

**KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT**

TECHNISCHE RAPPORTEN

T.R. - 9

P.C.T. van der Hoeven

Controlemeting van twee hevelbarometers

De Bilt 1981

Publikatienummer: K.N.M.I. T.R. 9 (FM)

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut,
Fysisch Meteorologisch Onderzoek,
Postbus 201,
3730 AE De Bilt,
Nederland.

U.D.C.: 551.508.41

5 juni 1981

WERKGROEP BAROMETERIJKING

Mededeling no. 10



Controlemeting met twee hevelbarometers

Gaat men stap voor stap één drukmeting met een hevelbarometer na, dan verloopt deze (hier niet in correcte volgorde) als volgt:

1. Stel ondervizier op nul (hierbij kan men een klein foutje maken. Hoeveel is moeilijk te zeggen, maar een honderdste millimeter blijkt wel heel erg weinig te zijn. Ik maak me sterk dat je er vrij gemakkelijk drie honderdste naast kan zitten).
2. Breng de kwikmeniscus lage been gelijk met dit vizier (zelfde verhaal).
3. Breng vizier hoge been gelijk met kwikmeniscus hoge been (zelfde verhaal).
4. Lees de nonius van vizier hoge been af (zelfde verhaal).
5. Lees de temperatuur af van de ingebouwde thermometer (Realiseert men zich dat de in tienden geschatte aflezing nog niet de temperatuur van het barometerkwik behoeft te zijn, en dat elke tiende graad verschil een fout van ruim anderhalf honderdste geeft, dan vervalt men wéér in zelfde verhaal).
6. Stel glasstrookje meniscusmeter lage been in juiste stand (Dit blijkt niet zo eenvoudig te zijn. Kijkt men naar het effect van mislezing in het bij de correctiegrafiek ingevoegde tabelletje, dan blijkt dat men wéér vervalt in zelfde verhaal).
7. Stel glasstrookje meniscusmeter hoge been in juiste stand (zelfde verhaal).
- 8 en 9. Lees beide meniscushoogten af (Dit gaat erg gemakkelijk, en hier zie ik dan ook geen moeilijkheden meer).

Neemt men even aan dat het vacuum volmaakt is en beide vizieren gelijk zijn, dan kan men nu de luchtdruk op het lage been berekenen. Deze is dus opgebouwd uit negen handelingen, waarbij een keer of zeven een foutje kan optreden waarvoor naar schatting geldt $2 \sigma \approx 0,03$ mbar. Nu is het erg prettig dat de afzonderlijke foutjes volledig onafhankelijk van elkaar zijn. Ze zullen dus niet allemaal maximaal zijn en evenmin allemaal naar dezelfde kant wijzen. Voor de totale fout zou dan ruwweg gelden $2 \sigma \approx \sqrt{7} \cdot 0,03 = 0,08$ mbar. Bij de berekening zelf behoort de fout niet groter te worden. Voorwaarde is wél dat men zindelijk werkt, en b.v. voor de gezamenlijke temperatuur- en zwaartekrachtcorrectie een grafiek of formule gebruikt, en beslist niet één of meer tabellen waarin in twee richtingen moet worden geïnterpoleerd.

Nu zijn er op deze wereld maar erg weinig dingen volmaakt als we zouden willen zien. Zo mag men de kwaliteit van het vacuum best even natrekken. Dit kan men doen door de kwikstand zo hoog mogelijk op te draaien en dan

wéér een aflezing te doen. Is het vacuum goed, dan behoort men op dezelfde druk uit te komen. Is het vacuum niet goed, dan zal men een lagere uitkomst krijgen. Uit het verschil met de eerste meting kan men een correctie berekenen. Past men die correctie toe, dan zou men dus de juiste druk moeten krijgen. Het vervelende is nu, dat ook deze tweede meting negen handelingen vergt waarvan er zeven een foutje van naar schatting $\pm 0,03$ mbar kunnen veroorzaken. In het verschil van die twee waarnemingen is dus veertien keer een dergelijk foutje inbegrepen, en zal voor de totale fout ruwweg gelden $2 \sigma \approx \sqrt{14 \times 0,03} = 0,11$ mbar. Men zal hier dus verstandig doen om een groter aantal van deze dubbele metingen uit te voeren en eens te kijken hoe de verschillen liggen.

Dit is overigens pas de helft van het probleem. Er zijn namelijk twee hevelbarometers aanwezig, de Müller-030 en de Müller-049, en we willen graag van alletwee wat op de hoogte geraken. We sluiten beide barometers daarom aan op het drukvat (noodzakelijk hulpmiddel om de druk een half tot heel uur lang "geheid" constant te kunnen houden), en voeren een dubbele serie simultane metingen uit, steeds eerst met hoge en daarna met lage kwikstand. Doen we dit volledig gelijkop dan krijgt men nog een controle cadeau: Na aanbrenge van alle correcties ~~moet~~ men bij elke meetserie viermaal op dezelfde druk uitkomen.

Een tweede mogelijke onvolmaaktheid die nagetrokken moet worden is de gelijkheid van de vizieren. Het lage vizier wordt daartoe ontkoppeld en naar het hoge been geschoven. Men stelt dit in op een ronde waarde, brengt de kwikstand hieraan gelijk, schuift vervolgens het ondervizier weg, en neemt dezelfde kwikstand op met het bovenzvizier. Men moet dan op dezelfde waarde uitkomen. Herhaal deze proef een millibar hoger, en daarna nogeens een millibar hoger, enz., tot men zich voldoende zekerheid omtrent de uitkomst verschafft heeft.

Een derde zaak waarnaar gekeken moet worden is de juiste waarde van "A₀", wat enigszins slordig gezegd de waarde is, die men op de hoofdschaal af zou lezen wanneer men het vizier op het eindpunt van het hoge been zou instellen. De meting verloopt als volgt:

1. Draai het kwik in beide barometers hoog op, verhoog de druk in het vat tot het vacuum geheel dichtgevallen is, en stel kwikstand lage been vervolgens in op 0,00 mbar (B₁).
2. Blijf nu verder van de regelschroef voor het kwikniveau af, en laat de druk zakken tot én het hoge been afleesbaar wordt (A₂) én het lage been op een ronde waarde komt (B₂).

De berekening van A₀ volgt dan uit $A_0 + B_1 = A_2 + B_2$, of omdat B₁ hier op nul gelegd werd uit $A_0 = A_2 + B_2$.

Voorts moet de ijking van de ingebouwde thermometer worden gecontroleerd.

En tenslotte moet de hoofdschaal worden nagemeten. Dit laatste zal worden uitbesteed aan het Van Swinden Laboratorium te Amsterdam.

Betreffende de zuiverheid van het kwik het volgende. Lost men een tiende promille koper ($SM = 8900 \text{ kg/m}^3$) op in kwik ($SM = 13595 \text{ kg/m}^3$),

dan loopt de soortelijke massa terug met $0,47 \text{ kg/m}^3$, waardoor de bij 1000 mbar afgelezen kolomlengte toeneemt met 0,035 mbar. De fabrikant garandeert de kwikzuiverheid op 0,005 promille. Zelf vind ik het wat dwaas om daar dan nog problemen over te maken.

IJking van de ingebouwde thermometers

De ingebouwde thermometers, die geen nummer bleken te dragen, werden uit de barometers gelicht, voorzien van een opgeplakt nummer, en in het ijkvat gehangen. De ijking werd slechts bij 25°C en bij 30°C uitgevoerd. De uitkomsten waren:

temp	Müller-030		Müller-049	
	aflezing	corr.	aflezing	corr.
25,0	24,6	+0,4	24,7	+0,3
25,1	24,8	+0,3	24,9	+0,2
24,9	24,6	+0,3	24,7	+0,2
30,2	29,9	+0,3	30,0	+0,2
30,1	29,8	+0,3	29,9	+0,2
30,1	29,8	+0,3	29,9	+0,2
30,2	29,9	+0,3	30,0	+0,2
30,0	29,7	+0,3	29,8	+0,2

Tabel 1

Naar aanleiding hiervan zal voor de Müller-030 een correctie van +0,3°C worden aangehouden, en voor de Müller-049 een correctie van +0,2°C.

Eerste resultaten vergelijkingsmeting

In verloop van een paar dagen werd veertien maal een dubbel stel simultane metingen uitgevoerd met kwikstand lage been resp. 90,00 mbar (p_{hoog}) en 0,00 mbar (p_{laag}). Laat men de kwaliteit van het vacuum en de gelijkheid van de vizieren even in het midden, dan zijn de uitkomsten, gecorrigeerd voor meniscus, zwaartekracht en temperatuur, als volgt:

Volgnr. proef	Müller-030			Müller-049		
	P _{hoog}	P _{laag}	P _l -P _h	P _{hoog}	P _{laag}	P _l -P _h
1	945,25	945,43	+0,18	945,56	945,47	-0,09
2	945,36	945,56	+0,20	945,63	945,59	-0,04
3	945,47	945,57	+0,10	945,73	945,73	0,00
4	949,06	949,09	+0,03	949,17	949,18	+0,01
5	948,95	949,14	+0,19	949,25	949,25	0,00
6	946,34	946,53	+0,19	946,58	946,62	+0,04
7	974,37	974,41	+0,04	974,73	974,48	-0,25
8	974,23	974,39	+0,16	974,55	974,52	-0,03
9	1000,12	1000,41	+0,29	1000,59	1000,55	-0,04
10	975,84	976,12	+0,28	976,17	976,18	+0,01
11	945,00	945,07	+0,07	945,24	945,14	-0,10
12	945,10	945,24	+0,14	945,46	945,32	-0,14
13	946,78	946,78	0,00	946,87	946,85	-0,02
14	973,49	973,80	+0,31	973,94	973,86	-0,08
gem ₁₃	957,00	957,16	+0,16	957,29	957,25	-0,04

Tabel 2

Hoewel de waarnemingen niet allemaal bij dezelfde druk verricht werden, en daardoor niet volledig vergelijkbaar zijn, laten deze eerste uitkomsten toch al een paar voorzichtige constatering toe.

1. Als het vacuum goed is, dan is $P_l - P_h = 0$, en zo neen, dan is $P_l - P_h > 0$. Welnu, het ziet er naar uit dat aan het vacuum van de 049 niet veel mankeert, en dat het hoge been van de 030 duidelijk een gasrest bevat.
2. Er zit inderdaad een hinderlijke toevallige fout over de waarnemingen heen. Te oordelen naar de spreiding in $P_l - P_h$ lijkt de standaardfout in de afzonderlijke drukwaarnemingen redelijk in de geschatte grootteorde te liggen.
3. Iets vervelends: Beide uitkomsten voor $P_l - P_h$ van meting no. 7 zijn véél te laag. Het ziet er naar uit dat ik het ijkvat na de aangebrachte drukverhoging van 30 mbar te weinig tijd gegeven heb voor thermische aanpassing. Alle gemiddelden (gem₁₃) werden daarom berekend zonder de gegevens van meting 7.

Uitkomst vizierencontrole

Bij de Müller-030 kon ik met geen mogelijkheid enig verschil ontdekken in de wijze waarop de kwikstand op de hoofdschaal overgebracht wordt.

Bij de Müller-049 kwam ik vrij consequent op een klein verschil uit. Het effect zou zijn dat men de lengte van de kwikkolom naar schatting 0,03 mbar te kort afleest. De aan te brengen viziercorrectie zou dus +0,03 mbar bedragen, voor het gehele meetbereik.

Bepaling eindpunt hoge been (A_0)

Bij het opvoeren van de druk viel het vacuum van de Müller-049 met een keurig helder slagje dicht. De Müller-030 kon alleen met moeite een dof tikje voortbrengen. Om niet teveel last van deze gasrest te hebben werd bij het dichtdrukken van het vacuum een ruime overdruk van iets in de orde van 20 mbar gebruikt. Na het lage been op nul gesteld te hebben werd druk afgelaten en werd waargenomen:

	Müller-030	Müller-049
A_2	1088,30 mbar	1089,50 mbar
B_2	70,00 mbar	70,00 mbar
Som = A_0	1158,30 mbar	1159,50 mbar

Tabel 3

De gasrest in de Müller-030 die bij 1000 mbar een druk van rond 0,2 mbar heeft, en dan vertikaal gemeten een ruimte inneemt van $1160-1000 = "160 \text{ mbar}"$, neemt onder de geschatte 20 mbar overdruk een ruimte in van $160 \times 92/20 = "1,6 \text{ mbar}"$. Dit bedrag moet nog bij de gemeten A_0 worden geteld om de werkelijke waarde te krijgen.

De conclusie luidt hier: Zowel voor de -030 als voor de -049 houden we aan $A_0 = 1160 \text{ mbar}$.

Verdere uitwerking

Bedenkt men dat de massa van de gasrest in het hoge been van beide barometers gedurende de 14 metingen niet zal zijn veranderd, en dat de waarde van het verschil $P_1 - P_h$, waaruit men die restdruk bepalen moet verre van standvastig is, dan kan men hier het beste een correctiemethode opstellen, waarbij men van de constantheid van de massa van die gasrest uitgaat.

Stel dat de gasrest bij een kwikstand van 1000 mbar in het hoge been van druk R_{1000} heeft. Daar zowel bij de Müller-030 als bij de Müller-049 het "einde" A_0 van het hoge been bij 1160 mbar ligt, zal voor de restdruk R_A , kwikstand A in het hoge been gelden:

$$R_A = R_{1000} \cdot \frac{A_0 - 1000}{A_0 - A} = R_{1000} \cdot \frac{160}{1160 - A}$$

Deze restdruk R_A moet dus bij de waargenomen druk geteld worden om een gecorrigeerde luchtdruk te verkrijgen. Bij opgevoerd kwikniveau is de kwikstand in het hoge been $A+90$ mbar. Voor de correctie bij deze hoge kwikstand geldt dus

$$R_{A+90} = R_{1000} \cdot \frac{A_0 - 1000}{A_0 - (A+90)} = R_{1000} \cdot \frac{160}{1070 - A}$$

Voor de correctie van het verschil $P_l - P_h$ krijgen we dus:

$$R_A - R_{A+90} = R_{1000} \left(\frac{160}{1160 - A} - \frac{160}{1070 - A} \right)$$

Gaan we uit van de kwikstanden die van de Müller-030 werden afgelezen en stellen we dat $R_{1000} = 0,30$ mbar zou zijn, dan zouden de berekende luchtdrukken als volgt moeten worden gecorrigeerd:

Tabel 4

Volgnr. proef	aflezing A bij <u>lage</u> stand	correcties voor $R_{1000} = 0,30$ mbar		
		R_{A+90}	R_A	$R_A - R_{A+90}$
1	948,65	+0,40	+0,23	-0,17
2	948,87	+0,40	+0,23	-0,17
3	948,90	+0,40	+0,23	-0,17
4	952,75	+0,41	+0,23	-0,18
5	952,90	+0,41	+0,23	-0,18
6	949,52	+0,40	+0,23	-0,17
7	977,52	+0,52	+0,27	-0,25
8	977,55	+0,52	+0,27	-0,25
9	1003,62	+0,73	+0,31	-0,42
10	979,35	+0,53	+0,27	-0,26
11	948,25	+0,40	+0,23	-0,17
12	948,00	+0,39	+0,22	-0,17
13	949,97	+0,40	+0,23	-0,17
14	977,02	+0,52	+0,27	-0,25
gem ₁₃	-	+0,45	+0,24	-0,21

Men realiseert zich nu het volgende:

1. De correcties R_{A+90} , R_A en $R_A - R_{A+90}$ mogen inderdaad naderhand worden aangebracht, omdat ze te klein zijn om de zwaartekracht- en temperatuurcorrectie toe doen mee veranderen.
2. De simultane waarnemingen met de -049 en de -030 verschillen zo weinig, dat de hierboven voor de waarnemingen met de Müller-030 berekende correcties, evengoed voor die van de -030 zouden gelden indien ook daar in het vacuüm een gasrest met $R_{1000} = 0,30$ mbar aanwezig zou zijn geweest.
3. Bij een gasrest R_{1000}^* die niet gelijk is aan $0,30$ mbar veranderen alle correcties, en ook hun gemiddelde waarde, evenredig mee met een factor $R_{1000}^*/0,30$.

Alles ligt nu klaar voor het vaststellen van de R_{1000}^* . De techniek die hier gebruikt zal worden is: breng een variabele R_{1000} aan, en zoek dié waarde, waarbij de gecorrigeerde waarde voor $P_1 - P_h$ gelijk aan nul wordt. Kijken we eerst naar de Müller-049, dan zouden de in tabel 2 gegeven gemiddelden na aanbrengen van een viziercorrectie van $+0,03$ mbar en een veronderstelde R_{1000}^* van resp. $0,30$, $0,20$, $0,10$ en $0,00$ mbar overgaan in:

R_{1000}^*	Gecorrigeerd gem ₃		
	P_{hoog}	P_{laag}	$P_1 - P_h$
0,30	957,77	957,52	-0,25
0,20	957,62	957,44	-0,18
0,10	957,47	957,36	-0,11
0,00	957,32	957,28	-0,04

Tabel 5

We zien hier dat $P_1 - P_h$ pas nul zou worden bij een negatieve R_{1000}^* , hetgeen moeilijk kan. De beste conclusie die we hier dan ook kunnen trekken is dat $R_{1000} = 0,00$ mbar zal zijn, en dat er bij deze barometer geen vacuumcorrectie behoeft te worden toegepast.

Doen we nu hetzelfde voor de Müller-030, alleen wat minder grof. De in tabel 1 gegeven gemiddelden gaan dan na aanbrengen van een viziercorrectie van $0,00$ mbar en een veronderstelde R_{1000}^* van resp. $0,24$, $0,23$, ..., $0,18$ mbar over in:

R ₁₀₀₀ [*]	Gecorrigeerd gem ₁₃ :		
	P _{hoog}	P _{laag}	P ₁ -P _h
0,24	957,36	957,35	-0,01
0,23	957,35	957,34	0,00
0,22	957,33	957,34	+0,01
0,21	957,32	957,33	+0,01
0,20	957,30	957,32	+0,02
0,19	957,29	957,31	+0,03
0,18	957,27	957,30	+0,03

Tabel 6

We zien hier dat $P_1 - P_h$ nul wordt bij een $R_{1000}^* = 0,23$ mbar. Gebruikmakend van de extra controle die hier mogelijk is vanwege de dubbele opstelling, zien we echter dat de gemiddelde waarde van P_{hoog} en P_{laag} dan wat boven die van de Müller-049 terecht komt (zie onderste regel tabel 5). Deze gemiddelden zouden gelijk worden bij een $R_{1000}^* = 0,19$ mbar, doch dan is het gemiddelde verschil $P_1 - P_h$ al weer opgelopen tot +0,03 mbar. Het beste wat men hier doen kan is om te kiezen voor een waarde die hier midden tussen ligt, dus voor $R_{1000} = 0,21$ mbar. Voor het corrigeren van de in tabel 2 gegeven drukken moet men dus de in tabel 4 gegeven correcties vermenigvuldigen met 0,21/0,30.

Schone uitkomsten

Gaat men nu alle drukwaarnemingen van tabel 2 corrigeren voor ongelijkheid vizieren en onvolmaakt vacuum, dan zou men per serie vier eendere uitkomsten moeten krijgen. Welnu, gezien de opsomming van onze onzekerheden waar dit verslag mee begon valt dit bepaald niet tegen.

Volgnr. proef	Müller-030		Müller-049	
	P _{hoog}	P _{laag}	P _{hoog}	P _{laag}
1	945,53	945,59	945,59	945,50
2	945,64	945,72	945,66	945,62
3	945,75	945,73	945,76	945,76
4	949,35	949,25	949,20	949,21
5	949,24	949,30	949,28	949,28
6	946,62	946,69	949,61	949,65
7	974,73	974,60	974,76	949,51
8	974,59	974,58	974,58	974,55
9	1000,63	1000,63	1000,62	1000,58
10	976,21	976,31	976,20	976,21
11	945,28	945,23	945,27	945,17
12	945,37	945,39	945,49	945,35
13	947,06	946,94	946,90	946,88
14	973,85	973,99	973,97	973,89
gem ₁₃	957,32	957,33	957,32	957,28

CORRECTIE

mbar →

1050

1040

1030

1020

1010

1000

990

980

970

960

950

940

930

920

910

900

890

880

870

860

850

840

830

820

810

800

790

780

770

760

750

740

730

720

710

700

690

680

670

660

650

640

630

620

610

600

590

580

570

560

550

540

530

520

510

500

490

480

470

460

450

440

430

420

410

400

390

380

370

360

350

340

330

320

310

300

290

280

270

260

250

240

230

220

210

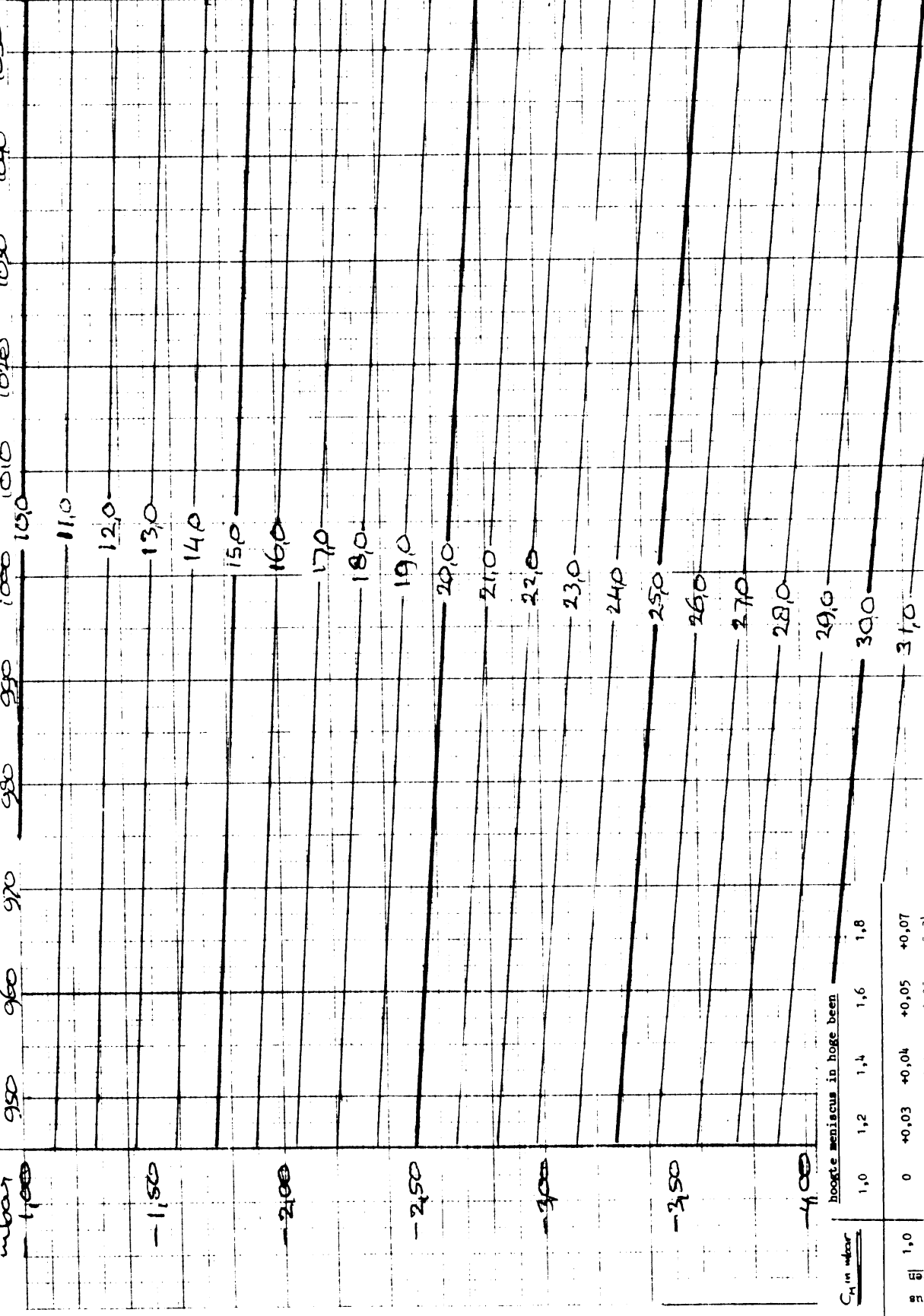
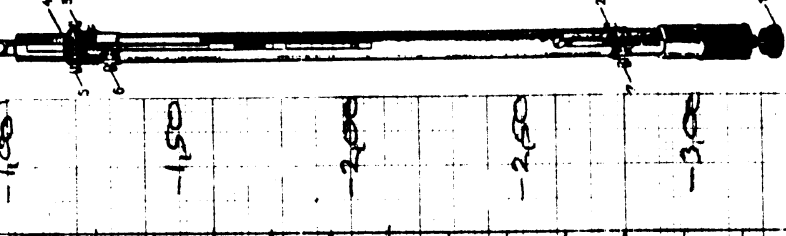
200

190

180

170

160



CORRECTIE

mbar

1050

1040

1030

1020

1010

1000

990

980

970

960

950

940

930

920

910

900

890

880

870

860

850

840

830

820

810

800

790

780

770

760

750

740

730

720

710

700

690

680

670

660

650

640

630

620

610

600

590

580

570

560

550

540

530

520

510

500

490

480

470

460

450

440

430

420

410

400

390

380

370

360

350

340

330

320

310

300

290

280

270

260

250

240

230

220

210

200

190

180

170

160

CORRECTIE

mbar

1050

1040

1030

1020

1010

1000

990

980

970

960

950

940

930

920

910

900

890

880

870

860

850

840

830

820

810

800

790

780

770

760

750

740

730

720

710

700

690

680

670

660

650

640

630

620

610

600

590

580

570

560

550

540

530

520

510

500

490

480

470

460

450

440

430

420

410

400

390

380

370

360

350

340

330

320

310

300

290

280

270

260

250

240

230

220

210

200

190

180

170

160

CORRECTIE

mbar

1050

1040

1030

1020

1010

1000

990

980

970

960

950

940

930

920

910

900

MULLER-030

MULLER-049

1

T ₁	-
T ₂	24,0
COR	+0,3
T	24,3

1,3	1038,47
1,9	90,00
C _H	-0,05
P _H	948,42
C _{T₁}	-3,17
P ₂	945,25

T ₁	-
T ₂	24,0
COR	+0,2
T	24,2

1,3	1038,77
1,9	90,00
C _H	-0,05
P _H	948,72
C _{T₁}	-3,16
P ₂	945,56

T ₁	-
T ₂	24,0
COR	+0,3
T	24,3

1,2	948,65
1,9	0,00
C _H	-0,05
P _H	948,60
C _{T₁}	-3,17
P ₂	945,43

T ₁	-
T ₂	24,0
COR	+0,2
T	24,2

1,2	948,67
1,8	0,00
C _H	-0,04
P _H	948,63
C _{T₁}	-3,16
P ₂	945,47

2

T ₁	-
T ₂	24,2
COR	+0,3
T	24,5

1,6	1038,60
2,0	0,00
C _H	-0,03
P _H	948,57
C _{T₁}	-3,21
P ₂	945,36

T ₁	-
T ₂	24,2
COR	+0,2
T	24,4

1,4	1038,85
1,7	90,00
C _H	-0,03
P _H	948,82
C _{T₁}	-3,19
P ₂	945,63

T ₁	-
T ₂	24,3
COR	+0,3
T	24,6

1,0	948,87
2,2	0,00
C _H	-0,09
P _H	948,78
C _{T₁}	-3,22
P ₂	945,56

T ₁	-
T ₂	24,3
COR	+0,2
T	24,5

1,6	948,82
1,8	0,00
C _H	-0,02
P _H	948,80
C _{T₁}	-3,21
P ₂	945,59

3

T ₁	-
T ₂	24,4
COR	+0,3
T	24,7

1,2	1038,75
1,8	90,00
C _H	-0,04
P _H	948,71
C _{T₁}	-3,24
P ₂	945,47

T ₁	-
T ₂	24,4
COR	+0,2
T	24,6

1,0	1039,02
1,8	90,00
C _H	-0,07
P _H	948,95
C _{T₁}	-3,22
P ₂	945,73

T ₁	-
T ₂	24,5
COR	+0,3
T	24,8

1,0	948,90
2,0	0,00
C _H	-0,08
P _H	948,82
C _{T₁}	-3,25
P ₂	945,57

T ₁	-
T ₂	24,5
COR	+0,2
T	24,7

1,0	949,02
1,6	0,00
C _H	-0,05
P _H	948,97
C _{T₁}	-3,24
P ₂	945,73

B Y L A G E N

Uitvoering vergelijkingmeting

Voorbereiding:

Sluit de barometers aan op het ijkvat, en controleer alle kranen.

Werk dan voor hoge (ondervizier op 90,00 mbar) en lage kwikstand (ondervizier op 0,00 mbar) het volgende stel punten af:

1. Bij alle meniscusmeters glasstrookje omhoog draaien.
2. Ondervizieren fijn instellen.
3. Kwikstand grof instellen.
4. Bovenvizieren grof instellen.
5. Kwikstand fijn instellen.
6. Bovenvizieren fijn instellen.
(Nu wordt het menens)
7. Lees temperatuur af (T₁).
8. Kwikstand nog eens precies controleren en meniscusmeter lage been instellen.
9. Vizierstand hoge been nog eens precies controleren en meniscusmeter hoge been instellen.
10. Lees temperatuur af (T₂).
(Nu kan men weer in alle rust verder gaan)
11. Voer alle overige aflezingen uit (stand van meniscusmeters en vizieren).
12. Bepaal alle correcties en reken de druk uit.

MULLER - 030

T ₁	-
T ₂	26.3
CDR	+0.3
T	26.6

1,2	1042,65
1,8	90,00
C _H	-0,04
P _H	952,61
C _{H₂}	-3,55
P _H	949,06

T ₁	-
T ₂	26.7
CDR	+0.3
T	27.0

1,0	952,75
1,4	0,00
C _H	-0,04
P _H	952,71
C _{H₂}	-3,62
P _H	949,09

T ₁	-
T ₂	26.3
CDR	+0.2
T	26.5

1,2	1042,75
1,8	90,00
C _H	-0,04
P _H	952,71
C _{H₂}	-3,54
P _H	949,17

T ₁	-
T ₂	26.7
CDR	+0.2
T	26.9

1,0	952,87
1,6	0,00
C _H	-0,05
P _H	952,82
C _{H₂}	-3,60
P _H	949,18

T ₁	-
T ₂	27.0
CDR	+0.3
T	27.3

1,1	1042,67
1,8	90,00
C _H	-0,06
P _H	952,61
C _{H₂}	-3,66
P _H	948,95

T ₁	27.1
T ₂	27.1
CDR	+0.3
T	27.4

0,9	952,90
1,8	0,00
C _H	-0,09
P _H	952,81
C _{H₂}	-3,67
P _H	949,14

T ₁	-
T ₂	27.0
CDR	+0.2
T	27.2

1,2	1042,92
1,7	90,00
C _H	-0,03
P _H	952,99
C _{H₂}	-3,64
P _H	949,25

T ₁	27.1
T ₂	27.1
CDR	+0.2
T	27.3

0,8	953,00
1,7	0,00
C _H	-0,09
P _H	952,91
C _{H₂}	-3,66
P _H	949,25

T ₁	
T ₂	
CDR	
T	

C _H	
P _H	
C _{H₂}	
P _H	

T ₁	
T ₂	
CDR	
T	

C _H	
P _H	
C _{H₂}	
P _H	

MULLER - 049

T ₁	-
T ₂	26.3
CDR	+0.2
T	26.5

1,2	1042,75
1,8	90,00
C _H	-0,04
P _H	952,71
C _{H₂}	-3,54
P _H	949,17

T ₁	-
T ₂	26.7
CDR	+0.2
T	26.9

1,0	952,87
1,6	0,00
C _H	-0,05
P _H	952,82
C _{H₂}	-3,60
P _H	949,18

T ₁	-
T ₂	27.0
CDR	+0.2
T	27.2

1,2	1042,92
1,7	90,00
C _H	-0,03
P _H	952,99
C _{H₂}	-3,64
P _H	949,25

T ₁	27.1
T ₂	27.1
CDR	+0.2
T	27.3

0,8	953,00
1,7	0,00
C _H	-0,09
P _H	952,91
C _{H₂}	-3,66
P _H	949,25

T ₁	
T ₂	
CDR	
T	

C _H	
P _H	
C _{H₂}	
P _H	

T ₁	
T ₂	
CDR	
T	

C _H	
P _H	
C _{H₂}	
P _H	

MULLER - 030

T ₁	22.0
T ₂	22.0
CDR	+0.3
T	22.3

1,2	1059,25
1,8	90,00
C _H	-0,04
P _H	949,21
C _{H₂}	-2,87
P _H	946,34

T ₁	22.3
T ₂	22.4
CDR	+0.3
T	22.6

1,0	949,52
1,8	0,00
C _H	-0,07
P _H	949,45
C _{H₂}	-2,92
P _H	946,53

T ₁	22.5
T ₂	22.5
CDR	+0.3
T	22.8

1,2	1067,45
1,8	90,00
C _H	-0,04
P _H	977,41
C _{H₂}	-3,04
P _H	974,37

T ₁	22.7
T ₂	22.8
CDR	+0.3
T	23.0

1,0	977,52
1,5	0,00
C _H	-0,04
P _H	977,48
C _{H₂}	-3,07
P _H	974,41

T ₁	22.9
T ₂	22.9
CDR	+0.3
T	23.2

1,0	1067,40
1,8	90,00
C _H	-0,07
P _H	977,33
C _{H₂}	-3,10
P _H	974,23

T ₁	23.0
T ₂	23.0
CDR	+0.3
T	23.3

1,0	977,55
1,5	0,00
C _H	-0,04
P _H	977,51
C _{H₂}	-3,12
P _H	974,39

MULLER - 049

T ₁	22.0
T ₂	22.0
CDR	+0.2
T	22.2

1,2	1039,47
1,8	90,00
C _H	-0,04
P _H	949,43
C _{H₂}	-2,85
P _H	946,58

T ₁	22.3
T ₂	22.4
CDR	+0.2
T	22.5

0,9	949,60
1,8	0,00
C _H	-0,08
P _H	949,52
C _{H₂}	-2,90
P _H	946,62

T ₁	22.5
T ₂	22.5
CDR	+0.2
T	22.7

1,2	1067,78
1,7	90,00
C _H	-0,03
P _H	977,75
C _{H₂}	-3,02
P _H	974,73

T ₁	22.7
T ₂	22.8
CDR	+0.2
T	22.7

1,0	977,60
1,8	0,00
C _H	-0,07
P _H	977,53
C _{H₂}	-3,05
P _H	974,48

T ₁	22.9
T ₂	22.9
CDR	+0.2
T	23.1

1,1	1067,67
1,6	90,00
C _H	-0,03
P _H	977,64
C _{H₂}	-3,09
P _H	974,55

T ₁	23.0
T ₂	23.0
CDR	+0.2
T	23.2

1,1	977,67
1,7	0,00
C _H	-0,03
P _H	977,62
C _{H₂}	-3,10
P _H	974,52

6

7

8

4

5

-

MÜLLER - 030

T ₁	22,7	1,4	1093,32
T ₂	22,7	1,9	90,00
COR	+0,3	C _M	-0,05
T	23,0	P ₁	1003,27
		C _M	-3,15
		P ₂	1000,12

T ₁	22,8	0,9	1003,62
T ₂	22,9	1,3	0,00
COR	+0,3	C _M	-0,04
T	23,1	P ₁	1003,58
		C _M	-3,17
		P ₂	1000,41

T ₁	23,1	1,2	1069,02
T ₂	23,1	1,8	90,00
COR	+0,3	C _M	-0,04
T	23,4	P ₁	978,98
		C _M	-3,14
		P ₂	975,84

T ₁	23,2	0,9	979,35
T ₂	23,2	1,7	0,00
COR	+0,3	C _M	-0,07
T	23,5	P ₁	979,28
		C _M	-3,16
		P ₂	976,12

T ₁	23,3	1,3	1038,12
T ₂	23,3	1,8	90,00
COR	+0,3	C _M	-0,05
T	23,6	P ₁	948,07
		C _M	-3,07
		P ₂	945,00

T ₁	23,4	0,8	948,25
T ₂	23,4	1,8	90,00
COR	+0,3	C _M	-0,10
T	23,7	P ₁	948,15
		C _M	-3,08
		P ₂	945,07

T ₁	22,7	1,2	1093,75
T ₂	22,7	1,7	90,00
COR	+0,2	C _M	-0,03
T	22,9	P ₁	1003,72
		C _M	-3,13
		P ₂	1000,59

T ₁	22,8	0,9	1003,77
T ₂	22,9	1,7	0,00
COR	+0,2	C _M	-0,07
T	23,0	P ₁	1003,70
		C _M	-3,15
		P ₂	1000,55

T ₁	23,1	1,0	1069,35
T ₂	23,0	1,7	90,00
COR	+0,2	C _M	-0,06
T	23,3	P ₁	979,29
		C _M	-3,12
		P ₂	976,17

T ₁	23,2	0,8	979,40
T ₂	23,2	1,6	0,00
COR	+0,2	C _M	-0,08
T	23,4	P ₁	979,32
		C _M	-3,14
		P ₂	976,18

T ₁	23,3	1,1	1038,32
T ₂	23,3	1,6	90,00
COR	+0,2	C _M	-0,03
T	23,5	P ₁	948,29
		C _M	-3,05
		P ₂	945,24

T ₁	23,4	0,9	948,30
T ₂	23,4	1,9	0,00
COR	+0,2	C _M	-0,09
T	23,6	P ₁	948,21
		C _M	-3,07
		P ₂	945,14

MÜLLER - 049

T ₁	22,7	1,0	1038,70
T ₂	23,2	1,6	90,00
COR	+0,3	C _M	-0,05
T	23,5	P ₁	948,15
		C _M	-3,05
		P ₂	945,10

T ₁	23,4	0,9	948,40
T ₂	23,4	1,8	0,00
COR	+0,3	C _M	-0,08
T	23,7	P ₁	948,32
		C _M	-3,08
		P ₂	945,24

T ₁	23,4	1,1	1039,90
T ₂	23,4	1,6	90,00
COR	+0,3	C _M	-0,03
T	23,7	P ₁	949,87
		C _M	-3,09
		P ₂	946,78

T ₁	23,4	0,8	949,47
T ₂	23,5	1,9	0,00
COR	+0,3	C _M	-0,10
T	23,7	P ₁	949,37
		C _M	-3,09
		P ₂	946,78

T ₁	23,4	1,1	1066,70
T ₂	23,4	1,5	90,00
COR	+0,3	C _M	-0,03
T	23,7	P ₁	976,67
		C _M	-3,18
		P ₂	973,49

T ₁	23,4	0,9	977,02
T ₂	23,4	1,2	0,00
COR	+0,3	C _M	-0,04
T	23,7	P ₁	976,98
		C _M	-3,18
		P ₂	973,80

MÜLLER - 030

T ₁	23,2	1,1	1038,52
T ₂	23,2	1,6	90,00
COR	+0,2	C _M	-0,03
T	23,4	P ₁	948,49
		C _M	-3,03
		P ₂	945,46

T ₁	23,4	0,9	948,45
T ₂	23,4	1,7	0,00
COR	+0,2	C _M	-0,07
T	23,6	P ₁	948,38
		C _M	-3,06
		P ₂	945,32

T ₁	23,5	1,0	1040,02
T ₂	23,5	1,7	90,00
COR	+0,2	C _M	-0,06
T	23,7	P ₁	949,96
		C _M	-3,08
		P ₂	946,87

T ₁	23,5	0,9	950,02
T ₂	23,5	1,8	0,00
COR	+0,2	C _M	-0,08
T	23,7	P ₁	949,94
		C _M	-3,09
		P ₂	946,85

T ₁	23,4	1,2	1067,12
T ₂	23,4	1,6	90,00
COR	+0,2	C _M	-0,02
T	23,6	P ₁	977,10
		C _M	-3,16
		P ₂	973,94

T ₁	23,5	0,9	977,12
T ₂	23,5	1,8	0,00
COR	+0,2	C _M	-0,08
T	23,7	P ₁	977,04
		C _M	-3,18
		P ₂	973,86

MÜLLER - 049

T ₁	23,2	1,1	1038,52
T ₂	23,2	1,6	90,00
COR	+0,2	C _M	-0,03
T	23,4	P ₁	948,49
		C _M	-3,03
		P ₂	945,46

T ₁	23,4	0,9	948,45
T ₂	23,4	1,7	0,00
COR	+0,2	C _M	-0,07
T	23,6	P ₁	948,38
		C _M	-3,06
		P ₂	945,32

T ₁	23,5	1,0	1040,02
T ₂	23,5	1,7	90,00
COR	+0,2	C _M	-0,06
T	23,7	P ₁	949,96
		C _M	-3,08
		P ₂	946,87

T ₁	23,5	0,9	950,02
T ₂	23,5	1,8	0,00
COR	+0,2	C _M	-0,08
T	23,7	P ₁	949,94
		C _M	-3,09
		P ₂	946,85

T ₁	23,4	1,2	1067,12
T ₂	23,4	1,6	90,00
COR	+0,2	C _M	-0,02
T	23,6	P ₁	977,10
		C _M	-3,16
		P ₂	973,94

T ₁	23,5	0,9	977,12
T ₂	23,5	1,8	0,00
COR	+0,2	C _M	-0,08
T	23,7	P ₁	977,04
		C _M	-3,18
		P ₂	973,86

12

13

14

9

10

11

Meteorologische

DR. A. MÜLLER



Instrumente

Dr. A. Müller - Meteorologische Instrumente
Lutzowstraße 102-104 - D 1000 Berlin 30

Ingenieurbüro
WITTECH & VISSER
Postbus 10191
3100 CD Den Haag
HOLLAND

Bijl. behorende bij
corr. no. 329181

c. Hd. Herrn W.V. Struik

Ihre Nachricht/Your letter

Ihre Zeichen/Your ref.

Unsere Zeichen/Our ref.

Tag/Date

AM/ml

3. April 1981

Sehr geehrter Herr Struik,

die Fragen Ihres Kunden bezüglich der Genauigkeit der Messungen des Normalbarometers können Sie wie folgt beantworten :

- 1) Reinheit des Quecksilbers : $> 99,9999 \%$
- 2) Das Material des Barometerrohres ist Messing mit einem Längenausdehnungskoeffizienten $\beta = 0,000184/\text{grad}$.
Er ist gemäß Anweisung K 111-6, Teil A (Seite 2) und Teil B (Korrekturtabellen) berücksichtigt.
- 3) Die Genauigkeit der Skalenteilung liegt innerhalb der Ablesegenauigkeit des Barometers : $\Delta < 0,02 \text{ mbar}$
- 4) Ein Prüfprotokoll des Instrumentenanmes für das Normalbarometer 2k lag zur Einsichtnahme vor.

Wir hoffen, die Fragen Ihres Kunden hiermit beantwortet zu haben und verbleiben

mit freundlichen Grüßen

Dr. A. Müller

Fernruf

Fernschreiber

Banken

(030)
2617030

183837
wum d

Berliner Bank 3989929200 (BLZ 10020000)
Deutsch Bank Berlin 30717021 (BLZ 10070000)
Sparkasse der Stadt Berlin West 1220013621 (BLZ 10050000)

Certifikaat MULLER-049

datum: 5 juni 1981

Ingebouwde thermometer

Bij kamertemperatuur moet een correctie van $+0,2^{\circ}\text{C}$ worden aangebracht.

Einde hoge been (A_0)

Het einde van het hoge been bevindt zich (indien men dit zou meten met het bovenzijer) op 1160 mbar.

Som van vizier- en vacuumcorrectie (C_v)

De vizieren blijken niet geheel gelijk te zijn. Daarentegen kan men er bij deze barometer van uitgaan dat het vacuum prima in orde is ($R_{1000} = 0,00$ mbar). De som van vizier- en vacuumcorrectie bedraagt hier

$$C_v = +0,03 \text{ mbar} \quad (\text{voor gehele meetbereik})$$

Certifikaat MULLER-030

datum: 5 juni 1981

Ingebouwde thermometer

Bij kamertemperatuur moet een correctie van $+0,3^{\circ}\text{C}$ worden aangebracht.

Einde hoge been (A_0)

Het einde van het hoge been bevindt zich (indien men dit zou meten met het bovenzijer) op 1160 mbar.

Som van vizier- en vacuümcorrectie (C_v)

De vizieren blijken uitstekend gelijk te zijn, maar in het vacuüm is een gasrest aanwezig, waarbij $R_{1000} = 0,21$ mbar. De som van vizier- en vacuümcorrectie bedraagt hier

$$C_v = 0,00 + 0,21 \cdot \frac{160}{1160-A}$$

A kwikstand in hoge been (mbar)

