OVER HET ONDERZOEK

VAN

VERDEELDE LUCHTBELBUIZEN,

DOOR

J. A. C. OUDEMANS.

Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam.

Eerste Sectie.

DEEL I. N°. 2.

(MET 2 PLATEN).

AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER,
1892.

OVER HET ONDERZOEK VAN VERDEELDE LUCHTBELBUIZEN,

DOOR

J. A. C. OUDEMANS.

Aan de sterrewacht te Utrecht bevinden zich tegenwoordig twee universaal-instrumenten, het eene voorzien van cirkels van 22 cM. (8 par. duim), het andere voorzien van cirkels van 27 cM. (10 par. duim) middellijn, beide behoorende tot het materieel van den Generalen Staf in Nederlandsch-Indië, Afdeeling Triangulatie; na een respectivelijk 28 en 22 jarig gebruik zijn deze instrumenten naar Nederland gezonden om opgemaakt, d. i. gereinigd en op nieuw gevernist te worden, en opdat verder die onderdeelen vernieuwd zouden worden, die bij onderzoek zouden blijken niet meer bruikbaar te zijn.

Zoo werden ook van elk instrument de beide niveaus, het *staande* niveau, waarmede de helling der horizontale as bepaald wordt, en het *vaste* niveau, dat aan den mikroskopendrager bevestigd is, elk afzonderlijk onderzocht.

In vele verslagen van sterrekundige en geodesische werkzaamheden, wordt eenvoudig opgegeven „de waarde der niveaudeelen", zonder vermelding voor welke lengte der bel deze waarde geldt; zonder dat ook opzettelijk medegedeeld wordt, of blijkens nauwkeurig onderzoek de waarde van een niveaudeel bij verschillende lengten der bel dezelfde blijft, en of bij eene verplaatsing der bel van het midden naar de linker- en naar de rechterzijde eene even groote helling met eene even groote verplaatsing der luchtbel overeenkomt.

In andere verslagen vindt men, dat de waarnemer een stap verder gaat, en de waarde van een niveaudeel aangeeft in eene lineaire functie, hetzij van de lengte der bel, hetzij van de temperatuur.

Daar nu, bij niveaubuizen *zonder* luchtkamer, de lengte der bel afhangt van de temperatuur, zijn voor deze niveaus beide soorten van formules practisch van dezelfde waarde; terwijl bij niveaus *met* luchtkamer de lengte der bel willekeurig vergroot en verkleind kan worden; en daar nu blijkbaar de standvastigheid der waarde van één niveaudeel bij verschillende lengten der bel afhangt van den inwendigen vorm der buis, zoo is het doelmatiger hier de lengte der bel dan de temperatuur als onafhankelijk veranderlijke aan te nemen. De formule voor de waarde van een niveaudeel is dan:

$$d = a'' + b''(l - L),$$

in welke formule l de lengte der bel, a de waarde van een niveaudeel voor eene gemiddelde lengte der bel van L niveaudeelen en b de vermeerdering voor eene vergrooting dier lengte met een deel beteekent. Het dikwijls aanwezige onverdeelde midden der niveaubuis wordt hierbij niet medegerekend, zoodat bij een niveau, waarvan de verdeeling aan weerszijden van het midden naar de uiteinden toeneemt, L eigenlijk is de som der beide aflezingen van de einden der bel *.

Gebruikt de waarnemer deze formule om zijne niveau-aflezingen tot sekonden te herleiden, dan neemt hij weder aan, dat bij eene lengte der bel van l deelen, de waarde van een niveaudeel over de geheele lengte der buis, of althans over dat gedeelte, waar de bel zich bij de waarnemingen gewoonlijk bevindt (d. i. zoo niet *in*, dan toch *nabij* het midden), standvastig is, dat dus een uitslag van eenige deelen links eene even groote helling aangeeft als van een even groot aantal deelen rechts.

Maar onderzoekt men eene niveaubuis nauwkeurig, hetzij met behulp van een vertikalen cirkel, hetzij door middel van een zoogenaamden „niveau-onderzoeker", dan blijkt het dikwijls dat dit niet geheel juist is †.

Ik heb daarom bij het onderzoeken van niveaus steeds de gewoonte gehad, de geheele speelruimte der bel in drie deelen te deelen, en de waarde van één niveaudeel te bepalen 1° voor het linker-, 2° voor het midden- en 3° voor het rechtergedeelte der buis. Tot contrôle kan dan altijd nog de waarde van een niveaudeel voor de geheele lengte der buis bepaald worden, welke waarde dan ongeveer

---

* Bij niveaus met *doorloopende* verdeeling bestaat geen onverdeeld midden. Voor dergelijke niveaus is L dus altijd gelijk aan de lengte der bel, d. i. aan het verschil der beide aflezingen voor de uiteinden der bel.

† Zie F. BRÜNNOW, *Astronomie pratique*, édition francaise par C. ANDRÉ, blz. 16.

moet overeenkomen met het arithmetisch midden der drie gevondene waarden. Verschillen deze drie waarden nu niet al te veel van elkander, dan kan zulk een niveau goedgekeurd worden; blijven de verschillen binnen de grenzen der mogelijke toevallige fouten der bepaling, dan kan men aannemen, hetzij de gemiddelde waarde, hetzij, daar men toch zooveel mogelijk zorgt, dat de bel nabij het midden der buis blijft, de waarde gevonden voor het middelste gedeelte. Ik zal hier eenige voorbeelden laten volgen van dergelijke bepalingen.

A. Met een niveau-onderzoeker van Caminada, behoorende aan de Sterrewacht te Leiden, en mij goedgunstig door den Heer VAN DE SANDE BAKHUYZEN afgestaan, 15—19 Augustus 1885.

(Elke bepaling berustte op een geheelen omgang der mikrometerschroef van den onderzoeker; de waarde van een dergelijken schroefomgang (gevonden uit de pas der mikrometerschroef en de loodlijn, neergelaten uit de spits dier schroef op de verbindingslijn der twee andere stelschroeven), was = 196″,0; elke bepaling werd bovendien herhaald, door de bel in tegengestelden zin te doen bewegen, waarbij de mikrometerschroef dan ook in tegengestelden zin werd omgedraaid).

Waarde van één niveaudeel van het vast niveau van het universaal-instrument van REPSOLD, van de Sterrewacht te Utrecht, bij eene lengte der bel = 35 deeltjes.

Van den niveau-onderzoeker.	Waarde van een niveaudeel. Links.	Midden.	Rechts.	De geheele lengte der buis.
1e omgang	2″,468	2″,370	2″,224	2″,330
2e „	2 ,425	2 ,331	2 ,282	2 ,363
3e „	2 ,432	2 ,382	2 ,250	2 ,347
4e „	2 ,412	2 ,397	2 ,302	2 ,388
5e „	2 ,338	2 ,352	2 ,312	2 ,420
	2″,415	2″,366	2″,274	2″,370

Gemiddeld 2″,352.

Op het blaasje, waarmede het rechter-einde bedekt is, staat, door den vervaardiger met inkt geschreven, $4^d,2 = 10''$, hetgeen dus overeen zou komen met 1 d. = 2″,38.

De middentallen hebben eene middelbare fout = ± 0″,017, zoodat aan het werkelijk bestaan van het gevonden verschil tusschen deze middentallen, vooral die, welke voor het linker- en voor het rechtergedeelte gelden, niet te twijfelen valt. Dat verschil is echter in rekening gebracht, door eene tafel te berekenen, waardoor, als gegeven is de helling in halve deeltjes, diezelfde helling in sekunden gevon-

den wordt; de getallen, die deze tafel aangeeft, maken eene rekenkunstige reeks van de derde orde uit, doch strikt genomen, geldt deze tafel alleen voor eene bepaalde lengte der bel, en wel voor die, welke de bel had toen de bepaling geschiedde.

Eene herhaling van dit onderzoek, door voor elk derde deel zes bepalingen te doen, daarbij beginnende van zes punten van den rand der mikrometerschroef, die gelijkelijk om dien rand verdeeld zijn, gaf op zeer weinig na dezelfde waarden.

Het losse of staande niveau van hetzelfde universaal-instrument gaf 12—22 Sept., voor één niveaudeel, bij eene bel-lengte = 29 deeltjes :

links.	midden.	rechts.
1″,997	2″,043	2″,001

terwijl het geheele niveau gaf 2″,060.

B. Merkwaardiger wijze gaf een niveau-onderzoeker van HILDEBRAND en SCHRAMM te Freiberg in Saksen, door tusschenkomst der heeren P. J. KIPP EN ZONEN voor Indië geleverd, waarvan eene omwenteling der mikrometerschroef eene waarde had van 179″,24, en waarvan de omtrek der schijf in 180 deelen gedeeld was, voor hetzelfde niveau, bij dezelfde lengte der bel:

1″,970 1″,977 1″,9525 en 1″,96,

zonder dat het mij gelukt is, de reden van dit standvastig verschil met de vorige resultaten te vinden.

Het vaste niveau, (d. i. het niveau dat aan den drager der mikroskopen voor den vertikalen cirkel bevestigd is,) insgelijks met dit instrument onderzocht, wees een dergelijk standvastig verschil met den niveau-onderzoeker van Caminada aan; eene daarna door middel van den vertikalen cirkel van het universaal-instrument uitgevoerde bepaling van de waarde van één niveaudeel, terwijl de bel over de geheele lengte van het niveau bewogen werd, kwam nagenoeg met het resultaat overeen, dat de niveau-onderzoeker van HILDEBRAND en SCHRAMM gegeven had. Bij die bepaling werd het universaal-instrument zoo op den pilaar geplaatst, die zich ten zuiden van den meridaankijker bevindt, dat eene der stelschroeven naar het Zuiden of Noorden gekeerd was; verder werd de kijker van het universaal-instrument op den meridaankijker van TROUGHTON gericht, zóó dat een der horizontale draden van den meridaankijker juist tusschen de beide horizontale draden van het universaal-instrument kwam; de bel van het vaste niveau geheel links gebracht; de mikroskopen van den vertikalen cirkel afgelezen; de

zoo even bedoelde stelschroef gedraaid, totdat de bel zich naar de rechterzijde begeven had, waardoor het midden tusschen de beide horizontale draden in den kijker niet meer met den horizontalen draad van den meridaankijker overeenkwam; vervolgens werd de kijker met de schroef voor fijne beweging zooveel verhoogd of verlaagd, dat de horizontale draad van den meridaankijker zich weer tusschen de horizontale draden in den kijker van het universaal-instrument vertoonde, en de mikroskopen werden op nieuw afgelezen; het verschil met de vorige aflezing gaf nu den doorgeloopenen boog.

Ook een dergelijk onderzoek, waarbij het staande niveau op den cubus van het universaal-instrument gelegd, en de waarde zijner deelen door den vertikalen cirkel bepaald werd, bevestigde het resultaat, door den niveau-onderzoeker van HILDEBRAND en SCHRAMM gegeven. Bij dit onderzoek was de hulp van den meridaankijker niet noodig. De kijker werd zoo gedraaid, dat de bel van het niveau links kwam, daarna de vertikale cirkel afgelezen; vervolgens werd, door te draaien aan de schroef voor de fijne beweging des kijkers, diens helling zooveel veranderd, dat de bel van het niveau rechts kwam, en werd de vertikale cirkel weer afgelezen.

In November 1885 paste ik het onderzoek toe op het niveau van het omstreeks 1848 vervaardigde passage-instrument van WENCKEBACH, waarvan de sterrewacht eigenares geworden is door aankoop uit den boedel van wijlen Dr. ONTIJD te Brummen. Voor dit niveau werd gevonden:

Aantal deeltjes van het niveau	Lengte der bel	Speel ruimte	Links	Midden	Rechts
60	35	25	3″,415	2″,99	3″,40
	27	33	3 ,05	3 ,12	3 ,09

Het niveau, door REPSOLD in 1856 voor den meridiaankijker geleverd, gaf

120	70	50	1″,020	0″,949	0″,964

Een niveau, door REPSOLD in hetzelfde jaar geleverd om als staand niveau voor een altazimuth van DOLLOND te dienen:

80	53,5	26,5	1″,367	1″,377	1″,577

Gemiddeld 1″,434. Op het blaasje, dat het linkereinde der niveaubuis sluit, staat, door REPSOLD aangegeven: $6^d, 9 = 10''$, dus $1^d = 1'',45$, hetgeen vrij goed met onze bepaling overeenkomt. De deeltjes aan het rechtereind van dit niveau, hebben, blijkens onze

bepaling, eene merkbaar grootere waarde dan die van het midden en het linkereind.

Het vaste niveau, door DOLLOND zelf voor hetzelfde instrument vervaardigd, gaf

1e bepaling	3″,21	3″,986	3″,86
2e „	3 ,29	3 ,980	4 ,40
Gemiddeld:	3″,25	3″,98	4″,13

In dit niveau is dus even zoo eene voortdurende aangroeiing der waarde te zien van de linker- naar de rechterzijde; die aangroeiing bedraagt meer dan een vierde van de gemiddelde waarde van één niveaudeel.

C. In het jaar 1888 werd voor de sterrewacht te Utrecht een niveau-onderzoeker bij de firma T. ERTEL UND SOHN te Munchen aangekocht.

Tegenover de mikrometerschroef rustte de horizontale balk van dit instrument op twee vaste punten, maar de Heer OLLAND heeft op mijn verzoek, deze met twee stelschroeven verwisseld. Verscheidene keeren zijn met dit werktuig door den amanuensis der sterrewacht, den Heer C. VERLOOP, een aantal niveaus onderzocht, eens 12 niveaus, die ik van den Heer BARTHÉLEMY te Parijs (Rue Dauphine, 16) op mijn verzoek ontving, kort daarop 16 andere, door den Heer C. REICHEL te Berlijn (Alexandrinenstrasse 58) vervaardigd, die bestemd waren om aan eene door den Generalen Staf in Indië gedane aanvraag te voldoen, en eindelijk twee van REPSOLD, die eveneens bestemd waren voor Indië om als reserve-niveaus te dienen voor het aldaar bij de triangulatie in gebruik zijnde universaal-instrument.

Van elk dezer niveaus werd op dezelfde wijze de waarde van één deeltje voor de drie verschillende deelen der buis bepaald. De niveaus van BERTHÉLEMY hadden, evenals die van REICHEL, verschillende graden van gevoeligheid; de waarde van één deeltje der verdeeling bedroeg namelijk bij BERTHÉLEMY van 3″ tot 34″, bij REICHEL, overeenkomstig de aanvraag, van 2″,5 tot 6″,5.

De uitkomsten van dit onderzoek, dat naar vaste regels plaats had, zijn vervat in de achter deze mededeeling gevoegde tabellen; hier zal ik daarvan alleen vermelden dat bij vele niveaus de waarde der deelen links, midden, en rechts, vrij gelijk was, maar dat er toch wel eens groote verschillen voorkwamen. Het grootste verschil tusschen een der drie gevondene waarden en het arithmetisch midden der drie waarden, bedroeg voor de niveaus van BERTHÉLEMY in percenten:

14, 9, 11, 4, 6, 10, 3, 9, 5, 7, 2, 12,

dus gemiddeld 7,7 percent. Bij REICHEL daarentegen:

8, 5, 2, 2, 2½, 4, 4, 2, 3½, 4, 2, 2, 3, 7, 8,

of gemiddeld 3,4 percent. Hierbij is niet geteld het 16e niveau, waarvoor gevonden werd:

Links	Midden	Rechts
15″,43	6″,27	6″,67

en dat blijkbaar onafgewerkt was, en mij door eene vergissing moet toegezonden zijn.

Deze niveaus waren allen toegesmolten en niet van eene luchtkamer voorzien. De niveaus van REICHEL hebben zich bij dit onderzoek beter betoond dan die van BERTHÉLEMY, maar zijne prijzen zijn ook door elkander tweemaal hooger.

De beide niveaus van REPSOLD, waarvan boven sprake was, waren van dekplaatjes voorzien, evenals van eene luchtkamer; de bel kon dus naar willekeur vergroot en verkleind worden, en het onderzoek werd gedaan zoowel met eene lengte der bel van 20, als van 40 deeltjes. Verder werd dat onderzoek verricht:

1°. terwijl de stelschroeven van den niveau-onderzoeker rustten op plaatjes met kegelvormige gaatjes, en deze op eene zware, van den vloer geïsoleerde, mahonihouten tafel in de werkkamer van den amanuensis; het was vriezend weêr, doch de kachel werd niet gestookt. Twee volledige bepalingen werden volbracht, d. w. z. voor het linker-, midden-, en rechter-derde deel van de speelruimte der bel, en voor de geheele speelruimte werd de waarde van één niveaudeel vijf maal, langs verschillende deelen der mikrometerschroef, bepaald, en die bepaling werd herhaald. De acht verschillen van de 1e en 2e bepaling werden opgesteld, en deze som, die wij S zullen noemen, kan dienen om de nauwkeurigheid der bepalingen te beoordeelen; hoe grooter S, hoe minder nauwkeurig de bepalingen overeenstemmen.

Bij deze bepaling van S = 1,″766 voor N°. 1 en 1″,821 voor N°. 2.

2°. Even als bij 1°, doch de bepalingen geschiedden op een hardsteenen pilaar in de meridaanzaal der sterrewacht. Twee volledige bepalingen. Er werd gevonden S = 0″,555 en 1,″001.

3°. Bij de twee voorgaande bepalingen werd de bel telkens zoo nauwkeurig mogelijk een bepaald aantal niveaudeeltjes verplaatst; dit kostte wel eens veel tijd; daarom werden nu twee bepalingen genomen, waarbij telkens de wijzer van den niveau-onderzoeker een

bepaald aantal deelen verzet werd. De beide waarden van S waren 0″318 en 0″,896.

4°. Twee nieuwe bepalingen volgens de laatste methode, altijd nog op den pilaar in de meridaankamer, doch de koperen plaatjes met gaatjes werden vervangen door stalen plaatjes, zonder gaatje. S = 0″,561 en 0″,512.

5°. Dezelfde twee bepalingen herhaald in de werkkamer van den amanuensis, op de geïsoleerde tafel, zonder dat de kachel aan was; S = 0″,409 en 0″,597.

Eindelijk werd nog eene elfde bepaling genomen in dezelfde kamer, met de kachel aan. Deze bepalingen sluiten iets minder mooi dan de vorige, toch echter voldoende om aan te toonen dat de kachelwarmte niet hinderde.

Het is merkwaardig dat de waarde, verkregen voor de *geheele* speelruimte der bel, telkens 0″,1 tot 0″,3 kleiner gevonden werd, dan het ar. midden der 3 waarden gevonden voor het linker-, middelste- en rechter-derde deel. Overigens zijn de besluiten, die uit deze metingen te trekken zijn, de volgende:

1°. De vergelijking van de 4e en 5e bepaling bewijst, dat de geïsoleerde tafel geene slechtere resultaten oplevert dan de steenen pilaar.

2°. De kleinere waarde van S in de 4e en 5e bepaling met die voor de 1e, 2e en 3e bepaling doet besluiten dat het plaatsen der stelschroeven op stalen plaatjes zonder gaatjes beter is dan op de gewone koperen plaatjes met gaatjes.

De resultaten dezer vijf bepalingen waren nu als volgt:

VOOR HET NIVEAU N°. 14316.

Bepaling.	LENGTE DER BEL = 20 DEELTJES.				LENGTE DER BEL = 40 DEELTJES.			
	Links.	Midden.	Rechts.	Geheele lengte.	Links.	Midden.	Rechts.	Geheele lengte.
1	3″.086	2″.868	2″.960	2″.957	2″.829	2″.786	2″.941	2″.898
2	3 .050	2 .884	2 .934	2 .952	2 .892	2 .900	3 .093	2 .952
3	2 .923	2 .844	2 .877	2 .887	2 .921	2 .893	2 .952	2 .890
4	2 .899	2 .883	2 .893	2 .913	2 .934	3 .033	2 .935	2 .913
5	2 .838	2 .769	2 .836	2 .871	2 .800	2 .785	2 .805	2 .828
Midd.	2 .959	2 .850	2 .900	2 .916	2 .875	2 .879	2 .945	2 .896

VOOR HET NIVEAU Nº. 14315.

1	2″.915	2″.822	2″.633	2″.774	2″.947	2″.861	2″.773	2″.858
2	2 .931	2 .956	2 .782	2 .809	3 .002	3 .041	2 .852	2 .840
3	2 .710	2 .808	2 .628	2 .741	2 .867	2 .770	2 .719	2 .771
4	2 .793	2 .880	2 .688	2 .748	2 .808	2 .770	2 .739	2 .797
5	2 .628	2 .728	2 .546	2 .717	2 .754	2 .619	2 .618	2 .677
Midd.	2 .795	2 .839	2 .675	2 .758	2 .876	2 .812	2 .740	2 .789

Men ziet dus, dat hoewel deze niveaus afkomstig zijn wellicht van de beste werkplaats van astronomische instrumenten, er toch verschillen overblijven die men niet altijd mag over het hoofd zien. Bij zeer nauwkeurige metingen is weder het gebruik van eene tafel aan te bevelen, even als die waarvan boven gesproken is.

Overigens is, bij beide niveaus, zeer voldoende de overeenkomst tusschen de waarde van één niveaudeel bij eene lengte der bel van 20 en van 40 deelen.

Geheel anders viel een onderzoek uit naar twee toegesmoltene niveaus, die zich in het kleinste der in den aanvang dezer mededeeling vermelde universaal-instrumenten bevonden.

Het instrument, bij de Geographische Dienst in Nederlandsch-Indië, tijdens de triangulatie van Java bekend onder de benaming: P. M. III (d. i. PISTOR en MARTINS III), had oorspronkelijk niveaus bezeten, met dekplaatjes gesloten, vervaardigd, even als al de niveaus, waarmede de instrumenten dier firma voorzien waren, blijkens de letters C. R. op een der blaasjes, door CARL REICHEL te Berlijn; deze niveaus zijn in der tijd in Indië door den Geographischen ingenieur VAN ASPEREN op dezelfde wijs onderzocht, als boven is uitgelegd, en hebben zeer goed overeenstemmende resultaten gegeven.

De aldus toegeslotene niveaubuizen hebben echter één nadeel. Zij worden wel eens lek, en moeten dan op nieuw met ether gevuld en gesloten worden. Voor een geographisch ingenieur op het terrein is dit lastig en tijdroovend, en als het vullen niet naar behooren geschiedt, dan heeft men licht spoedig weer last van lekken *. Wellicht

---

* De met dekplaatjes geslotene niveaubuizen hebben echter een groot voordeel. Indien er zich namelijk, door de werking van in den ether opgelost water op het glas, mikroskopische kiezelzuurhydraat-wratjes tegen den binnenwand van het niveau afzetten, waardoor

is dit de reden geweest, dat zij beide door toegesmoltene niveaubuizen vervangen waren.

---

dit onbruikbaar wordt, kunnen zij geopend, gereinigd, op nieuw gevuld en derhalve weêr bruikbaar gemaakt worden. Gebeurt dit echter bij een toegesmolten niveau, dan is het kwaad niet meer te verhelpen.

Ik zeide in den tekst: „als dit vullen niet naar behooren geschiedt". De bedoeling hiervan is de volgende. De dekplaatjes op de einden der niveaubuizen worden conisch afgeslepen, en passen dan in de eveneens inwendig conisch afgeslepene einden dier buizen. Gewoonlijk is in een der dekplaatjes, dat wij A zullen noemen, een gaatje van 3 tot 5 mM. middellijn geboord, terwijl het andere (B) zonder gaatje is. Een klein dekplaatje C, dient om het gaatje in A te bedekken.

Na nu de niveaubuis met behulp van gedestilleerd water en een wisscher (een houten cilinder met garen omwonden), inwendig gereinigd, en de buis verder inwendig goed gedroogd te hebben, sluite men het eene uiteinde der buis met het dekplaatje B, als kleefmiddel gebruikende eene emulsie, zoo dik mogelijk, van arabische gom of vischlijm. Men gebruike hiervan zoo weinig mogelijk, opdat er niet veel van de emulsie binnen de buis dringe. Men late dit eind nu goed drogen, door de buis b. v. ten minste een dag op eene droge, warme plaats te leggen. Eerst daarna bedekke men dit einde met een schijfje vochtige kalfs- of varkensblaas, dat men er met garen ombindt, de plooien zooveel mogelijk wegstrijkende. Sommigen bevelen aan, dit schijfje blaas van binnen met gom-emulsie te bevochtigen, ten einde het kleven aan het glas te bevorderen.

Men bevestige nu het dekplaatje A met een weinig gom-emulsie tegen het andere uiteinde der buis, en late ook dit uiteinde goed drogen. Dan eerst vulle men, tot op 5 of 6 mM. na, met een fijnen trechter, door het gaatje in dit dekplaatje, de niveaubuis met zuiveren, watervrijen ether. Men brenge nu dezen ether voorzichtig even aan het koken, waardoor alle lucht uit de leege ruimte verdreven en deze met etherdamp gevuld wordt. Somtijds gelukt dit, althans bij kleine niveaus, door het in de warme hand te houden; de bloedwarmte van het menschelijk lichaam is namelijk iets hooger dan het kookpunt van zuiveren ether. SAWITSCH beveelt aan, het niveau, nadat het schellakvernis droog is te dompelen in een glas, waarin zich water van omtrent 36° R., dus 45° C. bevindt, en zoodra de ether kookt, het niveau te dekken en het te dompelen in ijswater. Ik acht het raadzaam, alvorens deze wijze aan te wenden, de reeds droge blaasbedekking, door een daarom gebonden tweede blaasje, of caoutchouc-vlies, voor het water ontoegankelijk te maken.

Zoodra de ether kookt, bedekke men onmiddellijk het gaatje in het dekplaatje A met het kleine dekplaatje C, dat men van onderen met zeer weinig gom-emulsie voorzien heeft. Eerst nadat dit er geheel vast op zit, liefst eerst den volgenden dag, bedekke men ook dit uiteinde der buis met een schijfje blaas, dat men weder om de buis toebindt. Zijn ook de beide blaas-bedekkingen volkomen droog, dan kan men het garen, dat voor het toebinden gediend heeft, verwijderen, de blaasbedekking zuiver afsnijden; aanbeveling verdient verder, haar van schellakvernis te voorzien; en als dit droog is, om de beide uiteinden nog een schijfje dun caoutchouc-vlies te binden. Hierdoor worden de niveaus ook tegen dauw of mist bestand. Bij de basismeting te Simplak bij Buitenzorg hadden wij er, als, des morgens vroeg, de basistoestel voor het gebruik ontbloot werd, en de dauw nog niet van het terrein geweken was, last van, dat de niveaus lek werden. Nadat de uiteinden met caoutchouc-vlies bedekt waren, viel dit niet meer voor.

Eene hoofdvoorwaarde dat het niveau niet lekt, is dat de gom, waarmede de dekplaatjes gesloten worden, goed droog zij, alvorens men den ether in de buis giet. Natte of vochtige gom geeft door diffusie aan den ether gelegenheid, langzamerhand te ontsnappen.

Het schellakvernis dient om de blaas nog dichter te maken.

Het caoutchouc-vlies beschut ook, vooral in een tropisch klimaat tegen insecten, bepaaldelijk mijten. Het is mij in Indië voorgekomen, dat van een niveau, dat jaren lang goed gebleven was, de bel plotseling langer en langer begon te worden. Bij onderzoek bleek een der sluitblaasjes aangevreten te zijn, en vond ik op het universaal-instrument

Bij het onderzoek van deze twee buizen, dat ik weder den amanuensis der sterrewacht den Heer C. VERLOOP opdroeg, heb ik eene ervaring opgedaan, die ik meende, dat ook voor anderen eenig nut kon hebben. De speelruimte der bel, die door het aanwezig zijn eener luchtkamer op eene willekeurige lengte gebracht kon worden, werd in drie gelijke deelen gedeeld; en voor elk derde deel werd de waarde van een niveaudeel op de gewone wijs door vijf metingen met den niveau-onderzoeker bepaald.

Voor de beide niveaus van het 27 cM. universaal-instrument, groot P. M. II, waren de resultaten bevredigend geweest, en was namelijk gevonden:

	Links.	Midden.	Rechts.	Geheele lengte.
voor het staande niveau:	3″,18;	3″,00;	3″,50;	3″,23
„ „ vaste „ :	3 ,54;	3 ,32;	3 ,61;	3 ,40 *.

Maar voor de niveaus van het kleinere instrument waren zij minder goed; er werd namelijk verkregen:

voor het staande niveau:	5″,74;	4″,005;	7″,82;	5″,56
„ „ vaste „	6 ,77;	2 ,33 ;	6 ,37;	5 ,02.

De kromtestraal van de beide uiteinden scheen dus in beide niveaubuizen aanzienlijk kleiner te zijn dan die van het midden, en ik was ook geheel geneigd de niveaus af te keuren, en nieuwe te bestellen. Een bezwaar bestaat echter tegenwoordig tegen het bestellen van nieuwe niveaus, namelijk dat zij door zeer weinige instrumentmakers vervaardigd worden. Duitsche instrumentmakers bestellen ze meestal bij CARL REICHEL te Berlijn, die den naam heeft zeer goede te vervaardigen, maar daardoor is deze ook zoo overladen met

---

hier en daar mijten; deze schijnen door de olie gelokt te worden, waarvan de stelschroeven voorzien worden, en planten sterk voort.

Ten einde te verhoeden dat de ether, zoo hij nog waterhoudend is, de gevreesde uitscheiding van kiezelzuurhydraat (het zoogenaamde korrelen), bevordere, verdient aanbeveling in de niveaubuis, vóór dat het dekplaatje A er op komt, eenige korrels gebrande kalk of chloorcalcium te doen.

Ook is in den laatsten tijd het gebruik van petroleumether in plaats van zwavelether aanbevolen. Er zijn niveaus, met petroleumether gevuld, naar Indië gezonden, maar er werd geklaagd, dat zij even goed korreling vertoonden; indien de verklaring, dat de afgescheidene wratjes of korreltjes uit kiezelzuurhydraat bestaan, de ware is, zou men moeten besluiten dat petroleumether, even goed als zwavelether, waterdeelen kan bevatten, en dan zou ook voor die vloeistof, als zij voor het vullen van een niveau gebruikt wordt, de bijvoeging van stukjes bijtende kalk of chloorcalcium aan te bevelen zijn.

* Dit niveau ontbrak, toen het instrument aankwam; het is een nieuw, pas door CARL REICHEL geleverd.

bestellingen, dat hij maanden, soms jaren laat wachten. REPSOLD maakt ze liefst voor zijne eigene instrumenten. De niveaus van BERTHÉLEMY zijn gebleken over het algemeen minder regelmatige uitkomsten te geven dan die van REICHEL. In die omstandigheden ben ik tot een anderen maatregel overgegaan, namelijk om bij verschillende lengten der bel haar geheele verloop te doen onderzoeken; de lengte der buizen was 30 deeltjes, ik verzocht nu den heer VERLOOP, met eene bel van 24 deeltjes te beginnen; de buis op den niveau-onderzoeker te leggen, en de bel van het eene einde tot het andere langzaam te doen voortbewegen, telkens niet meer dan een of twee niveaudeelen, en telkens de verdeelde schijf der mikrometerschroef aflezende. Daaruit zou dan beoordeeld kunnen worden, of niet bij sommige lengten der bel, de gang regelmatig genoeg was om het niveau geheel bruikbaar te doen zijn. De uitkomst heeft getoond dat dit werkelijk het geval was. Neemt men op gequadrilleerd millimeterpapier voor de abscissen aan de uit de aflezingen van het niveau afgeleide hellingen in halve niveaudeeltjes, nl. de aflezing van het linker- minus de aflezing van het rechteruiteinde der bel; en als ordinaten de helling in deeltjes van den omtrek der mikrometerschroef, verkregen door elke aflezing te verminderen met die overeenkomt met den horizontalen stand, (waarbij de aflezingen van het linker- en van het rechtereinde gelijk zijn), dan zal, indien het niveau volmaakt is, de lijn door de verkregene punten getrokken, en die altijd door den oorsprong der coördinaten gaan moet, volkomen recht zijn.

Dit bleek nu werkelijk nagenoeg het geval te zijn bij zeer groote lengten der bel. Op de bijgevoegde platen zijn de verkregene kromme lijnen afgebeeld.

Bij het staande niveau bleken de twee bepalingen met lengten van 25,4 deeltje niet goed met elkander overeen te komen. Beter was dit met de tweede en derde proef, met lengten van gemiddeld 22,435 en 20,25 deeltjes; de lijnen op de teekening door de cijfers 2 en 3 aangeduid, zijn nagenoeg recht.

Voor de rechte lijn, die door den oorsprong der coördinaten gaat, voor de lengte der bel = 22,435 deeltjes, wordt door de methode der kleinste vierkanten de volgende vergelijking gevonden:

$$y = 1^{s},360\ x,\ *$$

---

* Indien het blijkt dat dit beter uitkomt, is er geen bezwaar tegen, voor de linker- en voor de rechterzijde verschillende formules aan te nemen. Bij dit niveau is het verschil, voor de bel-lengte $l = 22{,}435$ zoo goed als onmerkbaar, maar voor $l = 20{,}25$ vindt men links 1 h.d. $= 1^{s},361$ en rechts $= 1^{s},295$.

waarin y de helling in deelen van den niveau-onderzoeker ($1^s = 1'',9875$) en x de aanwijzing van het niveau in halve deeltjes beteekent. De overblijvende fouten, berekening—waarneming, zijn:

$$+ 0^s,06; - 0^s,02; + 0^s,01; + 0^s,05; - 0^s,01; + 0^s,20; - 0^s,115; + 0^s,09.$$

Voor de lengte $= 20,25\ d$, verkreeg ik:

$$y = 1^s,310\ x,$$

met de overblijvende fouten:

$$-0^s,88 - 0^s,28 - 0^s,09 + 0^s,09 + 0^s,25 - 0^s,03 - 0^s,40 - 0^s,36 - 0^s,53 - 0^s,59.$$

Hier is een merkbare gang zichtbaar; in het midden vindt men positieve, links en rechts negatieve teekens. Beproeven wij deze verschillen door het invoeren van een term van de 2e orde te verminderen, dan wordt ook de factor van x gewijzigd, en wij verkrijgen:

$$y = 1^s,290\ x + 0^s,00913\ x^2$$

en nu zijn de overblijvende fouten:

$$-0^s,20 + 0^s,11 + 0^s,10 + 0^s,16 + 0^s,23 - 0^s,02 - 0^s,30 - 0^s,08 - 0^s,04 + 0^s,22.$$

Neemt men in aanmerking dat 1^s, d. i. een deeltje van den niveau-onderzoeker, nagenoeg $= 2''$ is, dan kan men dit resultaat niet schitterend noemen; er blijft een duidelijke gang in de overblijvende fouten, en het is dus verkieselijker, eene tabel te maken waaruit men voor deze lengte der bel, gegeven zijnde de aflezing van het niveau, de helling ontleent. Voor elke lengte der bel zal dan het onderzoek zelf meer dan tweemaal, m. i. ten minste vijfmaal moeten herhaald worden.

De metingen met kleinere bel-lengten heb ik niet berekend, daar de figuur wel aantoont, dat de resultaten nog slechter zouden geweest zijn.

Voor het vaste niveau heb ik de 4 eerste series aan de berekening onderworpen, d. i. ik heb door de methode der kleinste vierkanten dezelfde vergelijkingen gezocht als waarvan boven sprake was. Ik heb daarbij eerst al de aanteekeningen, die op de linker- en rechterzijde betrekking hadden vereenigd, daarna deze afzonderlijk gehouden en verkregen:

WAARDE VAN ÉÉN DEELTJE.

Lengte der bel.	Linker- en rechterzijde bij een genomen.	Linkerzijde afzonderlijk.	Rechterzijde afzonderlijk.
	δ	δ	δ
24,0	1,245	1,335	1,158
22,4	1,189	1,267	1,043
20,45	1,0545	1,077	1,019
18,0	0,9835	1,022	0,919

Men ziet hier duidelijk dat bij toenemende lengte der bel ook de waarde van een niveaudeel grooter wordt, maar dat de wet dier toeneming anders is bij de linker- als bij de rechterzijde.

De figuur wijst reeds uit, dat de bel-lengte = 15,65 deeltjes eene onregelmatig gevormde kromme lijn opleverde; het was dus de moeite niet waard, voor die lijn en de volgende, lineaire vergelijkingen te zoeken.

De overblijvende fouten, in deeltjes van den niveau-onderzoeker, waren, linker- en rechterzijde bijeen genomen:

$$-0{,}40 + 0{,}50 + 0{,}72 + 0{,}50 + 0{,}30 + 0{,}23 - 0{,}08$$
$$-1{,}58 + 0{,}17 + 0{,}48 + 0{,}43 - 0{,}04 - 0{,}96 - 0{,}62 - 0{,}76$$
$$-1{,}57 + 0{,}38 + 0{,}82 + 0{,}65 + 0{,}31 - 0{,}10 + 0{,}16 - 0{,}38 - 0{,}14 - 0{,}33$$
$$-2{,}46 + 0{,}26 + 0{,}75 + 0{,}91 + 0{,}43 + 0{,}02 + 0{,}01 - 0{,}33 - 0{,}42 - 0{,}15 - 0{,}90 - 0{,}38$$

daarentegen, de linker- en de rechterzijde afzonderlijk nemende:

$-0{,}37 + 0{,}34 + 0{,}39$	$0{,}00 \quad 0{,}00 + 0{,}07 - 0{,}05$
$-0{,}96 + 0{,}63 + 0{,}77 + 0{,}57$	$-0{,}04 - 0{,}61 + 0{,}05 + 0{,}20$
$-1{,}36 + 0{,}54 + 0{,}94 + 0{,}71 + 0{,}35$	$-0{,}08 + 0{,}27 - 0{,}22 + 0{,}10 - 0{,}03$
$-2{,}02 + 0{,}63 + 1{,}05 + 1{,}13 + 0{,}58 + 0{,}07$	$+0{,}01 - 0{,}19 - 0{,}16 + 0{,}24 - 0{,}37 + 0{,}27$

Zoo als men ziet, geven ook deze rijen van overblijvende fouten, wanneer men linker- en rechterzijde bijeenneemt, in het midden positieve, aan de beide einden negatieve teekens; doch haar verloop is niet zoodanig, dat men door het bijvoegen van een tweede-machtsterm veel vordert.

Houdt men de linker- en rechterzijde afgezonderd, dan blijft het negatieve verschil B—W aan het eind voor de 4 reeksen gehandhaafd, terwijl aan de rechterzijde meer afwisseling heerscht; de overeenkomst blijft onvoldoende.

Het is dus, alles beschouwd, beter voor elke bel-lengte een tafeltje

samen te stellen, aangevende de helling voor elke aanwijzing van het niveau, uitgedrukt in halve niveaudeelen.

Gaat men nu na, dat ook de beste niveaus, zoo als wij boven aangetoond hebben, niet volkomen regelmatig uitgeslepen zijn; dat dus elk niveau aan een streng onderzoek moet onderworpen worden, wil men het als een *instrument de précision* gebruiken, dan geloof ik dat men wel mag aannemen, 1° dat het in het algemeen niet voldoende is, ééne waarde voor het niveaudeel aan te nemen, zelfs al neemt men daarvoor aan eene lineaire functie van de lengte der bel;

2° dat het daarentegen aanbeveling verdient, door middel van een niveau-onderzoeker, of door verbinding van het niveau aan een vertikaal cirkel, voor verschillende bel-lengten, eene tafel samen te stellen, waardoor de helling gegeven wordt, als functie van de aanwijzing van het niveau in halve deeltjes. Vereenigd kunnen deze tafels eene tafel met dubbelen ingang vormen.

3° dat de deugdzaamheid van eene niveaubuis, voor het gebruik, minder afhangt van de gelijkheid van de waarde der deeltjes, d. i. van de gelijkmatige inwendige kromming der buis, dan wel daarvan dat de bel bij eene bepaalde helling een bepaalden stand inneemt. Het is eene bekende zaak, en opzettelijke onderzoekingen hebben mij dit herhaaldelijk aangetoond, zoowel bij de universaal-instrumenten, bij de Geographische Dienst in Indië in gebruik, en ook nu bij het onderzoek der beide laatst besprokene niveaus, dat eene lange bel juister de helling aanwijst dan eene korte. Toch vindt men verschillen, als men het niveau op den onderzoeker legt, en aan de mikrometerschroef draaiende, het niveau herhaalde malen dezelfde helling geeft. Hoe kleiner nu de verschillen zijn, die zich daarbij voordoen, des te beter is het niveau.

Daar het eene bekende eigenschap der niveaus is dat, wanneer eene warmtebron, hier het lichaam des waarnemers, zich dichter bij het eene dan bij het andere uiteinde bevindt, de bel zich naar den kant van die warmtebron begeeft, zoo verdient aanbeveling, en ook te Leiden is dezelfde ervaring opgedaan, den geheelen niveau-onderzoeker met een glazen kastje te bedekken. De laatste bepalingen zijn ook onder aanwending van zulk een kastje gedaan.

Wil men de deugdzaamheid van eene niveaubuis door een getal uitdrukken, dan geloof ik, dat de beste wijze van onderzoek deze is. Men legge de buis op den niveau-onderzoeker, make de bel (als er eene luchtkamer aanwezig is) gelijk aan ten minste de halve lengte der buis; brenge de bel in het midden der buis, zoodat de door haar aangewezene helling $= 0$ is. Men draaie nu de mikrometer-

schroef om, zóó dat de aflezing aan hare schijf achtereenvolgens x, $2x$, $3x$, $4x$, ... deeltjes wordt, en leze telkens het niveau af; daarna brenge men de bel wederom in het midden, en draaie de mikrometerschroef op dezelfde wijs den anderen kant op. Bewoog zich de bel eerst links, dan beweegt zij zich nu rechts. Men leze telkens het niveau af, en zet de beschrevene handeling voort totdat de bel aan het eind der verdeeling gekomen is.

Bij dezelfde lengte der bel, herhale men nu deze bewerking eenige, b. v. vijf malen, liefst op verschillende dagen. Voor elke helling zal men dan evenveel aflezingen verkrijgen als het aantal keeren bedraagt, dat men de bewerking herhaald heeft. Men kan nu de middelbare fout van elke aanwijzing van het niveau bepalen; hoe kleiner deze m. f. is, hoe fijner en gelijker de inwendige holte is uitgeslepen, en hoe deugdzamer dus het niveau is.

Men make nu de bel telkens eenige niveaudeelen langer, en herhale telkens dit onderzoek, dan zal ook blijken, of de middelbare fout eener aanwijzing ook afhankelijk is van de lengte der bel.

Voor den gebruiker is het wel gemakkelijker, als de kromming geheel regelmatig is, en de waarde van een niveaudeel dus over de geheele lengte der buis nagenoeg standvastig is, maar deze eigenschap komt bij het beoordeelen eener niveaubuis, m. i. eerst in de tweede plaats in aanmerking *.

De talrijke bepalingen gedaan met den niveau-onderzoeker van ERTEL, telkens uitgaande van een ander punt van den verdeelden rand der mikrometerschroef, hebben mij in staat gesteld een onderzoek naar de periodieke ongelijkheden dezer schroef in te stellen; het resultaat was, dat die ongelijkheden bij deze schroef geheel onmerkbaar waren.

Veel van hetgeen hier is medegedeeld is zonder twijfel ook door anderen ondervonden, maar niet bekend gemaakt; mij is althans daarvan niet veel onder de oogen gekomen.

Utrecht, 24 December 1891.

---

* In SAWITSCH, *Abriss der praktischen Astronomie*, 2e uitgave door Dr. C. F. W. PETERS (Leipzig 1879), blz. 85 en 86 staat b. v. „ist dieses wirklich sehr nahe der Fall", nl. dat „bei Drehung der Mikrometerschraube gleichen Theilen des Umganges dieser Schraube auch gleiche Ortsveränderungen der Blase längs der gläsernen Röhre entsprechen", „so ist das Niveau vortrefflich".

1e TABEL.

NIVEAUS VAN BARTHÉLEMY, TE PARIJS, GERANGSCHIKT NAAR DE WAARDE VAN ÉÉN NIVEAUDEEL.

N°.	Ouderdom in jaren.	Prijs in fres.	Lengte zonder de punten mm.	Dikte mm.	Aantal deeltjes (1)	Lengte der bel. (1).	Speelruimte.	Links Midden Rechts	Waarde van 1d = 2 mm. (2)	M. f. in pCt.	Arithmetisch midden.	Afwijking.	Grootste afwijking in pCt.	Kromtestraal. naar Barthélemy.	Kromtestraal. naar de waarde van 1d.	Aanmerkingen.
9	6	15	110	15	32+x	17 +x	15	l m r	2″.97 3 .19 3 .79	3.4 3.2 3.3	3″.32	—0″.35 —0 .13 +0 .47	+14	180	124	
3	6	15	148	17	40	25	15	l m r	3 .25 3 .27 3 .70	1.1 1.7 2.4	3″.41	—0 .16 —0 .14 +0 .29	+ 9	144	121	De bel gaat zeer langzaam.
10	?	15	102	15	30+x	16 +x	14	l m r	3 .49 3 .75 4 .23	5.1 1.1 3.4	3″.82	—0 .33 —0 .07 +0 .41	+11	120	108	
6	?	15	115	17	22+x	13 +x	9	l m r	3 .81 4 .06 3 .79	3.6 3.7 3.9	3 .89	—0 .08 +0 .17 —0 .10	+ 4	120	106	Voor de sterrewacht behouden.
11	?	12	80	15	20+x	10 +x	10	l m r	5 .52 6 .16 5 .94	3.5 5.8 4.5	5″.87	—0 ·35 +0 ·29 +0 ·07	— 6	86	70	
4	5	6	128	17	20+x	14 +x	6	l m r	9 .06 10 .53 10 .54	1.3 1.7 2.1	10″.04	—0 .98 +0 .49 +0 .50	—10	60	41	
2	10	2.75	150	17	50	27	23	l m r	11 .23 12 .37 11 .40	0.9 1.0 0.9	11″.67	—0 .44 +0 .70 —0 .27	+ 3	32	36	Voor de sterrewacht behouden.
5	5	6	117	17	20+x	12.5 +x	7.5	l m r	12 .91 10 .86 11 .82	2.1 1.4 2.4	11″.86	+1 .05 —1 .00 —0 .04	9	42	35	
1	3	3	155	18	34+x	17.3 +x	15	l m r	22 .69 22 .15 20 .69	0.6 0.5 1.0	21″.84	+0 .85 +0 .31 —1 .15	— 5	28	19	Voor de sterrewacht behouden.
7	5	6	115	15	20+x	11 +x	9	l m r	26 .42 29 .64 26 .95	1.5 1.0 0.7	27″.67	—1 .25 +1 .97 —0 .72	+ 7	55	15	
12	?	1	80	14	18+x	9 +x	9	l m r	28 .95 28 .79 28 .12	1.1 0.8 1.5	28″.62	+0 .33 +0 .17 —0 .50	— 2	20	14	Voor de sterrewacht behouden.
8	?	1.35	110	18	22+x	12.2 +x	9	l m r	30 .32 36 .47 36 .51	3.2 1.0 0.7	34″.40	—4 .17 +2 .07 +2 .11	—12	18	12	

(1) x beteekent hier de onverdeelde ruimte in het midden der buis. Bij N°. 2 en 3 was geene onverdeelde ruimte aanwezig.

(2) Elk getal in deze kolom berust op 5 bepalingen, beginnende met 0, 20, 40, 60 en 80 van den rand van den niveau-onderzoeker. Zoo als in den tekst is opgemerkt, bleek de mikrometerschroef van dit werktuig zonder periodieke ongelijkheden te zijn. Door de 5 bepalingen met haar arithmetisch midden te vergelijken, kon dus de m. fout van elke bepaling en ook van het ar. midden afgeleid worden, dat in de volgende kolom vermeld is.

2e TABEL.

NIVEAUS VAN C. REICHEL TE BERLIJN, GERANGSCHIKT NAAR DE WAARDE VAN ÉÉN NIVEAUDEEL.

N°.	Prijs in Marken.	Lengte in mm zonder de puntjes.	Dikte in mm.	Aantal deeltjes.	Lengte der bel.	Speelruimte.	Links Midden Rechts.	Waarde van 1d = mm.	M. f. in pCt.	Arithmetisch midden.	Afwijking.	Grootste afwijking in pCt.	Waarde van 1d volgens den maker.	Aanmerkingen.
4917	35	150	16	45	23	22	l	2″.84	0.4		—0″.07			
							m	2 .76	1.0	2″.91	—0 .15		2″.64	Goedgekeurd.
							r	3 .14	1.0		+0 .23	+ 8		
4916	35	152	15½	45	22.5	22	l	2 .74	0.8		—0 .15			
							m	2 .88	1.1	2 .89	—0 .01		2 .80	"
							r	3 .05	1.0		+0 .16	+ 5		
4918	30	140	15¼	40	20.4	19.6	l	3 .37	0.5		+0 .03			
							m	3 .37	1.4	3 .34	+0 .03		3 .32	"
							r	3 .27	1.3		—0 .07	— 2		
4914	30	160	15¾	50	25.8	24.2	l	3 .34	0.6		—0 .08	— 2		
							m	3 .46	0.7	3 .42	+0 .04		3 .33	"
							r	3 .47	1.0		+0 .05			
4915	30	158	15¾	50	25.5	24.5	l	3 .47	1.1		—0 .02			
							m	3 .41	0.6	3 .49	—0 .08		3 .45	"
							r	3 .58	0.7		+0 .09	+ 2.5		
4919	30	140	15¼	40	20	20	l	3 .43	0.8		—0 .09			
							m	3 .49	0.7	3 .52	—0 .03		3 .55	"
							r	3 .65	0.8		+0 .13	+ 4		
4921	23	105	15¼	30	16	14	l	5 .02	0.7		+0 .14			
							m	4 .69	1.0	4 .88	—0 .19	— 4	4 .51	"
							r	4 .92	0.4		+0 .04			
4920	23	108	15⅛	30	14.6	15.4	l	4 .75	0.6		+0 .10	+ 2		
							m	4 .63	0.5	4 .65	—0 .02		4 .58	"
							r	4 .56	0.7		—0 .09			
4924	23	128	13¾	40	19.9	20.1	l	5 .00	0.2		+0 .04			
							m	4 .79	0.7	4 .96	—0 .17	— 3.5	5 .00	"
							r	5 .08	0.3		+0 .12			
4925	23	129	14	35	17.1	17.9	l	5 .40	0.7		+0 .21	+ 4		
							m	4 .98	0.5	5 .19	—0 .21	— 4	5 .06	"
							r	5 .20	0.2		+0 .01			
4922	23	128	16½	35	16.8	18.2	l	5 .45	0.6		—0 .05			
							m	5 .63	1.0	5 .50	+0 .13	+ 2	5 .26	"
							r	5 .42	1.6		+0 .08			
4923	23	129	16½	35	17 0	18.0	l	5 .61	0.7		+0 .10	+ 2		
							m	5 .42	0.5	5 .51	—0 .09		5 .29	"
							r	5 .50	0.3		—0 .01			
4927	21	94	15	25	11.45	13.15	l	6 .40	0.8		—0 .22	— 3.3		
							m	6 .53	0.4	6 .62	—0 .09		6 .25	"
							r	6 .92	0.6		+0 .30			
4926	21	94	14½	25	13.0	12.0	l	15 .43	0.4		.....			
							m	6 .27	0.6	....	.....	....	6 .00	Afgekeurd.
							r	6 .69	1.0		.....			
4928	21	93	14½	25	12	13	l	7 .14	0.6		+ 0 .37			
							m	6 .29	0.9	6 .77	— 0 .48	— 7	6 .06	Goedgekeurd.
							r	6 .87	0.6		+ 0 .10			
4929	21	94	15	25	13.5	11.5	l	7 .09	0.3		— 0 .04			
							m	6 .53	0.7	7 .13	— 0 .60		6 .25	"
							r	7 .77	0.6		+ 0 .64	+ 9		

Helling in halve niveaudeelen.

+ 30 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 −

Staand niveau van het 22 cm. Universaal-Instrument P.M.III van de Triangulatie in Ned. Indië.

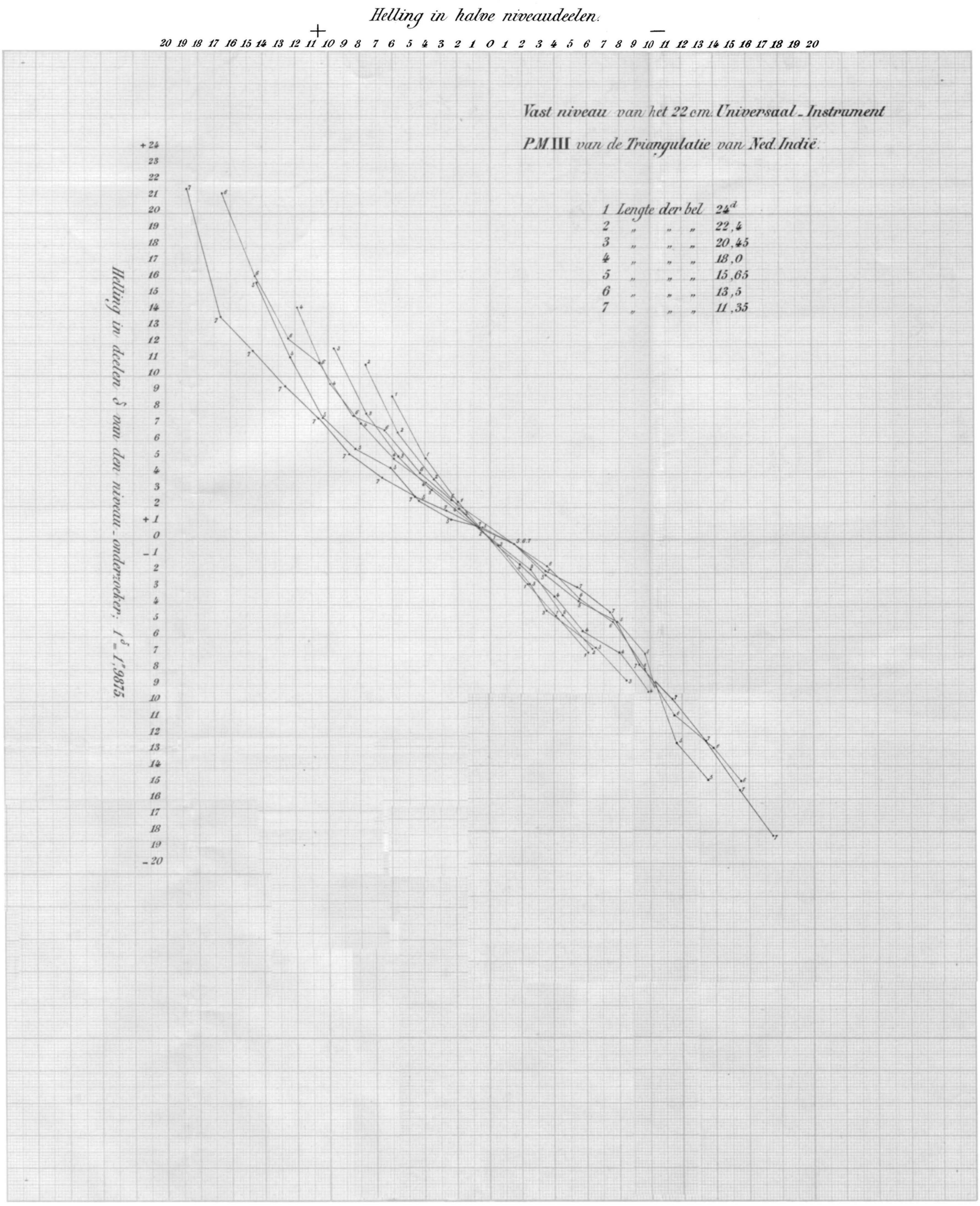
1	Lengte der bel		25^d,4
2	„	„ „	22 ,435
3	„	„ „	20 ,25
4	„	„ „	17 ,04
5	„	„ „	14 ,01
6	„	„ „	12 ,175
7	„	„ „	9 ,20

2 en 3 geven de beste resultaten, d i. de rechtste lijn.

Helling in deelen van den niveau-onderzoeker, 1^d = 1",9875

+ 30 28 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 + 1 0 − 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 − 36

Lith. Gebr. J. & H. v. Langenhuysen, 's Hage.


Helling in halve niveaudeelen.
+ 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 −
Vast niveau van het 22 cm. Universaal-Instrument
P.M.III van de Triangulatie van Ned. Indië.
1 Lengte der bel 24d
2 „ „ „ 22,4
3 „ „ „ 20,45
4 „ „ „ 18,0
5 „ „ „ 15,65
6 „ „ „ 13,5
7 „ „ „ 11,35
Helling in deelen van den niveau-onderzoeker; 1d = 1",9875
+ 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 + 1 0 − 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 − 20