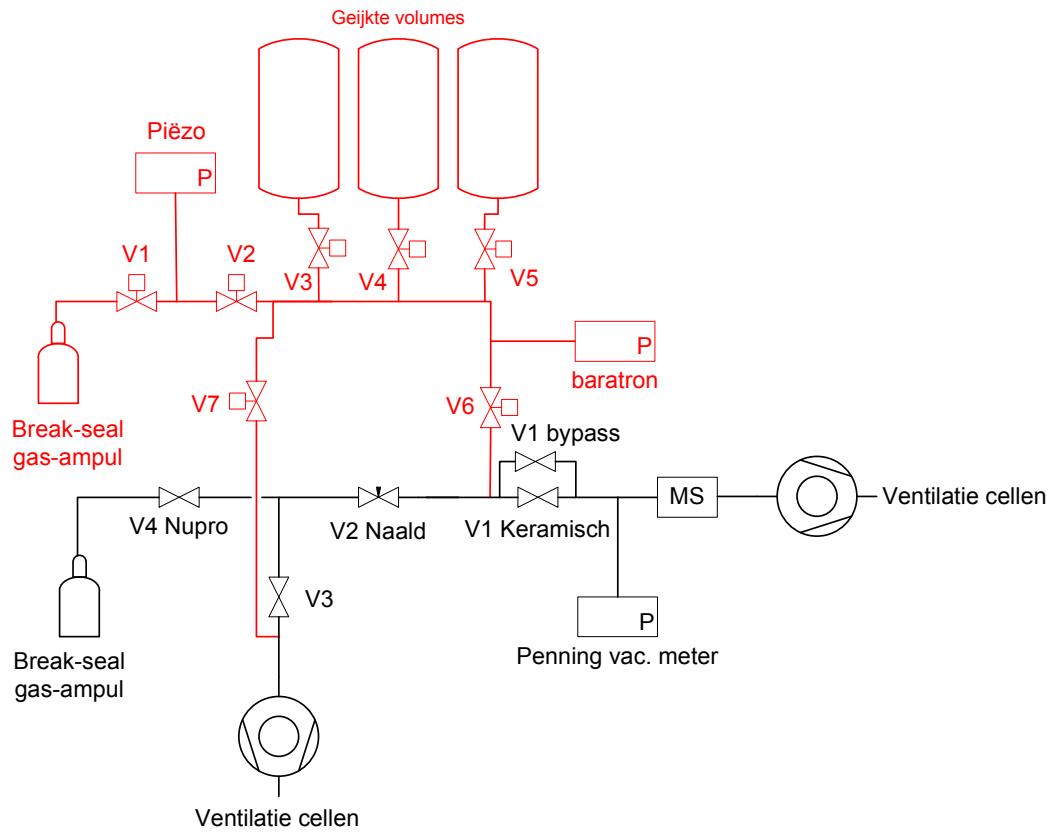
Indien gewenst kan de operator bepaalde delen van de sequentie overslaan of de sequentie volledig stoppen. In het begin van de sequentie wordt gevraagd in welke mate het systeem al opgestart is via meldingen op het scherm, de operator kan dan per stap een keuze maken of de stap uitgevoerd moet worden of niet. Het controleren van de penning en het lopen van de teller kan gestopt worden door op de "Skip" knop te drukken. De volledige sequentie kan gestopt worden door op de "Stop" knop te drukken.

De drukregeling gebeurt bij dit systeem niet meer via een naaldventiel, maar via de geijkte volumes. De Visual Basic applicatie zendt hiervoor de druk door naar een spreadsheet (bijlage 8) waar zich alle combinaties van start- en eindvolumes bevinden. Van al deze combinaties wordt de einddruk berekend. De einddruk die het best overeenkomt met de gewenste druk zal door Excel gekozen worden. De nodige start- en eindvolumes worden terug naar de Visual Basic applicatie gezonden. De Visual Basic applicatie voert dan de functie "regeldruk" uit om de druk op de gewenste druk in te regelen (zie 7.4.3.10)

5 HET INLAATSYSTEEM

5.1 Algemene opbouw

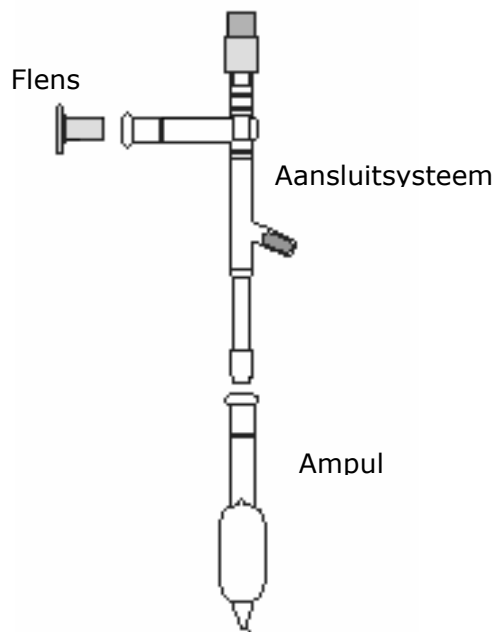
De algemene opbouw werd gerealiseerd volgens het gekozen ontwerp 2 (4.2.3) en is hieronder nogmaals weergegeven in Figuur 5.1.



Figuur 5.1 Het vacuümsysteem

5.2 Componenten

5.2.1 Break-seal gasampul



Figuur 5.2 Schema van de break-seal gasampul (Verpoucke, Van Eyck, 2005)



Figuur 5.3 De break-seal gasampul

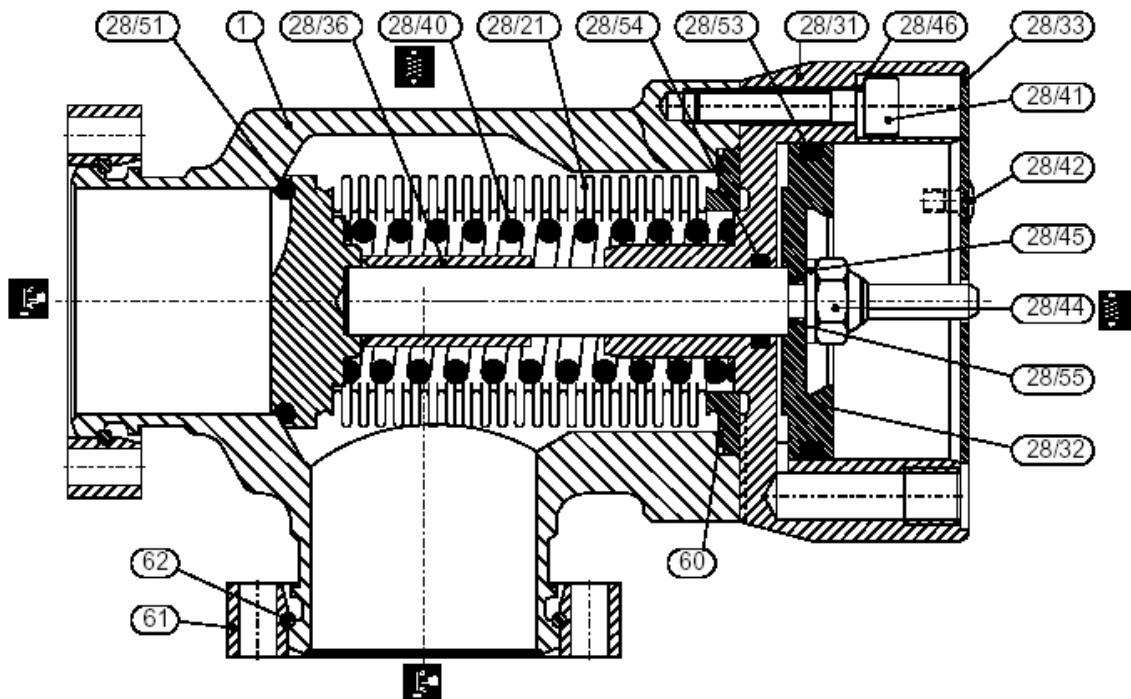
De ampul wordt aangesloten op het systeem d.m.v. een flens die op het systeem wordt bevestigd met een klem. Om de afdichting van het slijpstuk te verzekeren wordt het slijpstuk ingesmeerd met vacuümvet. Eenmaal als dit gebeurd is wordt het aansluitsysteem van de ampul vacuüm getrokken door het met het kraantje bovenaan te openen. Aangezien de break-seal nog dicht is blijven de fissiegassen nog steeds in de ampul. Wanneer het volledige aansluitsysteem voldoende vacuüm is, wordt het gesloten via de kraan (bovenaan op Figuur 5.2). De break-seal wordt nu doorbroken d.m.v. een magneet die het ijzeren staafje naar beneden doet vallen. De ampul is nu klaar voor de meting.

5.2.2 Kleppen

5.2.2.1 Mini UHV angle valve



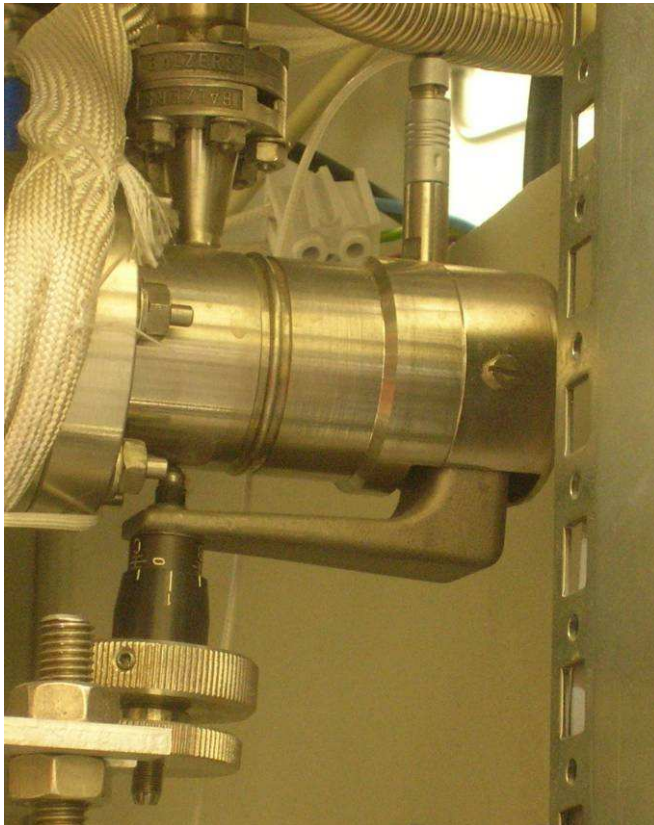
Figuur 5.3 Klep



Figuur 5.4 Schema van een klep (VAT, 2003, p. 6-1)

De gebruikte kleppen worden gestuurd door middel van perslucht. De perslucht wordt op zijn beurt gestuurd door een solenoïde. De klep kan best niet volledig elektromagnetisch gestuurd worden omdat dit een opwarming van de solenoïde en elektromagnetische storingen zou kunnen veroorzaken. Door de opwarming van de solenoïde zal de levensduur van dit onderdeel sterk verminderen. De elektromagnetische storingen kunnen op hun beurt invloed hebben op de meting. De klep is normaal gesloten door een veer. Hierdoor zal wanneer de elektrische of pneumatische voeding van de klep wegvalt de klep sluiten. Op Figuur 5.4 is te zien dat wanneer de klep open is ook het volume bij de veer open is. Dit is van belang voor het vacuüm pompen van het systeem. Er kan dus geen gas blijven zitten achteraan bij de veer.

5.2.2.2 Keramisch ventiel



Figuur 5.5 Keramisch ventiel

Dit ventiel zoals weergegeven in Figuur 5.5 hoort bij de huidige installatie en wordt gebruikt om de druk laag genoeg te maken zodat dit binnen het meetbereik van de massaspectrometer ligt. In principe is dit een regelventiel. De doorlaat van dit ventiel is van keramisch materiaal zodat als er stroom door dit materiaal loopt het zal opwarmen en de doorlaat vergroten. Op deze manier kan de druk die gemeten wordt door de penning teruggekoppeld worden naar dit ventiel. Het grote voordeel van deze werkmethode is dat het heel snel kan reageren op eventuele drukwijzigingen.

Uit ondervinding is echter gebleken dat het beter is de druk op te nemen in de meting van de massaspectrometer en hiermee achteraf bij de verwerking van de meetgegevens rekening mee te houden. Dit ventiel wordt dus niet gebruikt als regelventiel, maar staat ingesteld op een vaste waarde.

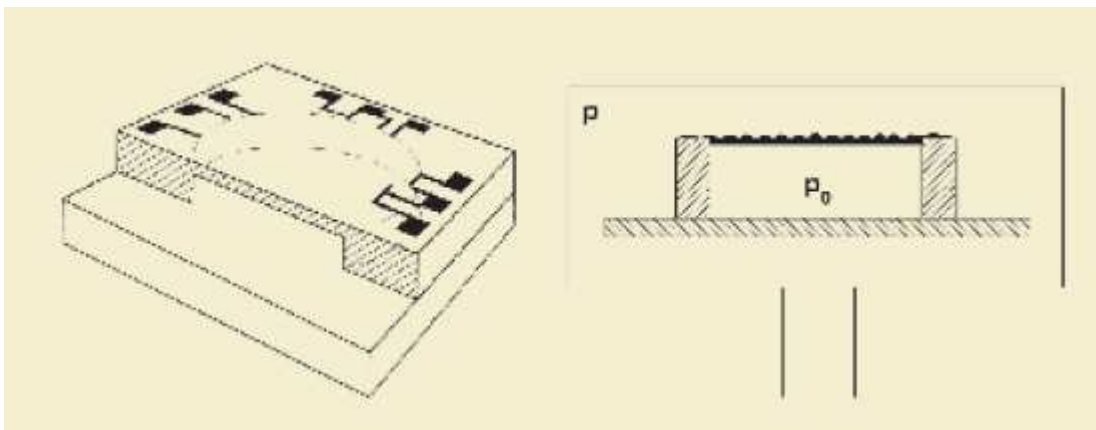
5.2.3 Druksensoren

5.2.3.1 Piëzoresistieve druksensor (APR 265)



Figuur 5.6 Piëzoresistieve druksensor

Deze sensor wordt gebruikt om de inlaatdruk te meten. Deze druk ligt tussen 0,2 en 0,5 bar. De sensor zelf heeft een bereik van 0,5 mbar tot 5,5 bar. Dit komt overeen met een signaal van 1 V tot 9,8 V. De gemeten waarde is niet afhankelijk van het gemeten gas.



Figuur 5.7 Werkingsprincipe van de piëzoresistieve druksensor (Pfeiffer Vacuum, 2006, p. 431)

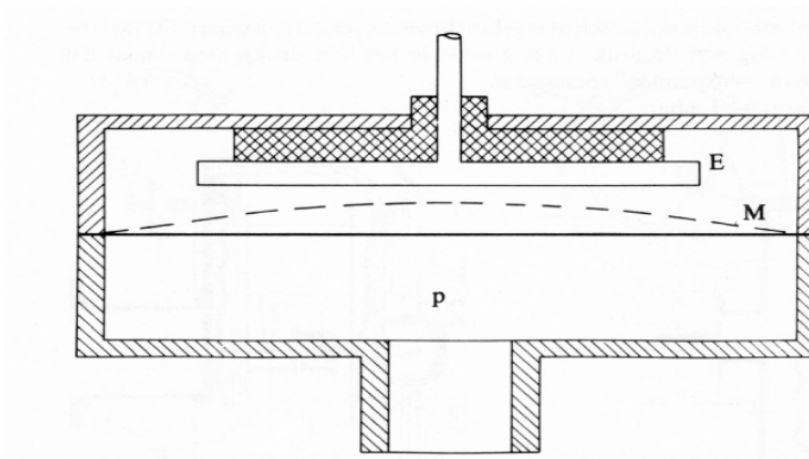
Het werkingsprincipe van deze sensor is te zien op Figuur 5.7 en steunt op het principe van vervorming. De kamer die onder een veel lagere druk staat dan de druk die moet gemeten worden is bovenaan op de figuur afgesloten met een membraam waar rekstrookjes op zitten. Dit membraam zal onder invloed van de druk vervormen en hierdoor zal de weerstand van de rekstrookjes wijzigen.

5.2.3.2 Baratron (Pfeiffer Vacuum CMR 264)



Figuur 5.8 Baratron

Deze drukmeter wordt gebruikt om de inlaatdruk van de massaspectrometer te meten. De gemeten waarde is niet afhankelijk van het gemeten gas. Het bereik ligt tussen $1 \cdot 10^{-4}$ mbar en 1,1 mbar. Dit komt overeen met een signaal van 1 V tot 9,8 V. Bij beluchting zal deze drukmeter niet stukgaan omdat de maximum druk 2,6 bar bedraagt.



Figuur 5.9 Doorsnede van de baratron (Vermeylen, 2000, p. 77)

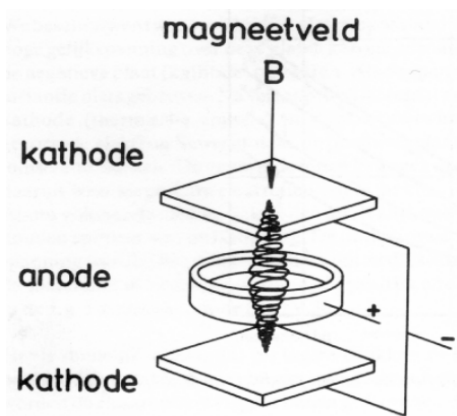
Op Figuur 5.9 is de werking van de baratron te zien. De baratron is een capacitieve drukmeter. Aan de bovenkant van het membraam is in dit geval een zeer hoog vacuüm aanwezig om een absolute meting te realiseren. Indien een relatieve meting gewenst is wordt hier atmosferische druk gebruikt. Het membraam zelf vervormt in functie van de druk op het membraam. Hierdoor wijzigt de afstand tussen het membraam en het vaste potentiaal waardoor de capaciteit wijzigt.

5.2.3.3 Penning (Pfeiffer Vacuum IKR 020)



Figuur 5.10 Penning vacuümmeter

Deze sensor meet de druk in de massaspectrometer. De gemeten waarde is afhankelijk van het gemeten gas. Het bereik ligt tussen $5 \cdot 10^{-11}$ mbar tot 0,01 mbar. Dit komt overeen met een signaal van 1 V tot 9,8 V. Bij beluchting zal deze drukmeter niet stuk gaan omdat de maximum druk 10 bar bedraagt. De penning is een drukmeter die bruikbaar is bij zeer lage drukken. Hij wordt gebruikt om de druk in de massaspectrometer te meten en geeft ons ook een aanduiding van het vacuüm. Deze waarde is slechts een aanduiding omdat deze drukmeter gasafhankelijk is.



Figuur 5.11 Werkingsprincipe van de penning (Vermeylen, 2000, p. 81)

De penning vacuümmeter werkt volgens het ionisatie principe. Een deel van het gas wordt geïoniseerd. De ionen worden verzameld op de collector (kathode) en hierdoor ontstaat een elektrische stroom die een maat is voor de druk.

De ionisatie gebeurt door gasontlading. De gasmoleculen worden door het magnetisch veld in een spiraalbeweging gestuurd. Hierdoor vergroot de vrije weglengte van de ionen waardoor de kans op botsingen vergroot. De gasmoleculen botsen met elektronen. Deze gasmoleculen worden hierdoor ontladen en ze ioniseren. De elektronen die achterblijven, zorgen ervoor dat de ontlading in stand wordt gehouden.

5.2.4 Maxigauge (Pfeiffer Vacuum TPG 256 A)

5.2.4.1 Kenmerken

De maxigauge wordt gebruikt als uitleeseenheid voor de baratron en de piëzoresistieve druksensor. Het voordeel van deze module is dat er verschillende sensoren op aangesloten kunnen worden en dat de module serieel kan communiceren met de PC. Op deze manier kunnen drukmetingen geïntegreerd worden in de sturing. Op de module zijn ook analoge outputs aanwezig van 0 V tot 10 V, welke gebruikt worden om de druk van de baratron naar de controller van de massaspectrometer door te sturen. We kunnen deze module ook gebruiken om relais te schakelen indien een druk hoger of lager wordt dan een ingestelde waarde, maar dit wordt in onze toepassing niet gebruikt.



Figuur 5.12 De maxigauge

5.2.4.2 Communicatie protocol

Deze module kan via een gekruiste RS232 kabel communiceren met de PC. De data transmissie is bidirectioneel en verloopt volgens het master slave principe. De data wordt verzonden in ASCII tekens (American standard code for information interchange). Het data formaat is als volgt: 1 startbit, 8 databits, 1 stopbit, geen pariteitsbits en geen hardware handshaking.

De module heeft bepaalde commando's waardoor de communicatie vergemakkelijkt wordt. Elk van deze commando's heeft een eigen ASCII code die terug te vinden is in Figuur 5.13.

Symbol	Meaning		
HOST	Computer or terminal		
[...]	Optional elements		
ASCII	American Standard Code for Information Interchange		
		Dec.	Hex.
<ETX>	END OF TEXT (CTRL C) Reset the interface	3	03
<CR>	CARRIAGE RETURN Go to beginning of line	13	0D
<LF>	LINE FEED Advance by one line	10	0A
<ENQ >	ENQUIRY Request for data transmission	5	05
<ACK>	ACKNOWLEDGE Positive report signal	6	06
<NAK>	NEGATIVE ACKNOWLEDGE Negative report signal	21	15
<ESC>	ESCAPE	27	1B

Figuur 5.13 ASCII commando's van de maxigauge (Pfeiffer Vacuum, 2005, p. 81)

Na elke boodschap volgt een carriage return (CR) of een CR en een line feed (LF) om duidelijk te maken dat de boodschap volledig doorgestuurd is. Na het sturen van een boodschap van de maxigauge naar de host, moet de host wachten met terugzenden tot de boodschap acknowledge (ACK) of negative acknowledge (NAK) gevolgd door CR doorgestuurd is door de maxigauge. Dit om zeker te zijn dat de inputbuffer van de maxigauge leeg is alvorens de host begint met zenden. Indien informatie moet worden opgevraagd vanuit de maxigauge moet de host een enquiry (ENQ) sturen naar de maxigauge

Indien er informatie van de maxigauge naar de host moet verzonden worden, gebeurt dit volgens een gelijkaardig protocol. Eerst wordt vanuit de host een commando gestuurd waarin de host bekend maakt welke informatie moet doorgestuurd worden of welke parameters er moeten veranderd worden. Vervolgens wordt door de maxigauge geantwoord met een ACK + CR. Vervolgens stuurt de host een ENQ. Hierdoor wordt de maxigauge uitgenodigd om het zenden te starten. De gewenste data wordt verzonden gevolgd door een CR. Als er meerdere malen dezelfde informatie moet worden verstuurd dan kan vervolgens nogmaals een ENQ verstuurd worden vanuit de host en wordt opnieuw geantwoord vanuit de maxigauge met de informatie gevolgd door een CR.

In ons geval wordt er maar 1 functie van gebruikt: druk uitlezing. Na het sturen van het commando om te verzenden vanuit de PC wordt de druk en status van de gewenste sensor teruggestuurd. Om dit te verwezenlijken sturen we het commando PRx CR waarbij x het nummer is van de desbetreffende sensor. Zoals voorgaande paragraaf beschreef zal de maxigauge een ACK CR terugzenden. Als de host klaar is om te ontvangen stuurt deze ENQ waarna de maxigauge de informatie terugstuurt. Het formaat van de informatie wordt weergegeven in Figuur 5.14. Het eerste teken geeft de status van de sensor weer en na de komma komt de druk in exponentieel formaat.

Transmit: **PRx <CR>[<LF>]**
 └─ Sensor x = 1 ... 6

Receive: <ACK><CR><LF>
 Transmit: <ENQ>

Receive: x,x.xxxEsx <CR><LF>
 ┌─ Measurement value (always exponential format)
 └─ Status
 x = 0 → Measurement data okay
 1 → Underrange
 2 → Overrange
 3 → Sensor error
 4 → Sensor off
 5 → No sensor
 6 → Identification error

Figuur 5.14 Druk en status uitlezen via seriële communicatie (Pfeiffer Vacuum, 2005, p. 88)

5.2.5 Geijkte volumes



Figuur 5.15 Geijkt volume

De geijkte volumes zijn gemaakt door een stuk buis op een lasflens te lassen. De andere kant van deze buis is dichtgemaakt om zo een volume te bekomen dat gemakkelijk aan te sluiten is op het systeem. Er zijn volumes van: 500 ml, 10 ml en 5 ml. De 2 kleinste zijn bedoeld om het systeem fijn te regelen. Het grote volume wordt vooral gebruikt om een grote drukvermindering te bekomen.

Deze volumes zijn bepaald aan de hand van de andere volumes in het systeem en de te verwachten drukken in de ampul. Er is ook rekening gehouden met de hoeveelheid gas in een ampul.

Het bereik van ontspannen is experimenteel bepaald. Als de inlaatdruk buiten dit bereik valt dan zal het ontspannen gebeuren met tussenstap.

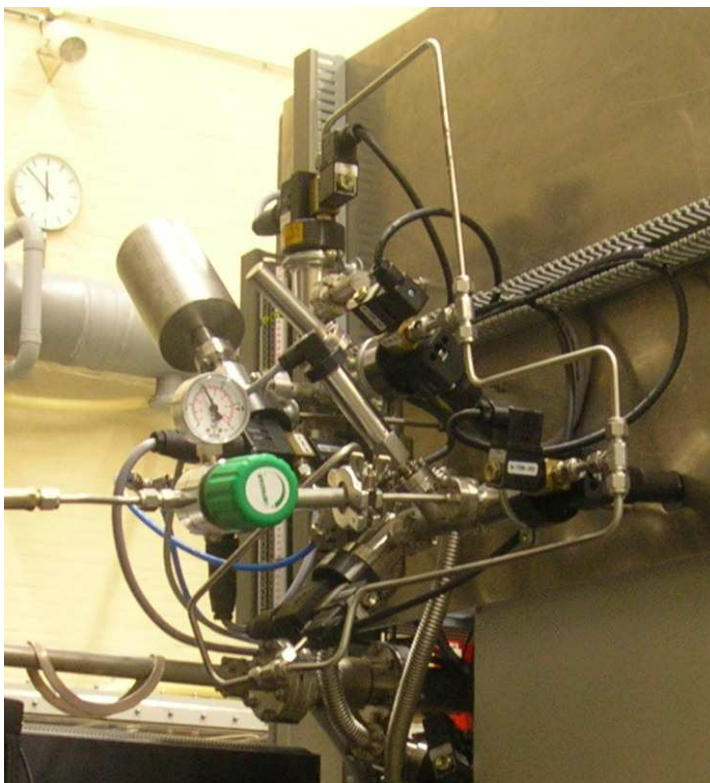
5.3 Montage van het systeem

Omdat het systeem moet voldoen aan de eisen voor UHV (ultra hoog vacuüm, 10^{-9} mbar) worden CF flenzen gebruikt. Dit houdt in dat er zich op de flenzen speciale messen bevinden. Tussen 2 flenzen wordt dan een koperen ring met een zilveren coating geplaatst en vervolgens worden de 2 flenzen aan elkaar geschroefd. Dit heeft tot gevolg dat de messen in de koperen ring snijden bij het aandraaien van de bouten, zo wordt een goede afdichting gegarandeerd.

Het is van groot belang dat het systeem tot een zeer hoog vacuüm kan worden leeggepompt om zo alle resterende gassen van vorige meting of ijking te verwijderen en zodat er geen lucht in het systeem kan lekken. Ook het volume is van belang, in de ampullen zit maar een beperkte hoeveelheid gas dus het volume van het systeem moet zo klein mogelijk zijn om te zorgen dat er 5 metingen kunnen uitgevoerd worden met een ampul.

Er is gekozen voor DN 16 CF componenten omdat deze componenten tot een druk van 10^{-10} mbar een volledig gesloten installatie garanderen, omdat deze de kleinste componenten zijn en omdat het huidige systeem ook met deze componenten is opgebouwd.

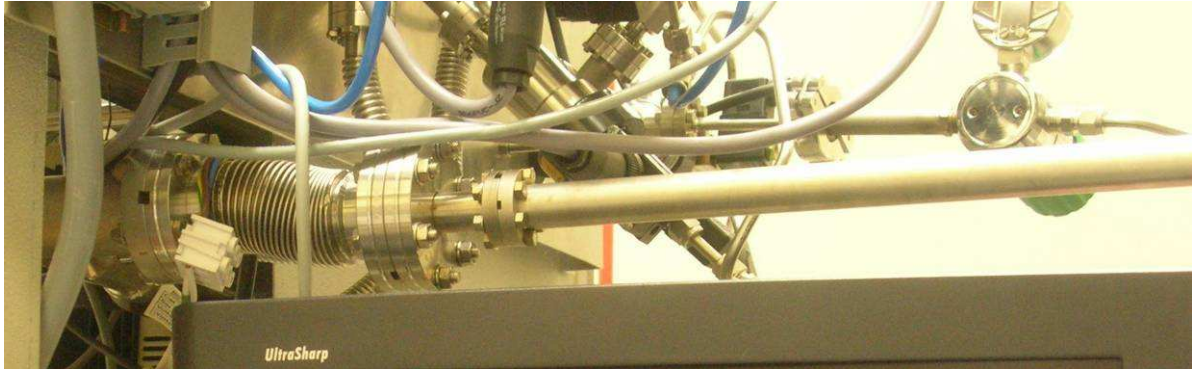
5.4 Aansluiting van het systeem aan het huidige systeem



Figuur 5.16 Het inlaatsysteem

De installatie van de massaspectrometer is verbonden met een andere installatie. Deze installatie is de Restgas Analyse (RGA). Deze verbinding is gemaakt door een lange buis zoals te zien op Figuur 5.17. Door deze buis zal de inlaatdruk sterk dalen omdat het volume van deze buis zeer groot is.

Dit probleem werd opgelost door een aantal aanpassingen in het inlaatsysteem van de massaspectrometer. Er werd een klep met manuele bediening toegevoegd om het volume dat de RGA verbindt met de massaspectrometer af te kunnen sluiten als dit nodig is.



Figuur 5.17 Verbinding met de RGA

Om de rest van het systeem te automatiseren werd een volledig nieuw inlaatsysteem toegevoegd aan het huidige systeem. In principe verandert er niets aan het huidige inlaatsysteem. Het nieuwe systeem (zie Figuur 5.16) is opgebouwd op een aluminium plaat. Op de kant van de plaat staan connectoren bevestigd waarop de kleppen en positie-indicatoren aangesloten zijn. Aan de andere kant van de connectoren is een 25 pins kabel aangesloten om het systeem te verbinden met de elektriciteitskast.

Het nieuwe inlaatsysteem is op 2 plaatsen verbonden met het huidige inlaatsysteem door flexibele vacuümbuizen. Een kant is verbonden met de massaspectrometer om het gas in te laten. De andere kant is verbonden met de vacuümpomp om het systeem vacuüm te trekken.

De plaat is aan elke kant 2 maal geplooid om deze gemakkelijk te kunnen bevestigen aan de kast waar het huidige systeem in opgebouwd is. Om de kleppen te kunnen sturen is de kast ook van perslucht voorzien door een flexibele kabel. Deze perslucht wordt afgetapt om de kleppen te sturen.

6 OPBOUW VAN HET ELEKTRISCH SYSTEEM

6.1 Algemene opbouw

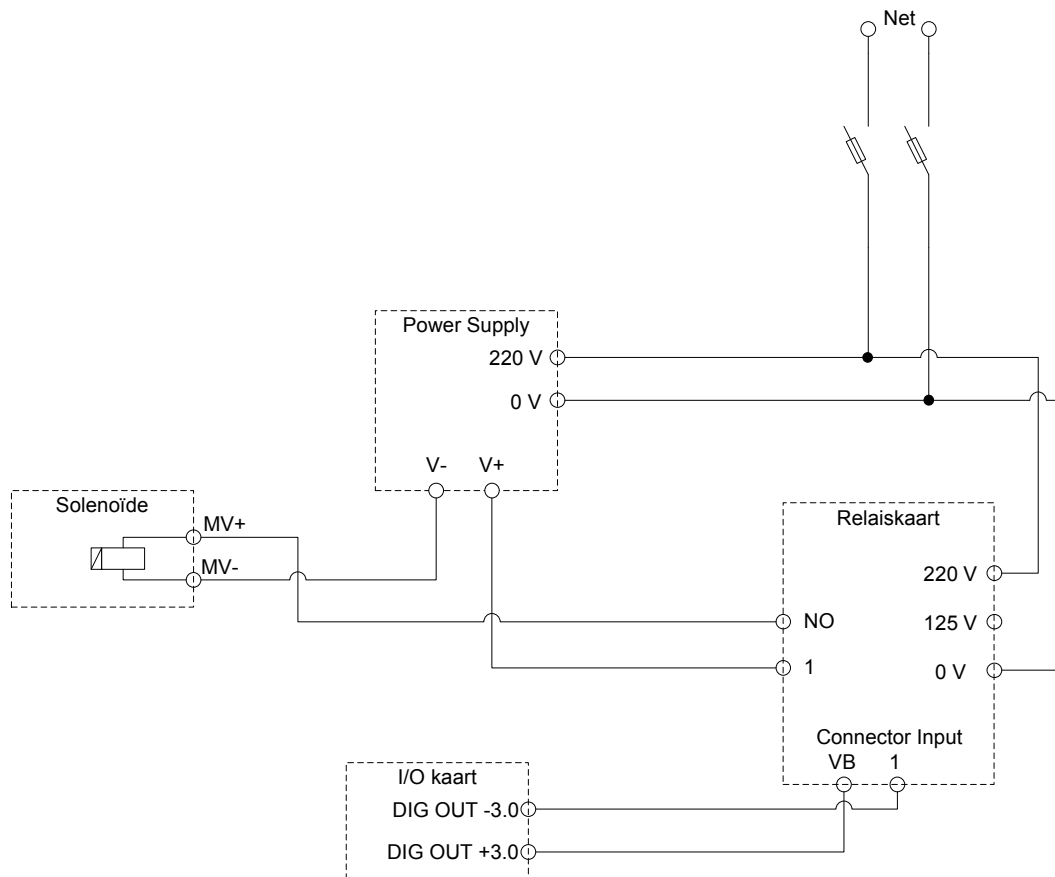
Om via de PC de sturing te verwezenlijken is extra hardware aangekocht. Er was een digitale I/O kaart nodig met 7 uitgangen en 14 ingangen. Er is gekozen voor een digitale I/O kaart met 24 uitgangen en 24 ingangen. De ingangen en uitgangen zijn optisch gekoppeld op de kaart zodat schade aan de PC door kortsluiting of piekspanningen kan vermeden worden. Ook is er een relaiskaart ingebouwd die afzonderlijk gevoed wordt met een 24V voeding. De relaiskaart bevindt zich achter de uitgangen om zo geen vermogen door de PC kaart te moeten sturen om de kleppen aan te sturen.

Het elektrisch systeem werd gerealiseerd met 2 afzonderlijke delen. Het eerste deel om de kleppen te sturen en het tweede deel voor de uitlezing van de klepstand. Beide delen zijn in een kast gebouwd op verschillende rails waarop de componenten zich bevinden.

Alle afzonderlijke componenten worden verder in dit hoofdstuk uitgelegd. De kast is beveiligd met een zekering van 2 A die ook kan gebruikt worden als hoofdschakelaar.

6.2 Sturing van de kleppen

De sturing wordt verwezenlijkt door relais die onafhankelijk gevoed worden. Dit is gedaan omdat de kleppen vermogen verbruiken. De stroom die hieruit ontstaat, kunnen we niet rechtstreeks door de PC sturen. Hoewel de digitale I/O kaart optisch gekoppeld is, werd gekozen voor een relaiskaart omdat de componenten op de PC kaart minder vermogen aankunnen en omdat bij een defect het veel eenvoudiger is om een relais op de relaiskaart te vervangen in plaats van heel de I/O kaart.

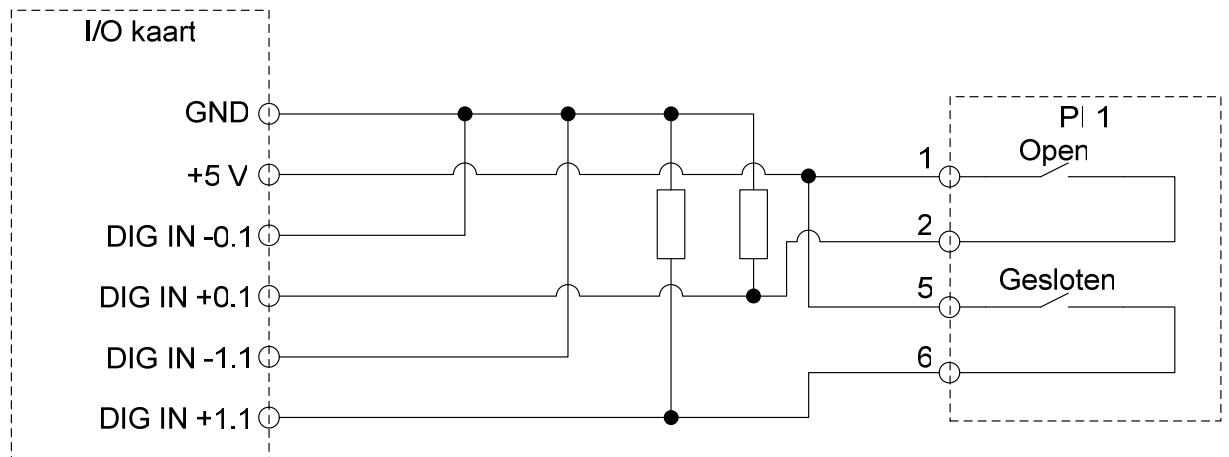


Figuur 6.1 Sturing van klep 1

Figuur 6.1 is het schema van de klepsturing. Indien via de digitale I/O kaart de uitgang wordt aangestuurd dan zal bij de "Connector Input", "VB" in verbinding staan met "1" omdat "DIG OUT -3.0" en "DIG OUT +3.0" op de digitale I/O kaart in verbinding staan. Op ingang 1 staat hierdoor een gelijkspanning van 12 V waardoor relais 1 zal schakelen. Het schakelen van relais 1 komt overeen met het sluiten van de kring die de Power Supply met de Solenoïde van klep 1 verbindt. Er komt dus een gelijkspanning van 24 V over de solenoïde te staan. Door het schakelen van deze solenoïde zal perslucht doorgelaten worden die de klep tegen de veerkracht in open kan duwen.

6.3 Uitlezing van de klepstand

De klepstand wordt uitgelezen om te controleren of een PC commando ook fysisch uitgevoerd is. Dit is belangrijk om bij een eventueel defect het automatisch systeem stop te zetten om schade aan het toestel te voorkomen en de operator te verwittigen van een defect



Figuur 6.2 Uitlezing van de klepstand van klep 1

Figuur 6.2 toont de aansluiting van de positie indicatie (PI). Hierop is te zien dat wanneer een van de 2 schakelaars sluit, de weerstand stroom zal voeren en er een spanning van 5V over de desbetreffende ingang zal staan zoals uitgelegd in 6.4.1.2. Als voeding wordt hier de voeding gebruikt voorzien op de digitale I/O kaart.

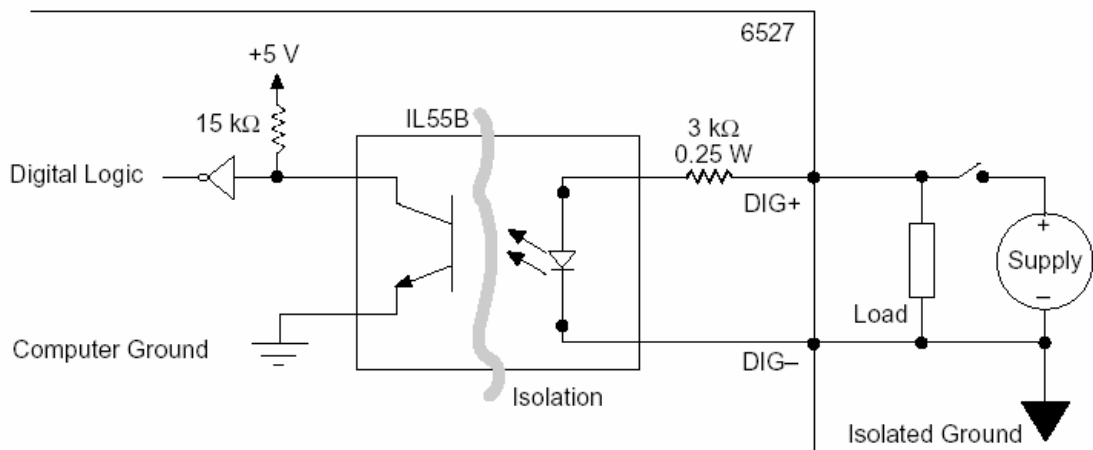
6.4 De componenten

6.4.1 Digitale I/O kaart (National Instruments PCI-6527)

6.4.1.1 Algemeen

De I/O kaart die wordt gebruikt heeft 6 poorten van 8 aansluitingen. Poort 0 tot en met 2 is gereserveerd voor ingangen en poort 3 tot en met 5 is gereserveerd voor uitgangen. Het gaat hier dus over een Digitale I/O kaart met 24 ingangen en 24 uitgangen.

6.4.1.2 Ingangen

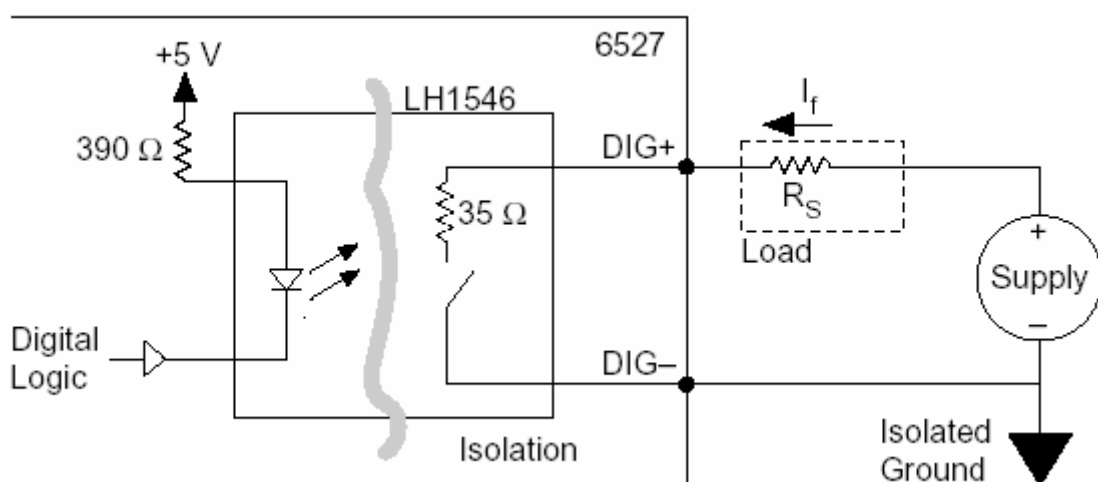


Figuur 6.3 Uitvoering van de digitale ingangen (National Instruments, 1999, p. 3-8)

Op Figuur 6.3 is de werking te zien van de digitale ingangen. Deze ingangen zijn optisch geïsoleerd. Wanneer de schakelaar sluit komt er een gelijkspanning van 5 V over de weerstand (in de figuur aangegeven als Load) te staan. Hierdoor vloeit een stroom door de weerstand. Op de DIG+ en DIG- aansluitingen staat nu ook een spanning van 5 V waardoor er een stroom vloeit door de led. De uitgestraalde fotonen worden door een fototransistor gedetecteerd, hierdoor ontstaat een EMK. Op deze manier wordt een logische 1 gedetecteerd.

Omdat de ingangen optisch geïsoleerd zijn kan er door piekspanningen geen schade worden aangericht in de PC. De "Load" weerstand zorgt ervoor dat laagvermogenstoringen niet gedetecteerd worden.

6.4.1.3 Uitgangen

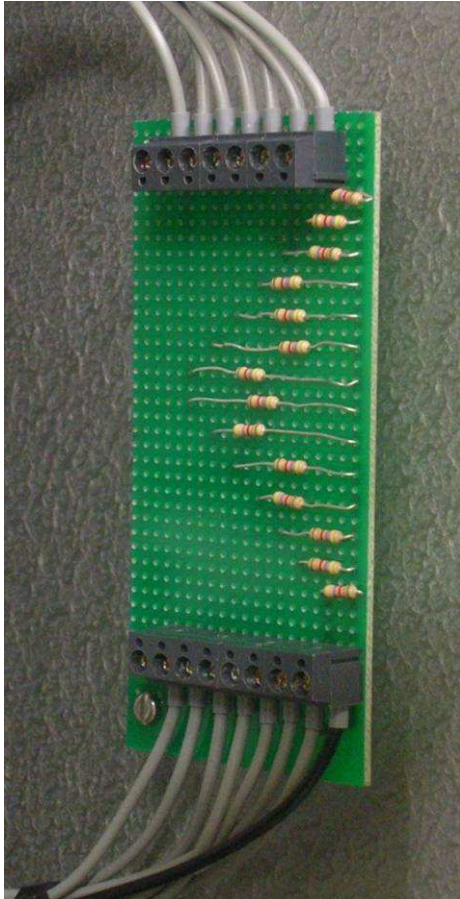


Figuur 6.4 Uitvoering van de digitale uitgangen (National Instruments, 1999, p. 3-10)

Op Figuur 6.4 is de werking te zien van de digitale uitgangen. Wanneer we via de PC een logische 0 doorsturen zal de LED oplichten en via een optische koppeling het circuit sluiten. In rusttoestand wordt continu een logische 1 doorgestuurd waardoor de schakelaar openblijft. Indien de PC uitgeschakeld is zal de +5V ook wegvallen, waardoor de kringen open blijven. Indien we een uitgang willen aansturen wordt deze logische 1 veranderd in een logische 0 waardoor de relais zal schakelen.

We zien dus dat de uitgangen zoals de ingangen optisch geïsoleerd zijn om zo geen schade aan te richten in de PC als er piekspanningen optreedt.

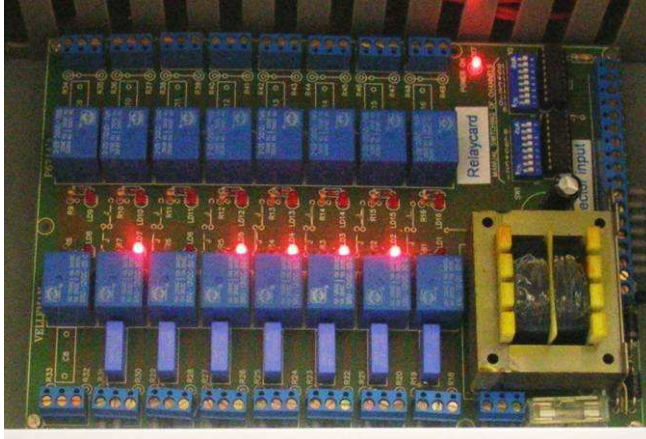
6.4.2 "Load" weerstanden



Figuur 6.5 Weerstanden

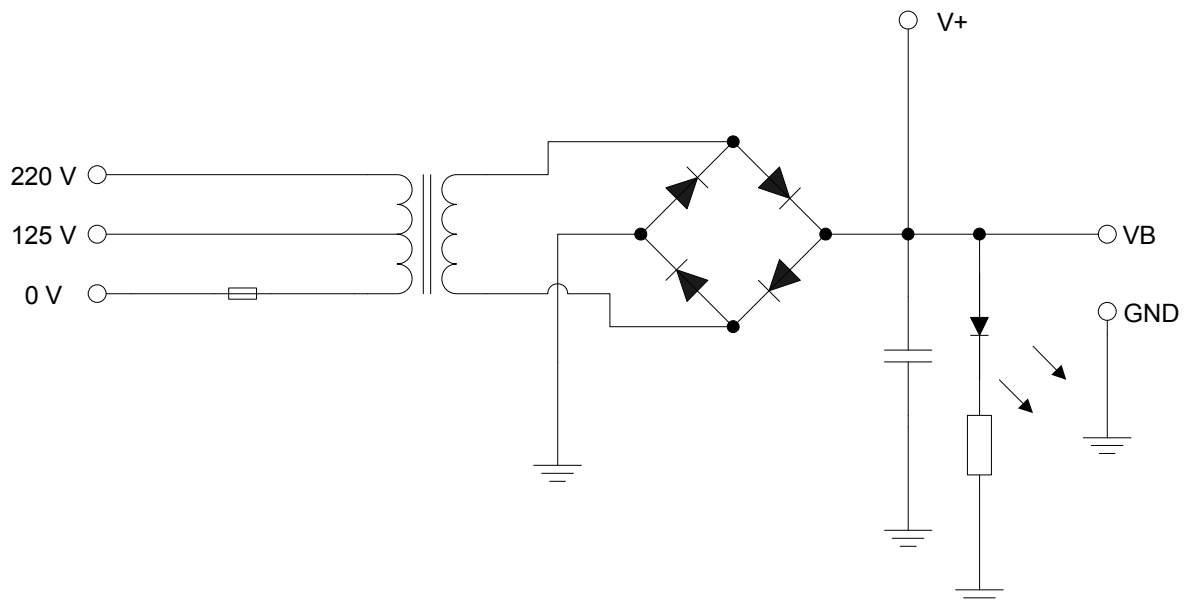
De weerstanden (Load) worden gebruikt om ervoor te zorgen dat de inputs van de digitale I/O kaart geen storingen opvangen. De werking hiervan is uitgelegd in 6.4.1.2.

6.4.3 Relaiskaart (Velleman K6714-16)

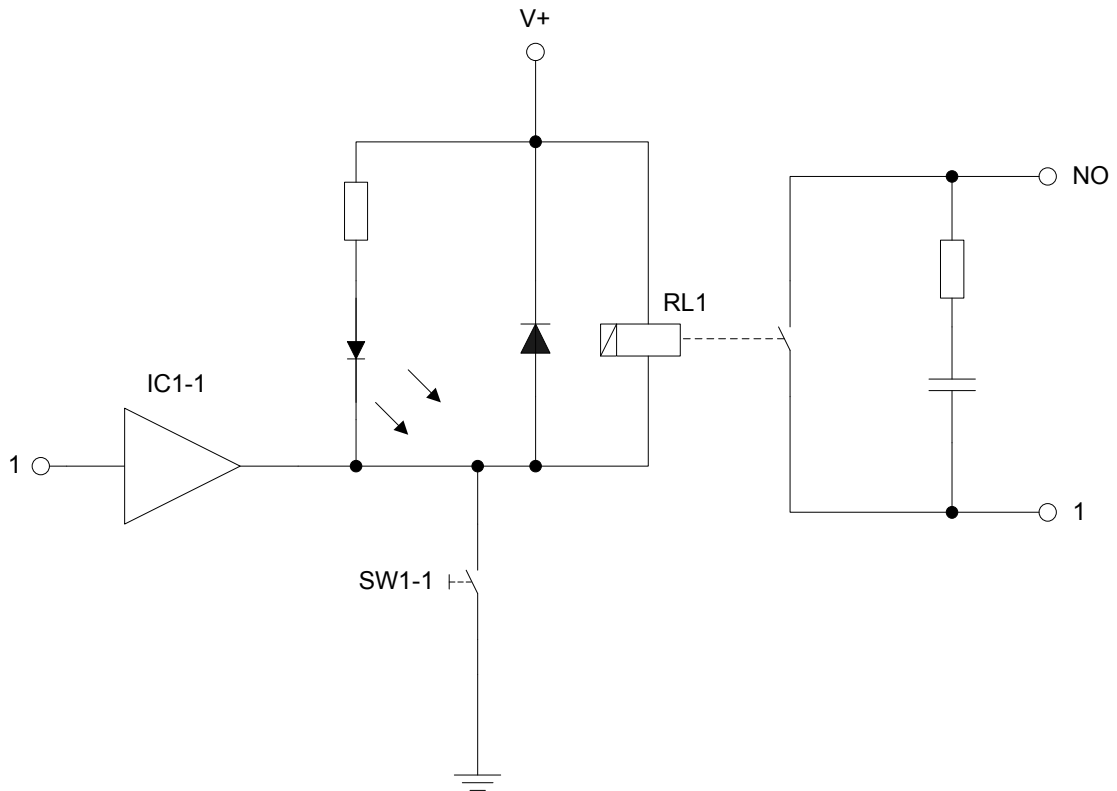


Figuur 6.6 Relaiskaart

Om de digitale I/O kaart niet te overbelasten worden de kleppen geschakeld d.m.v. een relaiskaart die rechtstreeks gevoed wordt vanuit het net. Op deze manier sturen we de stroom die de klep nodig heeft om te schakelen niet door de PC. Een bijkomend voordeel is dat bij een defect dit gemakkelijk te herstellen is door een relais te vervangen. Indien deze kaart er niet zou zijn zou bij dit defect de hele I/O kaart vervangen moeten worden. De benodigde elektronica voor de voeding van het systeem is aanwezig op de kaart. Dus kan het systeem rechtstreeks vanuit het net gevoed worden. Het prinseschema is weergegeven in Figuur 6.7



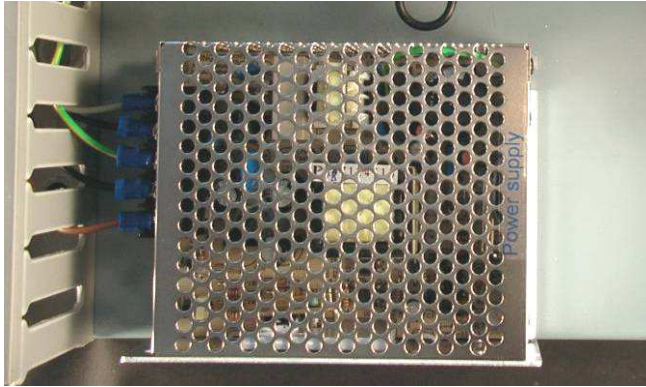
Figuur 6.7 Voeding van de relaiskaart



Figuur 6.8 Sturing van relais 1 op de relaiskaart

Op Figuur 6.8 is te zien hoe relais 1 gestuurd wordt. Als er een spanning op klem 1 aan de ingang (links op de figuur) komt zal aan de uitgang van IC1 een spanning van 0 V komen te staan. Zo staat er een spanning van 12 V over de relais en zal deze schakelen. Op deze manier ontstaat er een verbinding tussen de klemmen NO en 1 aan de uitgang (rechts op de figuur). De RC keten die over de uitgang staat is een snubernetwerk dit is een beveiliging tegen het inbranden van de contacten. Dit netwerk is in principe een hoogdoorlaat filter. Dit netwerk spert de gelijkspanning terwijl de geïnduceerde piekspanningen die veroorzaakt worden door het openen van de contacten via de weerstand kunnen doorvloeien naar de massa. Hierdoor wordt vonkvorming bij het openen van het contact en het inbranden van de contacten na veelvuldig schakelen voorkomen. Aan de ingang (linkerkant van het schema) wordt dit probleem opgelost door een vrijlooptiode. Door middel van de dip switch SW1-1 kan de relais ook manueel geschakeld worden.

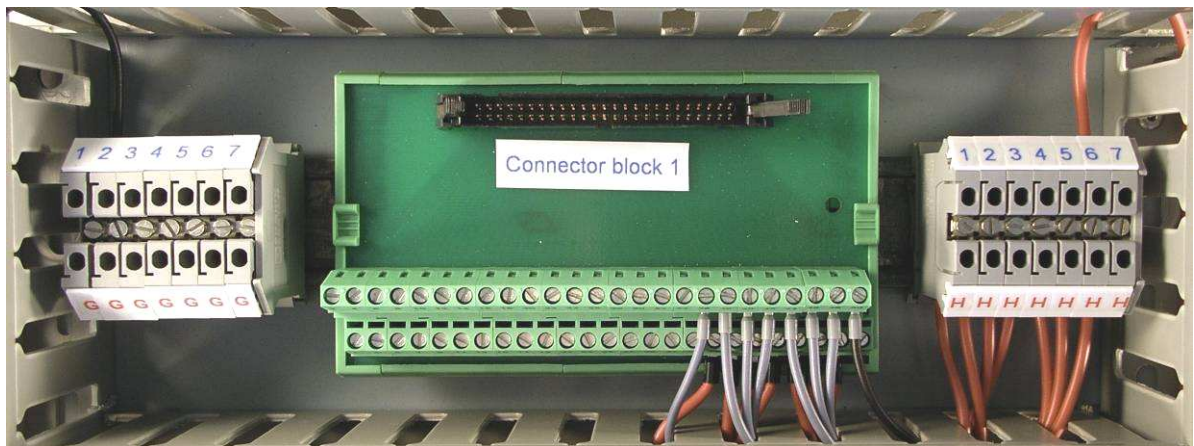
6.4.4 24 V voeding voor de kleppen



Figuur 6.9 Voeding

Deze netgevoede gelijkspanningsvoeding van 24 V (1.8 A) is nodig om de kleppen te sturen.

6.4.5 Connectoren



Figuur 6.10 Connectoren

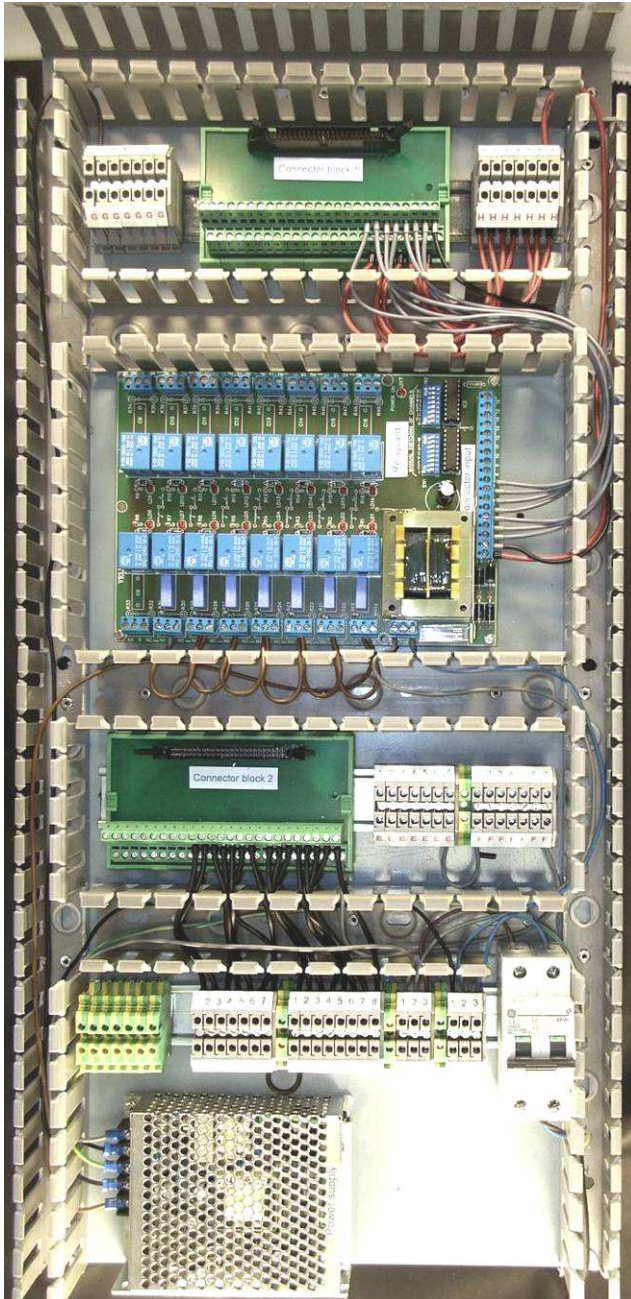
6.4.5.1 Connectoren

De gebruikte connectoren (links en rechts op Figuur 6.10 in het grijs) zijn van het merk Phoenix Contacts. Het zijn in principe gewoon doorverbindingen die op een DIN rail kunnen geplaatst worden. Het voordeel van deze connectoren is dat zo ook onderling met elkaar kunnen worden verbonden. Zo kan gemakkelijk een spanning verdeeld worden over meerdere componenten.

6.4.5.2 Connector blocks

De connector blocks (in het midden op Figuur 6.10 aangegeven als "Connector block 1") zijn componenten die op eveneens op een DIN rail kunnen geplaatst worden. Ze maken een verbinding tussen een 50 pins I/O kabel en de gewone 0,75 mm² kabel die gebruikt wordt in de kast.

6.5 Implementatie van het systeem



Figuur 6.11 Inhoud van de elektriciteitskast

Eerst is de PC kaart geïnstalleerd en getest. Daarna zijn de kleppen afzonderlijk getest, is er een functie in de Visual Basic toepassing geïntegreerd om de kleppen te sturen en een functie om de klepstand uit te lezen. De volgende stap was om de schakelingen op te bouwen in een kast. Het eerste idee was om de kleppen en de elektriciteit in dezelfde kast in te bouwen en die kast vlak tegen het bestaande systeem te plaatsen. Hier is dan uiteindelijk vanaf gestapt omdat gewerkt wordt met explosieve gassen. Om een veilig systeem te bouwen moest er voor gezorgd worden dat er geen explosieve gassen en mogelijkheden op vonkvorming in de kast konden voorkomen.

Er is dus besloten om de kleppen apart op een aluminium plaat te monteren en de elektriciteit in de kast te monteren. Dit hield wel in dat er geen plaats meer was om de kast vlak bij het systeem te plaatsen. De kast hangt daarom verderop tegen de muur

en 2 kabels maken een verbinding naar het systeem. De eerste kabel is een 25-draads kabel die gebruikt wordt om een verbinding te maken met de plaat waar de kleppen op gemonteerd zijn. De andere kabel is een 100-draads I/O kabel die de kast verbindt met de PC.

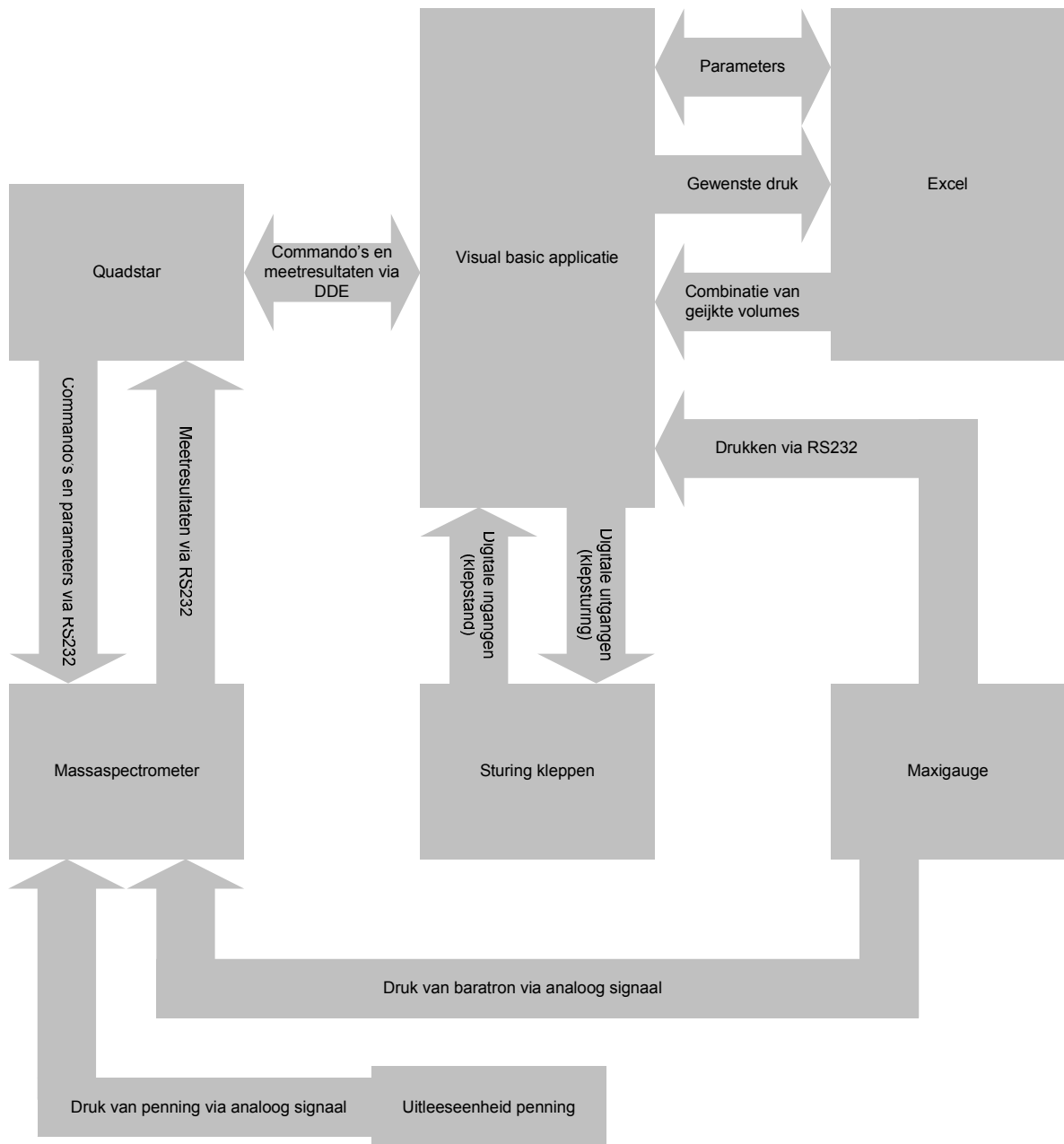
Om de kosten te beperken is gekozen om een oude kast te gebruiken i.p.v. een nieuwe. De kast werd daarom volledig verbouwd en opnieuw geverfd.



Figuur 6.12 Plaatsing van de elektriciteitskast

7 DE STURING

7.1 Algemeen



Figuur 7.1 De sturing

Op bovenstaande Figuur 7.1 is een schematische weergave van de sturing te zien. De belangrijkste component van de sturing is de Visual Basic applicatie. Deze applicatie zorgt voor:

- Het inlezen van drukken vanuit de maxigauge en vanuit de massaspectrometer via het Quadstar programma.
- De sturing van de kleppen en de uitlezing van de klepstanden.
- Het opstarten van en de communicatie met de andere applicaties zoals het Quadstar programma en de spreadsheet via Excel.

- Het berekenen van de brandtijd van het filament.
- Het sturen van de ijking en de meting door commando's via DDE naar het Quadstar programma en sturing van de kleppen.

Het Quadstar programma zorgt voor een communicatie via RS 232 met de massaspectrometer. Zo worden meetresultaten en parameters uitgewisseld.

De spreadsheet in Excel wordt gebruikt om alle combinaties van geijkte volumes die mogelijk zijn met het systeem te berekenen en de beste combinatie te kiezen. Ook wordt hier de brandtijd van het filament opgeslagen.

De maxigauge leest de drukken uit en communiceert via RS 232 met de PC zodat de drukken ook gekend zijn in de Visual Basic applicatie. De druk van de baratron wordt via een analoog signaal doorgegeven naar de stuureenheid van de massaspectrometer zodat deze druk ook kan opgenomen worden bij de meetresultaten.

De druk van de penning wordt via een analoog signaal vanuit de uitleeseenheid rechtstreeks naar de stuureenheid van de massaspectrometer gestuurd om deze drukken op te kunnen nemen in de meetresultaten.

7.2 Quadstar

Het Quadstar programma is een programma van de leverancier van de massaspectrometer. Hierin zitten al de functies om de verschillende soorten metingen te doen en de parameters om het apparaat in te stellen. Dit programma wordt gebruikt om de verschillende metingen te starten en om het filament en de SEM aan te zetten. In dit programma zit een optie verwerkt die toelaat om sequenties te programmeren en te communiceren met de Visual Basic applicatie via DDE (dynamic data exchange). Op deze manier kunnen er meetgegevens worden uitgewisseld en metingen worden gestart.

7.2.1 DDE

DDE of dynamic data exchange is een protocol dat kan gebruikt worden voor de communicatie tussen 2 applicaties. Via DDE kan data worden doorgestuurd van het ene programma naar het andere. DDE is een redelijk oud protocol dat niet meer zoveel wordt toegepast, maar omdat het Quadstar programma waar mee gewerkt wordt ook al ouder is, is dit de enige mogelijkheid om gegevens tussen de programma's uit te wisselen.

De werking is als volgt. In de Visual Basic applicatie zijn vier tekstvakken aanwezig (zenden, ontvangen, index en penning) die gebruikt worden voor de communicatie met de sequenties. De tekstvakken zenden en ontvangen worden gebruikt om tekst uit te wisselen. Op deze manier kan de communicatie synchroon verlopen. De Visual Basic applicatie stuurt een commando en wacht daarna op een antwoord van de geopende sequentie. Het tekstvak penning wordt gebruikt om de druk van de penning door te sturen naar de Visual Basic applicatie indien dit nodig is. Het tekstvak index wordt gebruikt om de index te bepalen van de meting, dit is nodig voor het opslaan van de gegevens. Het DDE gedeelte wordt volledig gedaan door de sequenties. De tekst die de Visual Basic applicatie wil zenden wordt opgehaald uit het tekstvak zenden door de sequenties en de tekst die de sequentie wil zenden wordt gezonden naar het tekstvak ontvangen.

7.2.2 Link

```

DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_LinkOntvangen",
Data="linked" )

SetString( gs[0] = "" )

WhileString( gs[0] = "" )
Begin
  WhileString( gs[0] = "" )
  Begin
    DDERequest( Service="Massaspectrometer", Topic="Server",
Item="Txt_LinkZenden", Data=gs[0] )
  End

  MID( Par="c:\qs32bit\par\druk.mip", Disp=off, SaveGfa=0 )
  DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_Penning",
Data=gfa[0][0] )

  IfString( gs[0] = "filament_aan" )
  Begin
    WhileMeaVal( 0 > 1E-07 ,Par="c:\qs32bit\par\druk.mip" )
    Begin
      Dialog( Box="Druk is te hoog";200;200;200;50, ReturnVar=i[0],
EnterVal=0, EscapeVal=-1, Button="Retry";0;26;100;24;0,
Button="Cancel";100;26;100;24;-1 )
      IfVar( i[0] = -1 )
      Begin
        DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server",
Item="Txt_LinkOntvangen", Data="error" )
        Exit( Terminate=on )
      End
    End
    SetQMS( Emission=on, SEM=on )
    DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server",
Item="Txt_LinkOntvangen", Data="filamentklaar" )
  End

  IfString( gs[0] = "filament_uit" )
  Begin
    SetQMS( Emission=off, SEM=off )
    DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server",
Item="Txt_LinkOntvangen", Data="filamentklaar" )
  End

  IfString( gs[0] = "background" )
  Begin
    Sequence( Par="c:\qs32bit\sequenties\background.seq" )
  End
  IfString( gs[0] = "calibration" )
  Begin
    Sequence( Par="c:\qs32bit\sequenties\calibration.seq" )
  End
  IfString( gs[0] = "measurement" )
  Begin
    Sequence( Par="c:\qs32bit\sequenties\measurement.seq" )
  End
  IfString( gs[0] = "sluit" )

```

```

    Begin
        Exit( Terminate=on )
    End

    SetString( gs[0] = "" )
End

```

Deze code zorgt voor de link met de Visual Basic applicatie en het opstarten van het filament of de juiste meting.

De werking is als volgt. Wanneer de sequentie wordt gestart (dit gebeurt automatisch door Visual Basic als het Quadstar programma wordt gestart) wordt de tekst "linked" gestuurd naar de Visual Basic applicatie. Vervolgens wordt continu gecontroleerd of Visual Basic bepaalde woorden wil zenden. De verschillende woorden die kunnen gezonden worden zijn:

- Filament_aan
- Filament_uit
- Background
- Calibration
- Measurement
- Sluit

7.2.2.1 Filament_aan

Indien dit commando wordt gezonden zal eerst gecontroleerd worden of de druk laag genoeg is om het filament op te starten. Als deze druk hoger is van 1.10^{-7} mbar zal er een dialogbox verschijnen met daarop de melding dat de druk te hoog is. Als we deze melding negeren en op "cancel" duwen zal er naar de Visual Basic applicatie de tekst "error" gestuurd worden. Drukt men op "retry" dan wordt de druk opnieuw gecontroleerd.

Indien de druk wel lager is dan de vereiste druk wordt het filament en de SEM opgezet en de tekst "filament_klaar" teruggestuurd naar de Visual Basic applicatie.

De brandtijd van het filament wordt door de Visual Basic applicatie bijgehouden om te registreren wanneer het filament moet vervangen worden.

7.2.2.2 Filament_uit

Indien dit commando wordt gezonden zal het filament en de SEM worden uitgeschakeld. Daarna wordt de tekst "filamentklaar" teruggestuurd naar de Visual Basic applicatie.

7.2.2.3 Background

De sequentie background (zie 7.2.3) wordt gestart om een scan te maken van de achtergrond.

7.2.2.4 Calibration

De sequentie calibration (zie 7.2.4) wordt gestart om ijking te starten.

7.2.2.5 Measurement

De sequentie measurement (zie 7.2.5) wordt gestart om de meting te starten.

7.2.2.6 Sluit

Het programma wordt afgesloten.

7.2.3 Background

```

DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_LinkOntvangen",
Data="SCANstart" )
ScanAnalog( Par="c:\qs32bit\par\s_0_150.sap", Disp=on,
SaveCyc="c:\massaspectrometer\meetresultaten\msscan.sac" )
DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_LinkOntvangen",
Data="SCANklaar" )

WhileString( gs[10] <> "Print_klaar" )
Begin
  DDERequest( Service="Massaspectrometer", Topic="Server",
Item="Txt_Zenden", Data=gs[10] )
End
SetString( gs[10] = "" )

```

Deze sequentie voert een analoge scan uit die alle massa's van 0 tot 150 afgaat (zie 2.1.1) om zo een totaal beeld te krijgen van de componenten in het systeem.

7.2.4 Calibration

```

DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_LinkOntvangen",
Data="MIDstart" )

IfString( gs[2] = "" )
  Dialog( Box="Kies de file";200;200;200;200, ReturnVar=i[0], EnterVal=0,
EscapeVal=-1, Filename="*.mip";0;9;200;24;gs[2], Button="OK";48;42;100;24;0 )

  DDERequest( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_Index",
Data=i[0] )
  MID( Par=gs[2], Disp=tab, Prot=off,
SaveCyc="c:\massaspectrometer\meetresultaten\msmeetresultaten.mdc";i[0] )

DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_LinkOntvangen",
Data="achtergrondklaar" )

WhileString( gs[3] <> "ijkklaar" )
Begin
  DDERequest( Service="Massaspectrometer", Topic="Server",
Item="Txt_LinkZenden", Data=gs[3] )

  MID( Par="c:\qs32bit\par\druk.mip", Disp=off, SaveGfa=0 )
  DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_Penning",
Data=gfa[0][0] )

  IfString( gs[3] = "meet" )
  Begin

```



```

        DDERequest( Service="Massaspectrometer", Topic="Server",
Item="Txt_Index", Data=i[0] )
        MID( Par=gs[2], Disp=tab, Prot=off,
SaveCyc="c:\massaspectrometer\meetresultaten\msmeetresultaten.mdc";i[0] )
        DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server",
Item="Txt_LinkOntvangen", Data="meetklaar" )
        SetString( gs[3] = "" )
    End
End

```

```

DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_LinkOntvangen",
Data="MIDklaar" )
SetString( gs[3] = "" )

```

Deze sequentie zorgt voor het ijken van het systeem. Wanneer de sequentie gestart wordt, wordt de tekst "MIDstart" naar de Visual Basic applicatie gestuurd. Als dit nog niet gebeurd is moet de gebruiker vervolgens kiezen welk meetbestand er moet gebruikt worden. Als dit eenmaal gebeurd is wordt uit het tekstvak "Index" van de Visual Basic applicatie het nummer gehaald van de betreffende ijking om zo dit nummer te kunnen gebruiken bij de opslag van de gegevens.

De volgende stap is het meten van de achtergrond. Dit wil zeggen dat er een MID meting (zie 2.1.2) wordt gedaan van het systeem zonder gas om zo de achtergrond te bepalen. Deze meting wordt later bij de verwerking van de gegevens afgetrokken van de meetresultaten. Wanneer deze meting klaar is wordt de tekst "achtergrondklaar" naar de Visual Basic applicatie gestuurd.

Bij de eigenlijke meting wordt er in feite een reeks commando's cyclisch doorlopen. Na het controleren wat er in het tekstvak "Zenden" staat van de Visual Basic applicatie wordt er een meting uitgevoerd van de druk van de penning vacuümmeter. Deze druk wordt doorgestuurd naar het tekstvak "Penning" van de Visual Basic applicatie.

Indien er in het tekstvak Zenden de tekst "meet" staat zal een MID meting worden uitgevoerd. Bij deze meting wordt eerst weer het indexnummer van de meting opgevraagd vanuit het Visual Basic programma om daarna de meting zelf uit te voeren. Daarna wordt de tekst "meetklaar" naar de Visual Basic applicatie gestuurd. Deze meting kan zoveel als nodig is, worden herhaald. Indien in het tekstvak "Zenden" de tekst "ijkklaar" staat zal de sequentie beëindigd worden na het verzenden van de tekst "MIDklaar" naar de Visual Basic applicatie.

7.2.5 Measurement

```

DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_LinkOntvangen",
Data="MCDstart" )

```

```

IfString( gs[4] = "" )
    Dialog( Box="Kies de file";200;200;200;200, ReturnVar=i[0], EnterVal=0,
EscapeVal=-1, Filename="*.mcp";0;0;200;24;gs[4], Button="OK";40;35;100;24;0 )

```

```

MCD( Par=gs[4], Disp=tab,
SaveCyc="c:\massaspectrometer\meetresultaten\mcddmeting.mdc" )

```

```

DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_LinkOntvangen",
Data="achtergrondklaar" )

```

```

WhileString( gs[5] <> "ijkklaar" )
Begin

```

```

DDERequest( Service="Massaspectrometer", Topic="Server",
Item="Txt_LinkZenden", Data=gs[5] )

MID( Par="c:\qs32bit\par\druk.mip", Disp=off, SaveGfa=0 )
DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_Penning",
Data=gfa[0][0] )

IfString( gs[5] = "meet" )
Begin
MCD( Par=gs[4], Disp=tab,
SaveCyc="c:\massaspectrometer\meetresultaten\mcddmeting.mdc" )
DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server",
Item="Txt_LinkOntvangen", Data="meetklaar" )
SetString( gs[5] = "" )
End
End

DDEPoke( Service="Massaspectrometer", Topic="Server", Item="Txt_LinkOntvangen",
Data="MCDklaar" )
SetString( gs[5] = "" )

```

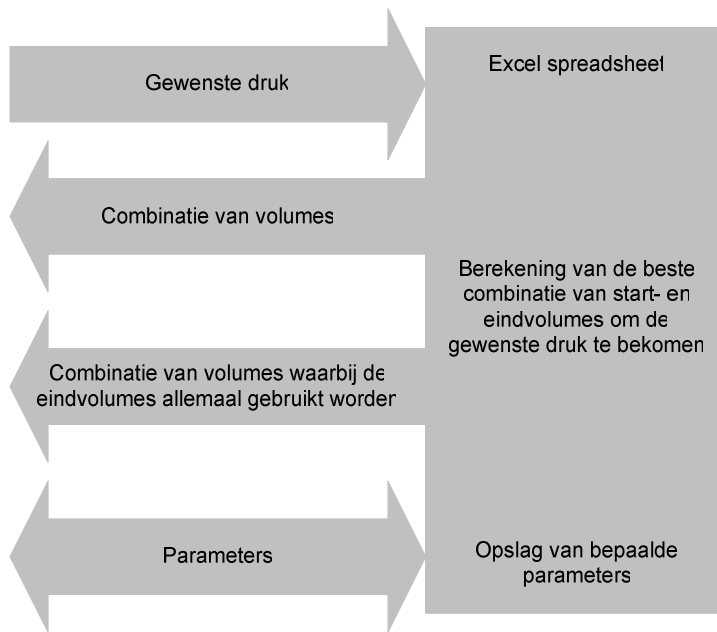
Deze sequentie werkt op dezelfde manier als de sequentie calibration. Als eerste wordt de tekst "MCDstart" naar de Visual Basic applicatie gestuurd. Daarna moet de operator een keuze maken welk meetbestand er gebruikt wordt als dit nog niet gebeurd is. Na deze keuze zal er een eerste MCD meting (zie 2.1.3) uitgevoerd worden van de achtergrond. Deze meting wordt bij de verwerking van de gegevens van de uiteindelijke meetresultaten afgetrokken. Na deze meting wordt de tekst "achtergrondklaar" naar de Visual Basic applicatie gestuurd.

7.3 Excel

Excel wordt gebruikt om 2 taken uit te voeren. Deze 2 taken zijn: berekeningen maken in verband met de geijkte volumes en bepaalde parameters opslaan.

In de spreadsheet (bijlage 8) bevinden zich 2 delen met combinaties. In de eerste deel staan alle combinaties die kunnen gemaakt worden met het systeem. In het 2^{de} deel staan de combinaties die kunnen gemaakt worden indien na de ontspanning alle volumes weer vol moeten zijn. Dit laatste deel wordt gebruikt om de combinatie te bepalen die nodig is om de druk in het systeem te verlagen voor een volgende ontspanning. Hiervoor moeten alle volumes terug gevuld zijn na de eerste ontspanning.

Deze combinaties worden allemaal uitgerekend en afhankelijk van het feit of alle volumes terug vol moeten zijn of niet wordt de beste combinatie ingelezen door het Visual Basic programma en uitgevoerd.



Figuur 7.2 De werking van de Excel spreadsheet

7.4 Visual Basic

7.4.1 Algemeen

Via Visual Basic wordt het hoofdprogramma gerealiseerd. Dit programma heeft een aantal functies: Drukken inlezen, kleppen sturen, klepstand uitlezen, gegevens uitwisselen met Quadstar en Excel, ...

Door al deze hoofdfuncties op een goede manier te gebruiken kunnen we via het programma een meting of een ijking doen en dit volledig automatisch.

7.4.1.1 MSComm control

De "MSComm control" wordt gebruikt om via RS232 met de maxigauge te communiceren. Deze control zorgt ervoor dat we beschikking hebben over de COM poort van de PC. Met deze control is het mogelijk om de settings van de COM poort te wijzigen en gegevens via de COM poort uit te wisselen zodat de communicatie plaats kan vinden.

7.4.2 Errorchecker

```
Public Sub DAQmxErrChk(errorCode As Long)
'
' Utility function to handle errors by recording the DAQmx error code
' and message.
'
    Dim errorString As String
    Dim bufferSize As Long
    Dim Status As Long
    If (errorCode < 0) Then
```

```

' Find out the error message length.
bufferSize = DAQmxGetErrorString(errorCode, 0, 0)
' Allocate enough space in the string.
errorString = String$(bufferSize, 0)
' Get the actual error message.
Status = DAQmxGetErrorString(errorCode, errorString, bufferSize)
' Trim it to the actual length, and display the message
errorString = Left(errorString, InStr(errorString, Chr$(0)))
Err.Raise errorCode, , errorString
End If

```

End Sub

Deze code werd bijgeleverd door National Instruments en wordt in de Visual Basic applicatie gebruikt om fouten op te sporen die te maken hebben met de digitale I/O. De code wordt gebruikt bij het inlezen van klepstanden en het openen en sluiten van de kleppen. Wanneer er een fout optreedt, zal er een errorcode worden opgehaald waardoor er een melding te zien zal zijn met de fout die zich heeft voorgedaan.

7.4.3 Functies

7.4.3.1 Het declareren van variabelen

Option Explicit

```

' Variabelen declareren
Public TaakBezig As Boolean
Public Drukken(6) As Single
Public Statussen(6) As Integer
Public Tijd As Long
Public Skip As Boolean
Public Brandtijd As Date
Public MeetProgrammaAan As Boolean
Public Filament As Boolean
Public KlepOpen(7) As Boolean
Public KlepGesloten(7) As Boolean
Public WachtTijd As Integer
Public VacumeerTijd As Integer
Public InlaatDruk As Single
Public Uitlezing As Boolean
Public PositieBara As Integer
Public PositiePiezo As Integer
Public Str_Ontvangen, Str_Zenden As String
Public AsciiCode As Integer
Public PoortOpen As Boolean
Public Standen(7) As Boolean
Public DrukPenning As Integer
Public Spreadsheet As Object
Public TimerAan As Boolean
Public Stoppen As Boolean

```

In dit stukje code worden alle variabelen die voor meerdere plaatsen in het programma van toepassing zijn in het publieke domein gedeclareerd.

7.4.3.2 Het openen van een klep

Public Sub OpenKlep(Klepnummer)

```

' Variabele declareren
  Dim TaakOpenKlep As Long

' Klepnummer naar lijnnummer converteren
  Dim LijnNr As String
  LijnNr = "Dev2/port3/line" & Klepnummer - 1

' Variabele declareren om het aantal samples te bewaren
  Dim SamplesPerKanaalGeschreven As Long

' ErrorHandler oproepen bij een error
  On Error GoTo ErrorHandler

' Nieuwe taak aanmaken
  DAQmxErrChk DAQmxCreateTask("", TaakOpenKlep)
  TaakBezig = True

' Kanaal voor output aanmaken
  DAQmxErrChk DAQmxCreateDOChan(TaakOpenKlep, LijnNr, "",
DAQmx_Val_ChanForAllLines)

' Taak starten en waarden schrijven naar de I/O kaart
  DAQmxErrChk DAQmxStartTask(TaakOpenKlep)
  DAQmxErrChk DAQmxWriteDigitalLines(TaakOpenKlep, 1, True, 0#,
DAQmx_Val_GroupByChannel, 0, SamplesPerKanaalGeschreven, ByVal &00)

' Taak stoppen
  DAQmxErrChk DAQmxStopTask(TaakOpenKlep)
  DAQmxErrChk DAQmxClearTask(TaakOpenKlep)
  TaakBezig = False

' Sub sluiten
  Exit Sub

' Taak stoppen bij error en errorcode genereren
ErrorHandler:
  If TaakBezig = True Then
    DAQmxStopTask TaakOpenKlep
    DAQmxClearTask TaakOpenKlep
    TaakBezig = False
  End If

' Error weergeven in venster
  MsgBox "Error: " & Err.Number & " " & Err.Description, , "Error"

End Sub

```

Deze code zorgt voor het openen van een klep. Het kiezen van de klep gebeurt door het klepnummer als variabele in te geven. De functies die hiervoor gebruikt worden zijn functies die door National Instruments bij de digitale I/O kaart geleverd worden en kunnen geïmplementeerd worden in Visual Basic.

Het klepnummer wordt geconverteerd naar een lijnnummer. Aangezien in het systeem de sturing van de kleppen is aangesloten van lijn 0 tot 6 op poort 3 van kaart 2 moet

dit ook zo worden ingegeven. De volgende stap is een taak aanmaken. Deze taak wordt "TaakOpenKlep" genoemd. Als laatste worden nog enkele parameters ingesteld, de taak geopend, de output gerealiseerd en de taak weer gesloten.

Als er zich een error voordoet wordt een "messagebox" getoond met daarop de errorcode en de beschrijving.

7.4.3.3 Het sluiten van een klep

Public Sub SluitKlep(Klepnummer)

' Variabele declareren

Dim TaakSluitKlep As Long

' Klepnummer naar lijnnummer converteren

Dim LijnNr As String

LijnNr = "Dev2/port3/line" & Klepnummer - 1

' Variabele declareren om het aantal samples te bewaren

Dim SamplesPerKanaalGeschreven As Long

' ErrorHandler oproepen bij een error

On Error GoTo ErrorHandler

' Nieuwe taak aanmaken

DAQmxErrChk DAQmxCreateTask("", TaakSluitKlep)

TaakBezig = True

' Kanaal voor output aanmaken

*DAQmxErrChk DAQmxCreateDOChan(TaakSluitKlep, LijnNr, "",
DAQmx_Val_ChanForAllLines)*

' Taak starten en waarden schrijven naar de I/O kaart

DAQmxErrChk DAQmxStartTask(TaakSluitKlep)

*DAQmxErrChk DAQmxWriteDigitalLines(TaakSluitKlep, 1, True, 0#,
DAQmx_Val_GroupByChannel, 1, SamplesPerKanaalGeschreven, ByVal &00)*

' Taak stoppen

DAQmxErrChk DAQmxStopTask(TaakSluitKlep)

DAQmxErrChk DAQmxClearTask(TaakSluitKlep)

TaakBezig = False

' Sub sluiten

Exit Sub

' Taak stoppen bij error en errorcode genereren

ErrorHandler:

If TaakBezig = True Then

DAQmxStopTask TaakSluitKlep

DAQmxClearTask TaakSluitKlep

TaakBezig = False

End If

' Error weergeven in venster

MsgBox "Error: " & Err.Number & " " & Err.Description, , "Error"

End Sub

De werking van deze code is volledig analoog aan de werking van de code om de klep te openen die wordt uitgelegd in 7.4.3.2.

7.4.3.4 Het inlezen van de klepstanden

```
Public Sub Klepstand(ByRef StandOpen() As Boolean, ByRef StandGesloten() As Boolean)
```

```
' Variabelen declareren
```

```
  Dim TaakLeesPositieOpen As Long
  Dim TaakLeesPositieGesloten As Long
  Dim PositieOpen(7) As Byte
  Dim PositieGesloten(7) As Byte
  Dim LijnNrOpen As String
  Dim LijnNrGesloten As String
  Dim i As Integer
```

```
' ErrorHandler oproepen bij een error
  On Error GoTo ErrorHandler
```

```
' Lijnnummers specificeren
```

```
  LijnNrOpen = "Dev2/port0/line1:7"
  LijnNrGesloten = "Dev2/port1/line1:7"
```

```
' Variabelen declareren om het aantal samples en het aantal bytes per sample te bewaren
```

```
  Dim SamplesPerKanaalGelezen As Long
  Dim AantalBytesPerSample As Long
```

```
' Nieuwe taken aanmaken
```

```
  DAQmxErrChk DAQmxCreateTask("", TaakLeesPositieOpen)
  DAQmxErrChk DAQmxCreateTask("", TaakLeesPositieGesloten)
  TaakBezig = True
```

```
' Kanalen voor input aanmaken
```

```
  DAQmxErrChk DAQmxCreateDIChan(TaakLeesPositieOpen, LijnNrOpen, "",
  DAQmx_Val_ChanForAllLines)
  DAQmxErrChk DAQmxCreateDIChan(TaakLeesPositieGesloten, LijnNrGesloten, "",
  DAQmx_Val_ChanForAllLines)
```

```
' Taken starten en waarden inlezen
```

```
  DAQmxErrChk DAQmxStartTask(TaakLeesPositieOpen)
  DAQmxErrChk DAQmxReadDigitalLines(TaakLeesPositieOpen, 1, 10#,
  DAQmx_Val_GroupByChannel, PositieOpen(1), 7, SamplesPerKanaalGelezen,
  AantalBytesPerSample, ByVal 0&)
```

```
  DAQmxErrChk DAQmxStartTask(TaakLeesPositieGesloten)
  DAQmxErrChk DAQmxReadDigitalLines(TaakLeesPositieGesloten, 1, 10#,
  DAQmx_Val_GroupByChannel, PositieGesloten(1), 7, SamplesPerKanaalGelezen,
  AantalBytesPerSample, ByVal 0&)
```

```
' Taken stoppen
```

```
  DAQmxErrChk DAQmxStopTask(TaakLeesPositieOpen)
  DAQmxErrChk DAQmxClearTask(TaakLeesPositieOpen)
```

```
  DAQmxErrChk DAQmxStopTask(TaakLeesPositieGesloten)
  DAQmxErrChk DAQmxClearTask(TaakLeesPositieGesloten)
```

```

TaakBezig = False

' Waarden opslaan in variabelen
For i = 1 To 7
    If Val(PositieOpen(i)) = 1 Then
        StandOpen(i) = True
    ElseIf Val(PositieOpen(i)) = 0 Then
        StandOpen(i) = False
    Else
        Call MsgBox("ERROR reading DI", vbCritical, "ERROR")
    End If

    If Val(PositieGesloten(i)) = 1 Then
        StandGesloten(i) = True
    ElseIf Val(PositieGesloten(i)) = 0 Then
        StandGesloten(i) = False
    Else
        Call MsgBox("ERROR reading DI", vbCritical, "ERROR")
    End If
Next

' Waarden visualiseren
For i = 1 To 7
    If StandOpen(i) = True Then MDIHead.ActiveForm.Chk_Open(i - 1).Value =
Checked
    If StandOpen(i) = False Then MDIHead.ActiveForm.Chk_Open(i - 1).Value =
Unchecked
    If StandGesloten(i) = True Then MDIHead.ActiveForm.Chk_Gesloten(i - 1).Value
= Checked
    If StandGesloten(i) = False Then MDIHead.ActiveForm.Chk_Gesloten(i - 1).Value
= Unchecked
Next

' Sub sluiten
Exit Sub

' Taak stoppen bij error en errorcode genereren
ErrorHandler:
    If TaakBezig = True Then
        DAQmxStopTask TaakLeesPositieOpen
        DAQmxClearTask TaakLeesPositieOpen

        DAQmxStopTask TaakLeesPositieGesloten
        DAQmxClearTask TaakLeesPositieGesloten

        TaakBezig = False
    End If

' Error weergeven in venster
MsgBox "Error: " & Err.Number & " " & Err.Description, , "Error"

End Sub

```

Ook hier worden de functies die door National Instruments werden bijgeleverd gebruikt. Eerst worden de lijnnummers gedefinieerd. De positie indicators van de kleppen zijn aangesloten van lijn 1 tot 7 op poorten 0 en 1 van de I/O kaart. De manier van werken is dezelfde als bij het openen en sluiten van de kleppen. Hier worden 2 taken

aangemaakt en in deze 2 taken worden kanalen en instellingen gedefinieerd. Na het openen van de taak en het inlezen van de ingangen wordt de taak weer gesloten. De standen van de kleppen worden opgeslagen in variabelen en deze variabelen worden dan overgezet naar "checkboxen" op het actieve formulier voor visualisatie.

In geval dat zich een error voordoet wordt ook hier weer een "messagebox" opgeroepen met de errorcode en de beschrijving van de error.

7.4.3.5 Het starten van het uitlezen van de maxigauge

```
Public Sub StartUitlezen(sensor As Integer)
```

```
' Waarden initialiseren
```

```
    AsciiCode = 0
```

```
    Str_Ontvangen = ""
```

```
' Zendstring definiëren
```

```
    Str_Zenden = "PR" & sensor & vbCr
```

```
' Buffer leegmaken
```

```
    MDIHead.MSComm1.InBufferCount = 0
```

```
' Output sturen
```

```
    MDIHead.MSComm1.Output = Str_Zenden
```

```
' Tijd bewaren
```

```
    Tijd = Timer
```

```
' Lus uitvoeren tot het ASCII teken met nummer 6 wordt doorgestuurd
```

```
    Do Until AsciiCode = 6
```

```
' Taken buiten de lus ook uitvoeren
```

```
    DoEvents
```

```
' Antwoord opslaan als ASCII code
```

```
    Str_Ontvangen = Str_Ontvangen + MDIHead.MSComm1.Input
```

```
    If Str_Ontvangen <> "" Then AsciiCode = Asc(Str_Ontvangen)
```

```
' Stoppen als antwoord niet binnen 1 seconde binnen is
```

```
    If Timer > Tijd + 1 Then
```

```
        Uitlezing = False
```

```
        Statussen(sensor) = 8
```

```
        Exit Do
```

```
    End If
```

```
Loop
```

```
End Sub
```

Deze code zorgt voor het starten van de uitlezing van de maxigauge. Hier wordt gebruik gemaakt van de "MSComm control". Als variabele moet de sensor worden meegegeven.

Als eerste wordt alles leeg gemaakt (ontvangststring, ASCII code en de buffer van de "MSComm control"). In de string om te zenden wordt de tekst "PR & sensornummer" geplaatst omdat dit het eerste commando is dat er moet gestuurd worden. Vervolgens wordt er aan de MSComm control duidelijk gemaakt hoeveel ASCII tekens er moeten

verstuurd worden. Als laatste wordt de string om te zenden effectief verstuurd naar de maxigauge.

De Visual Basic applicatie moet nu wachten op een antwoord. De variabele tijd wordt gelijk gemaakt aan de timer. Deze timer verhoogt elke seconde zijn waarde met 1. De maxigauge moet de ASCII waarde 6 doorsturen. De input van de MSComm control wordt cyclisch binnengehaald. Wanneer er iets binnenkomt wordt dit omgezet in de waarde waarmee dit teken overeenkomt in de ASCII tabel. Wanneer deze waarde gelijk is aan 6 wordt het inlezen beëindigd en is de maxigauge klaar om uitgelezen te worden. Indien na 1 seconde dit niet gebeurd is, wordt het inlezen beëindigd en wordt de statuswaarde van deze sensor op de waarde 8 gezet.

7.4.3.6 Het uitlezen van de maxigauge

```
Public Sub Uitlezen(ByRef Druk() As Single, ByRef Status() As Integer, sensor As Integer)
```

```
' Waarden initialiseren
  Str_Ontvangen = ""
  AsciiCode = 0

' Zendstring definiëren
  Str_Zenden = Chr(5) & vbCr

' Buffer leegmaken
  MDIHead.MSComm1.InBufferCount = 0

' Output sturen
  MDIHead.MSComm1.Output = Str_Zenden

' Tijd bewaren
  Tijd = Timer

' Lus doorlopen tot de lengte van de binnengekomen string juist is
  Do Until Len(Str_Ontvangen) = 12 Or Len(Str_Ontvangen) = 13

' Taken buiten de lus ook uitvoeren
  DoEvents

' Antwoord opslaan als ASCII code
  Str_Ontvangen = Str_Ontvangen + MDIHead.MSComm1.Input
  If Str_Ontvangen <> "" Then AsciiCode = Asc(Str_Ontvangen)

' Stoppen als antwoord niet binnen 1 seconde binnen is
  If Timer > Tijd + 1 Then
    Uitlezing = False
    If AsciiCode = 21 Then
      Status(sensor) = 7
      Drukken(sensor) = 0
    Else:
      Statussen(sensor) = 8
      Drukken(sensor) = 0
    End If
    GoTo visualiseren
  End If
```

```

Loop

' String bewerken
  Str_Ontvangen = Trim(Str_Ontvangen)
  Str_Ontvangen = Left(Str_Ontvangen, Len(Str_Ontvangen) - 2)

' Status uit string halen
  Status(sensor) = Val(Left(Str_Ontvangen, 1))

' Druk uit string halen
  If Status(sensor) = 0 Then
    Druk(sensor) = Val(Right(Str_Ontvangen, Len(Str_Ontvangen) - 2))
  Else
    Druk(sensor) = 0
  End If

'Variabele declareren
  Dim i As Integer

visualiseren:

' Visualiseren van de druk
  MDIHead.ActiveForm.Txt_Druk(sensor - 1) = Druk(sensor)

' Visualiseren van de status
  Select Case Status(sensor)
    Case 0: MDIHead.ActiveForm.Lbl_Status(sensor - 1).Caption = "Measured data
OK"
    Case 1: MDIHead.ActiveForm.Lbl_Status(sensor - 1).Caption = "Below lower
limit"
    Case 2: MDIHead.ActiveForm.Lbl_Status(sensor - 1).Caption = "Above upper
limit"
    Case 3: MDIHead.ActiveForm.Lbl_Status(sensor - 1).Caption = "Sensor error"
    Case 4: MDIHead.ActiveForm.Lbl_Status(sensor - 1).Caption = "Sensor off"
    Case 5: MDIHead.ActiveForm.Lbl_Status(sensor - 1).Caption = "No sensor"
    Case 6: MDIHead.ActiveForm.Lbl_Status(sensor - 1).Caption = "Identification
error"
    Case 7: MDIHead.ActiveForm.Lbl_Status(sensor - 1).Caption = "Communication
error"
    Case 8: MDIHead.ActiveForm.Lbl_Status(sensor - 1).Caption = "Maxigauge not
connected"
  End Select
End Sub

```

Deze code zorgt voor het uitlezen van de maxigauge (zie 5.2.4.2). Hierdoor kunnen we vanuit deze module de druk en status van een gewenste sensor uitlezen. Ook deze code maakt gebruik van de "MSComm control". Als variabelen moeten de "arrays" voor druk en status van de sensoren en de sensor die moet worden uitgelezen worden opgegeven.

Als eerste stap wordt alles leeg gemaakt (ontvangststring, ASCII code en de buffer van de "MSComm control"). In de string om te zenden wordt het ASCII teken dat overkomt met het nummer 5 in de ASCII tabel geplaatst. Daarna wordt dit teken verzonden naar de maxigauge.

De Visual Basic applicatie wacht op een antwoord van de maxigauge. Als de maxigauge een string doorstuurt die 12 of 13 tekens lang is (kan 12 of 13 tekens lang zijn omwille van het teken) zal er naar de volgende stap worden overgegaan. Als het juiste

antwoord niet komt binnen 1 seconde zal worden gekeken of er een negatieve reactie werd verstuurd door de maxigauge. Als dit het geval is wordt de status van de desbetreffende sensor op de waarde 7 gezet. Als dit niet het geval is krijgt deze status de waarde 8. Het inlezen wordt beëindigd. Daarna wordt direct overgegaan naar het visualiseren.

Bij een juist antwoord wordt uit de string die verzonden werd de status van de sensor en de druk gehaald en opgeslagen in de arrays die hiermee overeenkomen. Indien de status van de sensor verschillend is van de waarde 0 wordt de druk op 0 gezet.

Bij het visualiseren wordt de druk van de sensor en de boodschap die hoort bij de status van deze sensor op het scherm weergegeven. In Tabel 7.1 staan de verschillende statuses en de daarbij horende boodschappen weergegeven.

Tabel 7.1 De mogelijke statuses van de sensor

status	boodschap
0	measured data OK
1	below lower limit
2	above upper limit
3	sensor error
4	sensor off
5	no sensor
6	identification error
7	communication error
8	maxigauge not connected

7.4.3.7 Het starten van de teller

Public Sub TellerStart(Duur As Double)

' Variabelen declareren

Dim Teller As Long

Dim TellerConverted As Double

' Tijd bewaren

Tijd = Timer

'Lus doorlopen tot de tijd om is of er op skip wordt gedrukt

Do While Timer < Tijd + Duur

' Taken buiten de lus ook uitvoeren

DoEvents

' Verstreken tijd bijhouden

Teller = Timer - Tijd

If Skip = True Then Exit Do

' Verstreken tijd visualiseren

TellerConverted = (Duur - Teller) / 24 / 60 / 60

MDIHead.ActiveForm.Lbl_Teller.Caption = Format(TellerConverted, "long time")

Loop

' Verstreken tijd resetten

Skip = False

Teller = 0

End Sub

Wanneer deze code wordt opgeroepen zal het systeem een tijd wachten, terwijl de tijd loopt wordt deze gevisualiseerd op het actieve formulier. De tijd wordt in de code gespecificeerd door de variabele "Duur". Het is mogelijk om het wachten terug uit te schakelen door de "Skip" knop. Gebeurt dit niet dan zal deze functie stoppen als de duur verstreken is.

7.4.3.8 De wachtfunctie

```
Public Sub Wacht(Duur)
```

```
' Tijd bewaren  
    Tijd = Timer
```

```
' Lus doorlopen tot de tijd om is  
    Do While Timer < Tijd + Duur
```

```
' Taken buiten de lus ook uitvoeren  
    DoEvents  
    Loop
```

```
End Sub
```

De werking van deze code is analoog aan de code uitgelegd in 7.4.3.7 met het verschil dat de tijd hier niet wordt gevisualiseerd. Deze functie wordt dan ook enkel gebruikt voor korte tijden, bijvoorbeeld om het gas te stabiliseren.

7.4.3.9 Het ontspannen van de gassen

```
Public Sub Ontspan(StartVolume() As Boolean, Eindvolume() As Boolean)
```

```
' Variabele declareren  
    Dim i As Integer
```

```
' Gas stabiliseren  
    Call Wacht(WachtTijd)
```

```
' Gewenste standen opslaan in variabele  
    Standen(1) = False  
    Standen(2) = False  
    Standen(3) = False  
    Standen(4) = False  
    Standen(5) = False  
    Standen(6) = False  
    Standen(7) = False
```

```
' Klepstanden verwisselen  
    Call VerwisselKlepStand(Standen())
```

```
' Gas stabiliseren  
    Call Wacht(WachtTijd)
```

```
' Startvolumes omzetten naar klepstanden  
    If StartVolume(1) = True Then  
        Standen(2) = False  
    Else  
        Standen(2) = True
```

```

End If

For i = 3 To 5
  If StartVolume(i) = True Then
    Standen(i) = False
  Else
    Standen(i) = True
  End If
Next

' Klepstanden verwisselen
Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
Call Wacht(WachtTijd)

' Vacumeren
Call Vacumeren(False)

' Gewenste stand opslaan in een variabele
Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
Call Wacht(WachtTijd)

' Eindvolumes omzetten naar klepstanden
If Eindvolume(1) = True Then
  Standen(2) = True
Else
  Standen(2) = False
End If

For i = 3 To 5
  If Eindvolume(i) = True Then
    Standen(i) = True
  Else
    Standen(i) = False
  End If
Next

' Klepstanden verwisselen
Call VerwisselKlepStand(Standen())

End Sub

```

Voor deze functie start is het volledige systeem onder druk en zijn de start- en eindvolumes al berekend in de spreadsheet en opgeslagen in de globale arrays "StartVolume" en "EindVolume". Eerst worden alle kleppen gesloten. Daarna worden de startvolumes gesloten. Vervolgens trekken we de rest van de installatie vacuüm. Hierdoor kan het gas verder ontspannen worden door de eindvolumes te openen. Tussen al deze stappen wordt een wachttijd ingebouwd om het gas de kans te geven zich te stabiliseren.

7.4.3.10 De druk regelen

Public Sub RegelDruk(GewDruk As Single, AlleVolumes As Boolean)

' Variabelen declareren

Dim i
Dim DrukTot As Single
Dim StartVolume As Integer
Dim EindVol(5) As Boolean
Dim StartVol(5) As Boolean
Dim TussenDruk As Single
Dim DrukLekTest As Single

' Uitlezing van de maxigauge stoppen

Uitlezing = False

' Tussendruk specificïeren

*TussenDruk = GewDruk * 15*

' Gewenste standen opslaan in een variabele

Standen(1) = False
Standen(2) = False
Standen(3) = False
Standen(4) = False
Standen(5) = False
Standen(6) = False
Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen

Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren

Call Wacht(WachtTijd)

' Gewenste standen opslaan in een variabele

Standen(1) = True
Standen(2) = False
Standen(3) = False
Standen(4) = False
Standen(5) = False
Standen(6) = False
Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen

Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren

Call Wacht(WachtTijd)

' Gewenste standen opslaan in een variabele

Standen(1) = False
Standen(2) = False
Standen(3) = False
Standen(4) = False
Standen(5) = False
Standen(6) = False
Standen(7) = False

```

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Lees de druk uit.
  If PoortOpen = False Then Call openpoort
  Call StartUitlezen(PositiePiezo)
  Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositiePiezo)

' Bereken de druk die in het systeem zal heersen als alle volumes gevuld zijn.
  DrukTot = Drukken(PositiePiezo) / (1 + 4.47 + 9.65 + 0.69 + 0.61)

' Gewenste standen opslaan in een variabele
  Standen(1) = False
  Standen(2) = True
  Standen(3) = True
  Standen(4) = True
  Standen(5) = True
  Standen(6) = False
  Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
  Call Wacht(WachtTijd)

' Drukken ingeven afhankelijk van de situatie
  If AlleVolumes = False Then
    Spreadsheet.worksheets(1).cells(2, 14).Value = TussenDruk
  Else
' Gewenste druk ingeven
    Spreadsheet.worksheets(1).cells(2, 14).Value = GewDruk

' Reële druk ingeven
    Spreadsheet.worksheets(1).cells(2, 13).Value = DrukTot

' Startvolumes omzetten naar klepstanden
  StartVol(1) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(17, 18)
  For i = 3 To 5
    StartVol(i) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(17, 16 + i)
  Next

' Eindvolumes omzetten naar klepstanden
  EindVol(1) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(17, 14)
  For i = 3 To 5
    EindVol(i) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(17, 12 + i)
  Next

' Ontspannen
  GoTo ontspannen

  End If

' Lus uitvoeren tot de reële druk kleiner is dan 30 maal de gewenste druk
  Do Until DrukTot < GewDruk * 30

' Reële druk ingeven
  Spreadsheet.worksheets(1).cells(2, 13).Value = DrukTot

```



```

' Startvolumes omzetten naar klepstanden
  StartVol(1) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(17, 18)
  For i = 3 To 5
    StartVol(i) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(17, 16 + i)
  Next

' Eindvolumes omzetten naar klepstanden
  EindVol(1) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(17, 14)
  For i = 3 To 5
    EindVol(i) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(17, 12 + i)
  Next

' Ontspannen
  Call Ontspan(StartVol(), EindVol())

' Berekende waarde van de Reële druk ophalen
  DrukTot = Spreadsheet.worksheets(1).cells(5, 20)
  Loop

' Gewenste druk ingeven
  Spreadsheet.worksheets(1).cells(2, 14).Value = GewDruk

' Reële druk ingeven
  Spreadsheet.worksheets(1).cells(2, 13).Value = DrukTot

' Startvolumes omzetten naar klepstanden
  StartVol(1) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(9, 18)
  For i = 3 To 5
    StartVol(i) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(9, 16 + i)
  Next

' Eindvolumes omzetten naar klepstanden
  EindVol(1) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(9, 14)
  For i = 3 To 5
    EindVol(i) = Spreadsheet.worksheets(1).cells(9, 12 + i)
  Next

ontspannen:

' Ontspannen
  Call Ontspan(StartVol(), EindVol())

End Sub

```

Deze code regelt de druk op de juiste waarde. Dit deel van het programma is een sequentie waarin de stappen doorlopen worden die nodig zijn om de druk te regelen. Er moeten 2 parameters opgegeven worden: de gewenste druk en de boolean "AlleVolumes" (bepaalt of alle volumes vol moeten zijn na het ontspannen of niet).

Bij het begin van de sequentie wordt het uitlezen van de maxigauge gestopt en de tussendruk gespecificeerd op een waarde die 15 maal groter is dan de gewenste druk. Deze tussendruk (experimenteel bepaald) is de druk waarop eerst geregeld wordt. Daarna worden alle kleppen gesloten om met de rest van de sequentie te starten.

Het systeem is nu klaar om de druk te regelen. Dit gebeurt in een aantal stappen:

- Gas inlaten in het eerste volume.

- Lekttest uitvoeren op de aansluiting.
- Alle kleppen terug sluiten.
- Druk berekenen die zal heersen in het systeem als alle volumes gevuld zijn.
- Alle volumes vullen.
- Eerste maal ontspannen.
- Controle van de berekende druk.
- Eventueel nog eens ontspannen indien de druk nog te hoog is.
- Definitief ontspannen eventueel met alle volumes gevuld.

De juiste combinatie van de volumes die nodig zijn om het gas te ontspannen tot de juiste druk worden uit de spreadsheet (bijlage 8) gehaald. In Excel worden al deze combinaties berekend met en zonder alle volumes vol en hieruit kan de meest geschikte combinatie geselecteerd worden afhankelijk van de reële druk en de gewenste druk.

7.4.3.11 De COM poort openen

Public Sub openpoort()

' Buffer leegmaken

MDIHead.MSComm1.InBufferCount = 0

MDIHead.MSComm1.InputLen = 0

' COM poort 2 openen

MDIHead.MSComm1.CommPort = 2

If MDIHead.MSComm1.PortOpen = False Then MDIHead.MSComm1.PortOpen = True

' Instellingen van de com poort: Baud rate 9600, geen pariteitsbit, 8 data bits en een stop bit

MDIHead.MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"

' Status van de COM poort bewaren

PoortOpen = True

End Sub

Om de COM poort te openen worden enkele stappen na elkaar uitgevoerd:

- Het leegmaken van de buffer.
- De poort openen indien deze gesloten is.
- De instellingen juist instellen.
- De status van de poort bijhouden.

7.4.3.12 De COM poort sluiten

Public Sub sluitpoort()

' Com poort sluiten

If MDIHead.MSComm1.PortOpen = True Then MDIHead.MSComm1.PortOpen = False

' Variabele declareren

Dim i As Integer

' Statussen en drukken resetten

For i = 1 To 6

Statussen(i) = 8

```

        Drukken(i) = 0
    Next

' Status van de COM poort bewaren
    PoortOpen = False

' Tekstvakken en labels resetten
    For i = 0 To 5
        Txt_Druk(i).Text = ""
        Lbl_Status(i).Caption = ""
        Txt_Druk(i).Enabled = False
    Next

End Sub

```

Om de COM poort te sluiten worden enkele stappen na elkaar uitgevoerd:

- De poort sluiten indien deze geopend is.
- De variabelen die de status en druk bijhouden leegmaken.
- De status van de poort bijhouden.
- De tekstvakken en labels die de status en druk visualiseren leegmaken.

7.4.3.13 Het filament uitschakelen

```

Public Sub FilamentUit()

' Status van het filament controleren
    If Filament = False Then Exit Sub

' Variabele declareren
    Dim FilamentUitTijd As Date

' Filament uitschakelen via DDE communicatie
    frm_Automatic.Txt_LinkZenden.Text = "filament_uit"
    Do Until frm_Automatic.Txt_LinkOntvangen.Text = "filamentklaar"
        DoEvents
    Loop

' Excel openen
    Set Spreadsheet = CreateObject("excel.application")
    Spreadsheet.Workbooks.Open "c:\QS32BIT\Combinaties.xls"
    Spreadsheet.Visible = True

' Brandtijd berekenen
    FilamentUitTijd = Now
    Brandtijd = Brandtijd + FilamentUitTijd - FilamentAanTijd

' Operator melding geven om het filament te vervangen als dit nodig is
    If Brandtijd > (2000 / 24) Then Call MsgBox("Filament needs to be replaced", ,
"Filament")

' Brandtijd opslaan in Excel
    Spreadsheet.worksheets(2).cells(1, 6).Value = Brandtijd

' Excel sluiten
    Spreadsheet.activeWorkbook.Save
    Spreadsheet.Workbooks.Close

```

```

' Brandtijd visualiseren
  frm_Automatic.Lbl_BrandRegistratie = Brandtijd

' Status van het filament bewaren
  Filament = False

' Menu's juist zetten
  MDIHead.Mnu_FilamentAan.Enabled = True
  MDIHead.Mnu_FilamentUit.Enabled = False

End Sub

```

Om het filament uit te schakelen worden volgende stappen uitgevoerd:

- Het filament uitschakelen via DDE communicatie met het Quadstar programma.
- De vorige brandtijd uit de spreadsheet (bijlage 8) halen.
- De huidige brandtijd berekenen.
- De nieuwe brandtijd opslaan in de spreadsheet (bijlage 8).
- De nieuwe brandtijd visualiseren.
- De status van het filament bewaren.
- De menu's juist zetten.

7.4.3.14 Het filament inschakelen

```

Public Sub FilamentAan()

' Status van het filament controleren
  If Filament = True Then Exit Sub

' Variabele declareren
  Dim FilamentAanTijd As Date

' Filament inschakelen via DDE communicatie
  frm_Automatic.Txt_LinkZenden.Text = "filament_aan"

  Do Until frm_Automatic.Txt_LinkOntvangen.Text = "filamentklaar"
    DoEvents
  Loop

' Excel openen
  Set Spreadsheet = CreateObject("excel.application")
  Spreadsheet.Workbooks.Open "c:\QS32BIT\Combinaties.xls"
  Spreadsheet.Visible = True

' Brandtijd laden uit Excel
  Brandtijd = Spreadsheet.worksheets(1).cells(1, 6).Value
  FilamentAanTijd = Now

' Operator melding geven om het filament te vervangen als dit nodig is
  If Brandtijd > (2000 / 24) Then Call MsgBox("Filament needs to be replaced", ,
  "Filament")

' Excel sluiten
  Spreadsheet.Workbooks.Close

' Brandtijd visualiseren

```

```

frm_Automatic.Lbl_BrandRegistratie = Brandtijd

' Status van het filament bewaren
  Filament = True

' Menu's juist zetten
  MDIHead.Mnu_FilamentAan.Enabled = False
  MDIHead.Mnu_FilamentUit.Enabled = True

```

End Sub

Om het filament in te schakelen worden volgende stappen uitgevoerd:

- Het filament inschakelen via DDE communicatie met het Quadstar programma.
- De vorige brandtijd uit Excel halen.
- De vorige brandtijd visualiseren.
- De status van het filament bewaren.
- De menu's juist zetten .

7.4.3.15 De kleppen schakelen

```
Public Sub VerwisselKlepStand(ByRef Klep() As Boolean)
```

```

' Variabelen declareren
  Dim i As Integer
  Dim OK As Boolean

' Variabele resetten
  OK = False

' Klepstand uitlezen
  Call Klepstand(KlepOpen(), KlepGesloten())

' Lus uitvoeren tot alle klepstanden juist zijn
  Do Until OK = True
    For i = 1 To 7

' Juiste kleppen openen of sluiten
      If Klep(i) = True And KlepGesloten(i) = True And KlepOpen(i) = False Then
        OpenKlep (i)
      ElseIf Klep(i) = False And KlepGesloten(i) = False And KlepOpen(i) = True
        Then
          SluitKlep (i)
        End If
      Next

' Wachten
      Wacht (0.5)
      OK = True

' Klepstanden uitlezen
      Call Klepstand(KlepOpen(), KlepGesloten())
      For i = 1 To 7

' Controleren op foute klepstanden
        If Klep(i) = True And (KlepGesloten(i) = True Or KlepOpen(i) = False) Then
          Call MsgBox("Position " & i & " is not valid", vbCritical, "Positions")

```

```

        OK = False
    ElseIf Klep(i) = False And (KlepGesloten(i) = False Or KlepOpen(i) = True)
Then
        Call MsgBox("Position " & i & " is not valid", vbCritical, "Positions")
        OK = False
    End If
Next

' Kiezen of er nogmaals moet geprobeerd worden
If OK = False Then
    If MsgBox("Do you wish to retry?", vbYesNo, "Retry?") = vbNo Then
        OK = True
        Stoppen = True
    End If
End If
Loop

End Sub

```

Om de kleppen te schakelen worden volgende stappen uitgevoerd

- De klepstand inlezen.
- De huidige klepstand vergelijken met de gewenste klepstand en schakelen indien nodig.
- Een korte tijd wachten.
- De reële klepstand vergelijken met de gewenste stand.

Indien de standen niet overeenkomen met de gewenste stand wordt een foutmelding getoond, de operator kan hierna kiezen of hij/zij de procedure wil herhalen.

7.4.3.16 Vacuüm trekken

```
Public Sub Vacumeren(klep6 As Boolean)
```

```
    ' Gewenste stand opslaan in een variabele
    Standen(7) = True
```

```
    ' Klepstanden verwisselen
    Call VerwisselKlepStand(Standen())
```

```
    ' Poort openen als deze gesloten is
    If PoortOpen = False Then Call openpoort
```

```
    ' Lus uitvoeren tot de druk uitgelezen door de baratron laag genoeg is
    Do Until (Drukken(PositieBara) < 0.0001) And Statussen(PositieBara) = 0
```

```
    ' Taken buiten de lus ook uitvoeren
    DoEvents
```

```
    ' Baratron uitlezen
    Call StartUitlezen(PositieBara)
    Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)
Loop
```

```
    ' Uitlezen stoppen en poort sluiten
    Statussen(PositieBara) = 8
    If PoortOpen = True Then Call sluitpoort
```

```

' Gewenste stand opslaan in een variabele
  Standen(6) = klep6

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gedurende een bepaalde tijd verder vacuüm trekken
  TellerStart ((VacumeerTijd))

' Visualisatie van de teller wissen
  MDIHead.ActiveForm.Lbl_Teller.Caption = ""

' Gewenste standen opslaan in een variabele
  Standen(6) = False
  Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

End Sub

```

Als parameter moet opgegeven worden of klep 6 (welke het inlaatsysteem met de massaspectrometer verbindt, geopend dient te worden. Vervolgens worden volgende stappen uitgevoerd:

- De klep die de pomp afsluit van het systeem (klep 7) openen.
- De COM poort openen.
- De druk van de baratron uitlezen en wachten tot deze druk laag genoeg is.
- Het uitlezen stoppen en de COM poort sluiten.
- Indien dit gewenst is klep 6 openen.
- Een ingestelde tijd verder vacuüm trekken.
- De kleppen 6 en 7 sluiten.

7.4.3.17 Het Quadstar programma openen

```

Public Sub OpenProgrammas()

' Quadstar programma openen als dit niet geopend is
  If MeetProgrammaAan = False Then
    ChDrive ("c:\")
    ChDir ("C:\QS32BIT")
    Call Shell(CurDir & "\measure.exe", vbMaximizedFocus)

' Sequentie "link" openen
  Call SendKeys("%(UE)C:\QS32BIT\sequenties\link.sqe%(O)", True)

' Status van het Quadstar programma verifiëren via DDE
  Do While MDIHead.ActiveForm.Txt_LinkOntvangen.Text <> "linked"
    DoEvents
    MDIHead.ActiveForm.Lbl_Info.Caption = "wachten op link"
  Loop

' Status van het Quadstar programma visualiseren
  MDIHead.ActiveForm.Lbl_Info.Caption = "Linked"
  MDIHead.ActiveForm.Txt_LinkOntvangen.Text = ""

```

```

' Filament aanzetten
  Call FilamentAan

' Menu's juist zetten
  MDIHead.Mnu_MeetprogrammaAan.Enabled = False
  MDIHead.Mnu_MeetprogrammaUit.Enabled = True
  MDIHead.Mnu_Filament.Enabled = True

' Status van het Quadstar programma bewaren
  MeetProgrammaAan = True
End If

End Sub

```

Om het Quadstar meetprogramma te openen worden de volgende stappen uitgevoerd:

- Het programma openen via het "Shell" commando.
- De sequentie "link" openen via het "SendKeys" commando.
- Wachten op antwoord van het Quadstar programma.
- Status visualiseren.
- Filament aanzetten.
- Menu 's juist zetten.
- Status van het Quadstar programma bijhouden.

7.4.3.18 Het Quadstar programma sluiten

```

Public Sub SluitProgrammas()

' Quadstar programma sluiten als dit niet geopend is
  If MeetProgrammaAan = True Then

' Filament uitschakelen
  Call FilamentUit

' Quadstar programma sluiten via DDE
  frm_Automatic.Txt_LinkZenden.Text = "sluit"

' Menu's juist zetten
  MDIHead.Mnu_MeetprogrammaAan.Enabled = True
  MDIHead.Mnu_MeetprogrammaUit.Enabled = False
  MDIHead.Mnu_Filament.Enabled = False

' Status van het Quadstar programma bewaren
  MeetProgrammaAan = False
End If

End Sub

```

Om het Quadstar meetprogramma te sluiten worden de volgende stappen uitgevoerd:

- Het filament uitzetten.
- Het programma sluiten door de tekst "sluit" via DDE door te sturen.
- De menu 's juist zetten.
- De status van het Quadstar programma bijhouden.

7.4.3.19 Het Quadstar programma maximaliseren

Public Sub Maximaliseer()

```
' Quadstar programma maximaliseren
  Call AppActivate("PFEIFFER VACUUM QUADSTAR 32-bit Measurement")
  Call SendKeys("% m", True)
```

End Sub

Om het Quadstar programma te maximaliseren wordt het eerst geactiveerd door het "AppActivate" commando. Hierna wordt het programma via het "SendKeys" commando gemaximaliseerd.

7.4.4 MDIhead

Dit scherm is het hoofdscherm. Hierin bevinden zich de menu's, de timer voor de uitlezing van de kleppen en de maxigauge en de MSComm control. Vanuit dit scherm kunnen de andere schermen opgeroepen worden.

7.4.4.1 Formulier laden

Private Sub MDIForm_Load()

```
' I/O kaart resetten
  DAQmxErrChk DAQmxResetDevice("Dev2")

' Initialiseren van waarden
  TaakBezig = False
  Uitlezing = False
  PoortOpen = False
  MeetProgrammaAan = False
  Filament = False

' Initialiseren van menu's
  Mnu_Meetprogramma.Enabled = False
  Mnu_Filament.Enabled = False
  Mnu_Uitlezing.Enabled = False

' Initialiseren van statussen
  Dim i As Integer
  For i = 1 To 6
    Statussen(i) = 8
  Next

' Excel openen
  Set Spreadsheet = CreateObject("excel.application")
  Spreadsheet.Workbooks.Open "c:\QS32BIT\Combinaties.xls"
  Spreadsheet.Visible = True

' Paramters ophalen
  WachtTijd = Spreadsheet.worksheets(2).cells(1, 1)
  VacumeerTijd = Spreadsheet.worksheets(2).cells(2, 1)
  PositieBara = Spreadsheet.worksheets(2).cells(3, 1)
  PositiePiezo = Spreadsheet.worksheets(2).cells(4, 1)
  InlaatDruk = Spreadsheet.worksheets(2).cells(5, 1)
```

```
' Excel sluiten
  Spreadsheet.Workbooks.Close
```

```
End Sub
```

Bij het laden van het formulier, dit gebeurt bij het opstarten van het programma, worden volgende stappen uitgevoerd.

- Alle kleppen sluiten.
- Enkele variabelen instellen op de juiste waarde.
- De menu's deactiveren die niet van toepassing zijn.
- De parameters ophalen uit de spreadsheet.

7.4.4.2 Formulier beëindigen

```
Private Sub MDIForm_Terminate()
```

```
' I/O kaart resetten
  DAQmxErrChk DAQmxResetDevice("Dev2")
```

```
' Quadstar programma sluiten
  Call SluitProgrammas
```

```
End Sub
```

Wanneer het formulier beëindigd wordt zullen alle kleppen worden gesloten en het Quadstar programma zal worden beëindigd.

7.4.4.3 Menu automatic

```
Private Sub Mnu_Automatic_Click()
```

```
' Formulier "Automatic" openen
  frm_Manual.Hide
  frm_Manual.Enabled = False
  frm_Automatic.Show
  frm_Automatic.Enabled = True
  Timer1.Enabled = True
  Mnu_Manual.Enabled = True
  Mnu_Automatic.Enabled = False
```

```
End Sub
```

Als er op het menu "Automatic" geklikt wordt zal het formulier "Frm_Automatic" geopend worden en de timer voor de uitlezing van de klepstand ingeschakeld worden.

7.4.4.4 Menu manual

```
Private Sub Mnu_Manual_Click()
```

```
' Formulier "Manual" openen
  frm_Automatic.Hide
  frm_Automatic.Enabled = False
  frm_Manual.Show
```

```

frm_Manual.Enabled = True
Timer1.Enabled = True
Mnu_Automatic.Enabled = True
Mnu_Manual.Enabled = False

```

End Sub

Als er op het menu "Manual" geklikt wordt zal het formulier "Frm_Manual" geopend worden en de timer voor de uitlezing van de klepstand ingeschakeld worden.

7.4.4.5 Menu properties

```

Private Sub Mnu_Properties_Click()

```

```

' Formulier "Properties" openen
  frm_Properties.Show
  frm_Properties.Enabled = True
  If Timer1.Enabled = True Then TimerAan = True
  Timer1.Enabled = False

```

End Sub

Als er op het menu "Properties" geklikt wordt zal het formulier "Frm_Properties" geopend worden en de timer voor de uitlezing van de klepstand uitgeschakeld worden. De status van deze timer wordt bewaard om deze terug in te kunnen schakelen indien deze ingeschakeld was.

7.4.4.6 Menu meetprogramma aan

```

Private Sub Mnu_MeetprogrammaAan_Click()

```

```

' Qaudstar programma openen
  Call OpenProgrammas

```

End Sub

Het menu "Quadstar program on" voert de sub "OpenProgrammas" uit zodat het Quadstar programma wordt geopend.

7.4.4.7 Menu meetprogramma uit

```

Private Sub Mnu_MeetprogrammaUit_Click()

```

```

' Quadstar programma openen
  Call SluitProgrammas

```

End Sub

Het menu "Quadstar program off" voert de sub "SluitProgrammas" uit zodat het Quadstar programma wordt gesloten.

7.4.4.8 Menu filament aan

```
Private Sub Mnu_FilamentAan_Click()
```

```
' Filament inschakelen  
Call FilamentAan
```

```
End Sub
```

Het menu "Filament on" voert de sub "FilamentAan" uit zodat het Filament en de SEM opgezet worden.

7.4.4.9 Menu filament uit

```
Private Sub Mnu_FilamentUit_click()
```

```
' Filament uitschakelen  
Call FilamentUit
```

```
End Sub
```

Het menu "Filament off" voert de sub "FilamentUit" uit zodat het Filament en de SEM afgezet worden.

7.4.4.10 Menu start uitlezing

```
Private Sub Mnu_StartUitlezing_Click()
```

```
' COM poort openen  
If PoortOpen = False Then Call openpoort
```

```
' Uitlezing starten  
Uitlezing = True
```

```
' Menu's juist zetten  
Mnu_StopUitlezing.Enabled = True  
Mnu_StartUitlezing.Enabled = False
```

```
End Sub
```

Via het menu "Start reading" wordt de uitlezing van de maxigauge gestart via de timer "Timer1" (zie 7.4.4.12)

7.4.4.11 Menu stop uitlezing

```
Private Sub Mnu_StopUitlezing_Click()
```

```
' Uitlezing stoppen  
Uitlezing = False
```

```
' COM poort sluiten  
If PoortOpen = True Then Call sluitpoort
```

```
' Menu's juist zetten  
Mnu_StopUitlezing.Enabled = False
```

```
Mnu_StartUitlezing.Enabled = True
```

```
End Sub
```

Via het menu "Stop reading" wordt de uitlezing van de maxigauge gestopt.

7.4.4.12 Timer 1

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
' Variabele declareren
```

```
Dim i As Integer
```

```
' Lees klepstand uit
```

```
Call Klepstand(KlepOpen(), KlepGesloten())
```

```
' Lees maxigauge uit indien gewenst
```

```
If Uitlezing = True Then
```

```
Call StartUitlezen(PositieBara)
```

```
Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)
```

```
Call StartUitlezen(PositiePiezo)
```

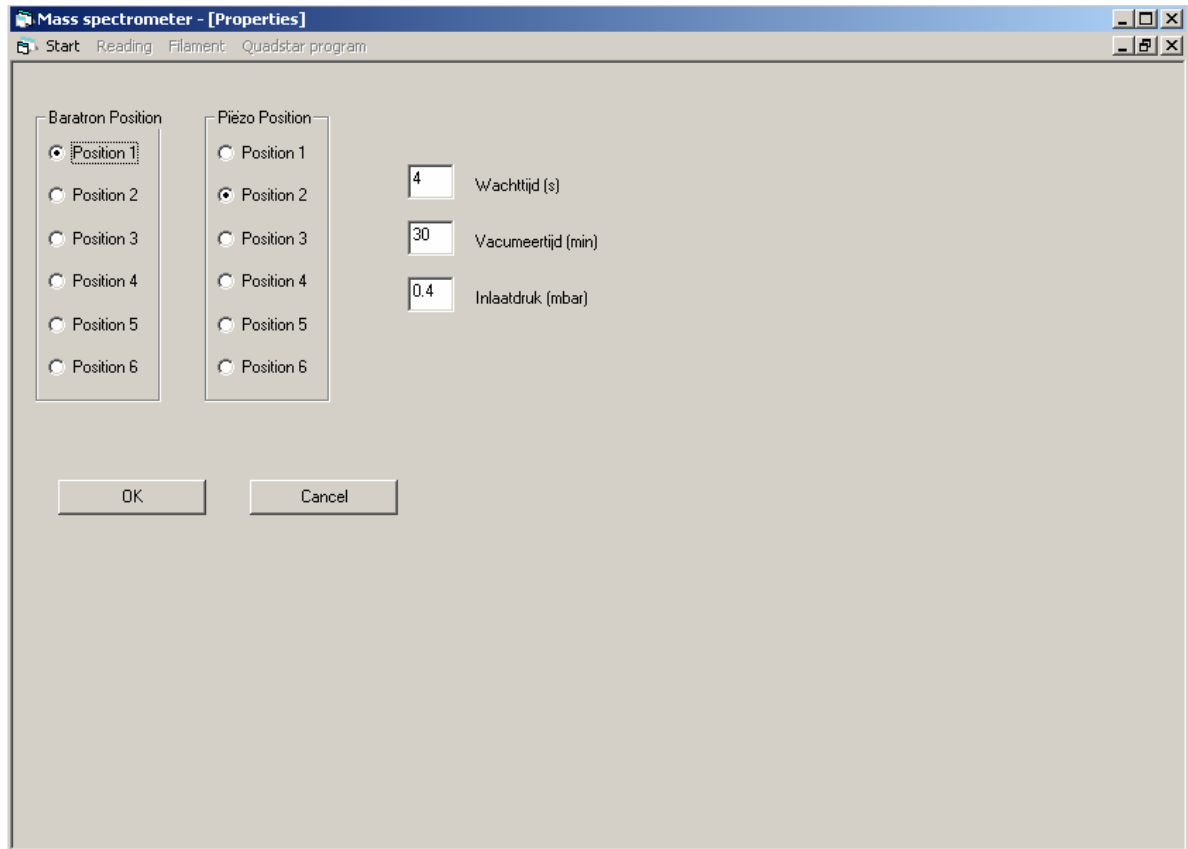
```
Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositiePiezo)
```

```
End If
```

```
End Sub
```

Wanneer de timer geactiveerd is wordt de klepstand uitgelezen. Indien ook de variabele "Uitlezing" op de waarde "true" staat wordt ook de maxigauge uitgelezen.

7.4.5 Properties



Figuur 7.3 Het "Properties" scherm

In het scherm "Properties" kunnen enkele parameters ingesteld worden:

- de plaats van de baratron en piëzo op de maxigauge
- de gewenste inlaatdruk
- de wachttijd na het vacuüm trekken
- de wachttijd na het verwisselen van de klepstand

Deze parameters worden opgeslagen in de Excel spreadsheet op bladzijde 2. Bij het starten van de Visual Basic applicatie worden al deze parameters opgehaald uit het Excel bestand.

7.4.5.1 Formulier laden

Private Sub Form_Load()

' Gegevens ophalen uit variabelen

Opt_Bara(PositieBara - 1) = True

Opt_Piezo(PositiePiezo - 1) = True

Txt_VacumeerTijd = VacumeerTijd

Txt_WachtTijd = WachtTijd

Txt_InlaatDruk = InlaatDruk

' Menu 's juist zetten

Mnu_Meetprogramma.Enabled = False

Mnu_Filament.Enabled = False

```
Mnu_Uitlezing.Enabled = False
```

```
End Sub
```

Wanneer het formulier geladen wordt, worden alle tekstvelden en option buttons op de waarde gezet waarop het systeem is ingesteld en de menu's worden allemaal uitgeschakeld.

7.4.5.2 OK knop

```
Private Sub Cmd_OK_Click()
```

```
' Waarden opslaan in variabelen
```

```
For i = 1 To 6
```

```
    If Opt_Bara(i - 1) = True Then PositieBara = i
```

```
    If Opt_Piezo(i - 1) = True Then PositiePiezo = i
```

```
Next
```

```
VacumeerTijd = Val(Txt_VacumeerTijd.Text)
```

```
WachtTijd = Val(Txt_WachtTijd.Text)
```

```
InlaatDruk = Val(Txt_InlaatDruk.Text)
```

```
' Controle van posities
```

```
If PositieBara = PositiePiezo Then
```

```
    Call MsgBox("Position of Baratron and Piezo cannot be the same!", vbCritical, "Error")
```

```
Else
```

```
' Excel openen
```

```
Set Spreadsheet = CreateObject("excel.application")
```

```
Spreadsheet.Workbooks.Open "c:\QS32BIT\Combinaties.xls"
```

```
Spreadsheet.Visible = True
```

```
' Waarden opslaan in excel
```

```
Spreadsheet.worksheets(2).cells(1, 1) = WachtTijd
```

```
Spreadsheet.worksheets(2).cells(2, 1) = VacumeerTijd
```

```
Spreadsheet.worksheets(2).cells(3, 1) = PositieBara
```

```
Spreadsheet.worksheets(2).cells(4, 1) = PositiePiezo
```

```
Spreadsheet.worksheets(2).cells(5, 1) = InlaatDruk
```

```
' Excel sluiten
```

```
Spreadsheet.activeWorkbook.Save
```

```
Spreadsheet.Workbooks.Close
```

```
' Formulier verbergen
```

```
Unload Me
```

```
' Timer voor uitlezing inschakelen als deze ingeschakeld was
```

```
If TimerAan = True Then MDIHead.Timer1.Enabled = True
```

```
TimerAan = False
```

```
End If
```

```
End Sub
```

Wanneer op de OK knop wordt gedrukt zullen alle parameters opgeslagen worden in de variabelen van het programma en in de spreadsheet. Hierna wordt het formulier gesloten en kan het programma verder gebruikt worden met de nieuwe instellingen.

Indien de timer aan stond voor het formulier werd geopend wordt deze terug aan gezet.

7.4.5.3 Cancel knop

```
Private Sub Cmd_Cancel_Click()
```

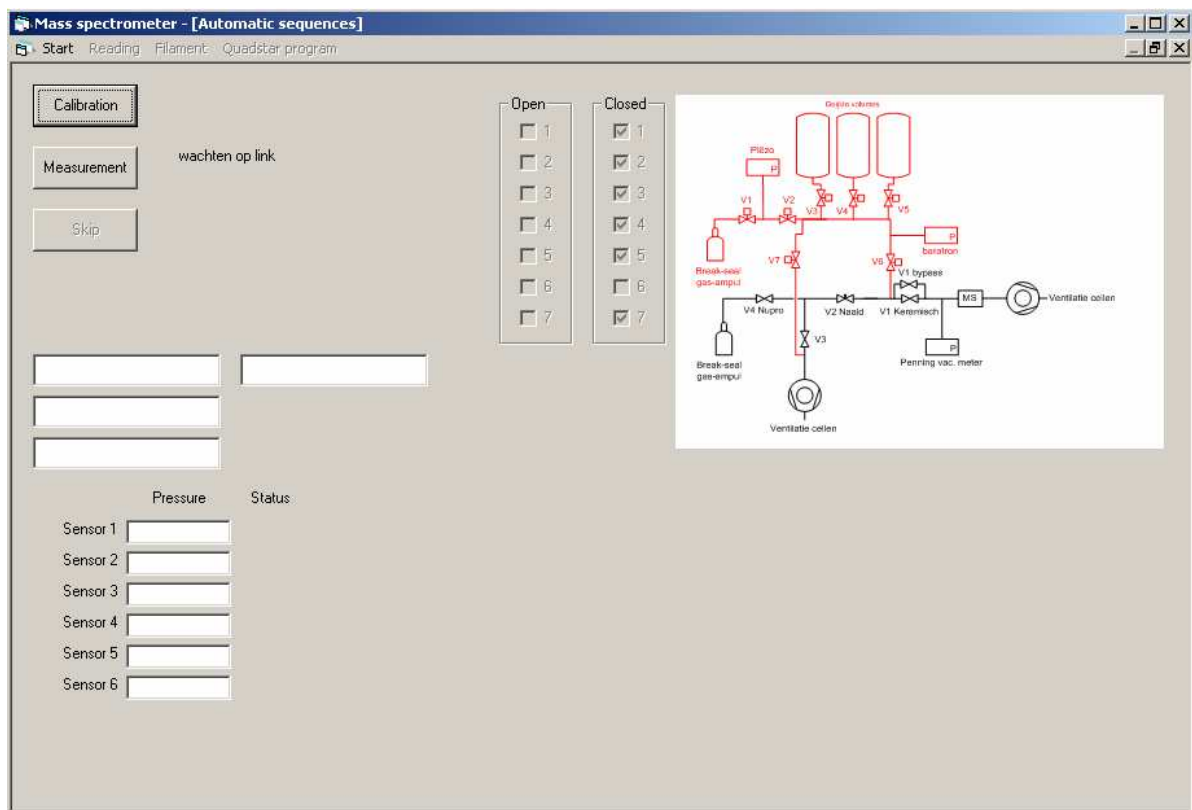
```
' Formulier verbergen
Unload Me
```

```
' Timer voor uitlezing inschakelen als deze ingeschakeld was
If TimerAan = True Then MDIHead.Timer1.Enabled = True
TimerAan = False
```

```
End Sub
```

Wanneer op de Cancel knop wordt gedrukt zal het formulier sluiten zonder dat de parameters ergens opgeslagen worden. Indien de timer aan stond voor het openen van het formulier zal deze terug aangezet worden.

7.4.6 Automatic



Figuur 7.4 Het "Automatic" scherm

In dit formulier zit de controle voor het automatisch sturen van het systeem. Dit wil zeggen dat hier kan gekozen worden uit 2 hoofdsequenties:

- ijken
- meten

Ook hier wordt de klepstand en de drukmeting gevisualiseerd zodat de operator altijd een controle heeft van de klepstanden en drukken.

7.4.6.1 Het formulier laden

```
Private Sub Form_Activate()

' Quadstar programma openen en filament aanzetten
  Call OpenProgrammas

' Menu's juist zetten
  MDIHead.Mnu_Uitlezing.Enabled = True
  MDIHead.Mnu_Filament.Enabled = True
  MDIHead.Mnu_Meetprogramma.Enabled = True

' Tekstvakken en Labels leegmaken
  For i = 0 To 5
    Txt_Druk(i).Text = ""
    Lbl_Status(i).Caption = ""
    Txt_Druk(i).Enabled = False
  Next

End Sub
```

Bij het laden van het formulier doet de Visual Basic applicatie 3 dingen: de menu 's worden juist gezet, de tekstvakken en labels om de drukmeting te visualiseren worden gewist en het Quadstar programma wordt geopend.

7.4.6.2 Het formulier ontladen

```
Private Sub Form_Deactivate()

' Quadstar programma sluiten en filament uitzetten
  Call SluitProgrammas

' Menu's juist zetten
  MDIHead.Mnu_Uitlezing.Enabled = False
  MDIHead.Mnu_Filament.Enabled = False
  MDIHead.Mnu_Meetprogramma.Enabled = False

End Sub
```

Bij het ontladen van het formulier wordt het Quadstar programma gesloten, het filament uitgeschakeld en de menu's worden gedeactiveerd.

7.4.6.3 Skip knop

```
Private Sub Cmd_Skip_Click()

' Variabele activeren om een stap over te slaan
  Skip = True

End Sub
```

Deze knop zet de variabele "Skip" op de waarde "true" om bepaalde delen van de sequentie (de teller en de controle van de penning) te kunnen overslaan indien de operator dit wenst.

7.4.6.4 Stop knop

```
Private Sub Cmd_Stop_Click()
```

```
' Variabele activeren om te stoppen
  Stoppen = True
```

```
End Sub
```

Deze knop zet de variabele "Stoppen" op de waarde "true" om de meting of ijking te kunnen stoppen indien de operator dit wenst.

7.4.6.5 Calibration knop

```
Private Sub Cmd_Calibreren_Click()
```

```
' Variabelen declareren
  Dim i, j, k As Integer
  Dim CalibratieDruk(11) As Single
  Dim Volumes(5) As Boolean
  Dim AantalIJkgassen As Integer
```

```
' Calibratiedrukken opgeven
  CalibratieDruk(1) = 0.7
  CalibratieDruk(2) = 0.5
  CalibratieDruk(3) = 0.4
  CalibratieDruk(4) = 0.35
  CalibratieDruk(5) = 0.3
  CalibratieDruk(6) = 0.25
  CalibratieDruk(7) = 0.2
  CalibratieDruk(8) = 0.15
  CalibratieDruk(9) = 0.1
  CalibratieDruk(10) = 0.05
  CalibratieDruk(11) = 0.025
```

```
' Variabele resetten
  Stoppen = False
```

```
' Gewenste standen opslaan in variabelen
  For i = 1 To 7
    Standen(i) = False
  Next
```

```
' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())
```

```
' Knop juist zetten
  Cmd_Meten.Enabled = False
  Cmd_Calibreren.Enabled = False
```

```
' Handeling van de operator
  If MsgBox("Is this a cold start?", vbYesNo, "Cold start") = vbYes Then
```

```

' Visualiseren
  Lbl_Info.Caption = "Cold Start"

' Digitale I/O kaart resetten
  DAQmxErrChk DAQmxResetDevice("Dev2")

' Handeling van de operator
  If MsgBox("Open the valve (V1) in front of the mass spectrometer", vbOKOnly,
"Open Valve") = vbOK Then

' Handeling van de operator
  If MsgBox("Start the 2 pumps", vbOKOnly, "Start pumps") = vbOK Then

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = False
  Standen(2) = True
  Standen(3) = True
  Standen(4) = True
  Standen(5) = True
  Standen(6) = False
  Standen(7) = True

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Handeling van de operator
  If MsgBox("Power on the pressure measurement equipment", vbOKOnly,
"Power on pressure measurement") = vbOK Then

' Visualiseren
  Lbl_Info.Caption = "Initialising meters and degassing"

' Vacumeren
  Call Vacumeren(True)

' Handeling van de operator
  If MsgBox("Close the valve (V1) in front of the mass spectrometer",
vbOKOnly, "Close Valve") = vbOK Then
    GoTo Ontgassen
  End If
  End If
  End If
  Else
    GoTo Ontgassen

  End If

```

Ontgassen:

```

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = False
  Standen(2) = True
  Standen(3) = True
  Standen(4) = True
  Standen(5) = True
  Standen(6) = False

```

```

Standen(7) = True

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Handeling van de operator
  If MsgBox("Do you wish to degas the installation?", vbYesNo, "Degassing") = vbYes
  Then

' Visualiseren
  Lbl_Info.Caption = "Degassing"

' Handeling van de operator
  If MsgBox("Degas the installation and begin powering on the measurement units
tomorrow", vbOKOnly, "Degassing") = vbOK Then
    GoTo OpstartenMeetgedeeltes
  End If
Else
  GoTo OpstartenMeetgedeeltes
End If

OpstartenMeetgedeeltes:

' Gewenste standen opslaan in variabelen
Standen(1) = False
Standen(2) = True
Standen(3) = True
Standen(4) = True
Standen(5) = True
Standen(6) = False
Standen(7) = True

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Handeling van de operator
  If MsgBox("Are the measurement units powered on?", vbYesNo, "Power on
measurement units") = vbNo Then

' Visualiseren
  Lbl_Info.Caption = "Powering on measurement units"

' Handeling van de operator
  If MsgBox("Power on the QMG422 and the baratron.", vbOKOnly, "Power on
measurement units") = vbOK Then

' Visualiseren
  Lbl_Info.Caption = "Warming up 1/2 h"

' Teller starten
  Cmd_Skip.Enabled = True
  TellerStart ((30 * 60))
  Lbl_Teller.Caption = ""

' Quadstar programma openen
  If MeetProgrammaAan = False Then OpenProgrammas

' Handeling van de operator

```

```

        If MsgBox("Warm up for 1 night and start calibration tomorrow", vbOKOnly,
"Power on devices") = vbOK Then
            GoTo IJken
        End If
    End If
Else
    GoTo IJken
End If

```

IJken:

```

' Excel openen
Set Spreadsheet = CreateObject("excel.application")
Spreadsheet.Workbooks.Open "c:\QS32BIT\Combinaties.xls"
Spreadsheet.Visible = False

' Controleren of de meting gestopt wordt
If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Aantal ijkassen opgeven
AantalIJkgassen = InputBox("Specify the number of calibration gasses that need to
be measured", "Number of calibration gasses", "11")

    For i = 1 To AantalIJkgassen

' Controleren of de meting gestopt wordt
        If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Visualiseren
            Lbl_Info.Caption = "Connect calibrationgas " & i

' Handeling van de operator
            If MsgBox("Connect the calibrationgas and make sure it's closed" & i, vbOKCancel,
"Connect calibrationgas") = vbOK Then

```

lekttest:

```

' Gewenste standen opslaan in variabelen
Standen(1) = False
Standen(2) = True
Standen(3) = True
Standen(4) = True
Standen(5) = True
Standen(6) = False
Standen(7) = True

' Klepstanden verwisselen
Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Vacumeren
Call Vacumeren(True)

' Controleren of de meting gestopt wordt
If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Teller starten
Cmd_Skip.Enabled = True
TellerStart (9 * 60)

```

```

    Lbl_Teller.Caption = ""

' Gewenste standen opslaan in variabelen
    Standen(1) = True
    Standen(2) = True
    Standen(3) = True
    Standen(4) = True
    Standen(5) = True
    Standen(6) = False
    Standen(7) = True

' Klepstanden verwisselen
    Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Teller starten
    Cmd_Skip.Enabled = True
    TellerStart (1 * 60)
    Lbl_Teller.Caption = ""

' Controleren of de meting gestopt wordt
    If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Gewenste standen opslaan in variabelen
    Standen(1) = False
    Standen(2) = True
    Standen(3) = True
    Standen(4) = True
    Standen(5) = True
    Standen(6) = False
    Standen(7) = True

' Klepstanden verwisselen
    Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gewenste standen opslaan in een variabele
    Standen(1) = True
    Standen(2) = False
    Standen(3) = False
    Standen(4) = False
    Standen(5) = False
    Standen(6) = False
    Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
    Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
    Call Wacht(WachtTijd)

' Druk van de baratron uitlezen
    If PoortOpen = False Then Call openpoort
    Call StartUitlezen(PositieBara)
    Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)

' Druk bewaren
    DrukLekTest = Drukken(PositieBara)

' Wachten

```

```

    Call Wacht(10)

' Druk van de baratron opnieuw uitlezen
  If PoortOpen = False Then Call openpoort
  Call StartUitlezen(PositieBara)
  Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)

' Drukken vergelijken en beslissen wat de volgende stap wordt
  If Drukken(PositieBara) < (DrukLekTest + 0.01) Then
    GoTo openen
  Else

' Gewenste Klepstand opslaan in een variabele
  Standen(1) = False

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand

  Dim Actie As Integer

' Handeling van de operator
  Actie = MsgBox("Check connection", vbCritical & vbAbortRetryIgnore, "Leak")
  If Actie = vbRetry Then
    GoTo lectest
  ElseIf Actie Is vbIgnore Then
    GoTo openen
  Else

' Visualiseren
  Call MsgBox("Calibration failed", , "Error")
  Exit Sub
  End If
End If

openen:

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Handeling van de operator
  Call MsgBox("Open calibrationgas and set the pressure to +- 200 mbar",
vbOKOnly, "Open gas")

' Vacumeren
  Call Vacumeren(True)

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = False
  Standen(2) = True
  Standen(3) = True
  Standen(4) = True
  Standen(5) = True
  Standen(6) = False
  Standen(7) = True

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

```

```

' Gas stabiliseren
  Call Wacht(WachtTijd)

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Penning controleren
  Do While DrukPenning < 9
    DoEvents
    DrukPenning = Right(Txt_Penning.Text, 1)
    Lbl_Info.Caption = "Pressure above limit"
    If Skip = True Then Exit Do
  Loop
  Skip = False

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = False
  Standen(2) = True
  Standen(3) = True
  Standen(4) = True
  Standen(5) = True
  Standen(6) = True
  Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Achtergrondscan uitvoeren
  If i = 1 Then
    Txt_LinkZenden = "background scan"

    Do While Txt_LinkOntvangen <> "SCANstart"
      DoEvents
    Loop

    Txt_LinkZenden = ""
    Txt_LinkOntvangen = ""

    Do While Txt_LinkOntvangen <> "SCANklaar"
      DoEvents
    Loop

' Quadstar programma maximaliseren
  Call Maximaliseer
  Call SendKeys("% m", True)

' Printen
  Call SendKeys("(^+p){ENTER}", True)

  Txt_LinkZenden = "Print_klaar"

  Txt_LinkOntvangen = ""
  Txt_LinkZenden = ""

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Visualiseren
  Lbl_Info.Caption = "Background measurement"

```



```

End If

' Achtergrondmeting uitvoeren
  Txt_LinkZenden = "calibration"
  Txt_Index.Text = i
  Do While Txt_LinkOntvangen <> "MIDstart"
    DoEvents
  Loop

  Txt_LinkZenden = ""
  Txt_LinkOntvangen = ""

  Do While Txt_LinkOntvangen <> "achtergrondklaar"
    DoEvents
  Loop

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = False
  Standen(2) = False
  Standen(3) = False
  Standen(4) = False
  Standen(5) = False
  Standen(6) = False
  Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
  Call Wacht(WachtTijd)

' Visualiseren
  Lbl_Info.Caption = "Setting pressure"

' Druk regelen
  Call RegelDruk(1, True)
  For j = 1 To 5
    Volumes(j) = True
  Next

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Gas stabiliseren
  Call Wacht(WachtTijd)

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = False
  Standen(2) = False
  Standen(3) = False
  Standen(4) = False
  Standen(5) = False
  Standen(6) = False
  Standen(7) = False

```

```

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
  Call Wacht(WachtTijd)

' Penning controleren
  Do While DrukPenning < 9
    DoEvents
    DrukPenning = Right(Txt_Penning.Text, 1)
    Lbl_Info.Caption = "Pressure above limit"
    If Skip = True Then Exit Do
  Loop
  Skip = False

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Gewenste stand opslaan in variabele
  Standen(6) = True

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
  Call Wacht(WachtTijd)

' IJking starten
  For j = 1 To 11

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Baratron uitlezen
  If PoortOpen = False Then Call openpoort
  Call StartUitlezen(1)
  Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)

' Gas bijlaten als dit nodig is
  If Drukken(PositieBara) < CalibratieDruk(j) And Statussen(PositieBara) = 0
Then
  Do Until Drukken(PositieBara) > CalibratieDruk(j) Or Statussen(PositieBara)
= 2

    DoEvents
' Baratron uitlezen
  If PoortOpen = False Then Call openpoort
  Call StartUitlezen(PositieBara)
  Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)

' Gas bijlaten uit volume 5
  If Volumes(5) = True Then
  For k = 1 To 10
    OpenKlep (5)
    SluitKlep (5)

    If PoortOpen = False Then Call openpoort
    Call StartUitlezen(PositieBara)

```

```

        Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)
        If Drukken(PositieBara) > CalibratieDruk(j) Or Statussen(PositieBara)
= 2 Then Exit For
        Next
        Volumes(5) = False

' Gas bijlaten uit volume 4
    ElseIf Volumes(4) = True Then
        For k = 1 To 10
            OpenKlep (4)
            SluitKlep (4)

            If PoortOpen = False Then Call openpoort
            Call StartUitlezen(PositieBara)
            Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)
            If Drukken(PositieBara) > CalibratieDruk(j) Or Statussen(PositieBara)
= 2 Then Exit For
            Next
            Volumes(4) = False

' Gas bijlaten uit volume 3
    ElseIf Volumes(3) = True Then
        For k = 1 To 10
            OpenKlep (3)
            SluitKlep (3)

            If PoortOpen = False Then Call openpoort
            Call StartUitlezen(PositieBara)
            Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)
            If Drukken(PositieBara) > CalibratieDruk(j) Or Statussen(PositieBara)
= 2 Then Exit For
            Next
            Volumes(3) = False

' Gas bijlaten uit volume 1
    ElseIf Volumes(1) = True Then
        For k = 1 To 10
            OpenKlep (2)
            SluitKlep (2)

            If PoortOpen = False Then Call openpoort
            Call StartUitlezen(PositieBara)
            Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)
            If Drukken(PositieBara) > CalibratieDruk(j) Or Statussen(PositieBara)
= 2 Then Exit For
            Next
            Volumes(1) = False

' Gas bijlaten uit de drukdoos
    Else
        Standen(2) = True

        Call verwisselklepstanden(Standen())

        Do Until Drukken(PositieBara) > CalibratieDruk(j) Or
Statussen(PositieBara) = 2
            DoEvents

```

```

        OpenKlep (1)
        SluitKlep (1)

        If PoortOpen = False Then Call openpoort
        Call StartUitlezen(PositieBara)
        Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)
    Loop

    Standen(2) = False

    Call verwisselklepstanden(Standen())
    End If
    Loop
    End If

' Baratron uitlezen
    Do Until (Drukken(PositieBara) < CalibratieDruk(j)) And Statussen(PositieBara)
= 0
        DoEvents
        Call StartUitlezen(PositieBara)
        Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)
    Loop

' Uitlezing stoppen
    Statussen(PositieBara) = 8
    If PoortOpen = True Then Call sluitpoort

' Controleren of de meting gestopt wordt
    If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Visualiseren
    Lbl_Info.Caption = "Measurement"

' Meting uitvoeren
    Txt_LinkZenden.Text = "meet"
    Do While Txt_LinkOntvangen <> "meetklaar"
        DoEvents
    Loop
    Txt_LinkZenden = ""
    Txt_LinkOntvangen = ""
Next

    Txt_LinkZenden.Text = "ijkklaar"
    Do While Txt_LinkOntvangen <> "MIDklaar"
        DoEvents
    Loop
    Txt_LinkZenden = ""
    Txt_LinkOntvangen = ""

    GoTo Stoppen

    End If
Next

Stoppen:

' Excel sluiten
    Spreadsheet.activeWorkbook.Save

```

Spreadsheet.Workbooks.Close

```
' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = False
  Standen(2) = True
  Standen(3) = True
  Standen(4) = True
  Standen(5) = True
  Standen(6) = False
  Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Vacumeren
  Call Vacumeren(True)

' Visualiseren
  Lbl_Info.Caption = "Calibration totally done"

' Knop juist zetten
  Cmd_Meten.Enabled = True
  Cmd_Calibreren.Enabled = True

' Variabele resetten
  Stoppen = False
```

End Sub

Deze code voert de sequentie uit om het systeem op te starten en te ijken (zie 2.2.1 en 2.2.2).

7.4.6.6 Measurement knop

```
Private Sub Cmd_Meten_Click()

' Variabele declareren
  Dim i As Integer

' Variabele resetten
  Stoppen = False

' Knop juist zetten
  Cmd_Calibreren.Enabled = False
  Cmd_Meten.Enabled = False

' Poort openen
  If PoortOpen = False Then Call openpoort

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  For i = 1 To 7
    Standen(i) = False
  Next

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())
```

```

' Excel openen
  Set Spreadsheet = CreateObject("excel.application")
  Spreadsheet.Workbooks.Open "c:\QS32BIT\Combinaties.xls"
  Spreadsheet.Visible = True

' Handeling van de operator
  If MsgBox("Connect the gas to the installation and make sure the ampule is open",
vbOKCancel, "Connect gas") = vbOK Then

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Visualiseren
  Lbl_Info.Caption = "Connect gas"

lektest:

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = True
  Standen(2) = True
  Standen(3) = True
  Standen(4) = True
  Standen(5) = True
  Standen(6) = False
  Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' vacumeren
  Call Vacumeren(True)

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(6) = True
  Standen(7) = True

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Teller starten
  Cmd_Skip.Enabled = True
  TellerStart (10 * 60)
  Lbl_Teller.Caption = ""

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = True
  Standen(2) = False
  Standen(3) = False
  Standen(4) = False
  Standen(5) = False
  Standen(6) = False
  Standen(7) = False

```

```

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
  Call Wacht(WachtTijd)

' Druk van de baratron uitlezen
  If PoortOpen = False Then Call openpoort
  Call StartUitlezen(PositieBara)
  Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)

' Druk bewaren
  DrukLekTest = Drukken(PositieBara)

' Wachten
  Call Wacht(10)

' Druk van de baratron opnieuw uitlezen
  If PoortOpen = False Then Call openpoort
  Call StartUitlezen(PositieBara)
  Call Uitlezen(Drukken(), Statussen(), PositieBara)

' Drukken vergelijken en beslissen wat de volgende stap wordt
  If Drukken(PositieBara) < (DrukLekTest + 0.01) Then
    GoTo openen
  Else

' Gewenste stand opslaan in een variabele
  Standen(1) = False

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand

  Dim Actie As Integer

' Handeling van de operator
  Actie = MsgBox("Check connection", vbCritical & vbAbortRetryIgnore, "Leak")
  If Actie = vbRetry Then
    GoTo lektest
  ElseIf Actie Is vbIgnore Then
    GoTo openen
  Else

' Visualiseren
  Call MsgBox("Calibration failed", , "Error")
  Exit Sub
  End If
End If

openen:

' Penning controleren
  Do While DrukPenning < 9
    DoEvents
    DrukPenning = Right(Txt_Penning.Text, 1)
    Lbl_Info.Caption = "Pressure above limit"
    If Skip = True Then Exit Do

```

```

Loop
Skip = False

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(6) = False
  Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
  Call Wacht(WachtTijd)

  Txt_LinkOntvangen.Text = ""
  Txt_LinkZenden.Text = ""

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = True
  Standen(2) = True
  Standen(3) = True
  Standen(4) = True
  Standen(5) = True
  Standen(6) = True
  Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Visualiseren
  Lbl_Info.Caption = "Background scan"

' Achtergrondscan uitvoeren
  Txt_LinkZenden.Text = "background"

  Do While Txt_LinkOntvangen.Text <> "SCANstart"
    DoEvents
  Loop

  Do While Txt_LinkOntvangen.Text <> "SCANklaar"
    DoEvents
  Loop

  Txt_LinkZenden.Text = ""

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Penning controleren
  Do While DrukPenning < 9
    DoEvents
    DrukPenning = Right(Txt_Penning.Text, 1)
    Lbl_Info.Caption = "Pressure above limit"
    If Skip = True Then Exit Do
  Loop
  Skip = False

```



```

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Achtergrondmeting uitvoeren
  Txt_LinkZenden.Text = "measurement"

' Visualiseren
  Lbl_Info.Caption = "Background measurement"

  Do While Txt_LinkOntvangen.Text <> "MCDstart"
    DoEvents
  Loop
  Do While Txt_LinkOntvangen.Text <> "achtergrondklaar"
    DoEvents
  Loop

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Handelingen van de operator
  Call MsgBox("Close the ampule", , "Close ampule")
  Call MsgBox("Break the break seal", , "Break seal")
  Call MsgBox("Open the ampule", , "Open ampule")

  For i = 1 To 5

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = False
  Standen(2) = True
  Standen(3) = True
  Standen(4) = True
  Standen(5) = True
  Standen(6) = False
  Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
  Call Wacht(WachtTijd)

' Vacumeren
  Call Vacumeren(False)

' Controleren of de meting gestopt wordt
  If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Gewenste standen opslaan in variabelen
  Standen(1) = False
  Standen(2) = False
  Standen(3) = False
  Standen(4) = False
  Standen(5) = False
  Standen(6) = False

```

```

    Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
    Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
    Call Wacht(WachtTijd)

' Controleren of de meting gestopt wordt
    If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Druk regelen
    Call RegelDruk(InlaatDruk)

' Controleren of de meting gestopt wordt
    If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Penning controleren
    Do While DrukPenning < 9
        DoEvents
        DrukPenning = Right(Txt_Penning.Text, 1)
        Lbl_Info.Caption = "Pressure above limit"
        If Skip = True Then Exit Do
    Loop
    Skip = False

' Controleren of de meting gestopt wordt
    If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Gewenste stand opslaan in een variabele
    Standen(6) = True

' Klepstanden verwisselen
    Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Gas stabiliseren
    Call Wacht(0.3)

' Controleren of de meting gestopt wordt
    If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Visualiseren
    Lbl_Info.Caption = "Meting"

' Meting uitvoeren
    Txt_LinkOntvangen.Text = ""
    Txt_LinkZenden.Text = "meet"
    Do While Txt_LinkOntvangen.Text <> "meetklaar"
        DoEvents
    Loop
    Txt_LinkZenden.Text = ""
    Txt_LinkOntvangen.Text = ""
Next

    Txt_LinkZenden.Text = "ijkklaar"
    Txt_LinkOntvangen.Text = ""

    Do While Txt_LinkOntvangen.Text <> "MCDklaar"

```

```

        DoEvents
    Loop

' Controleren of de meting gestopt wordt
    If Stoppen = True Then GoTo Stoppen

' Visualiseren
    Lbl_Info.Caption = "Scan uitvoeren"

' Scan uitvoeren
    Txt_LinkZenden.Text = "background"

    Do While Txt_LinkOntvangen.Text <> "SCANstart"
        DoEvents
    Loop

    Do While Txt_LinkOntvangen.Text <> "SCANklaar"
        DoEvents
    Loop

    Txt_LinkZenden.Text = ""

' Gewenste standen opslaan in variabelen
    Standen(1) = True
    Standen(2) = True
    Standen(3) = True
    Standen(4) = True
    Standen(5) = True
    Standen(6) = False
    Standen(7) = False

' Klepstanden verwisselen
    Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Vacumeren
    Call Vacumeren(True)

' Gewenste stand opslaan in een variabele
    Standen(1) = False

' Klepstanden verwisselen
    Call VerwisselKlepStand(Standen())

' Visualiseren
    Lbl_Info.Caption = "Measurement complete"

    GoTo Stoppen
Else

' Visualiseren
    Lbl_Info.Caption = "Measurement failed"

    GoTo Stoppen
End If

Stoppen:
    Txt_LinkZenden.Text = ""

```

```
Txt_LinkOntvangen.Text = ""
```

```
' Poort sluiten
```

```
  If PoortOpen = True Then Call sluitpoort
```

```
' Excel sluiten
```

```
  Spreadsheet.activeWorkbook.Save
```

```
  Spreadsheet.Workbooks.Close
```

```
' Knop juist zetten
```

```
  Cmd_Calibreren.Enabled = True
```

```
  Cmd_Meten.Enabled = True
```

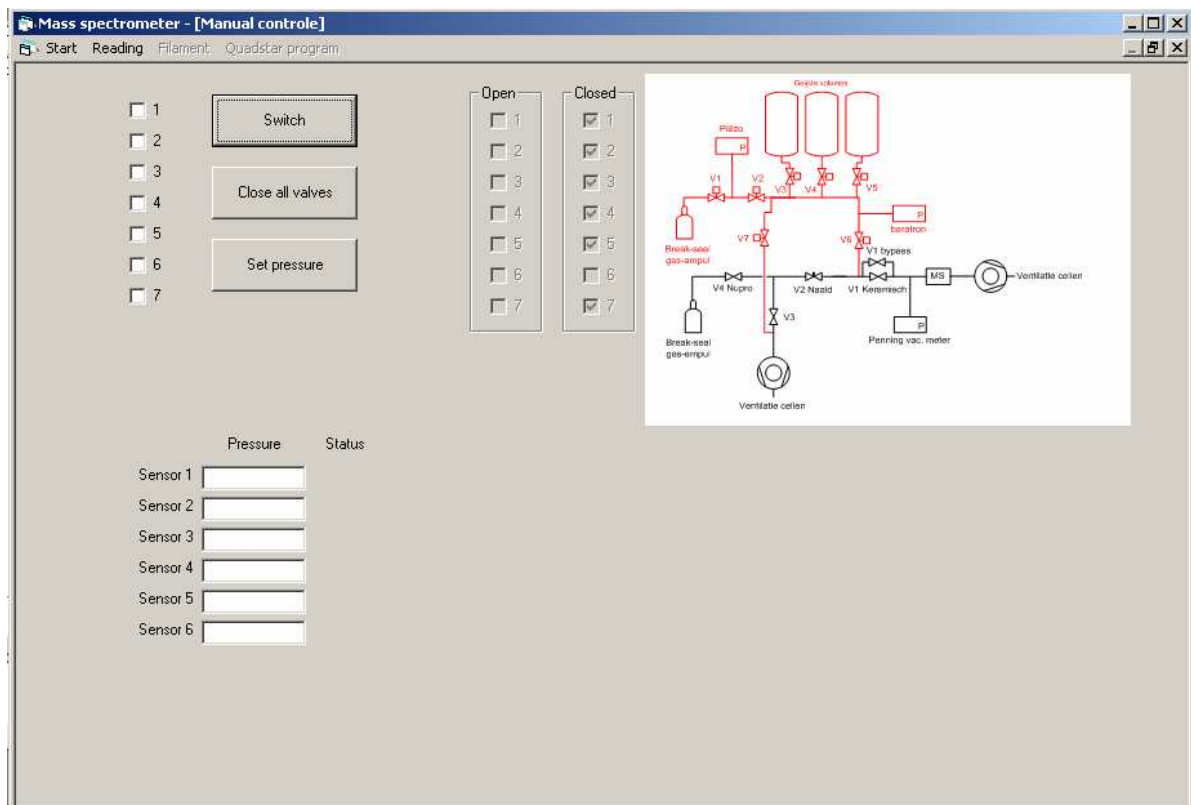
```
' Variabele resetten
```

```
  Stoppen = False
```

```
End Sub
```

Deze code voert de sequentie uit om de meting uit te voeren (zie 2.2.3).

7.4.7 Manual



Figuur 7.5 Het "Manual" scherm

In dit formulier kan het systeem manueel bestuurd worden. Dit houdt in:

- De kleppen afzonderlijk schakelen .
- De digitale I/O kaart resetten (alle kleppen worden gesloten).
- De druk regelen op een gewenste waarde.

Dit formulier is in het programma opgenomen om de mogelijkheid te hebben om het systeem manueel te besturen indien er een speciale meting uitgevoerd moet worden waarvoor geen sequenties geprogrammeerd zijn of wanneer er een fout zit in het hoofdprogramma. In dit formulier is ook de mogelijkheid voorzien om de maxigauge en de klepstand uit te lezen.

7.4.7.1 Formulier laden

```
Private Sub Form_Activate()

' Menu 's juist zetten
  MDIHead.Mnu_Filament.Enabled = False
  MDIHead.Mnu_Meetprogramma.Enabled = False
  MDIHead.Mnu_Uitlezing.Enabled = True

' Labels en tekstvakken juist zetten
  For i = 0 To 5
    Txt_Druk(i).Text = ""
    Lbl_Status(i).Caption = ""
    Txt_Druk(i).Enabled = False
  Next

End Sub
```

Bij het laden van het formulier worden de menu's voor de besturing van het meetprogramma en het filament uitgeschakeld. Het menu voor de uitlezing wordt ingeschakeld.

7.4.7.2 Close all valves knop

```
Private Sub Cmd_Reset_Click()

' I/O kaart resetten
  DAQmxResetDevice ("Dev2")

End Sub
```

Deze knop reset de digitale I/O kaart waardoor alle kleppen gesloten worden.

7.4.7.3 Switch knop

```
Private Sub Cmd_VerwisselStand_Click()

' Variabele declareren
  Dim i As Integer

' Gewenste standen opslaan in variabele
  For i = 1 To 7
    If Chk_Klep(i - 1).Value = Checked Then Standen(i) = 1
    If Chk_Klep(i - 1).Value = Unchecked Then Standen(i) = 0
  Next

' Klepstanden verwisselen
  Call VerwisselKlepStand(Standen())
```

End Sub

Deze knop leest de gewenste standen van de kleppen in en roept de functie "VerwisselKlepStand" op zodat de kleppen in de juiste stand geschakeld worden.

7.4.7.4 Set pressure knop

Private Sub Cmd_Pressure_Click()

' Variabele declareren

Dim GewensteDruk As Single

' Excel openen

Set Spreadsheet = CreateObject("excel.application")

Spreadsheet.Workbooks.Open "c:\QS32BIT\Combinaties.xls"

Spreadsheet.Visible = True

' Gewenste druk ophalen

GewensteDruk = Val(InputBox("Specify pressure in mbar", "Pressure"))

' Druk regelen op de gewenste druk

Call RegelDruk(GewensteDruk)

' Excel sluiten

Spreadsheet.activeWorkbook.Save

Spreadsheet.Workbooks.Close

End Sub

Deze knop zorgt voor het regelen van de druk op een gewenste waarde die door de gebruiker wordt opgegeven via een inputbox. Als deze druk ingegeven is wordt de functie "regeldruk" opgeroepen om de druk te regelen.

BESLUIT

Een nieuw inlaatsysteem werd geïmplementeerd en voldoet aan de vooropgestelde eisen:

De operatorafhankelijkheid van het systeem zal geen probleem meer zijn aangezien alles via de Visual Basic applicatie gestuurd wordt. Dit draagt sterk bij tot de nauwkeurigheid van het systeem.

Omdat de drukregeling van het nieuwe systeem niet werkt via een naaldventiel, maar met geijkte volumes wordt het probleem van de ontmenging sterk verminderd. Hierdoor zullen de metingen nauwkeuriger zijn dan bij het huidige systeem.

Via de Visual Basic applicatie kan de meting met het systeem en de ijking van de massaspectrometer automatisch gebeuren. Hierdoor wordt de arbeidsintensiviteit van het systeem sterk gereduceerd. De operator moet nog enkele handeling manueel uitvoeren.

- De opstart van het systeem onder begeleiding van de Visual Basic applicatie.
- Het aansluiten van de ijkassen en ampullen.
- De verwerking van de meetgegevens.

De mogelijkheden voor de verdere ontwikkeling van het systeem zijn:

- validatie
- visualisatie van de klepstanden en de toestand van het systeem
- automatische verwerking van de meetgegevens

De conclusie is hierbij dat de vooropgestelde doelstellingen gehaald zijn. De ontwikkeling van dit project was voor mij zeer leerrijk omdat ik zelfstandig het volledige project (ontwerpen van een systeem, bestellen van componenten, implementatie, opbouw, programmeren van de sturing) heb kunnen uitvoeren.

LITERATUURLIJST

Pfeiffer Vacuum (2006). Components: Vacuum Technologie. Asslar: Pfeiffer Vacuum GmbH.

Pfeiffer Vacuum (2005). Catalog: Mass spectrometer. Asslar: Pfeiffer Vacuum GmbH.

VAT (2007). Vacuum: Valves 2008. Haag: VAT Vakuumventile AG.

Vermeylen, R. (2000) [Power Point Presentatie]. Pfeiffer Vacuum België: Vacuumtechnologie in de praktijk.

Pfeiffer Vacuum (2005). Maxigauge™: Operating instructions. Asslar: Pfeiffer Vacuum GmbH.

Pfeiffer Vacuum (1999). Quadstar 32-bit: Operating instructions. Asslar: Pfeiffer Vacuum GmbH.

Verpoucke, G., Van Eyck, H. (2005). Massaspectrometrie van gassen. Onuitgegeven werkinstructie, SCK-CEN Dessel.

VAT (2007). Gate valves with orifice, window, foil or filter in the valve gate. Haag: VAT Vakuumventile AG.

VAT (2003). UHV Angle Valve: Installation, operating and maintenance instructions. Haag: VAT Vakuumventile AG.

National Instruments (1999). DAQ: 6527 User manual. Austin: National Instruments Corporation.

Velleman-kit (2004). Universal relay card: Illustrated assembly manual. Gavere: Velleman Kit nv.

BIJLAGE 1: KABELSCHEMA VAN KLEP 1

Klep 1

Klep		Paneel Kleppen			25 pin cable	Rack Sturing				
Connector	Pin	Kabel	draad	Klemmenrij	pin	Klemmenrij	Connector block 2	Kanaal	Relais 1 (output)	Power Supply
6 pins connector PI1	1	Positie Indicator (PI)	1	A1	1	A	48	5V		
6 pins connector PI1	2	Positie Indicator (PI)	2	B1	2	B1	44	DIG IN +0.1		
6 pins connector PI1	5	Positie Indicator (PI)	5	A8	1	A	48	5V		
6 pins connector PI1	6	Positie Indicator (PI)	6	C1	9	C1	28	DIG IN +1.1		
3 pins connector MV1	1	Voeding (MV)	blauw	D1	16	D				V-
3 pins connector MV1	2	Voeding (MV)	bruin	E1	17	E1			NO	
						H1	49	GND		
						H1	45	DIG IN -0.1		
						H8	29	DIG IN -1.1		
									1	V+

Rack Sturing				
Connector Input	Klemmenrij	Klemmenrij	Connector Block 1	Kanaal
1			48	DIG OUT -3.0
VB	I7	I7	47	DIG OUT +3.0

Parallel over elke ingang staat een 4K8 weerstand

BIJLAGE 2: KABELSCHEMA VAN KLEP 2

Klep 2

Klep		Paneel Kleppen			25 pin cable	Rack Sturing				
Connector	Pin	Kabel	draad	Klemmenrij	pin	Klemmenrij	Connector block 2	Kanaal	Relais 2 (output)	Power Supply
6 pins connector PI2	1	Positie Indicator (PI)	1	A2	1	A	48	5V		
6 pins connector PI2	2	Positie Indicator (PI)	2	B2	3	B2	42	DIG IN +0.2		
6 pins connector PI2	5	Positie Indicator (PI)	5	A9	1	A	48	5V		
6 pins connector PI2	6	Positie Indicator (PI)	6	C2	10	C2	26	DIG IN +1.2		
3 pins connector MV2	1	Voeding	blauw	D2	16	D				V-
3 pins connector MV2	2	Voeding	bruin	E2	18	E2			NO	
						H1	49	GND		
						H2	43	DIG IN -0.2		
						H9	27	DIG IN -1.2		
									2	V+

Rack Sturing				
Connector Input	Klemmenrij	Klemmenrij	Connector Block 1	Kanaal
2			46	DIG OUT -3.1
VB	17	I6	45	DIG OUT +3.1

Parallel over elke ingang staat een 4K8 weerstand

BIJLAGE 3: KABELSCHEMA VAN KLEP 3

Klep 3

Klep		Paneel Kleppen			25 pin cable	Rack Sturing				
Connector	Pin	Kabel	draad	Klemmenrij	pin	Klemmenrij	Connector block 2	Kanaal	Relais 3 (output)	Power Supply
6 pins connector PI3	1	Positie Indicator (PI)	1	A3	1	A	48	5V		
6 pins connector PI3	2	Positie Indicator (PI)	2	B3	4	B3	40	DIG IN +0.3		
6 pins connector PI3	5	Positie Indicator (PI)	5	A10	1	A	48	5V		
6 pins connector PI3	6	Positie Indicator (PI)	6	C3	11	C3	24	DIG IN +1.3		
3 pins connector MV3	1	Voeding	blauw	D3	16	D				V-
3 pins connector MV3	2	Voeding	bruin	E3	19	E3			NO	
						H1	49	GND		
						H3	41	DIG IN -0.3		
						H10	25	DIG IN -1.3		
									3	V+

Rack Sturing				
Connector Input	Klemmenrij	Klemmenrij	Connector Block 1	Kanaal
3			44	DIG OUT -3.2
VB	17	I5	43	DIG OUT +3.2

Parallel over elke ingang staat een 4K8 weerstand

BIJLAGE 4: KABELSCHEMA VAN KLEP 4

Klep 4

Klep		Paneel Kleppen			25 pin cable	Rack Sturing				
Connector	Pin	Kabel	draad	Klemmenrij	pin	Klemmenrij	Connector block 2	Kanaal	Relais 4 (output)	Power Supply
6 pins connector PI4	1	Positie Indicator (PI)	1	A4	1	A	48	5V		
6 pins connector PI4	2	Positie Indicator (PI)	2	B4	5	B4	38	DIG IN +0.4		
6 pins connector PI4	5	Positie Indicator (PI)	5	A11	1	A	48	5V		
6 pins connector PI4	6	Positie Indicator (PI)	6	C4	12	C4	22	DIG IN +1.4		
3 pins connector MV4	1	Voeding	blauw	D4	16	D				V-
3 pins connector MV4	2	Voeding	bruin	E4	20	E4			NO	
						H1	49	GND		
						H4	39	DIG IN -0.4		
						H11	23	DIG IN -1.4		
									4	V+

Rack Sturing				
Connector Input	Klemmenrij	Klemmenrij	Connector Block 1	Kanaal
4			42	DIG OUT -3.3
VB	17	I4	41	DIG OUT +3.3

Parallel over elke ingang staat een 4K8 weerstand

BIJLAGE 5: KABELSCHEMA VAN KLEP 5

Klep 5

Klep		Paneel Kleppen			25 pin cable	Rack Sturing				
Connector	Pin	Kabel	draad	Klemmenrij	pin	Klemmenrij	Connector block 2	Kanaal	Relais 5 (output)	Power Supply
6 pins connector PI5	1	Positie Indicator (PI)	1	A5	1	A	48	5V		
6 pins connector PI5	2	Positie Indicator (PI)	2	B5	6	B5	36	DIG IN +0.5		
6 pins connector PI5	5	Positie Indicator (PI)	5	A12	1	A	48	5V		
6 pins connector PI5	6	Positie Indicator (PI)	6	C5	13	C5	20	DIG IN +1.5		
3 pins connector MV5	1	Voeding	blauw	D5	16	D				V-
3 pins connector MV5	2	Voeding	bruin	E5	21	E5			NO	
						H1	49	GND		
						H5	37	DIG IN -0.5		
						H12	21	DIG IN -1.5		
									5	V+

Rack Sturing				
Connector Input	Klemmenrij	Klemmenrij	Connector Block 1	Kanaal
5			40	DIG OUT -3.4
VB	17	I3	39	DIG OUT +3.4

Parallel over elke ingang staat een 4K8 weerstand

BIJLAGE 6: KABELSCHEMA VAN KLEP 6

Klep 6

Klep		Paneel Kleppen			25 pin cable	Rack Sturing				
Connector	Pin	Kabel	draad	Klemmenrij	pin	Klemmenrij	Connector block 2	Kanaal	Relais 6 (output)	Power Supply
6 pins connector PI6	1	Positie Indicator (PI)	1	A6	1	A	48	5V		
6 pins connector PI6	2	Positie Indicator (PI)	2	B6	7	B6	34	DIG IN +0.6		
6 pins connector PI6	5	Positie Indicator (PI)	5	A13	1	A	48	5V		
6 pins connector PI6	6	Positie Indicator (PI)	6	C6	14	C6	18	DIG IN +1.6		
3 pins connector MV6	1	Voeding	blauw	D6	16	D				V-
3 pins connector MV6	2	Voeding	bruin	E6	22	E6			NO	
						H1	49	GND		
						H6	35	DIG IN -0.6		
						H13	19	DIG IN -1.6		
									6	V+

Rack Sturing				
Connector Input	Klemmenrij	Klemmenrij	Connector Block 1	Kanaal
6			38	DIG OUT -3.5
VB	17	I2	37	DIG OUT +3.5

Parallel over elke ingang staat een 4K8 weerstand

BIJLAGE 7: KABELSCHEMA VAN KLEP 7

Klep 7

Klep		Paneel Kleppen			25 pin cable	Rack Sturing				
Connector	Pin	Kabel	draad	Klemmenrij	pin	Klemmenrij	Connector block 2	Kanaal	Relais 7 (output)	Power Supply
6 pins connector PI7	1	Positie Indicator (PI)	1	A7	1	A	48	5V		
6 pins connector PI7	2	Positie Indicator (PI)	2	B7	8	B7	32	DIG IN +0.7		
6 pins connector PI7	5	Positie Indicator (PI)	5	A14	1	A	48	5V		
6 pins connector PI7	6	Positie Indicator (PI)	6	C7	15	C7	16	DIG IN +1.7		
3 pins connector MV7	1	Voeding	blauw	D7	16	D				V-
3 pins connector MV7	2	Voeding	bruin	E7	23	E7			NO	
						H1	49	GND		
						H7	33	DIG IN -0.7		
						H14	17	DIG IN -1.7		
									7	V+

Rack Sturing				
Connector Input	Klemmenrij	Klemmenrij	Connector Block 1	Kanaal
7			36	DIG OUT -3.6
VB	17	I1	35	DIG OUT +3.6

Parallel over elke ingang staat een 4K8 weerstand

BIJLAGE 8: SPREADSHEET "COMBINATIES"

	Startvolume				Eindvolume				einddruk	verschil
	StartVol1	StartVol3	StartVol4	StartVol5	EindVol1	EindVol3	EindVol4	EindVol5		
1	1	0	0	0	1	0	0	0	4,086068	11,91393
2	1	0	0	0	1	1	0	0	1,478227	14,52177
3	1	0	0	0	1	1	1	0	1,413712	14,58629
4	1	0	0	0	1	1	1	1	1,361193	14,63881
5	1	0	0	0	1	0	1	0	3,628375	12,37162
6	1	0	0	0	1	0	1	1	3,301446	12,69855
7	1	0	0	0	1	0	0	1	3,676117	12,32388
8	0	1	0	0	0	1	0	0	15,27515	0,724848
9	0	1	0	0	0	1	1	0	14,56348	1,43652
10	0	1	0	0	0	1	1	1	13,98736	2,012637
11	0	1	0	0	0	1	0	1	14,64258	1,357424
12	0	1	0	0	1	1	0	0	14,26489	1,73511
13	0	1	0	0	1	1	1	0	13,64232	2,357676
14	0	1	0	0	1	1	1	1	13,13551	2,864486
15	0	1	0	0	1	1	0	1	13,71171	2,288294
16	0	0	1	0	0	0	1	0	2,988769	13,01123
17	0	0	1	0	0	1	1	0	1,041327	14,95867
18	0	0	1	0	0	1	1	1	1,000133	14,99987
19	0	0	1	0	0	0	1	1	2,672798	13,3272
20	0	0	1	0	1	0	1	0	2,503579	13,49642
21	0	0	1	0	1	1	1	0	0,975462	15,02454
22	0	0	1	0	1	1	1	1	0,939223	15,06078
23	0	0	1	0	1	0	1	1	2,277998	13,722
24	0	0	0	1	0	0	0	1	2,683855	13,31615
25	0	0	0	1	0	0	1	1	2,362909	13,63709
26	0	0	0	1	0	1	1	1	0,884175	15,11582
27	0	0	0	1	0	1	0	1	0,925593	15,07441
28	0	0	0	1	1	0	0	1	2,242431	13,75757
29	0	0	0	1	1	0	1	1	2,013882	13,98612

30	0	0	0	1	1	1	1	1	0,830328	15,16967
31	0	0	0	1	1	1	0	1	0,86675	15,13325
32	1	1	0	0	1	1	0	0	15,74312	0,256883
33	1	1	0	0	1	1	0	1	15,13261	0,867391
34	1	1	0	0	1	1	1	0	15,05604	0,943964
35	1	1	0	0	1	1	1	1	14,49671	1,503293
36	1	0	1	0	1	0	1	0	6,131954	9,868046
37	1	0	1	0	1	0	1	1	5,579444	10,42056
38	1	0	1	0	1	1	1	0	2,389174	13,61083
39	1	0	1	0	1	1	1	1	2,300416	13,69958
40	1	0	0	1	1	0	0	1	5,918549	10,08145
41	1	0	0	1	1	0	1	1	5,315329	10,68467
42	1	0	0	1	1	1	0	1	2,287653	13,71235
43	1	0	0	1	1	1	1	1	2,191521	13,80848
44	1	1	1	0	1	1	1	0	16,0315	0,031498
45	1	1	1	0	1	1	1	1	15,43593	0,564069
46	1	1	0	1	1	1	0	1	15,99936	0,000641
47	1	1	0	1	1	1	1	1	15,32704	0,672965
48	1	0	1	1	1	0	1	1	7,593327	8,406673
49	1	0	1	1	1	1	1	1	3,130744	12,86926
50	1	1	1	1	1	1	1	1	16,26626	0,266258
51	0	0	1	1	0	0	1	1	5,035707	10,96429
52	0	0	1	1	0	1	1	1	1,884308	14,11569
53	0	0	1	1	1	0	1	1	4,29188	11,70812
54	0	0	1	1	1	1	1	1	1,769551	14,23045
55	0	1	0	1	0	1	0	1	15,56817	0,431831
56	0	1	0	1	0	1	1	1	14,87154	1,128461
57	0	1	0	1	1	1	0	1	14,57846	1,421543
58	0	1	0	1	1	1	1	1	13,96584	2,034158
59	0	1	1	0	0	1	1	0	15,60481	0,395193
60	0	1	1	0	0	1	1	1	14,9875	1,012504
61	0	1	1	0	1	1	1	0	14,61779	1,382215
62	0	1	1	0	1	1	1	1	14,07474	1,925263

63	0	1	1	1	0	1	1	1	15,87167	0,128329
64	0	1	1	1	1	1	1	1	14,90507	1,094935
	StartVol1b	StartVol3b	StartVol4b	StartVol5b	EindVol1b	EindVol3b	EindVol4b	EindVol5b	einddruckb	verschilb
1	0	0	0	1	1	1	1	1	0,830328	15,16967
2	0	0	1	0	1	1	1	1	0,939223	15,06078
3	0	0	1	1	1	1	1	1	1,769551	14,23045
4	0	1	0	0	1	1	1	1	13,13551	2,864486
5	0	1	0	1	1	1	1	1	13,96584	2,034158
6	0	1	1	0	1	1	1	1	14,07474	1,925263
7	0	1	1	1	1	1	1	1	14,90507	1,094935
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1,361193	14,63881
9	1	0	0	1	1	1	1	1	2,191521	13,80848
10	1	0	1	0	1	1	1	1	2,300416	13,69958
11	1	0	1	1	1	1	1	1	3,130744	12,86926
12	1	1	0	0	1	1	1	1	14,49671	1,503293
13	1	1	0	1	1	1	1	1	15,32704	0,672965
14	1	1	1	0	1	1	1	1	15,43593	0,564069

begindruk	gewenste druk
22,35	16,0

beste waarde nt vol	
plaats	46
waarde	0,000641
druk	15,99936

beste waarde wel vol	
plaats	14
waarde	0,564069
druk	15,43593

niet alle volumes vol							
eindvolume				startvolume			
Vol1	Vol3	Vol4	Vol5	vol1	vol3	vol4	vol5
1	1	0	1	1	1	0	1

wel alle volumes vol							
eindvolume				startvolume			
Vol1	Vol3	Vol4	Vol5	vol1	vol3	vol4	vol5
1	1	1	1	1	1	1	0

Vol1	Vol2	Vol3	Vol4	Vol5
1	4,47	9,65	0,69	0,61